



**ACSA**  
**AGROPECUÁRIA CIENTÍFICA NO SEMI-ÁRIDO ISSN 1808-6845**  
*Revisão de Literatura*

## **QUALIDADE DE ÁGUA NA IRRIGAÇÃO**

*Ítalo Nunes Silva*

Tecnólogo em Irrigação e Drenagem, Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará - Iguatu, CE  
E-mail: italonunesilva@gmail.com

*Larissa de Oliveira Fontes*

Engenheira Agrônoma, Universidade Federal Rural do Semiárido - UFRSA, Mossoró, RN  
E-mail: larissafontesjp@hotmail.com

*Leonardo Barreto Tavella*

Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semiárido - UFRSA, Mossoró, RN  
E-mail: leo\_tavella@hotmail.com

*Joaquim Branco de Oliveira*

Doutorando do Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Semiárido - UFRSA, Mossoró, RN  
E-mail: joaquimbrancodeoliveira@gmail.com

*Alysson Cavalcante de Oliveira*

Tecnólogo em Irrigação e Drenagem, Assessor de Microfinanças Rural - INEC, Iguatu, CE  
E-mail: alysson.co@inec.org.br

**RESUMO** - Quando se fala de qualidade da água de irrigação se tem a certeza que se trata de qualidade em relação com a salinidade no sentido amplo do termo. Neste caso, a qualidade da água se define em função de três critérios básicos: salinidade em sentido restrito, sodicidade e toxicidade. Os problemas ligados à qualidade da água são poucos relatados na literatura brasileira e quando os são, se caracterizam por aspectos ligados à salinidade. Problemas com ferro, manganês, bactérias e algas, contidas na água ou sistemas de irrigação, são relatados na literatura internacional. Com o avanço da utilização da irrigação localizada (microaspersores e gotejadores), começam a vir a público problemas de perda de desempenho de equipamentos devido à presença de ferro e sólidos em suspensão. Os principais inimigos dos emissores e tubulações são os íons ferro e manganês e a altas concentrações de sólidos solúveis. Estes podem entupir tubulações, reduzindo a área de condução de água, aumentando a perda de carga e fazendo com que haja perda de pressão no sistema, reduzindo assim a vazão dos emissores. Em alguns casos pode-se até mesmo inviabilizar o sistema de irrigação como um todo. Nos emissores, água de má qualidade pode entupir a seção de passagem, reduzindo ou não permitindo que haja vazão adequada às plantas. Diante do exposto o objetivo desta revisão foi mostrar alguns dos problemas enfrentados pelo irrigante quando se fala em qualidade de água para irrigação.

**Palavras-chave:** salinidade, toxicidade, ferro.

### **QUALITY OF WATER IN IRRIGATION**

**ABSTRACT** - When talking about quality of irrigation water is sure that this quality in relation to salinity in the broad sense. In this case, the water quality is defined in terms of three basic criteria: salinity in the strict sense, sodicity and toxicity. The problems related to water quality are few reported in Brazilian literature and when are characterized by aspects of salinity. Problems with iron, manganese, bacteria and algae, contained in water or irrigation systems, are reported in the literature. With the advancement of the use of irrigation (sprinklers and drippers), they become public problems of loss of equipment performance due to the presence of iron and suspended solids. The main enemies of emitters and pipes are iron and manganese ions and high concentrations of soluble solids. These pipes can block, reducing the area for conducting water, increasing pressure loss and causing no loss of system pressure, thereby reducing the flow of the emitters. In some cases you can even cripple the irrigation system as a whole. In transmitters, poor quality water can clog the passage section, reducing or disallowing that there is adequate flow to the plants. In this light the objective of this review was to show some of the problems faced by irrigating when it comes to quality of water for irrigation.

**Keywords:** salinity, toxicity, iron.

## INTRODUÇÃO

A qualidade da água para irrigação nem sempre é definida com perfeição. Muitas vezes, refere-se à sua salinidade com relação à quantidade total de sólidos dissolvidos, expressa em miligramas por litro, partes por milhão ou por meio de sua condutividade elétrica. No entanto, para que se possa fazer correta interpretação da qualidade da água para irrigação, os parâmetros analisados devem estar relacionados com seus efeitos no solo, na cultura e no manejo da irrigação, os quais serão necessários para controlar ou compensar os problemas relacionados com a qualidade da água (BERNARDO et al., 2006).

Segundo Mantovani et al. (2006) a qualidade da água é um aspecto fundamental para o êxito da utilização de sistemas irrigados, no entanto, a avaliação da qualidade dela é, muitas vezes, negligenciada no momento da elaboração de projetos. Como consequência, a irrigação poderá produzir efeitos indesejáveis na condução de uma cultura comercial ou servir como veículo para contaminação da população, no momento em que ocorre a ingestão dos alimentos que receberam a água contaminada.

A agricultura irrigada depende tanto da quantidade como da qualidade da água, no entanto, o aspecto da qualidade tem sido desprezado devido ao fato de que, no passado, em geral as fontes de água, eram abundantes, de boa qualidade e de fácil utilização, esta situação está se alterando em muitos lugares. O uso intensivo de praticamente todas as águas de boa qualidade implica que, tanto nos projetos novos como nos antigos que requerem águas adicionais, tem-se que recorrer às águas de qualidade inferior. Para evitar problemas consequentes, deve-se existir planejamento efetivo que assegure melhor uso possível das águas, de acordo com a qualidade (AYERS e WESTCOT, 1999).

A qualidade da água de irrigação é tradicionalmente definida principalmente pela quantidade total de sais dissolvidos e sua composição iônica. Os principais sais dissolvidos na água de irrigação são os de sódio, cálcio e magnésio em forma de cloretos, sulfatos e bicarbonatos. Normalmente, o potássio e o carbonato estão presentes em proporções relativamente baixas.

Para Cavalcante (2000) a qualidade da água para a agricultura é determinada sob enfoques de pureza, microbiológicos e químicos, este último determinado pela concentração e composição dos sais constituintes dissolvidos. Os efeitos nocivos das águas de qualidade limitada no sistema solo-planta têm sido verificados na prática e podem interferir significativamente nos atributos edáficos e no desempenho produtivo das culturas.

A qualidade da água para irrigação é avaliada não apenas pelo seu conteúdo total de sais mas, também, pela composição individual dos íons presentes. Alguns cátions e ânions, quando em excesso, podem trazer prejuízos ao solo (pelo efeito direto na sodificação) e às plantas cultivadas, dependendo do grau de tolerância destas aos sais (AYERS e WESTCOT, 1991).

A adequabilidade da água para irrigação é uma contingência dos efeitos dos constituintes minerais da água, tanto sobre a planta como sobre o solo. Os sais podem prejudicar o crescimento das plantas fisicamente,

limitando a retirada de água através da modificação de processos osmóticos, ou quimicamente, por reações metabólicas tais como as causadas por constituintes tóxicos. Os efeitos dos sais nos solos, causando variações na estrutura, permeabilidade e aeração do solo, afetam indiretamente o crescimento das plantas.

Dentre as características que determinam a qualidade da água para a irrigação, a concentração de sais solúveis ou salinidade é um fator limitante ao desenvolvimento de algumas culturas (BERNARDO, 1987).

Ayers e Westcot (1999) afirmam que a qualidade da água de irrigação pode variar significativamente, segundo o tipo e a quantidade de sais dissolvidos. Os sais encontram-se em quantidades relativamente pequenas, porém significativas, e têm sua origem na dissolução ou intemperização das rochas e solos, incluindo a dissolução lenta do calcário, do gesso e de outros minerais, além de serem transportados pelas águas de irrigação e depositados no solo, onde se acumulam a medida em que a água se evapora ou é consumida pelas culturas.

Poucas plantas utilizam quantidades significativas de sais e, assim, a salinidade do solo e gradualmente aumentada por irrigações sucessivas, a menos que os sais possam ser removidos (LOGAN, 1965).

Não podem ser estabelecidos os limites específicos das concentrações salinas permissíveis para a água de irrigação, devido às grandes variações de tolerância à salinidade entre as diferentes plantas; entretanto, dados de estudos de campo de plantações que crescem em solos artificialmente ajustados a vários níveis de salinidade, fornecem valiosa informação relativa à tolerância aos sais.

O conceito de qualidade da água refere-se às suas características que podem afetar sua adaptabilidade para uso específico, em outras palavras, a relação entre a qualidade da água e as necessidades do usuário. A qualidade da água define-se por uma ou mais características físicas, químicas ou biológicas. Preferências pessoais, como o sabor, podem também constituir simples avaliação de aceitabilidade, porém na avaliação da qualidade da água para irrigação leva-se em consideração, principalmente, as características químicas e físicas e poucas são às vezes em que outros fatores são considerados importantes (AYERS e WESTCOT, 1999).

Atualmente, reconhece-se que a avaliação da qualidade da água utilizada na irrigação é imprescindível, sobretudo em regiões áridas e semiáridas caracterizadas por baixos índices pluviométricos, distribuição irregular das chuvas ao longo do ano e intensa evapotranspiração. Essas condições favorecem o processo de salinização e sodificação, isto é, a acumulação gradativa de sais solúveis e/ou sódio trocável, na zona radicular das plantas dos solos irrigados.

## REVISÃO DE LITERATURA

### 1 USOS DA ÁGUA E REQUISITOS DE QUALIDADE

A água, por si mesma, não tem qualidade inerente, exceto no contexto para o qual é usada, pois sua adequabilidade depende do que pode ser feito com ela sob

condições específicas de uso. Assim, a adequabilidade de uma água para irrigação depende tanto de sua própria qualidade quanto de fatores relacionados com as condições de seu uso. Uma mesma qualidade da água pode ser considerada perfeitamente adequada para certo tipo de solo ou cultura, mas ser inadequada para outros. Portanto, a qualidade da água para irrigação pode ser considerada um importante fator, mas nunca se deve esquecer de que ela é tão somente um dos fatores e que não é possível desenvolver um sistema de classificação que possa ser utilizado sob todas as circunstâncias.

O uso de índices de qualidade de água é uma tentativa que todo programa de monitoramento de águas superficiais prevê como forma de acompanhar, através de informações resumidas, a possível deterioração dos recursos hídricos ao longo da bacia hidrográfica ou ao longo do tempo (TOLEDO e NICOLELLA, 2002).

Os requisitos de qualidade da água para os diversos usos dependem dos perigos associados à sua composição. Os perigos dizem respeito às condições que podem resultar em efeitos adversos aos organismos vivos ou ao meio ambiente. Estes perigos devem ser avaliados e gerenciados, geralmente através de padrões de qualidade. Os teores máximos de impurezas permitidos na água são estabelecidos em função dos seus usos e fixados por entidades públicas, com o objetivo de garantir que a água a ser utilizada para um determinado fim não contenha impurezas que venham a prejudicá-lo.

Os padrões de qualidade da água variam para cada tipo de uso. Assim, os padrões de potabilidade (água destinada ao abastecimento humano) são diferentes dos de balneabilidade (águas para fins de recreação de contato primário), os quais, por sua vez, não são iguais aos estabelecidos para a água de irrigação ou destinadas ao uso industrial.

Segue os principais usos da água nos setores urbanos, indústrias, ambientais e agrícolas:

#### 1.1 Usos urbanos da água:

- Necessidades fisiológicas;
- Higiene pessoal;
- Processamento e preparação de alimentos;
- Higienização de roupas e utensílios;
- Descargas sanitárias;
- Lavagem de pisos e veículos.

#### 1.2 Utilização na indústria:

- Matéria-prima: indústria de alimentos, de bebidas e farmacêuticas;
- Geração de energia;
- Operação de troca térmica: geração de vapor ou água de resfriamento;
- Operações auxiliares: preparação de reagentes, lavagem de peças e equipamentos.

#### 1.3 Usos ambientais:

- Preservação da fauna e flora;
- Recreação e paisagismo;
- Transporte e assimilação de poluentes.

#### 1.4 Usos agrícolas:

- Irrigação;

- Limpeza de galpões de animais.

## 2 RISCOS ASSOCIADOS AO USO DA ÁGUA

- Contaminação microbiológica: do homem e outros organismos; dos cursos d'água e do solo;
- Contaminação química: do homem e outros organismos; dos cursos d'água e do solo;
- Degradação de materiais e equipamentos: nas atividades nas quais a água é utilizada.

Cada uso implica em diferentes requisitos de qualidade, isto é, requer um conjunto diferente de variáveis indicadoras da qualidade.

## 3 INDICADORES DE QUALIDADE

A água contém, geralmente, diversos componentes, os quais provêm do próprio ambiente natural ou foram introduzidos a partir de atividades humanas. Para caracterizar uma água são determinados diversos parâmetros, os quais representam as suas características físicas, químicas e biológicas. Esses parâmetros são indicadores da qualidade da água e constituem impurezas quando alcançam valores superiores aos estabelecidos para determinado uso.

Toledo e Nicolella (2002) postulam que o uso de indicadores de qualidade de água consiste no emprego de variáveis que se correlacionam com as alterações ocorridas na microbacia, sejam estas de origens antrópicas ou naturais.

Cada sistema lótico possui características próprias, o que torna difícil estabelecer uma única variável como um indicador padrão para qualquer sistema hídrico. Neste sentido, a busca em trabalhos de campo é a obtenção de índices de qualidade de água que reflitam resumidamente e objetivamente as alterações, com ênfase para as intervenções humanas, como o uso agrícola, urbano e industrial (COUILLARD e LEFEBVRE, 1985 citado por TOLEDO e NICOLELLA, 2002).

Várias técnicas para elaboração de índice de qualidade de água têm sido usadas, sendo a mais empregada àquela desenvolvida pela National Sanitation Foundation Institution e usada em países como EUA, Brasil, Inglaterra (OLIVEIRA, 1994)

Os principais indicadores de qualidade da água são discutidos a seguir, separados sob os aspectos físicos, químicos e biológicos (CONAMA, 2005).

### 3.1 Indicadores físicos de qualidade da água

- Cor: relacionada à presença de substâncias e compostos químicos na água; pode ser causada pelo ferro ou manganês, pela decomposição da matéria orgânica da água (principalmente vegetal), pelas algas ou pela introdução de esgotos industriais e domésticos.
- Padrão de potabilidade: intensidade de cor inferior a 5 unidades.

- Turbidez: presença de matéria em suspensão na água como argila, silte, substâncias orgânicas finamente divididas, organismos microscópicos e outras partículas.
  - ✓ A sua presença em geral não significa um problema de qualidade da água;
  - ✓ Interfere na transmissão da luz nos corpos d'água, interferindo nos processos biológicos;
  - ✓ Valores elevados podem indicar problemas de erosão;
  - ✓ O seu valor é significativamente afetado pelas condições climáticas.
  - ✓ Padrão de potabilidade: turbidez inferior a 1 unidade.
- Temperatura: medida de intensidade de calor; é um parâmetro importante, pois influi em algumas propriedades da água (densidade, viscosidade, oxigênio dissolvidos), com reflexos sobre a vida aquática. A temperatura pode variar em função de fontes naturais (energia solar) e fontes antropogênicas (despejos industriais e águas de resfriamento de máquinas).
- Sabor e Odor: resultam de causas naturais (algas, vegetação em decomposição; bactérias; fungos; compostos orgânicos, tais como gás sulfúrico, sulfatos e cloretos) e artificiais (esgotos domésticos e industriais).
- Sólidos: estão relacionados aos diversos tipos de materiais presentes na água; podem ser divididos em duas categorias, em suspensão ou dissolvidos.
- Condutividade Elétrica: mede a capacidade que a água possui de conduzir corrente elétrica. Apresenta relação direta com as espécies iônicas dissolvidas. Quanto maior for a quantidade de íons dissolvidos maior a CE.

### 3.2 Indicadores químicos de qualidade da água

- pH (potencial hidrogeniônico): representa o equilíbrio entre íons  $H^+$  e os íons  $OH^-$ ; varia de 0 a 14; indica se uma água é ácida (pH inferior a 7), neutra (pH igual a 7) ou alcalina (pH maior do que 7); o pH da água depende de sua origem e características naturais, mas pode ser alterado pela introdução de resíduos; pH baixo torna a água corrosiva; águas com pH elevado tendem a formar incrustações nas tubulações; a vida aquática depende do pH, sendo recomendável a faixa de 6 a 9.
- Alcalinidade: mede a capacidade da água de neutralizar os ácidos; em teores elevados, pode proporcionar sabor desagradável à água; tem influência nos processos de tratamento da água.
- Dureza: resulta da presença, principalmente, de sais alcalinos terrosos (cálcio e magnésio), ou de

outros metais bivalentes, em menor intensidade; em teores elevados, causa sabor desagradável e efeitos laxativos; reduz a formação da espuma do sabão, aumentando o seu consumo; provoca incrustações nas tubulações e caldeiras.

Classificação das águas, em termos de dureza (em  $CaCO_3$ ):

- ✓ < 50 mg/L  $CaCO_3$  – água mole;
  - ✓ entre 50 e 150 mg/L  $CaCO_3$  – água com dureza moderada;
  - ✓ entre 150 e 300 mg/L  $CaCO_3$  – água dura;
  - ✓ 300 mg/L  $CaCO_3$  – água muito dura.
- Cloretos: os cloretos, geralmente, provêm da dissolução de minerais ou intrusão de águas do mar; podem, também, advir dos esgotos domésticos ou industriais; em altas concentrações, conferem sabor salgado à água ou propriedades laxativas.
  - Ferro e Manganês: podem originar-se da dissolução de compostos do solo ou de despejos industriais; causam coloração avermelhada à água, no caso do ferro, ou marrom, no caso do manganês, manchando roupas e outros produtos industrializados; conferem sabor metálico à água; as águas ferruginosas favorecem o desenvolvimento das ferrobactérias, que causam maus odores e coloração à água e obstruem as canalizações.
  - Nitrogênio: é essencial para os organismos vivos, pois é um importante constituinte da proteína, incluindo o material genético.
    - ✓ Em excesso ocasiona o processo de eutrofização, resultando no crescimento exagerado das algas;
    - ✓ O nitrato, na água, pode causar a metamoglobinemia infantil e pode ser causa de câncer decorrente de um processo pelo qual o nitrato é convertido em nitrito por uma bactéria estomacal;
    - ✓ A presença de compostos nitrogenados na água pode ser resultado da lixiviação do solo, processos biogênicos naturais, lançamento de despejos e drenagem de áreas agrícolas. São causas do aumento do nitrogênio na água: esgotos domésticos e industriais, fertilizantes, excrementos de animais.
- Obs.: A Eutrofização é um mecanismo desenvolvido sob a presença de uma grande carga orgânica proveniente de lançamentos de efluentes domésticos, municipais ou industriais, os quais transportam, para os reservatórios, grandes quantidades de nutrientes.
- Fósforo: como o nitrogênio, o fósforo é um nutriente essencial para os organismos vivos; é um nutriente limitante para o processo de eutrofização. Elevadas concentrações de fósforo em sistemas

aquáticos é um indicativo de poluição, que pode ser decorrente de esgotos domésticos, efluentes industriais e drenagem de áreas agrícolas e de criação intensiva de animais.

- Fluoretos: os fluoretos têm ação benéfica de prevenção de cárie dentária: em concentrações mais elevadas, podem provocar alterações da estrutura óssea ou a fluorose dentária (manchas escuras nos dentes).
- Oxigênio Dissolvido (OD): é indispensável aos organismos aeróbio: a água, em condições normais, contém oxigênio dissolvido, cujo teor de saturação depende da altitude e da temperatura: águas com baixos teores de oxigênio dissolvido indicam que recebem matéria orgânica; a decomposição da matéria orgânica por bactérias aeróbias é, geralmente, acompanhada pelo consumo e redução do oxigênio dissolvido da água; dependendo da capacidade de autodepuração do manancial, o teor de oxigênio dissolvido pode alcançar valores muito baixos, ou zero, extinguindo-se os organismos aquáticos aeróbios.
- Matéria Orgânica: a matéria orgânica da água é necessária aos seres heterótrofos, na sua nutrição, e aos autótrofos, como fonte de sais nutrientes e gás carbônico; em grandes quantidades, no entanto, podem causar alguns problemas, como: cor, odor, turbidez, consumo do oxigênio dissolvido, pelos organismos decompositores.

Obs.: O consumo de oxigênio é um dos problemas mais sérios do aumento do teor de matéria orgânica, pois provoca desequilíbrios ecológicos, podendo causar a extinção dos organismos aeróbios. Geralmente, são utilizados dois indicadores do teor de matéria orgânica na água: Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO).

- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO): é a quantidade de oxigênio necessária à oxidação da matéria orgânica, por ação de bactérias aeróbias. Representa, portanto, a quantidade de oxigênio que seria necessário fornecer às bactérias aeróbias, para consumirem a matéria orgânica presente em líquido (água ou esgoto). A DBO é determinada em laboratório, observando-se o oxigênio consumido em amostras do líquido, durante 5 dias, à temperatura de 20 °C.
- Demanda Química de Oxigênio (DQO): é a quantidade de oxigênio necessária à oxidação da matéria orgânica, através de um agente químico. A DQO também é determinada em laboratório, em prazo muito menor do que o teste da DBO. Para o mesmo líquido, a DQO é sempre maior que a DBO.
- Componentes Inorgânicos: alguns componentes inorgânicos da água, entre eles os metais pesados,

são tóxicos ao homem: arsênio, cádmio, cromo, chumbo, mercúrio, prata, cobre e zinco; além dos metais, pode-se citar os cianetos; esses componentes, geralmente são incorporados à água através de despejos industriais ou a partir de atividades agrícolas, de atividades de garimpo e de mineração.

- Componentes Orgânicos: alguns componentes orgânicos da água são resistentes à degradação biológica, acumulando-se na cadeia alimentar; entre esses, citam-se os pesticidas, alguns tipos de detergentes e outros produtos químicos, os quais são tóxicos.

### 3.3 Indicadores Biológicos de Qualidade da Água

- Coliformes: são indicadores da presença de microrganismos patogênicos na água; os coliformes fecais existentes em grande quantidade nas fezes humanas e, quando encontrados na água, significa que a mesma recebeu esgotos domésticos, podendo conter microrganismos causadores de doenças.

Obs.: O grupo de bactérias denominado coliformes comporta todos os bacilos aeróbicos e é composto por *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klesbiella* e *Enterobacter*. Nem todos esses organismos são patógenos, ou só habitam o trato gastrointestinal. Podem ser encontrados em pastagens, solos, plantas submersas e mesmo em outros lugares do organismo, sendo por isso, denominados “coliformes totais”.

Há também os Coliformes Fecais, também chamados de Coliformes Termotolerantes, pois toleram temperaturas acima de 40°C e reproduzem-se nessa temperatura em menos de 24 horas. Este grupo é associado às fezes de animais de sangue quente.

Métodos para a detecção de material fecal foram desenvolvidos utilizando a presença de indicadores, como a bactéria intestinal *E. coli*, uma vez que ela é específica de material fecal humano ou de outros animais de sangue quente.

O controle da presença destes elementos deve ser muito rigoroso, principalmente quando se trabalha com irrigação de culturas que serão consumidas in natura, onde não deve apresentar mais que 200 coliformes termotolerantes em 100 ml em 80% de 6 amostras coletadas durante um ano. Nas outras culturas, embora não haja o consumo direto in natura, é necessário uma água de boa qualidade, sem coliformes, para não colocar em risco a saúde dos irrigantes.

- Algas: as algas desempenham um importante papel no ambiente aquático, sendo responsável pela produção de grande parte do oxigênio dissolvido do meio; em grandes quantidades, como resultado do excesso de nutrientes (eutrofização), trazem algas inconvenientes: sabor e odor; toxidez; turbidez e cor; formação de massas de matéria orgânica que, ao serem decompostas, provocam a redução do oxigênio dissolvido: corrosão;

interferência nos processos de tratamento da água; aspecto estético desagradável.

Obs.: Em regiões agrícolas o excesso de uso de fertilizantes tem causado a eutrofização dos mananciais e quando as algas se proliferam em excesso, se estas forem filamentosas, causam obstrução nos sistemas de irrigação, principalmente os emissores da irrigação localizada.

## 4 PROBLEMAS RELACIONADOS À QUALIDADE DA ÁGUA

A adequação da água de irrigação não depende unicamente do teor total, mas, também do tipo de sais. À medida que o conteúdo total de sais aumenta, os problemas do solo e das culturas se agravam, o que requer o uso de práticas especiais de manejo, para manter rendimentos aceitáveis. A qualidade da água e/ou sua adaptabilidade à irrigação determina-se, também, pela gravidade dos problemas que podem surgir depois do uso a longo prazo (AYERS e WESTCOT, 1999).

A qualidade da água de irrigação é tradicionalmente definida principalmente pela quantidade total de sais dissolvidos, mas problemas com ferro (Fe), manganês (Mn), bactérias e algas, contidas na água ou sistemas de irrigação, também devem ser considerados.

Os problemas mais comuns, segundo os quais se avaliam os efeitos da qualidade da água relacionados à salinidade, são a velocidade de infiltração da água no solo e a toxicidade, além de outros.

### 4.1 Salinidade

A principal consequência do aumento da concentração total de sais solúveis de um solo é a redução do seu potencial osmótico, o que prejudica as plantas, em razão do decréscimo da disponibilidade de água daquele solo. A salinização depende da qualidade da água usada na irrigação, do seu manejo, da existência e do nível de drenagem natural e, ou, artificial do solo, da profundidade do lençol freático e da concentração original dos sais no perfil do solo (BERNARDO et al., 2006).

Os efeitos imediatos da salinidade sobre os vegetais são: seca fisiológica, proveniente da diminuição do potencial osmótico, desbalanceamento nutricional devido à elevada concentração iônica, especialmente o sódio, inibindo a absorção de outros nutrientes e efeito tóxico de íons, particularmente o cloro e sódio.

Ayers e Westcot (1999) relata que existe problemas de salinidade quando os sais se acumulam na zona radicular a tal concentração, que ocasiona perdas na produção. Estes sais são, geralmente, provenientes dos sais contidos nas águas de irrigação ou nas águas de lençol freático alto. O rendimento das culturas diminui quando o teor de sais na solução do solo é tal que não permite que as culturas retirem água suficiente da zona radicular provocando, assim, estado de escassez de água nas plantas, por tempo significativo.

O problema da salinidade ocorre com mais frequência nas regiões áridas e semiáridas, como é o caso do Nordeste brasileiro, pois a lixiviação e o transporte de

sais solúveis são restritos devido às baixas precipitações e às altas taxas de evaporação, sendo esse processo acelerado pelas irrigações sem nenhum estudo prévio e pela drenagem muito deficiente.

A acumulação de sais, na rizosfera, prejudica o crescimento e desenvolvimento das culturas, provocando um decréscimo de produtividade e, em casos mais severos, pode levar a um colapso da produção agrícola. Isso ocorre em razão da elevação do potencial osmótico da solução do solo, por efeitos tóxicos dos íons específicos e alteração das condições físicas e químicas do solo (LIMA, 1998 citado por SANTANA et al., 2003).

### 4.2 Infiltração da água

O termo “problema de infiltração” será usado para indicar o efeito da salinidade, em relação à facilidade com que a água entra e se desloca nos primeiros centímetros do solo. Um problema de infiltração torna-se evidente quando a água de irrigação não atravessa a superfície do solo à velocidade suficientemente rápida para permitir a renovação da água consumida pela cultura entre duas irrigações.

Os fatores da qualidade de água que podem influir na infiltração, são os teores totais de sais (salinidade) e o teor de sódio em relação aos teores de cálcio e magnésio. Alta salinidade aumenta a velocidade de infiltração, enquanto baixa salinidade, ou proporção alta de sódio em relação ao cálcio, a diminuição, ambos os fatores (salinidade e proporção de sódio) podem atuar simultaneamente (AYERS e WESTCOT, 1999; BERNARDO et al., 2006; MANTOVANI et al., 2006).

Quando a redução da infiltração se deve à qualidade da água aplicada, o problema ocorre, em geral, nos primeiros centímetros do solo, ainda que, ocasionalmente, poderá ocorrer a maiores profundidades. O efeito final é similar ao da salinidade, isto é, redução no suprimento de água às culturas, porém por razões diferentes. Enquanto o problema de infiltração reduz a quantidade de água que penetra na zona radicular, a salinidade reduz a disponibilidade de água que já se encontra armazenada nela.

A capacidade de infiltração de um solo cresce com o aumento de sua salinidade e decresce com o aumento da razão de adsorção de sódio (RAS) e, ou, com o decréscimo de sua salinidade. Assim, os dois parâmetros, RAS e salinidade, devem ser analisados conjuntamente para se poder avaliar corretamente os efeitos da água de irrigação na redução da capacidade de infiltração de um solo (BERNARDO et al., 2006; LOGAN, 1965).

### 4.3 Toxicidade

Os problemas de toxicidade aparecem quando certos íons do solo ou da água são absorvidos pelas plantas e acumulados em seus tecidos em concentrações suficientemente altas a um ponto que possa provocar danos a cultura e reduzir o seu rendimento.

Os elementos encontrados nas águas de irrigação não-poluídas pelo homem que mais comumente causam problemas de toxidez às plantas são íons de cloro, sódio e boro. Esses problemas de toxidez frequentemente estão relacionados aos de salinização e ou solidificação do solo.

Os íons de cloro e sódio, além de serem os mais presentes nas águas de irrigação, podem ser absorvidos pelas raízes, movimentados pelo caule e acumulados nas folhas, ou diretamente pelas folhas molhadas durante a irrigação por aspersão. De maneira geral, as culturas perenes, como as frutíferas, são mais sensíveis que as de ciclo curto no que diz respeito à toxidez por íons de cloro, sódio e boro (BERNARDO et al., 2006).

Ayers e Westcot (1999), Mantovani et al., (2006) dizem que a magnitude desses danos depende da quantidade de íons absorvidos e da sensibilidade das plantas, em que as culturas perenes são mais sensíveis. Em geral, os danos nas culturas sensíveis ocorrem a concentrações iônicas relativamente baixas e se manifestam como queimaduras nas bordas das folhas e clorose na área internervural e, se a acumulação de íons chegar a ser suficientemente elevada, produz-se redução significativa no rendimento.

#### 4.4 Outros problemas

Existem vários outros problemas relacionados à qualidade de água para irrigação que valem a pena serem mencionados, são eles:

- O excessivo crescimento vegetativo;
- O retardamento na maturação das culturas e sua tendência ao acamamento, provocados por altas concentrações de nitrogênio na água de irrigação;
- As manchas nas folhas e frutos provocadas por depósito de sais, devido à aplicação de água contendo altos teores de bicarbonato, gesso ou ferro, por aspersão e irregularidades frequentemente associadas às águas de pH anormal.

Com o avanço da utilização da irrigação localizada, começam a ser observados problemas de perda de desempenho de equipamentos devido à presença de ferro e sólidos em suspensão (Figura 1). Estes elementos podem entupir tubulações, reduzindo a área de condução de água, aumentando a perda de carga e fazendo com que haja perda de pressão no sistema, reduzindo assim a vazão dos emissores. Em alguns casos pode-se até mesmo inviabilizar o sistema de irrigação como um todo.



Fonte: <http://www.agr.feis.unesp.br/acagua.htm>

**Figura 1.** Precipitação do ferro nas tubulações

O ferro dissolvido na água ( $Fe^{+2}$ ) encontra-se em estado reduzido, principalmente nas águas subterrâneas,

porém, ao oxidar-se, precipita-se na forma de  $Fe^{+3}$  e pode obstruir emissores. Esse processo de oxidação ocorre pela ação de bactérias e pelo contato com o ar ou oxidantes contidos na água, em ambientes aeróbico e anaeróbico (CORDEIRO et al., 2003).

O ferro e o manganês solúvel (invisíveis) precipitam (ficar insolúveis – visíveis como um pozinho) devido a mudanças de temperatura, pressão, teor de oxigênio, aumento no pH ou pela ação de bactérias. O resultado é um barro limoso (Figura 2). Em casos com potenciais para problemas, após a instalação do sistema de irrigação, deve-se ter um programa de manutenção para sempre fornecer água limpa e diminuir o surgimento destes problemas.



Fonte: <http://www.agr.feis.unesp.br/acagua.htm>

**Figura 2.** Tubulação deteriorada em função da precipitação do ferro

Nas águas que contêm concentrações elevadas de íons de bicarbonato, há tendência de precipitação do cálcio e do magnésio, sob a forma de carbonatos, reduzindo, assim, a concentração de cálcio e magnésio na solução do solo e, conseqüentemente, aumentando a proporção de sódio, uma vez que a solubilidade do carbonato de sódio é superior à de cálcio e de magnésio (BERNARDO et al., 2006; MANTOVANI et al., 2006).

Os problemas relacionados com a qualidade da água, especialmente os relacionados com a presença de altas concentrações de ferro na água, têm sido potencializados:

- Pela má conservação do solo;
- O desmatamento das nascentes e matas ciliares.

## 5 POSSÍVEIS SOLUÇÕES PARA OS PROBLEMAS RELACIONADOS À ÁGUA DE IRRIGAÇÃO

### 5.1 Salinidade

A finalidade mais importante do controle da salinidade é manter o rendimento da cultura em níveis aceitáveis. Uma das alternativas para o controle da salinidade são:

- Drenagem;
- Lixiviação;
- Tolerância das culturas;
- Tratos culturais;
- Métodos de Irrigação;
- Melhoramento do solo;
- Misturas e/ou substituição das águas;

### 5.1.1 Drenagem

Frequentemente, os problemas de salinidade na agricultura devem-se ao nível freático alto e não controlado, situado entre os dois primeiros metros do solo. O controle adequado do lençol freático requer eficiente sistema de drenagem subsuperficial, que assegure a eliminação de parte da água salina e seu deslocamento a lugares apropriados.

### 5.1.2 Lixiviação

Quando a acumulação de sais é excessiva, ou quando se suspeita que vai alcançar este nível, os sais podem ser lixiviados, aplicando-se na zona radicular mais água que a necessária às culturas, durante seu período de crescimento. Esta quantidade extra de água percola abaixo da zona radicular, removendo pelo menos uma parte dos sais acumulados.

### 5.1.3 Tolerância das culturas

Nem todas as culturas respondem igualmente à salinidade, algumas produzem rendimentos aceitáveis a níveis altos de salinidade e outras são sensíveis relativamente baixos, cuja diferença se deve à melhor capacidade de adaptação osmótica que algumas culturas têm, o que permite absorver, mesmo em condições de salinidade, maior quantidade de água. Esta capacidade de adaptação é muito útil e permite a seleção das culturas mais tolerantes e capazes de produzir rendimentos economicamente aceitáveis, quando não se pode manter a salinidade do solo ao nível de tolerância das plantas que se cultivam.

### 5.1.4 Tratos culturais

As práticas de manejo mais apropriadas para o controle a longo prazo, são: drenagem adequada, lixiviação para controlar a salinidade em níveis dentro dos limites de tolerância da cultura e, se isto não for possível, substituir a cultura por outra mais tolerante que necessite de menor lixiviação. Além das práticas de manejo, existem outras que podem ter efeito positivo na germinação, na emergência, no desenvolvimento inicial das plantas e nos rendimentos. Tais práticas são principalmente o nivelamento da superfície do solo para se obter melhor distribuição de água, a programação das irrigações para evitar a formação de crostas e os estados de escassez de água, a colocação das sementes fora das zonas de maior concentração de sais e fertilização adequada.

### 5.1.5 Métodos de irrigação

Os métodos de irrigação afetam a eficiência de aplicação da água e a salinidade, enquanto os por inundação e aspersão são projetados de forma que distribuam a água uniformemente sobre toda a área irrigada, produzindo um perfil de salinidade, no qual a maior parte dos sais se acumula na parte inferior da zona

radicular. A quantidade de sais que se acumula depende da fração de lixiviação empregada.

### 5.1.6 Melhoramento do solo

A finalidade principal de tais trabalhos é melhorar permanentemente as condições do solo, para facilitar a irrigação, o controle da salinidade e o cultivo das plantas. São eles:

- Nivelamento de terras: A dificuldade no controle da salinidade é maior se a topografia do terreno não permitir a distribuição e a infiltração uniforme de água aplicada. A sistematização de terras refere-se aos trabalhos necessários para modificar a declividade natural do terreno, para controlar e facilitar a irrigação;
- Drenagem superficial: A falta de adequada drenagem superficial e a presença de lençol freático pouco profundo, agravam os problemas de salinidade e complicam seu controle. A forma mais eficaz de se controlar a salinidade resultante de lençóis freáticos pouco profundos é mediante um sistema de drenagem que permita rebaixar o nível das águas freáticas e mantê-lo estável a essa profundidade;
- Aração profunda: As camadas de argila, areia e outros, impedem a penetração da água a maiores profundidades e, portanto, dificultam a irrigação e a lixiviação dos sais. Para melhorar a penetração da água, estas camadas podem ser quebradas por meio de arações profundas e subsolagens, que podem penetrar entre 30 e 60 cm ou mais de profundidade;
- Lixiviação de recuperação: Quando a salinidade dos solos supera o limite da tolerância das culturas planejadas, os campos podem ser recuperados por meio de lixiviação de recuperação. Na lixiviação de recuperação por inundação, a lâmina de água necessária depende da salinidade do solo e do método de lixiviação. A lixiviação intermitente é mais eficiente que a contínua, já que necessita de menos água, porém requer mais tempo. O fator fundamental é o teor de água no solo durante a lixiviação. Na fase de fluxo não saturado da lixiviação intermitente, o teor de água é baixo e seu deslocamento lento, permitindo maior difusão de sais do solo, até a água em movimento. Em condições de inundação contínua, uma alta proporção de água de lixiviação se desloca rapidamente pelos poros maiores necessitando-se, desta forma, de uma maior quantidade de água para deslocar uma unidade de sais. A irrigação por aspersão pode aplicar a água a velocidades relativamente lentas, permitindo fluxo não saturado sendo, conseqüentemente, muito eficiente para lixiviar os sais.

### 5.1.7 Misturas e/ou substituição das águas

A substituição de uma água de má qualidade por outra de boa qualidade, é solução simples, ainda que drástica, em relação ao problema de salinidade da água,

sendo necessário apenas se dispor desta última. A alternativa mais prática para esta situação, entretanto, seria misturar as águas e, assim, contar com maior quantidade à disposição das culturas.

## 5.2 INFILTRAÇÃO DA ÁGUA

A recuperação dos solos afetados por problemas de infiltração é necessária quando a velocidade com que a água atravessa a superfície do solo é tão lenta, que não permite suprir a água requerida pelas culturas ou lixiviar os sais acumulados na zona radicular. O tratamento desses problemas pode ser químico ou físico, em que estes incluem a adição dos corretivos, como o gesso, para modificar a composição química do solo ou da água, ou a mistura de duas ou mais águas de diferentes qualidades. Os tratamentos físicos incluem as práticas culturais, para melhorar infiltração ou mantê-la dentro dos limites aceitáveis.

### 5.2.1 Aplicação de corretivos

A aplicação de corretivos ao solo ou na água de irrigação pode melhorar a infiltração afetada pelo baixo teor de sais ou pelo alto valor da RAS da água de irrigação, corretivos como o gesso, aumenta o teor de cálcio e, portanto, reduz a proporção de sódio com relação ao cálcio e o valor da RAS, enquanto o gesso, ao elevar a salinidade das águas de baixo teor de sais, melhora a infiltração, por outro lado, esses corretivos não terão efeitos positivos se a baixa infiltração for devida à presença de camadas impermeáveis de argila, má textura, compactação do solo ou nível de freático elevado.

#### 5.2.1.1 Gesso

O gesso é o corretivo mais abundante e comumente utilizado tanto para a água como para o solo. Para a recuperação de solos sódicos, espalha-se o gesso em forma granular e, posteriormente, se o incorpora ao solo, em quantidades que oscilam de 5 a 30 t/ha. A aplicação de 40 t/ha é utilizada em solos altamente sódicos e quando se necessita de uma recuperação rápida com uma única aplicação do corretivo. As aplicações anuais superiores a 10 t/ha são, em geral, antieconômicas, entretanto, pode-se aplicá-las para se obter recuperação imediata e permitir o estabelecimento do sistema radicular de profundidade adequada.

#### 5.2.1.2 Corretivos ácidos

Para que os corretivos ácidos, ou os que formam ácidos, sejam eficazes, os solos têm que conter calcário ( $\text{CaCO}_3$ ) em quantidades significativas em que o enxofre e o ácido sulfúrico são os corretivos mais usados.

- O enxofre não é adequado em aplicações com água de irrigação nem eficaz para melhorar a infiltração da água, mas é de reação lenta. Ele tem que ser oxidado por bactérias para formar o ácido sulfúrico ou sulfuroso, o qual logo reage com o calcário liberando, assim, o cálcio. O processo de oxidação é lento, requer solos quentes, úmidos e bem arejados e demora, pelo menos, 30 dias. Quando o

tempo não é fator limitante, o enxofre é um bom corretivo para recuperar os solos calcários-sódicos. Devido ao lento processo de oxidação, o cálcio liberado no solo superficial é lixiviado com as irrigações e, por isso, não é eficaz para melhorar a infiltração.

- O ácido sulfúrico é um ácido forte e corrosivo, que se aplica diretamente ao solo em sua máxima concentração, ou então com a irrigação, para reduzir a concentração de bicarbonatos da água e contribuir para a acidez do solo e liberação do cálcio. Este corretivo é eficaz para recuperar solos sódicos e melhorar a infiltração, já que não requer nenhum tempo de oxidação. As aplicações são efetuadas antes do plantio, seguidas de lixiviação prolongada para lavar os sais do solo e os produtos liberados pela reação do ácido com o calcário.

## 5.3 TOXICIDADE

O método mais eficaz para se prevenir os problemas de toxicidade é, obviamente, selecionar uma fonte de água para irrigação, sem potencial de toxicidade. Quando esta água não se encontra disponível, tem-se que recorrer a alternativas de manejo, para reduzir a toxicidade, assim, melhorar os rendimentos. Os íons cloreto, sódio e boro, podem ser lixiviados para reduzir o potencial da toxicidade. A lâmina de lixiviação varia com o íon e, em certos casos, pode ser excessiva. A adoção de culturas mais tolerantes e o aumento de lixiviação implicam, em alguns casos, na realização de mudanças importantes no sistema de produção, em outros casos, as águas podem ser misturadas, para diminuir o perigo da que contém a maior concentração de íon tóxico.

## 5.4 OUTROS PROBLEMAS

### 5.4.1 Excesso de nitrogênio

Para as plantas o nitrogênio é, ao mesmo tempo, nutriente e estimulante de crescimento. O nitrogênio contido nas águas de irrigação tem o mesmo efeito para as plantas que o nitrogênio aplicado com os fertilizantes, portanto, a aplicação de quantidades excessivas com a irrigação pode aumentar o crescimento vegetativo, retardar a maturação ou provocar colheitas de baixa qualidade.

A sensibilidade das culturas às altas concentrações de nitrogênio varia segundo as fases de crescimento, assim, os níveis altos podem ser benéficos durante as primeiras fases e prejudiciais durante a floração e frutificação, pois causam redução dos rendimentos. A mistura ou a mudança de águas durante as fases críticas de desenvolvimento, pode ser uma medida útil, outra alternativa seria plantar-se culturas menos sensíveis que, ao mesmo tempo, aproveitem melhor o nitrogênio da água.

A desnitrificação é um processo para se extrair o nitrogênio contido na água, porém seu uso é limitado devido ao alto custo, por outro lado, o nitrogênio é um elemento útil, que deve ser aproveitado o máximo possível.

### 5.4.2 pH anormal

O pH é um índice que caracteriza o grau de acidez ou alcalinidade de um ambiente. No caso das águas de irrigação, o pH normal é entre 6,5 e 8,4. As águas de baixa salinidade ( $CEa < 0,2$  dS/m) têm, algumas vezes, valores de pH fora do normal, e somente este fato indica a possibilidade de um desequilíbrio de íons e a necessidade de se realizar análise química completa, para se estabelecer sua causa. Esses tipos de água causam poucos problemas nos solos ou plantas, porém podem corroer rapidamente os componentes metálicos, como tubulações, aspersores, medidores etc.

Um pH adverso pode ser corrigido mediante a aplicação de corretivos na água, porém isto raras vezes se torna prático, pelo que se prefere o tratamento direto do pH do solo. O calcário se utiliza, comumente, para corrigir o baixo pH do solo, enquanto que, para se corrigir um pH alto, são utilizados o enxofre e outras substâncias ácidas. O gesso, por outro lado, tem muito pouco efeito para controlar um problema de acidez no solo, porém é eficaz para reduzir pH maior que 8,5, causado por um alto teor de sódio trocável.

## 6 PARÂMETROS PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA

São vários os parâmetros que determinam a qualidade da água para fins de irrigação. Porém, a qualidade da água de irrigação é melhor avaliada quando determinada pelo conteúdo total de sais, pela composição iônica e pela proporção relativa entre as espécies de íons.

A composição iônica da água de irrigação não é estática, mas está num contínuo estado de mudança ou equilíbrio dinâmico. Este fato altera as proporções relativas entre os íons presentes na água. Assim, a avaliação da qualidade de uma água para fins de irrigação deve basear-se nas variações sazonais do seu conteúdo salino. Diferentemente dos sistemas de classificação adotados na geoquímica, na indústria e, na engenharia sanitária, o uso de vários tipos de água para irrigação tornou necessária à criação de um sistema específico.

Neste sistema, as classificações são principalmente baseadas no conteúdo total de sais solúveis da água (responsável pelo efeito osmótico), e no conteúdo de sódio ( $Na^+$ , íon responsável pelas mudanças químicas e físicas no solo), e pelo efeito de íon específico nas plantas.

Condutividade elétrica (CE) e Total de Sólidos Dissolvidos (TSD) - Fornecem uma medida quantitativa do total de sais dissolvidos na água de irrigação. Os sais são constituídos substancialmente pelos íons sódio, cálcio, magnésio, cloreto, carbonato e bicarbonato.

O sódio ( $Na^+$ ), o cálcio ( $Ca^{2+}$ ) e o magnésio ( $Mg^{2+}$ ), íons carregados positivamente (chamados

cátions), são expressos em milimol carga por litro ( $mmolc.L^{-1}$ ). Estes cátions são indispensáveis para o cálculo da razão de adsorção de sódio (RAS). A concentração de sódio é também necessária para identificar alguns efeitos tóxicos em plantas. O potássio (k) contribui ligeiramente para a salinidade.

O cloreto ( $Cl^-$ ), o sulfato ( $SO_4^{2-}$ ), o carbonato ( $CO_3^{2-}$ ) e o bicarbonato ( $HCO_3^-$ ), íons carregados negativamente (chamados ânions), são expressos em milimol carga por litro ( $mmolc.L^{-1}$ ). Os ânions bicarbonato ( $HCO_3^-$ ) e o carbonato ( $CO_3^{2-}$ ) são usados para o ajustamento da RAS pela precipitação do carbonato de cálcio. Concentrações de cloreto ( $Cl^-$ ) são necessárias para identificar problemas potenciais de toxicidade deste íon em plantas.

O carbonato não é geralmente o maior constituinte, a não ser que o pH da água exceda de 8,0. O potássio ( $K^+$ ) pode estar presente, mas suas concentrações mantêm-se baixa.

O pH é um importante fator na avaliação da conveniência de uma água para irrigação. O pH é um índice que caracteriza o grau de acidez ou de alcalinidade da água ou do solo. No caso das águas para irrigação, o pH normal é entre 6,5 e 8,4. Águas com pH acima de 8,4 podem provocar entupimentos nos sistemas de irrigação localizados, devido à precipitação do carbonato de cálcio ( $CaCO_3$ ). Por outro lado, águas com valores de pH baixos podem corroer rapidamente os componentes metálicos do sistema de irrigação por aspersão.

O Boro é outro fator a ser observado. Está presente nas águas subterrâneas em concentrações relativamente altas, acontecendo o contrário nas águas de fontes superficiais. Expresso em  $mg.L^{-1}$ , é tóxico para algumas plantas em concentrações menores do que  $1,0 mg.L^{-1}$ .

Além das características físico-químicas, outros fatores também devem ser levados em consideração e analisados em conjunto, quando de sua avaliação e recomendação de uso para irrigação. Entre esses fatores podem ser apontados:

- Características do solo;
- Tolerância das culturas a serem exploradas;
- Condições climáticas locais;
- Manejo de irrigação e drenagem.

Para uma avaliação da adequabilidade de uma água para irrigação, determinam-se as concentrações dos constituintes químicos e observa-se se os resultados estão de acordo com as diretrizes técnicas apresentadas segundo Ayers e Westcot.

**Tabela 1.** Diretrizes para interpretar a qualidade da água para irrigação

Problemas e constituintes relacionados com	Unidades	Grau de restrição para uso			
		Nenhum	Moderado	Severo	
<b>SALINIDADE</b>					
CE	dS/m	< 0,7	0,7 a 3,0	> 3,0	
TST	mg/L	< 450	450 a 2000	> 2000	
<b>INFILTRAÇÃO</b>					
RAS = 0 a 3	e CE =	dS/m	> 0,7	0,7 – 0,2	< 0,2
RAS = 3 a 6	e CE =	dS/m	> 1,2	1,2 – 0,3	< 0,3
RAS = 6 a 12	e CE =	dS/m	> 1,9	1,9 – 0,5	< 0,5
RAS = 12 a 20	e CE =	dS/m	> 2,9	2,9 – 1,3	< 1,3
RAS = 20 a 40	e CE =	dS/m	> 5,0	5,0 – 2,9	< 2,9
<b>TOXICIDADE</b>					
Sódio (Na <sup>+</sup> )	RAS	< 3,0	3,0 – 9,0	> 9,0	
Irrigação por superfície	m.e./L	< 3,0	3,0 – 9,0	> 9,0	
Irrigação por aspersão					
Cloro (Cl)					
Irrigação por superfície	m.e./L	< 4,0	4,0 – 10,0	> 10,0	
Irrigação por aspersão	m.e./L	< 3,0	> 3,0		
Boro (Bo)	m.e./L	< 0,7	0,7 a 3,0	> 3,0	
<b>MISCELÂNEA</b>					
Nitrogênio (NO <sub>3</sub> -N)	mg/L	< 5,0	5,0 a 30,0	> 3,0	
Bicarbonato (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )					
<b>IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO</b>					
<b>pH</b>		< 1,5	1,5 – 8,5	> 8,5	
		Amplitude normal de 6,5 a 8,4			

Fonte: Apostila de Manejo de água-planta em solos salinos do Prof. Paulo Afonso Ferreira.

As diretrizes utilizadas na classificação do grau de restrição da água para irrigação referem-se aos problemas potenciais, tais como salinidade, permeabilidade ou infiltração, toxicidade de íons específicos e outros, sobretudo aos efeitos ao longo prazo da qualidade da água

sobre a produção das culturas, nas condições e manejo agrícola.

**Tabela 2.** Análises necessárias para o uso das diretrizes técnicas.

Parâmetros	Simbologia	Unidade
Acidez	pH	-
Condutividade elétrica	CEa	μS.cm <sup>-1</sup>
Cálcio	Ca	mmol <sub>c</sub> .L <sup>-1*</sup>
Magnésio	Mg	mmol <sub>c</sub> .L <sup>-1</sup>
Sódio	Na	mmol <sub>c</sub> .L <sup>-1</sup>
Potássio	K	mmol <sub>c</sub> .L <sup>-1</sup>
Cloreto	Cl	mmol <sub>c</sub> .L <sup>-1</sup>
Sulfato	SO <sub>4</sub>	mmol <sub>c</sub> .L <sup>-1</sup>
Carbonato	CO <sub>3</sub>	mmol <sub>c</sub> .L <sup>-1</sup>
Bicarbonato	HCO <sub>3</sub>	mmol <sub>c</sub> .L <sup>-1</sup>
Nitrogênio	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> NO <sub>2</sub>	mg.L <sup>-1</sup>
Boro	B	mg.L <sup>-1</sup>
Relação de Adsorção de Sódio	RAS	-

A determinação da CE e pH é feita diretamente em medidores previamente calibrados; Ca e Mg são determinados por espectrofotometria de absorção atômica; Na e K por espectrometria de chama, utilizando-se curvas padrões e adequando-se as amostras em níveis compatíveis, mediante diluições; teores de Cl (utilizando-se AgNO<sub>3</sub>) e CO<sub>3</sub> e HCO<sub>3</sub> (ácido sulfúrico) são

determinados por titulometria. SO<sub>4</sub> e B são determinados por espectrofotometria.

## 7 ANÁLISE E AMOSTRAGEM DE ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO

A coleta de amostra de água a ser submetida às análises laboratoriais constitui um importante aspecto a

ser considerado. Assim, algumas considerações devem ser observadas:

- O resultado de qualquer método de ensaio nunca será melhor do que a amostra a partir da qual ele foi obtido (APHA, AWWA, WEF, 1999);
- Para que qualquer programa de monitoramento seja eficiente, o planejamento da coleta e preservação das amostras é fundamental;
- Além disso, deve ser previsto o mecanismo para rastreamento das amostras desde a etapa da coleta até a realização da análise.

### 7.1 Perguntas a serem respondidas no programa de amostragem

- ✓ Qual o objetivo do monitoramento?
- ✓ Quais as variáveis que serão analisadas e com que frequência?
- ✓ Onde serão coletadas as amostras?
- ✓ Serão realizadas análises de campo?
- ✓ Que tipo de amostras serão coletadas?
- ✓ Para onde serão encaminhadas as amostras?
- ✓ Qual a distância do local de coleta até o laboratório?

Para o planejamento da amostragem para os diferentes fins, bem como as formas de preservação das amostras existem normas técnicas estabelecidas, tais como:

**Associação brasileira de normas técnicas:** NRB – 9897: Planejamento de amostragens de efluentes líquidos e corpos receptores (01/06/1987).

NBR- 9898: Preservação e técnicas de amostragem de efluentes e corpos receptores (30/06/1987).

**CETESB – SP:** Guia de coleta e preservação de amostras de água. 1ª edição, CETESB, 1988.

**APHA, AWWA, WEF:** Standard methods for the examination of water and wastewater. 20th edition. 1999.

**United States Geological Survey:** National field manual for the collection of Water-quality data. Chapter A1. Preparations for water sampling. 2005.

**EPA-823-B-01-002:** Methods for collection, storage, and manipulation of sediments for chemical and toxicological analyses: Technical manual. 2001.

**International Standard Organization – ISO: ISO – 5667-1:** Water quality - Sampling, Part 1 – Guidance on the design of sampling programmes and sampling techniques. 2006; ISO – 5667-3: Water quality - Sampling, Part 3 – Guide on preservation and handling of water samples. 2003; ISO – 5667-6: Water quality - Sampling, Part 6 – Guidance on sampling of rivers and streams. 2005.

### 7.2 Preparo para a amostragem

As atividades relacionadas à coleta de amostras devem ser planejadas com antecedência:

- Quantificação e localização dos pontos de amostragem;
- Recursos humanos e materiais necessários;
- Definição das variáveis, número e tipos de amostras a serem coletadas;
- Método de coleta a ser utilizado;
- Procedimentos para acondicionamento, preservação e transporte das amostras;
- Análises a serem realizadas em campo.

### 7.3 Como coletar amostras

A forma de coleta depende das características do corpo hídrico no ponto de coleta:

- Facilidade de acesso;
- Profundidade;
- Condições de escoamento.

Em função destas características, a amostra pode ser feita manualmente:

- Para pequenas profundidades é possível fazer a coleta diretamente no frasco, ou em um recipiente específico, para posterior transferência;
- Com o uso de amostradores.

Os tipos de análises a serem realizadas dependem a que fim se destina a água. Para análises de algumas variáveis é necessário utilizar frascos específicos. Os frascos de coleta para análise bacteriológica devem ser de vidro, devendo ser autoclavados, permanecendo tampados até a ocasião da análise. Deve ser passada fita adesiva nos mesmos para evitar derramamento do volume. As amostras para análise de variáveis físico-químicas devem ser coletadas e armazenadas em frascos plásticos, tipo PET (1L e 2L), previamente descontaminados. O frasco deve ser lavado de 3 a 4 vezes com água do ponto a ser amostrado e ser completamente, devido às análises de alcalinidade e oxigênio dissolvido. Depois, o frasco deve ser bem tampado, vedado com fita adesiva e acondicionado em isopor com gelo. Os frascos de coleta para análise de nitrogênio, clorofila, fitoplâncton devem de vidro âmbar, para evitar reações na presença da luz.

Para as análises de água para fins de irrigação, normalmente, as amostras são coletadas em garrafas plásticas novas, mas que não sejam de material reciclado, ou em garrafas que foram utilizadas anteriormente apenas com água.

Antes de encher o recipiente deve-se lavá-los duas vezes com a água que será acondicionada no mesmo. Devem ser colhidas amostras de um a dois litros, deixando o recipiente bem cheio e enviando ao laboratório o mais rápido possível. Caso não seja possível transportá-las imediatamente, as mesmas devem ser mantidas em geladeira para evitar qualquer alteração química e/ou biológica.

Informações como a indicação do interessado, a localização da propriedade, a data de coleta, a vazão, a profundidade de coleta, as culturas a serem irrigadas, o sistema de irrigação a ser adotado e o tipo de solo, também devem acompanhar a amostra de água, pois são

indispensáveis para determinar a adequabilidade para irrigação.

#### 7.4 A frequência da amostragem

A frequência da amostragem depende de vários fatores tais como: objetivo da análise, custo, homogeneidade da fonte de água, precisão desejada e variação temporal das características de qualidade da água. Não podemos esquecer que a frequência de amostragem reflete a variação da qualidade das águas ao longo do tempo e as águas superficiais estão mais sujeitas a estas variações devido a vários fatores.

Na região Nordeste, para fins de irrigação, sugere-se a obtenção de pelo menos duas amostras, uma no período seco e outra na época das chuvas. Nesta região as chuvas se concentram no início do ano e, no segundo semestre a evapotranspiração é muito alta causando a concentração dos sais presentes nas águas de superfície. Se, porém, a fonte receber quaisquer despejos de indústria, química ou agroindústria deve ser coletada e monitorada regularmente, de preferência, mensalmente.

Para fins de irrigação, conforme a fonte de água, os seguintes procedimentos devem ser adotados na coleta de água:

- A. **Poço** - Antes da coleta deve haver bombeamento suficiente para assegurar que a coleta seja representativa da água da água subterrânea amostrada. A amostragem deve ser feita após 10 a 15 minutos de funcionamento da bomba.
- B. **Barragem pequena** – como nas barragens pequenas a água é praticamente homogênea, a amostragem da água pode-se realizada em um ponto central ou na saída do reservatório.
- C. **Barragem grande** – Neste caso, pode ocorrer variação tanto na direção horizontal como em profundidade. Portanto, recomenda-se a amostragem no local mais próximo da tomada d'água ou na saída da bomba.
- D. **Rio e córrego** – a água deve ser coletada onde há movimento. Neste caso, além de realizar a amostragem, deve-se caracterizar o fluxo de água no momento da coleta.

## 8. CLASSIFICAÇÃO DA ÁGUA PARA FINS DE IRRIGAÇÃO

Trabalhos pioneiros sobre a salinização mostram a importância da qualidade da água e sua composição quanto à concentração iônica e ao total de sais. A partir do conhecimento da ação de sódio em dispersar o solo e da troca catiônica, a determinação dos cátions passou a desempenhar papel importante na avaliação da qualidade da água para irrigação.

Numa avaliação qualitativa, as águas se dividem em quatro classes de salinidade à medida que aumenta a concentração de sais e, conseqüentemente, sua condutividade elétrica, recebendo denominações sucessivas de C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub> com os limites apresentados por Richards (1954), com as seguintes interpretações:

**C<sub>1</sub> (0 – 250 µS.cm<sup>-1</sup>)** – Água de baixa salinidade. Pode ser usada para irrigação da maioria das culturas, em quase todos os tipos de solos, com muito pouca probabilidade de que se desenvolvam problemas de salinidade. Se necessária alguma lixiviação de sais, esta é conseguida em condições normais de irrigação, exceto em solos de muito baixa permeabilidade.

**C<sub>2</sub> (CE = 250 – 750 µS.cm<sup>-1</sup>)** – Água de média salinidade. Pode ser usada sempre e quando houver uma lixiviação moderada de sais. Em quase todos os casos se adequa ao cultivo de plantas moderadamente tolerante aos sais, sem necessidade de práticas especiais de controle de salinidade.

**C<sub>3</sub> (CE = 750 – 2250 µS.cm<sup>-1</sup>)** – Água de alta salinidade. Pode ser usada em solos com drenagem deficiente. Mesmo com drenagem adequada pode ser necessário práticas especiais de controlada salinidade, devendo, portanto, ser utilizada na irrigação de espécies vegetais de alta tolerância aos sais. Os riscos apresentados por esta classe de água podem ser amenizados quando do emprego do método de irrigação localizada mantendo o solo continuamente úmido.

**C<sub>4</sub> (CE = 2250 - 5000 µS.cm<sup>-1</sup>)** – Água de muito alta salinidade. Não é apropriada para irrigação sob condições normais, porém pode ser usada ocasionalmente, em circunstâncias especiais. Os solos devem ser permeáveis, a drenagem adequada, devendo ser aplicada água em excesso para se obter uma boa lixiviação dos sais e, mesmo assim devem ser explorados com culturas altamente tolerantes aos sais.

#### 8.1 Classes de água quanto ao risco de sodicidade

A classificação das águas de irrigação com respeito à RAS se baseia essencialmente no efeito do sódio nas condições físicas do solo causando problemas de infiltração pela redução da permeabilidade. Richards (1954) dividiu as água em quatro classes tomando como base valores limites de RAS em função da CEa com as seguintes interpretações:

**S<sub>1</sub> (RAS < 18,87 – 4,44logCE)** – água de baixa sodicidade ou com baixa concentração de sódio. Pode ser usada para irrigação na maioria dos solos, com pouca probabilidade de se atingir níveis perigosos de sódio trocável. Entretanto, culturas sensíveis como fruteiras de caroço podem acumular quantidades prejudiciais de sódio.

**S<sub>2</sub> (18,87 – 4,44logCE < RAS < 31,31 -6,66logCE)** – água de sodicidade média ou com média concentração de sódio. Em solos de textura fina (argiloso) o sódio dessa classe de água apresenta um perigo considerável de dispersão com redução de permeabilidade. Por outro lado, essas águas podem ser usadas em solos de textura grossa (arenosos) ou em solos orgânicos de boa permeabilidade.

**S<sub>3</sub> (31,31 - 6,66logCE < RAS < 43,75 – 8,87logCE)** – água de alta sodicidade ou com alta concentração de sódio. Pode produzir níveis tóxicos de sódio trocável na maioria dos solos, necessitando de práticas especiais de manejo: boa drenagem, alta lixiviação e adição de condicionadores químicos ou orgânicos.

**S<sub>4</sub> (RAS > 43,75 – 8,87logCE)** – água de muito alta sodicidade ou de muito alta concentração de sódio. É uma

classe inadequada para irrigação exceto quando sua salinidade é baixa ou média e quando a dissolução do

cálcio do solo e aplicação de condicionadores não se torna antieconômica.

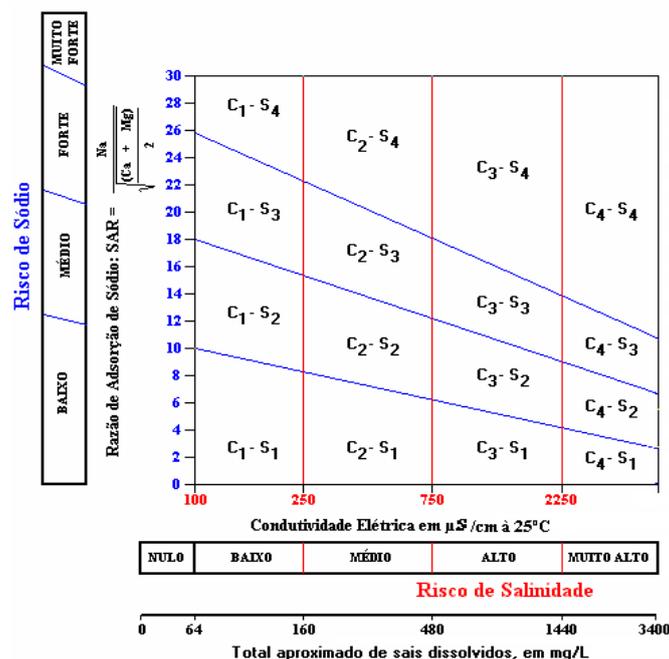


Figura 4. Diagrama de classificação das águas para fins de irrigação segundo o USDA

## 9 CLASSIFICAÇÃO PROPOSTA PELA FAO

A classificação proposta por Ayers e Westcot (1991) baseou-se em estudos do grau de restrição de uso de águas com problemas potenciais de irrigação, conforme as diretrizes para uso da qualidade da água para irrigação (UCCC). Segundos os referidos autores:

- Os problemas mais sérios são aqueles relativos à salinidade e à infiltração da água no solo, estando associado à quantidade de sais dissolvidos na água e ao teor elevado de sódio em relação aos teores de cálcio e magnésio;
- A salinidade da água depende da concentração total de sais solúveis, que é quantidade pela CE ou pela TSD;
- A infiltração é avaliada com base na CE da água e teor de sódio em relação aos teores de cálcio e de magnésio (RAS). A infiltração, em geral, aumenta com o aumento da CE e diminui com a redução desta ou aumento de RAS.

A toxicidade de íons tóxicos ocorre quando alguns elementos ultrapassam um certo nível de concentração, tornando-se nocivos às plantas. Considerando-se que o teor de bicarbonatos exerce influência sobre a quantidade de cálcio, alterando o valor de RAS, Ayers e Westcot (1991) acrescentaram os efeitos dos carbonatos e bicarbonatos ao antigo conceito de RAS. O novo conceito é denominado de RAS corrigida (RAS°).

A RAS corrigida (RAS°) pode ser calculada pelo procedimento adotado por Suarez (1981), que admite que a concentração inicial de cálcio na solução do solo pode ser maior ou menor do que a concentração da água de irrigação. Este desequilíbrio da concentração de cálcio

ocorre na solução do solo porque o nível desse elemento é controlado pela dissolução e precipitação do calcário (CaCO<sub>3</sub>). Se ocorre precipitação, a concentração final de cálcio na solução do solo será menor do que a da água de irrigação. Isso poderá aumentar a quantidade de sódio trocável.

A RAS corrigida é determinada estimando-se a concentração de cálcio em equilíbrio (Ca°), que substituirá o cálcio (Ca). Os dados requeridos para essa correção são as concentrações de cálcio e de bicarbonato da água de irrigação, em mmol<sub>c</sub>.L<sup>-1</sup>, bem como a condutividade elétrica, dS.m<sup>-1</sup>(SUAREZ, 1981). O referido método oferece melhor compreensão das modificações do teor de cálcio na solução do solo, que aumenta com a dissolução do calcário e silicatos e diminui com a precipitação do cálcio em forma de carbonato.

A concentração de cálcio em equilíbrio na água de irrigação é estimada usando-se o seguinte procedimento (Suarez,1981):

- Calcula-se a razão HCO<sub>3</sub>/Ca, em mmol<sub>c</sub>.L<sup>-1</sup>;
- Enquadra-se o valor da razão calculada no lado esquerdo da tabela, encontrando-se uma razão aproximada;
- Enquadra-se o valor de condutividade elétrica da água (CEa) no cabeçalho da tabela, encontrando-se uma CEa aproximada;
- Se os valores de HCO<sub>3</sub>/Ca e da CEa não se aproximarem dos valores listados na tabela, deve-se fazer extrapolação a partir de dois valores (um menor e outro maior) próximos;
- Move-se a coluna de números a partir da CEa aproximada até coincidir com a razão aproximada. O número de cálcio em equilíbrio (Ca°);
- Utiliza-se o valor da concentração de cálcio em equilíbrio para calcular a RAS corrigida (RAS°). A

RAS corrigida será ligeiramente superior ou inferior a RAS.

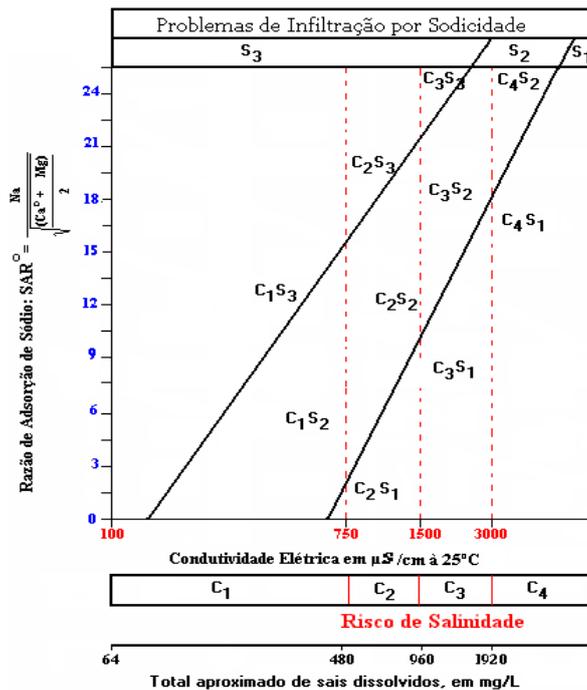


Figura 5. Diagrama de classificação das águas de irrigação segundo o UCCC

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A agricultura irrigada depende tanto da quantidade como da qualidade da água, porém o aspecto qualidade tem sido desprezado devido ao fato de que no passado as fontes de recursos hídricos eram abundantes e de melhor qualidade, além da utilização fácil. Desta forma para minimizar os problemas da utilização de água é necessário que exista planejamento e monitoramento adequados para atestar sua qualidade e para que problemas futuros possam vir a serem evitados.

## REFERÊNCIAS

- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1991. 218 p. (Tradução).
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1999. 153 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29).
- BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 4. ed. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 1987. 488 p.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa: UFV, 2006. 625 p.
- CAVALCANTE, L. F. **Sais e seus problemas nos solos irrigados**. Areia: UFPB, 2000. 71 p.
- COUILLARD, D.; LEFEBVRE, Y. **Analysis of water quality indices**. Journal of Environmental Management, v. 21, p. 161-179, 1985.
- CORDEIRO, E. de A.; VIEIRA, G. H. S.; MANTOVANI, E. C. **Principais causas de obstrução de gotejadores e**

**possíveis soluções**. Viçosa – MG: Associação dos Engenheiros Agrícolas de Minas Gerais/UFV, DEA, 2003. 41 p. (Engenharia Agrícola. Boletim Técnico; 6).

LIMA, V. L. A. **Efeitos da qualidade da água de irrigação e da fração de lixiviação sobre a cultura do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.) em condições de lisímetro de drenagem**. 1998. 87 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

LOGAN, J. **Interpretação de análises químicas da água**. Recife: USAID, 1965. 67 p.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARTTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. Viçosa: UFV, 2006. 328 p.

OLIVEIRA, S. (Coord.). **Relatório de qualidade ambiental no estado de São Paulo**. São Paulo: CETESB, 1994. 50 p. (Série Relatórios).

RICHARDS, L. A. (ed). **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington DC, US Department of Agriculture, 1954. 160 p. (USDA Agricultural Handbook, 60).

SANTANA, M. J.; CARVALHO, J. A.; SILVA, E. L.; MIGUEL, D. S. **Efeitos da irrigação com água salina em um solo cultivado com feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.)** *Ciênc. Agrotec., Lavras*. v. 27, n. 2, p. 443-450, mar./abr. 2003.

SUAREZ, D. L. Relation between pHc and sodium adsorption ratio (SAR) and an alternate method of estimating SAR of soil or drainage Waters. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, 45: 469-75, 1981.

TOLEDO, L. G.; NICOLELLA, G. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. *Scientia Agrícola*, v. 59, n. 1, p. 181-186, jan./mar. 2002.