

INTRODUÇÃO À ANÁLISE DE SOLOS

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	3
1- ANÁLISE COMPARATIVA	12
2- ANÁLISE QUANTITATIVA E QUALITATIVA	18
3- RECUPERAÇÃO DE SOLOS AFETADOS POR SAIS	24
REFERÊNCIAS	

INTRODUÇÃO

Cada lavoura precisa de uma quantidade de nutrientes para ter o melhor rendimento. E você sabe que a adubação de um ano não serve para a safra seguinte.

Para determinar tudo isso, é preciso mais que uma boa análise de solo. Precisamos **interpretar** essa análise.

Mas como fazer isso? Quais macro e micronutrientes mais importantes para sua cultura? E balanço deles?

1- COMPONDO A AMOSTRA

A amostragem do solo é a primeira e principal etapa de um programa de avaliação da fertilidade do solo, pois é com base na análise completa do solo (macro, micro e textura), que se realiza a interpretação e que são definidas práticas mais confiáveis de manejo de corretivos e de fertilizantes. Neste sentido, ressalta-se que, no laboratório, não se consegue minimizar ou corrigir os erros cometidos na amostragem do solo. Assim, uma amostragem inadequada do solo resulta em uma análise inexata e em uma interpretação e recomendação equivocada, podendo causar graves prejuízos econômicos ao produtor e danos ao meio ambiente.



Os solos são corpos heterogêneos, com características diferentes em virtude dos fatores de formação e do manejo quando já trabalhados que devem ser considerados na amostragem.

A amostra representativa é aquela que melhor reflete as condições de fertilidade da área em que foi coletada. A amostragem de solo é uma prática simples, mas é baseada em conhecimentos científicos que determina o número de amostras necessárias para se ter uma boa representatividade da área amostrada.

A amostra representativa é aquela que melhor reflete as condições de fertilidade da área em que foi coletada. A amostragem de solo é uma prática simples, mas é baseada em conhecimentos científicos que determina o número de amostras necessárias para se ter uma boa representatividade da área amostrada.

O resultado de uma análise incorreta pode ser corrigido pela repetição, mas esse recurso não corrige erros de amostragem. “Se as técnicas de amostragem do solo não forem seguidas, o resultado da análise terá pouco valor, pois o objetivo dela é avaliar o estado atual da disponibilidade de nutrientes do solo e orientar a correta aplicação de corretivos e fertilizantes para as culturas”. (Sabbe & Marx, 1987).

Coleta das amostras de solo

Plano de amostragem

O primeiro passo para realizar a amostragem consiste em dividir a área em glebas homogêneas, levando-se em consideração os seguintes fatores:

- Características físicas do solo: cor, textura e profundidade do perfil;
- Tipo de cobertura: naturais e implantadas;
- Relevo: delimitadas pelas mudanças de declividade;
- Histórico de utilização da área, referente ao emprego de corretivos e fertilizantes.

Como regra geral, a homogeneidade é o principal fator que determina a área de abrangência da amostra. Uma amostragem bem sucedida significa cobrir a variabilidade local, com determinado grau de certeza, de modo que para se obter uma média verdadeira de determinada característica, pressupõe-se que cada amostra simples seja independente das demais.

Estudos estatísticos indicam que 20 amostras simples, para compor uma amostra composta, constituem um número adequado para representar a área a ser amostrada que pode ter poucos metros quadrados ou vários hectares.

Se for seguida a regra geral, acima desse número de subamostras, diminui-se muito pouco o erro de amostragem, independentemente do tamanho da área homogênea. Se uma amostra composta for capaz de cobrir bem a variabilidade local, o resultado da análise do solo poderá resultar numa recomendação adequada de corretivos e adubos, evitando-se aplicações excessivas ou insuficientes que poderão comprometer as expectativas de produção.

Diante do exposto, ressalta-se que os limites de uma gleba de terra para amostragem não devem ser definidos por hectares, mas, sim, pelas características já enumeradas, que determinam sua homogeneidade.

Frequência, época e tipo de cultura a ser implantada

A frequência da amostragem vai depender do tipo de exploração e da mobilidade dos nutrientes no solo. Solos arenosos (teor de argila menor ou igual a 15%) deverão ser amostrados com mais frequência do que solos com textura média (teor de argila entre 16 e 35%) ou argilosa (teor de argila maior que 36%).

Quanto à época de coleta das amostras de solo, elas podem ser feitas em qualquer época do ano. No entanto, as amostras de solos devem ser enviadas ao laboratório com a máxima antecedência possível em relação à época do plantio.

Quanto ao tipo de cultura, sugere-se que:

- Em glebas cultivadas anualmente com uma cultura de ciclo curto e, mantida em pousio no período seco, recomenda-se pelo menos a amostragem a cada três anos.
- Em glebas manejadas com rotação de cultura, com maiores doses de adubação com ou sem irrigação, recomenda-se amostragem anual.
- Para culturas perenes, a partir da fase produtiva, recomenda-se amostragem anual, principalmente quando são aplicadas doses mais elevadas de fertilizantes.

Local e profundidade da amostragem

Evitar a coleta de amostras próximas a casas, brejos, voçorocas, árvores, sulcos de erosão, na curva de nível onde os restos da destoca foram queimados, formigueiros, local de deposição de fezes e cochos ou saleiros, caminhos de pedestres ou em qualquer mancha que não seja a área delimitada para a amostragem.

Em áreas novas ou áreas sob suspeita de acidez na subsuperfície, é conveniente amostrar o perfil até 60 cm de profundidade (de 00 a 20 cm; de 20 a 40 cm e de 40 a 60 cm), seja para culturas anuais ou perenes.

O objetivo dessa amostragem permitirá avaliar a necessidade da correção de impedimentos químicos ao desenvolvimento radicular, tais como: elevada acidez, elevados teores de Al^{3+} e baixos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} , para, se for o caso, corrigir qualquer impedimento químico para o crescimento de raízes e evitar que a lavoura corra o risco de maior perda de produtividade devido a veranicos.

Em áreas antigas e sob cultivos de culturas anuais, tais como: milho, soja, feijão, arroz, recomenda-se amostrar o solo na camada arável, ou seja, até 20 cm no sistema de plantio convencional (Miranda, 1982).

No sistema de plantio direto, amostrar de 00 a 10 cm e de 10 a 20 cm de profundidade. **No entanto, deve-se levar em consideração a camada de solo onde se concentra o maior volume do sistema radicular.**

No caso de adubação superficial em culturas perenes, coletar na área de projeção da copa, amostras até 10 cm de profundidade e periodicamente avaliar a disponibilidade de nutrientes no perfil. Havendo interesse em amostrar toda a área, devem-se amostrar separadamente a área adubada na projeção da copa e a área das entrelinhas.

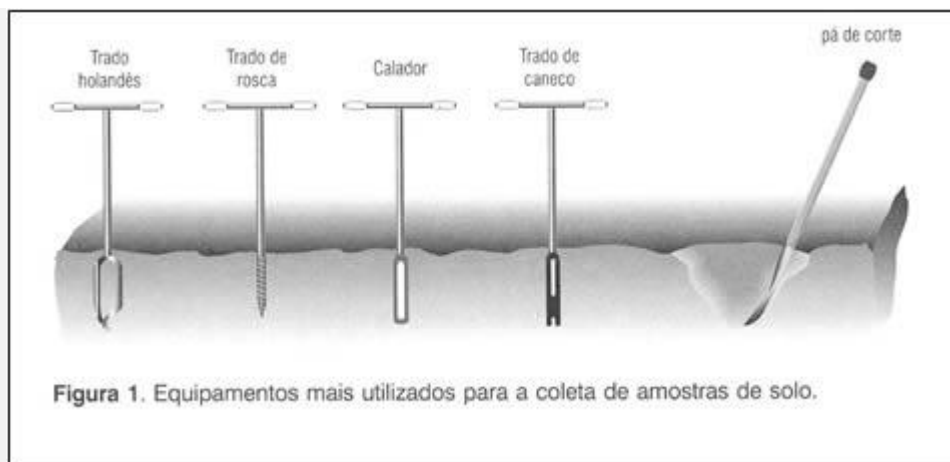
Para tanto, coletam-se amostras simples em cada uma das áreas para obter duas amostras compostas distintas. Para pastagens a serem estabelecidas, recomenda-se amostragem a 20 cm de profundidade. Em pastagens estabelecidas e adubadas em cobertura, recomenda-se amostragem a 10 cm de profundidade, à semelhança das culturas perenes.

Equipamentos para amostragem

Para se obter uma amostra composta, independe do instrumento de coleta utilizado, se deve ter o cuidado para que uma das amostras simples seja coletada na mesma profundidade e com o mesmo volume de solo.

Para coleta das amostras simples de solo, os equipamentos mais comumente utilizados são representados na figura 1.

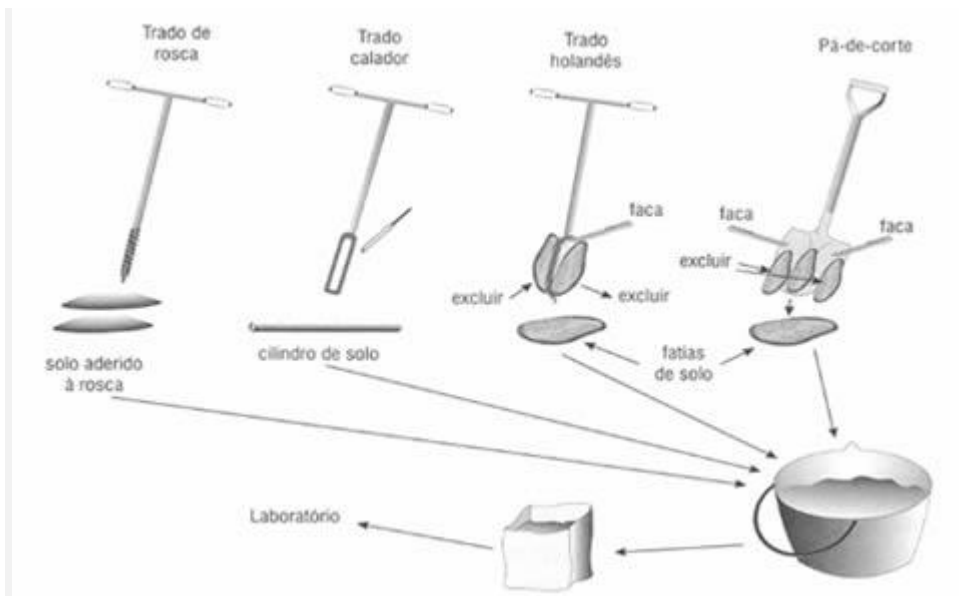
A escolha do equipamento vai depender do tipo e da umidade do solo:



1. **Trato holandês:** É o mais usado, é apropriado para amostragem de solo em profundidade, apresentando bom desempenho em todos os tipos de solo; no entanto, exige grande esforço físico;
2. **Trado de caneco:** Tem o mesmo desempenho do trato holandês;
3. **Trado de rosca e Calador:** São excelentes para solos úmidos e arenosos e têm a vantagem de coletar pequenas quantidades de solo, o que facilita a homogeneização das subamostras no “balde”;
4. **Pá de corte e Enxada:** São instrumentos simples e disponíveis na maioria das fazendas, no entanto, requerem mais tempo para coletar adequadamente as amostras.

O uso do trato holandês e caneco utiliza-se uma faca para remover o solo excedente, facilitando sua retirada do centro do coletor para um recipiente. O uso do trato calador requer a retirada do cilindro do solo amostrado com uma espátula ou com outro tipo de ferramenta.

Antes do uso da pá de corte e o enxada, retirar com a pá uma fatia de 2 a 3 cm de espessura num dos lados da cova e conservá-la sobre a pá e, com uma faca, separar os bordos, colocando somente o miolo no recipiente, conforme mostra a **figura 2**.



Antes de introduzir o equipamento escolhido para amostras o solo, deve-se retirar plantas e restos vegetais da superfície.

O solo proveniente das subamostras deverá ser bem misturado num recipiente limpo, de modo que o conteúdo retido para a análise seja de aproximadamente 500 gramas. Colocar essas amostras num saco plástico limpo e identificar a amostra.

Amostragem em áreas adubadas em linhas

Áreas adubadas em linha tanto no plantio convencional (solo ainda não-revolvido) quanto no sistema de plantio direto requerem cuidados especiais na amostragem, especialmente, para culturas que apresentam maior espaçamento entre as fileiras de plantas, para compensar a diferença de fertilidade existente devido à aplicação localizada dos fertilizantes.

Para a coleta de amostras de solo nessas áreas, recomenda-se utilizar a pá-de-corte, observando-se os seguintes procedimentos:

- Localizar, na lavoura, as linhas onde o adubo foi aplicado, geralmente, na mesma linha de semeadura;
- Fazer uma cova em forma de V (figura 3), perpendicular à linha de plantio, com 20 cm de profundidade, sendo o comprimento correspondente ao espaçamento entre linhas, tendo-se o cuidado de que o sulco de aplicação de fertilizantes esteja localizado no centro dessa cova, em forma de cunha;

- Retirar da parede cova, com a pá, uma fatia de espessura uniforme entre 2 e 3 cm até a profundidade de 20 cm;
- Colocar a terra coletada em um recipiente;
- Repetir o mesmo procedimento em mais de 20 pontos da lavoura, fazendo um zigue-zaque;
- Espalhar o solo coletado em uma superfície limpa e homogeneizá-lo muito bem, quebrando-se os torrões;
- O solo proveniente das subamostras deverá ser bem misturado de modo que o conteúdo retido para a análise seja de aproximadamente 500 gramas. Colocar essas amostras num saco plástico limpo e identificar a amostra.



Amostragem no sistema de plantio direto

No sistema de plantio direto, os resíduos vegetais ficam na superfície, e as aplicações periódicas de corretivos e a de adubos determinam a formação de gradientes no sentido vertical (maior acumulação de nutrientes na superfície) e maior variabilidade no sentido horizontal, já que as linhas de adubação permanecem intactas, ao contrário do sistema convencional em que o solo é revolvido depois de cada cultura.

A ciclagem dos nutrientes por meio da decomposição da matéria orgânica e a adição superficial de corretivos e adubos tendem a acumular nutrientes na superfície do solo.

O fósforo, por ser um elemento não-móvel no perfil, forma um gradiente mais acentuado a partir da superfície do solo. Além do acúmulo de P na superfície, pode ocorrer também à acidificação na camada superficial (0 a 5 cm), principalmente, em sistemas em que predominam gramíneas na rotação e que recebem doses elevadas de fertilizante nitrogenado.

O objetivo dessa amostragem é verificar se existe uma camada superficial com pH baixo, o que uma amostragem de 0 a 20 cm, preconizada para o sistema convencional, muito provavelmente, não irá detectar.

Para avaliar as condições químicas do solo sob plantio direto, sugere-se que as amostragens sejam feitas nas profundidades de 0 a 10 e 10 a 20 cm nos primeiros anos (dois a três). Nos anos seguintes, e para maior informação, amostrar as camadas de 0 a 5, de 5 a 10 e de 10 a 20 cm, caso contrário, de 0 a 5 e de 5 a 20 cm.

O número de trincheiras amostras para formar as amostras compostas (das diferentes profundidades) pode variar de 10 a 15 na gleba.

2- ANÁLISE COMPARATIVA

O solo pode ser definido como o conjunto de corpos naturais, fundamental para a sustentação da vida. Entre os fatores condicionantes da sua formação está o relevo. Este possui uma relação direta com as propriedades do solo, uma vez que a maior ou menor inclinação está diretamente a dinâmica da água quer no sentido vertical (infiltração) como no lateral (escoamento). Segundo Lepsh (2002), o relevo influencia na distribuição desigual da água sobre o terreno. Geralmente, ao aumento de declive do solo está associada uma diminuição do crescimento das plantas e conseqüente diminuição do teor em matéria orgânica. Nos relevos pouco movimentados praticamente toda a água da chuva infiltra-se propiciando condições para a formação de solos profundos. Em relevos muito movimentados, grande parte da água é perdida por escoamentos laterais, favorecendo processos erosivos e dificultando o desenvolvimento do solo alterando as propriedades físicas do mesmo. De acordo com Bertoni e Lombardi Neto (1999) entre as propriedades físicas do solo que exercem influência nos processos erosivos e que podem ser alteradas em virtude do tipo de manejo podemos destacar: textura, porosidade e densidade do solo. A textura segundo o Klar (1984), adquire grande importância na interação entre solo-água-planta-atmosfera, interferindo na capacidade de infiltração, na evaporação, no suprimento de nutrientes, na quantidade de solo transportado pelo escoamento superficial e na perda de nutrientes. A porosidade que refere à porção de espaços ocupados pelos líquidos e gases em relação ao espaço ocupado pela massa do solo e que tem influencia direta sobre o grau de compactação do solo. De acordo com Guerra (2001) a porosidade está relacionada de maneira inversa com a densidade aparente, ou seja, à medida que a densidade aparente aumenta, a porosidade diminui, conseqüentemente ocorre à redução da infiltração da água no solo. O aumento da densidade aparente com a profundidade do perfil tende a aumentar, devido às pressões exercidas pelas camadas superiores que provocam a compactação do solo, reduzindo a porosidade (Kiehl, 1979). Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi de avaliar por meio de análises laboratoriais de textura, densidade aparente, porosidade total e macro e micro porosidade, a relação entre o

relevo e as propriedades físicas do solo na região de Galdinópolis no município de Nova Friburgo, região serrana do Rio de Janeiro. 2 – Área de estudo A região serrana engloba 14 municípios acentados sobre a Serra do Mar e dentre eles, o município de Nova Friburgo. Atualmente, Nova Friburgo abriga um dos principais remanescentes florestais de mata Atlântica do Estado do Rio de Janeiro. O relevo do município faz parte da unidade Serra dos Órgãos, que se insere numa classificação maior denominada Região das Escarpas e Reversos da Serra do Mar. Pode-se observar, portanto, três tipos predominantes de formas de relevo na região: Colinas dissecadas, escarpas serranas e domínio montanhoso. O clima corresponde ao Tropical Úmido, a temperatura varia pouco ao longo do ano, definindo dois períodos distintos: um úmido, de novembro a março, e outro seco, de abril a outubro. Na região podemos encontrar a predominância de alguns tipos de solos como: cambissolos, solos litólicos ou neossolos, podzólico vermelho-amarelo e latossolo vermelho-amarelo. 3. Materiais e métodos Foram coletadas amostras indeformadas e deformadas para caracterização das propriedades físicas do solo (EMBRAPA, 1997). A primeira localiza-se na porção superior da encosta; a segunda na porção intermediária e a terceira na porção inferior (figura 1), sendo que em cada posição topográfica foram coletadas três amostras para cada profundidade (0-5, 25-30 e 55-60 cm), totalizando 9 amostras deformadas e 9 indeformadas, totalizando 18 amostras.

Foram realizados ensaios de granulometria utilizando o método da pipeta, densidade aparente através do método do anel volumétrico caracterizada pela relação do peso da amostra depois de seca com o volume do anel onde foi coletado. A fórmula para se chegar a estes resultados é: $Dap = Ms/Vt$ (onde Ms é a massa do solo e Vt é o volume total), Porosidade total, microporosidade e macroporosidade a fim de determinar o grau de compactação do solo, através do método da mesa de tensão. Inicialmente as amostras foram saturadas e pesadas e posteriormente levadas para a mesa de tensão, onde foi exercida sobre uma sucção equivalente a uma coluna de água de 60cm. Em seguida, foram feitas pesagens diárias de todas as amostras até que seu peso se estabilizasse. Portanto, a porosidade total é obtida através do volume de água perdido, que por sua vez é obtido pela diferença entre o peso úmido e o peso seco (depois da estufa), sendo esta diferença relacionada com o volume

total. Já a macroporosidade está relacionada apenas ao volume de água perdido na mesa de tensão. A microporosidade está relacionada ao volume de água perdido na estufa (80°C) Para obter tais resultados, utilizamos as seguintes fórmulas:

$$\text{Porosidade Total} = \text{Psat} - \text{Pseco} \times 100 \text{ Vt}$$

$$\text{Macroporosidade} = \text{Psat} - \text{Ptensao} \times 100 \text{ Vt}$$

$$\text{Microporosidade} = \text{Ptensão} - \text{Pseco} \times 100 \text{ Vt}$$

Onde Vt é o volume total do anel, Psat é o peso da amostra saturada, Ptensão é o peso da amostra após sair da mesa de tensão e Pseco é o peso da amostra após sair da estufa.

4 – Resultados e discussões

4.1 - Textura Em todas as amostras foi observado que a fração areia fina predominou, se comparado com a fração areia grossa (Figura 2). Segundo Kiehl (1979), “quanto mais ricos de areia forem os solos, mais quentes e arejados serão e, conseqüentemente, mais favoráveis à decomposição da matéria orgânica”. Na posição inferior, o maior teor de areia grossa foi obtido na profundidade de 25-30cm (cerca de 46%), enquanto o teor de areia fina sofreu um incremento conforme o aumento de profundidade, variando entre 18% e 68%. Na posição intermediária, o menor teor de areia grossa foi obtido na profundidade de 25-30cm (cerca de 13%) e o maior em 55-60cm (cerca de 17%) não havendo muita variação entre as profundidades. No que se refere a areia fina, também não houve muita variação embora os valores fossem maiores, variando entre 16% (55-60 cm) e 25% (0-5 cm). A posição superior foi a que apresentou os menores valores de areia fina em detrimento das outras posições. Os valores sofreram uma diminuição conforme a profundidade do perfil, variando entre 11% e 20%, enquanto a fração de areia grossa apresentou nas profundidades de 0-5, 25-30 e 55-60 os valores de 17, 18 e 15% respectivamente.

A fração Argila (Figura 3) apresentou maiores valores na posição superior e Intermediária, onde aumentaram de acordo com a profundidade do perfil, chegando a 55% (55-60 cm) na porção superior e 53% (55-60 cm) na porção intermediária. Em contrapartida, na posição inferior os valores obtidos foram extremamente baixos, se comparados com a posição superior e intermediária, variando entre 10% e 16%.

A fração silte (Figura 4) sofreu algumas variações de uma posição para outra. Nas posição inferior, os valores apresentaram baixos nas profundidade de 0-5 cm (0,7%), sendo este o menor valor da fração silte entre todas as amostras e na profundidade de 55-60 cm (1,8%), sendo que na profundidade de 25-30 cm foi onde se encontrou o maior valor de silte da porção inferior que foi de 19%. Na posição intermediária, os valores foram diminuindo conforme aumentava a profundidade. o maior teor foi obtido na profundidade de 0-5cm (21%), enquanto as outras profundidades apresentaram 12% de teor de silte. O maior valor da fração de silte foi encontrado na posição superior na profundidade de 25-30 cm (cerca de 25%), enquanto as outras profundidades apresentaram valores mais baixos, entre 18 e 21%. Segundo Resende et al (2002), a fração silte é indicativa do grau de intemperização do solo; somente solos mais novos apresentam alto teor dessa fração. A fração silte, ainda segundo esse autor, também desempenha importante papel quanto ao encrostamento do solo, o qual consiste em uma camada que tende a se dispor em forma de lâminas, dificultando a infiltração de água: solos ricos em silte possuem maior tendência a esse fenômeno. Solos de textura grosseira, quando comparados a solos de textura fina, possuem baixa retenção de água. Sendo assim, pode-se concluir a partir das amostras coletadas, que nas posições superior e intermediária do relevo foram encontradas maiores quantidade de material de granulometria fina que segundo Brady (1989) são responsáveis pela movimentação lenta do ar e da água, em contrapartida os presentes nas posições inferior reterão pouca água o que favorece para diminuição dos processos erosivos.

4.2 Porosidade total, macroporosidade e microporosidade Nas posições superior e intermediária, os percentuais de porosidade total (Figura 5), tanto de uma trincheira para outra, como de uma profundidade para outra, não sofreram grandes variações. Na posição superior, esse índice manteve-se entre 57 e 58%, enquanto na posição intermediária manteve-se entre 50 e 54%. Na posição inferior houve pouca variação nas profundidades 0-5 e 25-30 cm, onde os valores ficaram entre 53 e 56 %, enquanto na profundidade de 55-60 pode-se observar que conforme a profundidade do perfil aumentou, o percentual de porosidade total sofreu um decréscimo. O percentual de porosidade total encontrado foi de 40%.

Figura 5: Percentual de Porosidade total obtido nas amostras coletadas Na posição inferior, os percentuais de microporosidade mantiveram-se entre 33 e 38%, sendo o mais baixo encontrado na profundidade de 55-60 cm e o mais alto na profundidade de 0-5 cm. A macroporosidade sofreu um acréscimo de da profundidade de 0-5 para 25-30 cm, sendo de 14% na profundidade de 0-5 cm e de 20% na profundidade de 25-30 cm, enquanto na profundidade de 55-60 cm houve uma queda brusca para 7% (figura 6). Na posição intermediária, os valores de microporosidade variaram entre 19 e 25%, sendo o menor percentual obtido na profundidade de 25-30 cm, enquanto os de macroporosidade ficaram entre 25% (0-5 cm) e 34% (25-30 cm). Levando-se em conta que essas posições apresentaram alto percentual de argila, esperava-se que os valores de microporosidade fossem mais altos que os de macroporosidade, o que não ocorreu. Na posição superior, embora a porosidade total seja mais elevada em detrimento das outras posições, há predominância de macroporos, principalmente na profundidade de 0-5 cm, onde obteve-se cerca de 40% de macroporos e 17% de microporos. A grande quantidade de macroporos, em detrimento dos microporos nesta posição, não corresponde ao esperado tendo em vista que esta mesma posição apresentou os maiores percentuais de partículas de granulometria fina (argila e silte), pois solos com textura argilosa tende a apresentar grande microporosidade, em detrimento de solos com textura arenosa que tendem a apresentar grande macroporosidade.

4.3 Densidade aparente Quanto à densidade aparente (Figura 7), a posição inferior apresentou valores entre 1,02 g/cm³ e 1,10 g/cm³, decrescendo conforme o aumento da profundidade e variando inversamente com a porosidade total. Na posição intermediária apresentou os menores valores para a densidade aparente, variando entre 0,96 g/cm³ e 1,19 g/cm³, sendo o maior encontrado na profundidade de 0-5 cm. A posição superior os valores ficaram entre 1,07 g/cm³ e 1,13 g/cm³. Há uma tendência, nesta posição, de elevação da densidade aparente conforme a profundidade do perfil, o que segundo Brady (1989) pode ser decorrência de um menor teor de matéria orgânica e do peso que as camadas subjacentes exercem sobre as mais profundas. Conforme já citado anteriormente, a densidade aparente possui correlação inversa com a porosidade total. Os altos

valores de porosidade total encontrados nessa posição fazem com que ela apresente os menores valores de densidade aparente.

Considerações finais Os resultados obtidos nesta pesquisa serviram para comprovar que o relevo influencia nas propriedades físicas do solo (textura, densidade aparente, porosidade total, macro e microporosidade), onde foi observado que nas posições superior e intermediária predominaram partículas de granulometria fina, que tendem a dificultar circulação de água no interior desses solos diminuindo a infiltração e aumentando o escoamento superficial, essas posições também apresentaram uma maior numero de macroporos em detrimento aos microporos. Na posição inferior foram observadas características contrarias as das outras posições, onde pode-se ser observado os maiores percentuais de partículas de granulometria grossa, onde pose observar que quanto maiores as declividades menores foram os teores de areia do solo. Este gradiente decorre de processos erosivos; de forma geral, é esperada uma relação estreita entre a susceptibilidade à erosão e a declividade do terreno.

3- ANÁLISE QUANTITATIVA E QUALITATIVA

Nos vegetais o ferro está envolvido em reações redox, constituintes de citocromos e ferro-proteínas não-hemi, envolvidas na fotossíntese, fixação de nitrogênio e respiração. A deficiência desse micronutriente causa a clorose e em condições extremas ou prolongadas podem ser tornar cloróticas, fazendo com que as folhas tornem-se amareladas ou bancas, interferindo na síntese de alguns complexos constituídos por clorofila e proteína nos cloroplasto (OH, et al., 1996). As plantas obtêm o ferro do solo, onde está presente primariamente como íon férrico (Fe^{3+}), em espécies como $\text{Fe}(\text{OH})_2^+$, $\text{Fe}(\text{OH})_3$ e $\text{Fe}(\text{OH})_4^-$. Em pH neutro, o Fe^{3+} é altamente insolúvel, porem solos de pH ácido aumentam a solubilidade da espécie (TAIZ, 2009). Em decorrência dos altos teores de Fe encontrados em solos brasileiros, problemas relacionados com a toxidez são mais comuns do que aqueles relacionados com a deficiência dessa espécie. Nesse trabalho é apresentado um método simples para identificação de ferro no solo e posteriormente um procedimento para quantifica-lo com a finalidade de averiguar se este micronutriente, essencial para as plantas, está presente no solo em níveis adequados ou se é fitotóxico.

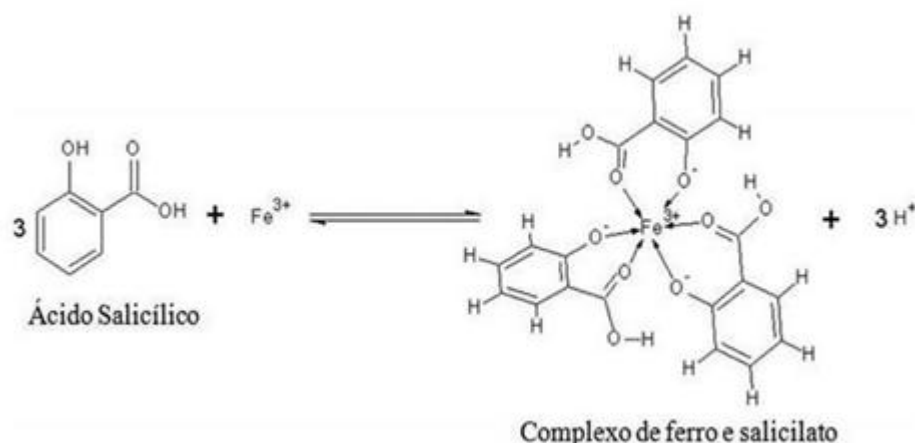
Material e métodos

Para que a análise de solo procedesse de forma adequada foram tomados os devidos cuidados tanto na escolha das porções de solo a serem analisadas quanto aos procedimentos para a realização da prática. O solo escolhido estava livre de adubação, que poderia ter interferido na análise, e as amostras coletadas foram retiradas a uma profundidade de 20 a 40 cm da superfície. As amostras obtidas no campo foram secadas em estufa a 80 °C por 1 hora e peneiradas para separa-la dos grânulos maiores e quaisquer matérias orgânicas não degradada na amostra. Para realizar a identificação e a subsequente análise da concentração de Fe^{3+} , utilizou-se os seguintes reagentes: HCl concentrado, solução de ácido salicílico e uma solução padrão de FeCl_3 0,1 mol/L. O procedimento para a realização das analise foram organizados nas seguintes etapas: - As amostras de solo coletadas foram

dissolvidas com 25 mL HCl concentrado (P.A.) dentro da capela de exaustão. - Após dissolução, montou-se um sistema de filtração com funil e papel de filtro sob um balão volumétrico contendo água destilada para diluir a solução ácida filtrada. - Para identificar a presença do Fe^{3+} , uma amostra da solução filtrada e diluída foi posta em um tubo de ensaio e reagiu ao ser misturada com a solução de ácido salicílico, formando uma nova solução de cor violeta, indicando a presença da espécie. - Logo após a identificação do Fe^{3+} realizou-se uma curva de calibração a partir da solução de FeCl_3 0,1 mol/L, para determinar a concentração do Fe^{3+} em um espectrofotômetro de UV-Vis.

Resultado e discussão

Para a identificação do Fe^{3+} , utilizou-se uma solução de ácido salicílico, que ao entrar em contato com os íons Fe^{3+} reagiu e formou um complexo de coordenação de cor violeta. Para determinar a concentração de Fe^{3+} elaborou-se uma curva de calibração a partir de soluções de FeCl_3 com concentrações de 0,1 a 0,02 mol/L que foram analisadas em um espectrofotômetro UV-Vis com um comprimento de onda de 465 nm. Com os valores obtidos na análise e os respectivos cálculos, obteve-se a equação que relaciona absorbância e a concentração. A partir desse procedimento foi possível quantificar o teor de ferro na amostra de solo. A concentração média de ferro III foi de 985,75 mg/kg nas amostras coletadas. A amostra com maior teor deste íon foi de 1420,43 mg/kg, valor considerado alto, contudo ainda se encontra dentro parâmetros para um solo não fitotóxico. De acordo com o International Plant Nutrition Institute (INPI), o Fe é um elemento essencial, mas quando encontrados em teores acima de 1880mg/kg apresenta-se como prejudicial às plantas. Todas as soluções obtidas a partir das amostras de solo foram testadas em ensaio com a solução ácida, e a coloração da solução final variou do roxo ao violeta, indicando que a intensidade da cor depende da quantidade de íons presente na solução, como indicou a análise quantitativa.



ANÁLISE ESPACIAL DE DADOS GEOGRÁFICOS. S. Druck, M. S. Carvalho, G. Câmara & A. M. V. Monteiro, organizadores. Planaltina: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2004. 208 pp.
ISBN: 85-7883-260-6

Ao final da década de 80, pesquisadores da área de saúde iniciaram discussão e experimentação de estudos onde era abordada a localização espacial dos eventos, incluindo os Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Desde então, muitas técnicas de estudo foram implementadas e estão consolidadas na área da saúde. Os profissionais que atuam nas secretarias estaduais e municipais de saúde, ao confirmarem vantagens da utilização dessas abordagens com base em resultados de trabalhos de pesquisadores, iniciaram um movimento de implementação de SIGs em seus locais de trabalho. Um outro fator importante é a disponibilidade dos SIGs de baixo custo e com interfaces amigáveis. É importante enfatizar que atualmente existe um programa de computador (TerraView) com estas características que pode ser adquirido sem nenhum custo, bastando simplesmente acessar sua página na Internet (<http://www.dpi.inpe.br/terraview>).

O cenário hoje é que vários municípios no Brasil possuem serviço especializado para digitalização da malha urbana e tem buscado utilizar esta ferramenta na vigilância epidemiológica e ambiental. Fato semelhante acontece em cursos de pós-graduação, onde um grande número de alunos fica tentado a utilizar o geoprocessamento em seus trabalhos. Em alguns casos não pela pertinência do

uso, mas sim pelo efeito visual positivo trazido pela inserção de um ou muitos, em alguns casos muitos mesmo, "mapas coloridos" em suas dissertações.

A análise espacial pode ser dada de uma forma simples, apenas com base na análise visual do padrão de distribuição de um evento em um mapa. O que usualmente chamamos de mapa temático, e que em muitos casos pode ser substituído por uma tabela. Como exemplo posso citar a distribuição espacial de incidência de tuberculose pelos municípios do Estado do Rio de Janeiro.

Uma outra abordagem, um pouco mais complexa e com base na matemática e estatística, é quando se busca relação entre o padrão de distribuição existente com considerações objetivas e mensuráveis. Em outras palavras, qual a relação entre a distribuição espacial de casos de esquistossomose, a distância desses com os focos do caramujo vetor e a variação climática devido a sazonalidade?

Devido às vantagens, já apontadas aqui, pelas interfaces amigáveis dos SIGs, tenho observado o uso indevido de algumas ferramentas de análise dos SIGs e até mesmo uma interpretação equivocada dos resultados de pesquisas. Um exemplo é a criação de um mapa de kernel no TerraView. Um usuário que tem facilidade em manipular programas de computador, mas não tem conhecimento sobre os conceitos que norteiam este tipo de análise e que não sabe o significado de cada parâmetro utilizado para gerar o mapa, conseguirá facilmente criar um mapa de kernel, mas sua interpretação, portanto o resultado de sua análise, normalmente está errado.

Nesse cenário de facilidades oferecidas pelos SIGs e dificuldades decorrentes da falta de conhecimento sobre alguns procedimentos técnicos, surge uma boa novidade: a publicação, no final de 2004, do livro *Análise Espacial de Dados Geográficos*. Para felicidade dos leitores da área da saúde, diversos exemplos utilizados no livro são resultados de pesquisas desenvolvidas nessa área, como estimativa de taxa de incidência de leptospirose no Rio de Janeiro, utilizando kernel (p. 70), e a utilização do estimador bayesiano empírico para análise da hanseníase em Recife (p. 187).

Apesar de o livro possuir em suas páginas uma grande quantidade de funções matemáticas, o que é fundamental para a compreensão do objeto em questão, o leitor não familiarizado com esse tipo de notação não deve se sentir intimidado.

O livro apresenta-se estruturado em cinco capítulos, no primeiro, *Análise Espacial e Geoprocessamento*, são apresentados os tipos de dados em análise espacial, representação computacional, conceitos básicos e processos da análise espacial. Ao final deste capítulo os autores apresentam uma relação de programas para análise espacial. Infelizmente o TerraView não consta dessa lista. Apesar desse programa ter capacidade de cálculo de índice I de Moran, kernel e estimativa bayesiana global, dentre outros procedimentos.

No segundo capítulo, *Análise Espacial de Eventos*, os autores abordam a caracterização de distribuição de pontos, estimador de intensidade (kernel), estimadores de dependência espacial, pontos no espaço-tempo, processo pontual marcado e estudos caso-controle. Os exemplos aqui utilizados são diretamente relacionados à área da saúde, distribuição de casos de leptospirose no Rio de Janeiro, mortalidade infantil em Porto Alegre.

Nos capítulos seguintes são apresentados métodos relacionados à análise espacial de superfícies, como krigagem, análise espacial de superfície por geoestatística: enfoque por indicação e análise espacial de áreas. Neste último, os autores discutem um aspecto relevante e que normalmente contribui para interpretação equivocada dos resultados, os problemas relacionados à escala e à relação área-indivíduo. Também discutem indicadores globais de autocorrelação espacial e o estimador bayesiano empírico, utilizando exemplos de pesquisas desenvolvidas na área da saúde.

Para aqueles que utilizam métodos de análise espacial em suas pesquisas, sejam profissionais ou estudantes, este livro é uma ótima indicação para introdução ao assunto. A não atualização de alguns métodos, como pode ser verificado pela literatura citada, e a não inclusão de exemplos do TerraView dão a impressão ao leitor de que houve uma demora em sua publicação. De qualquer forma, diante de outros livros sobre análise espacial já consagrados no meio acadêmico, ele tem uma

grande vantagem. Foi publicado em português, o que facilita a compreensão para muitos leitores, além do detalhamento apresentado nos exemplos utilizados.

4- RECUPERAÇÃO DE SOLOS AFETADOS POR SAIS

O crescimento populacional e a pressão econômica para produção de alimentos têm contribuído sensivelmente para expansão da área de solos degradados por salinidade e sodicidade, possivelmente, em consequência do uso inadequado de terras marginais e do manejo inadequado da irrigação e do solo (RIBEIRO et al., 2003). Um dos grandes desafios da humanidade é tornar as atividades de exploração dos recursos naturais sustentáveis. Atualmente são evidentes os problemas de degradação dos solos relacionados com atividades antrópicas. Um solo se degrada quando são modificadas as suas características físicas, químicas e biológicas. O desgaste pode ser provocado por esgotamento, desmatamento, erosão, compactação, salinização e desertificação (MAJOR & SALES, 2012). De acordo com Kobiyama et al. (2001) isso acontece em decorrência da adoção de técnicas de exploração dos recursos naturais inadequadas à manutenção do meio ambiente. Apesar de haver diferentes tipos de práticas de uso da terra, o resultado final geralmente é sempre negativo ao meio ambiente por apresentarem um mesmo objetivo que é o atendimento imediato da demanda mundial por recursos naturais (FOLEY et al., 2005). Cooper (2008) enfatiza que a degradação do solo, por afetar diretamente a produção agrícola e o meio ambiente, causa instabilidade social e política, reduz a área de remanescentes florestais, acelera a exploração de terras marginais e frágeis, aumenta a poluição dos mananciais e a emissão de gases que provocam efeito estufa. Avaliando o grau de degradação dos solos no mundo, atualmente pode ser apresentada a seguinte classificação: 8,0% moderadamente degradados; 10% em recuperação; 25% degradados; e 36% apresentam-se estáveis ou levemente degradados. Os outros 20% representam áreas sem cobertura vegetal (18%) ou cobertas por água (2,0%). A degradação do solo nesse caso estaria relacionada com práticas agrícolas intensivas que provocaram grave degradação ambiental, incluindo perda da biodiversidade e poluição de mananciais superficiais e subterrâneos devido ao uso intenso de fertilizantes e pesticidas nas lavouras (FAO, 2011). Considerando apenas a salinização como fator de degradação, estima-se que aproximadamente 7,0% de toda superfície terrestre apresenta-se salinizada seja,

devido a processos naturais intrínsecos ao próprio solo da região de ocorrência ou causadas por atividades antrópicas (SZABOLCS, 1979; DUDAL & PURNELL, 1986; JAIN et al., 1989; GUPTA & ABROL 1990; AHMED & QAMAR, 2004), com uma superfície de 9.500.000 km², distribuídos na Austrália, Ásia, América do Sul e África. No Brasil solos salinos e sódicos ocorrem no Rio Grande do Sul, na região do Pantanal Mato-grossense e, com predomínio na região semiárida do Nordeste (RIBEIRO et al., 2003). Além de se caracterizar como um grave problema ambiental, a elevada concentração de sais no solo causa perdas consideráveis para agricultura mundial ou por causar perdas em cultivos já estabelecidos ou por inviabilizar a exploração de novas áreas agricultáveis (FLOWERS, 2004; MUNNS et al., 2006). A salinidade é uma condição do solo que ocorre principalmente nas regiões áridas e semiáridas do mundo. A precipitação pluviométrica limitada nessas regiões, associada à baixa atividade bioclimática, menor grau de intemperização, drenagem deficiente e a utilização de água de má qualidade, conduzem à formação de solos com alta concentração de sais (HOLANDA et al., 2007). O aumento da área de terras apresentando problemas com salinização em regiões áridas e semiáridas tem se tornado motivo de grande preocupação, principalmente por se concentrar em áreas irrigadas que receberam altos investimentos em infraestrutura para sua implantação. O emprego da irrigação sem um manejo adequado e com as condições de drenagem deficientes contribuem para que o processo de salinização seja acelerado, podendo atingir níveis prejudiciais à maioria das culturas em um espaço de tempo relativamente curto (HOLANDA et al., 2001). No entanto, há uma necessidade em se definir de forma específica níveis de salinidade e sodicidade que atenda satisfatoriamente a todas as situações agronômicas (RIBEIRO et al., 2003). Diferentes estratégias são adotadas para recuperação de áreas que apresentam elevadas concentração de sais, tais como: uso de plantas extratoras, uso de corretivos como o gesso agrícola, uso de técnicas para melhorar a drenagem do solo, etc. Em geral, os resultados mais satisfatórios ou mais eficientes são alcançados, quando são aplicadas técnicas combinadas de recuperação de tais áreas afetadas pela presença dos sais. Diante da relevância do tema acima exposto para o Brasil, em particular para a região Nordeste, o presente trabalho, baseado em levantamento bibliográfico, objetivou apresentar as causas e consequências do excesso de sais no solo, e as possíveis estratégias de recuperação de solos

degradados pelo excesso de sais. 2 Processo de Salinização dos Solos A salinização do solo é um problema que vem crescendo em todo o mundo. Estima-se existir cerca de 1 a 5 bilhões de hectares de solos afetados por sais, com grande parte de todas as áreas irrigadas do mundo sofrendo com a redução da produção devido ao excesso de sais no solo (RIBEIRO et al., 2003; SOUSA, 2007). Solos afetados por sais são principalmente encontrados em climas áridos e semiáridos, em mais de 100 países em todos os continentes, com exceção da Antártida. No Brasil o problema é verificado em todo país, acontecendo especialmente na região Nordeste, onde aproximadamente 25% das áreas irrigadas foram salinizadas (GHEYI, 2000). A origem dos problemas de salinidade se confunde com a própria formação dos solos, que é um produto da intemperização das rochas, envolvendo processos físicos, químicos e biológicos, mediante a ação de fatores como clima, relevo, organismos vivos e o tempo (RIBEIRO et al., 2003; DIAS, 2004). A salinidade é um problema que atinge cerca de 45 milhões (19,5%) dos 230 milhões de hectares da área irrigada do globo terrestre. O excesso de sais limita severamente a produção agrícola principalmente nas regiões áridas e semiáridas, onde cerca de 25% da área irrigada encontra-se salinizada (FAO, 2000). A salinização induzida pelo homem é mais perceptível em ambientes de elevada evapotranspiração e baixa precipitação pluviométrica no curso do ano, manifestando-se de forma mais acentuada nessas áreas em decorrência do manejo inadequado da irrigação, onde o controle da drenagem não é feito ou feito de forma ineficiente (OLIVEIRA, 1997). No Nordeste semiárido atualmente há grandes áreas com solos salinizados, devido à natureza física e química dos solos, ao déficit hídrico e à elevada taxa de evaporação, com maior incidência do problema nas terras mais intensamente cultivadas com o uso da irrigação, nos polos de agricultura irrigada (SILVA et al., 2011). Os solos afetados por sais, também conhecidos por solos halomórficos ou solos salinos e sódicos, são solos desenvolvidos em condições imperfeitas de drenagem, que se caracterizam pela presença de sais solúveis, sódio trocável ou ambos, em horizontes ou camadas próximas à superfície. Quando a concentração de sais se eleva ao ponto de prejudicar o rendimento econômico das culturas, diz-se que tal solo está salinizado (RIBEIRO, 2010; MAJOR & SALES, 2012). A gênese de solos salinos tem uma alta relação tanto com a formação geológica predominante na paisagem como com a drenagem. Logo, a origem dos problemas de salinidade se confunde com a própria

formação dos solos (RIBEIRO et al., 2003; FIGUEIRÊDO, 2005). Daker (1988) destaca que os sais resultantes dos minerais primários, encontrados nos solos e nas rochas, são transportados pelas águas e armazenados nos solos acumulando-se à medida que a água é evaporada ou consumida pelas culturas, originando o processo de salinização. Durante a intemperização dos minerais primários, que compõem a rocha ou o material de origem do solo, através de processos físicos, químicos e biológicos mediados pela ação de fatores como clima, relevo, organismos vivos e o tempo, os sais solúveis que constituem as rochas são liberados dando início à formação do solo (RICHARDS, 1954). Entretanto, a decomposição de minerais primários in situ, raramente provoca acúmulo de sais no solo em níveis prejudiciais ao desenvolvimento vegetal. Para formação de solos afetados por sais, estes são geralmente transportados pela água, que é o principal agente transportador (WANDERLEY, 2009). O excesso de sais solúveis na solução do solo é resultado de uma combinação de fatores: climáticos (baixo índice pluviométrico e elevada taxa de evapotranspiração), edáficos (baixa capacidade de lixiviação dos sais e presença de camadas impermeáveis) e de manejo do solo (irrigação com águas salinizadas, excesso de água de irrigação, uso excessivo de agroquímicos etc) (GHAFOR et al., 2004; QADIR & OSTER, 2004; RIBEIRO, 2010). No seu processo de salinização, ocorre a transformação dos minerais primários, ricos em cátions como Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} e Na^{+} , em minerais de argila do tipo 2:1, principalmente montmorilonita. Em locais de clima semiárido esta transformação, embora lenta devido aos longos períodos sem chuvas, libera da estrutura cristalina dos minerais parte destes cátions e contribui para a manutenção de suas concentrações em níveis relativamente elevados, tanto no complexo de troca quanto na solução do solo. Nos períodos secos estes cátions afloram à superfície dos agregados do solo, principalmente na camada mais superficial, chegando a formar uma crosta de sais cristalizados (HOLANDA et al., 2001). O processo de salinização envolve a concentração de sais solúveis na solução do solo e resulta na formação dos solos salinos, que resulta da acumulação de sais solúveis de Na^{+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^{+} nos horizontes do solo. Ressaltando que, os principais sais encontrados são: cloretos e sulfatos de Na^{+} , Ca^{2+} e Mg^{2+} , sendo que, os carbonatos e nitratos são encontrados em quantidades reduzidas. Como destaque deve ser lembrado que em razão do excesso de sais e da ausência de quantidades relevantes de Na, os solos salinos são floculados e não

apresentam limitação, devido a permeabilidade. Os solos salino-sódicos são formados quando a Percentagem de Sódio Trocável (PST) atinge valores maiores ou $4,0 \geq$ iguais a 15%, e os níveis de salinidade permanecem altos, com uma condutividade elétrica (CE) dS.m^{-1} . O processo de solonização promove a formação de solos sódicos, e é constituído por dois subprocessos: sodificação e dessalinização. A sodificação, primeira etapa, é o processo de passagem do íon Na^+ da solução do solo para o complexo de troca, formando os solos denominados de salinosódicos, enquanto a dessalinização, etapa final, promove a lavagem dos sais solúveis, resultando na formação de solos unicamente sódicos (RIBEIRO et al., 2003; RIBEIRO, 2010). Os sais, resultantes do processo de intemperização, podem ser carreados para horizontes inferiores, mediante percolação, e então depositados nas águas subsuperficiais, ou levados a lugares distantes por escoamento superficial. Entretanto, em regiões de clima árido e semiárido, por apresentarem déficit hídrico não há condições favoráveis para que ocorra lixiviação. Com a evaporação superando e muito a precipitação, a drenagem dos sais solúveis é deficiente, o que contribui para a acumulação desses sais no perfil e na superfície do solo, resultando em solos afetados por sais (AYERS & WESTCOT, 1991; WANDERLEY, 2009). A concentração elevada de sais no solo é um fator limitante ao desenvolvimento das plantas, e que pode ocorrer em função de características naturais do próprio ambiente, ou pode ser decorrente das atividades humanas. A salinização natural dos solos pode ocorrer pela intemperização das rochas e pela deposição de sais provenientes dos oceanos pela ação das chuvas e dos ventos, sendo denominada de salinização primária (RICHARDS, 1954; NEUMANN, 1997; RIBEIRO et al., 2009; MUNNS, 2012). A salinização é denominada secundária quando a elevação na concentração de sais no solo é resultante de alguma atividade antrópica, geralmente associada ao desmatamento, ao excesso de água de irrigação, ao padrão de qualidade da água de irrigação abaixo do recomendado, uso de adubos químicos e sistemas de drenagem ineficientes (WILLIAMS, 1987; NEUMANN, 1997; RIBEIRO et al., 2003; MUNNS, 2012). Os fatores diretamente responsáveis pela salinização dos solos em áreas irrigadas são o uso de água de irrigação com alta concentração salina, elevação do lençol freático por causa do manejo inadequado de irrigação, ausência ou deficiência de drenagem, elevação do lençol freático em decorrência da perda de água por infiltração nos canais e

reservatórios e, ou, acumulação de água de irrigação nas partes mais baixas do terreno (GHEYI et al., 1997). Sem um manejo adequado de água-solo-salinidade, a irrigação tem levado a salinização e sodificação de extensa área semiárida do Nordeste brasileiro, aproximadamente 25% das áreas irrigadas dessa região encontra-se salinizada (GHEYI, 2000; BARROS et al., 2005). Embora o sal não é nem mutagénico ou carcinogénico, e não é geralmente considerado tóxico para os animais, existem numerosos efeitos ambientais associados com o excesso de sal no solo. Estes incluem a degradação das propriedades químicas e físicas do solo, a qualidade das águas subterrâneas e diminuição do crescimento de plantas prejudicada (GHEYI et al., 1997; QADIR et al., 2003). Outro fator também responsável pela indução da salinidade é a aplicação excessiva de fertilizantes com índice salino elevado, tais como cloreto de potássio, nitrato de amônia e formulações comerciais, de forma indiscriminada e excessiva, que pode induzir a um incremento da pressão osmótica na solução do solo, prejudicando a germinação das sementes e o desenvolvimento de plantas muito jovens (FIGUEIRÊDO, 2005; WANDERLEY, 2009). No semiárido nordestino, outro agravante é o despejo no solo de rejeitos ou subprodutos de dessalinizadores sem nenhum tratamento prévio, propiciando alto acúmulo de sais nas camadas superficiais dos terrenos onde são instalados os equipamentos. A dessalinização por processo de osmose reversa, técnica de purificação de água de poços altamente salina imprópria para consumo humano e animal, produz em média 50% de água potável e 50% de rejeito salino, apresentando baixa qualidade e altos riscos ambientais (PORTO et al., 2001; PORTO et al., 2004; WANDERLEY, 2009). A água residuária de dessalinizadores é descartada geralmente nos cursos d'água ou diretamente no solo, comprometendo assim as fontes de água superficiais e subterrâneas, alterando as propriedades físicas e químicas do solo, e afetando direta e indiretamente a fauna e a flora da região (DIAS et al., 2010). No solo especificamente, o sódio dos sais substitui o cálcio adsorvido no complexo de troca, causando a dispersão dos colóides do solo, e conseqüentemente, contribuindo para redução da condutividade hidráulica do solo (IIYAS et al., 2000). Desta forma, o maior efeito dos efluentes de reatores biológicos de tratamento de esgotos nas propriedades físicas e hidráulicas do solo está relacionado à sua salinidade e sodicidade, que podem provocar alterações em suas propriedades físico-hídricas, dentre elas a condutividade hidráulica e porosidade

total; responsáveis pelo movimento e armazenamento da água no solo (QUIROZ, 2009).

O impacto econômico da salinização não é fácil de avaliar, por causa da relação não linear entre salinização e produtividade. Logo, a salinização pode permanecer sem ser detectada durante anos com níveis moderados de salinidade, enquanto um aumento adicional pode causar abandono da terra agrícola em poucos anos. Diante disso, uma das ferramentas mais importantes é o monitoramento da condutividade elétrica do solo em sistemas de produção, que permite de forma simples e eficiente adequações que evitem a ocorrência de processos de salinização do solo e perdas na quantidade e qualidade da produção (QUEIROZ et al., 2009; MAJOR & SALES, 2012). As propriedades físicas dos solos, tais como, estrutura do solo, estabilidade dos agregados, dispersão das partículas, permeabilidade e infiltração, são muito influenciadas pelos tipos de cátions trocáveis presentes no solo (SHAINBERG & OSTER, 1978). Enquanto a acumulação de sais solúveis torna o solo flocculado, friável e bem permeável, o aumento do sódio trocável poderá torná-lo adensado, compacto em condições secas, disperso e pegajoso em condições molhadas (GHEYI et al., 1991; DIAS & BLANCO, 2010). A predominância de cátions monovalentes, especialmente o sódio, promove um aumento na espessura da dupla camada iônica difusa, aumentando consideravelmente a expansão das partículas de argila (FASSBENDER & BORNEMISZA, 1987), acarretando em dispersão das mesmas, formando camadas impermeáveis, dificultando o movimento de ar e de água no solo. DIAS & BLANCO (2010) afirmam que se houver exagero na expansão da argila, ocorrerá a fragmentação das partículas e, conseqüentemente, modificações na estrutura do solo. Esse rompimento de agregados do solo é indesejável, visto que causa grande impacto ambiental por também liberar de forma excessiva, nutrientes e biocidas utilizados na agricultura (MOURA FILHO & BUOL, 1976; GHADIRI & ROSE, 1991). Além disso, o efeito de expansão, dispersão e migração das partículas de argila nos poros condutores interferem na condutividade hidráulica e na permeabilidade do solo à água (RHOADES & INGVALSON, 1969; SHAINBERG & LETEY, 1984; ANDRADE & CRUCIANI, 1996). Geralmente, essas alterações na estrutura dos solos ocorrem quando a PST é superior a 15% (RICHARDS, 1954), e segundo Albuquerque et al. (2002) solos com elevada PST

são mais susceptíveis ao selamento superficial e erosão hídrica. O valor da PST, no entanto, pode variar em função da qualidade da irrigação, do tipo de mineral de argila predominante, e do grau de salinidade do solo (RIBEIRO, 2010). Holanda et al. (2001) enfatizam a importância de se detectar precocemente problemas de salinidade em solos nos quais existem cultivos irrigados, verificando-se alterações químicas através de análises que indiquem uma eventual elevação da PST, bem como a relação deste cátion com outros do complexo sortivo, dada pela Razão de Adsorção de Sódio (RAS). Uma das causas dessas modificações nas propriedades físico-hídricas dos solos é o fenômeno conhecido como dispersão química que apresenta relação de dependência com a PST e com a concentração eletrolítica da solução do solo (AGASSI et al., 1981). Quanto maior a concentração de sódio no solo e mais baixa for a concentração de eletrólitos, maior será a dispersão das argilas e mais elevada será a viscosidade da água, fatores que juntos contribuem infinitamente para redução da condutividade hidráulica e permeabilidade do solo (KEREN et al., 1988), e conseqüentemente da taxa de infiltração de água no solo. Da mesma forma que a salinidade afeta o solo, há também reflexos dos seus efeitos nas plantas. A salinidade afeta as culturas de duas maneiras: pelo aumento do potencial osmótico do solo, quanto mais salino for um solo, maior será a energia gasta pela planta para absorver água e com ela os demais elementos vitais; pela toxidez de determinados elementos, principalmente sódio, boro, bicarbonatos e cloretos, que em concentração elevada causam distúrbios fisiológicos nas plantas (BATISTA et al., 2002). Além disso, há um grave desequilíbrio nutricional em virtude da significativa alteração nos processos de absorção, transporte, assimilação e distribuição de nutrientes na planta, por exemplo, o excesso de Na inibe a absorção de nutrientes, como o K e Ca (MUNNS & TERMAAT, 1986; RIBEIRO et al., 2003; VIANA et al., 2004; FARIAS et al., 2009; SILVA et al., 2009). Nesse contexto, os valores de pH elevados nos solos também reduzem a disponibilidade de muitos micronutrientes. Nesses solos salinizados encontra-se deficiência de cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) (TAN, 1993). Quando a concentração de sais no solo é superior ao tolerado pela planta, seu crescimento é diretamente comprometido em virtude basicamente de dois processos: redução da absorção de água resultante do efeito osmótico ou déficit hídrico; e elevada concentração de íons no fluxo transpiratório que causa injúrias nas folhas (MUNNS, 2005). Santos (2006)

destaca que a redução da taxa de crescimento das plantas sob estresse salino ocorre de forma mais acentuada nos tecidos jovens, afetando os mecanismos de divisão e expansão celular nos pontos de crescimento da planta. A elevada concentração de sais na rizosfera provoca a redução da permeabilidade das raízes à água, tendo como consequência direta o estresse hídrico (TÁVORA et al., 2005). De acordo com O'Leary (1975) isso provoca o fechamento dos estômatos para reduzir as perdas de água por transpiração, reduzindo consequentemente a taxa fotossintética afetando assim o desenvolvimento das plantas ao longo do seu ciclo. A concentração elevada de sais no solo, seja de origem primária ou secundária, condiciona um ambiente hostil à maioria das plantas. As plantas adaptadas a ambientes salinos são denominadas de halófitas, podendo sobreviver em ambientes onde a concentração de NaCl é superior a 200 mM (equivalente a condutividade elétrica no extrato de saturação do solo de aproximadamente 20 dS.m⁻¹), e representam aproximadamente 1,0% de toda flora (FLOWERS & COLMER, 2008). As plantas sensíveis ou hipersensíveis à salinidade, ou que estão mais adaptadas a ambientes não salinos, são denominadas de glicófitas, e representam a maioria das culturas existentes (LARCHER, 2000; YOKOI et al., 2002; WILLADINO & CAMARA, 2010). Quase a totalidade das plantas assim classificadas apresenta algum tipo de comprometimento de alguma fase do seu ciclo quando a concentração de NaCl supera 40 mM, equivalente a condutividade elétrica no extrato de saturação do solo de aproximadamente 4,0 d.S.m⁻¹ (RIBEIRO et al., 2007; MUNNS & TESTER, 2008). Entre as estratégias bioquímicas utilizadas pelas plantas halófitas, como resposta aos danos causados pelo excesso de sal no solo, incluem-se a acumulação ou exclusão seletiva de íons; o controle da entrada de íons pelas raízes e transporte para as folhas; a compartimentalização de íons a nível celular pelos vacúolos, e estrutural pelas folhas; síntese de osmólitos; alterações nas vias fotossintéticas; modificações nas estruturas das membranas; indução de hormônios e de enzimas antioxidantes. Esses mecanismos proporcionam um manejo mais eficiente dos solutos (MUNNS, 2002; ESTEVES & SUZUKI 2008; MUNNS & TESTER, 2008; NAWAZ et al., 2010; MUDGAL et al., 2010). As plantas glicófitas também apresentam o mecanismo de regulação osmótica celular, contudo são incapazes ou pouco eficientes na compartimentalização dos íons inorgânicos, apresentando assim elevada concentração de sais no tecido fotossintetizante quando submetidas à

condição de estresse salino (MUNNS, 2002). A alta salinidade e o elevado teor de sódio trocável do solo afetam a germinação e a densidade das culturas, limitando a sua produtividade bem como seu desenvolvimento vegetativo. Nos casos mais graves, causa sérios problemas de ordem econômica, com a morte generalizada das plantas, pois tais solos se tornam inaptos para agricultura, sendo então descartados do sistema de produção, tornando-se desertos salinos (BARROS et al., 2005; FERNANDES et al., 2008; MAJOR & SALES, 2012).

Recuperação de Solos Salinizados O termo “recuperação de solos salinizados” refere-se a métodos ou técnicas que são utilizadas com o propósito de remover os sais solúveis da zona radicular das plantas, incluindo assim as seguintes práticas: remoção mecânica, lavagem e lixiviação (ABROL et al., 1988). Barros et al. (2004) acrescentam ainda que o termo também refere-se à diminuição do teor de sódio trocável através do seu deslocamento do complexo de troca pelo cálcio antes do processo de lixiviação. Muitos países em desenvolvimento enfrentam sérios problemas com a poluição do solo e, principalmente, com toda problemática relacionada com a recuperação desses solos que, entre outros fatores, é extremamente dependente da situação socioeconômica de cada país (AGUIAR, 2006). A salinização dos solos apresenta impactos ambientais e econômicos, visto que reduz a produção agrícola, causa geralmente o abandono da área afetada, trazendo conseqüentemente prejuízos à economia regional (MELO et al., 2008). A recuperação desses solos é imprescindível para que eles sejam reincorporados ao sistema produtivo (MELO et al., 2008; TAVARES FILHO et al., 2012). Solos afetados por sais são caracterizados pela presença de sais solúveis ou sódio trocável, ou ambos, suficientes para restringir o crescimento de plantas, necessitando medidas especiais de remediação e práticas de manejo que dependem de um entendimento dos processos físico-químicos que ocorrem à medida que a água se move dentro do solo e desloca os sais (LEAL, 2005). A recuperação de solos degradados por sais exige estudos e se baseia principalmente nas técnicas de: irrigação, lixiviação, correção, gessagem, pousio, uso de plantas resistentes a sais, todas associadas às práticas de drenagem adequadas (OLIVEIRA, 1999; RIBEIRO et al., 2003). As técnicas para recuperação de solos salinizados podem ser fundamentais ou auxiliares. As primeiras são a lavagem dos sais e a aplicação de melhoradores

químicos. Já as últimas, são aquelas aplicadas para tornar as fundamentais mais eficientes porque agem diretamente sobre as propriedades do solo, sendo citadas: aração profunda, subsolagem e aplicação de resíduos orgânicos (CAVALCANTE et al., 2010). Torna-se importante destacar que algumas práticas culturais podem auxiliar na recuperação de solos salinizados, tais como: utilização de espécies herbáceas com raízes profundas; uso de gramíneas com grande densidade de radículas que permitem aumentar a porosidade do solo; formação de cobertura morta na superfície do solo e, ou, a incorporação desta matéria orgânica ao solo; e adubação verde (HOLANDA et al., 2001). A recuperação dos solos degradados por sais não tem se mostrado eficiente quando aplicada uma só técnica de recuperação isoladamente. O sucesso de tais ações é muito mais expressivo quando são combinadas duas ou mais técnicas, simultaneamente (CAVALCANTE et al., 2010). Holanda et al. (2001) destacam que o monitoramento do solo com análises químicas e físicas é fundamental para detecção precoce da salinização do solo e imprescindível para elevar a eficiência das práticas de recuperação adotadas. As técnicas de recuperação de solos afetados por sais são de fundamental importância, uma vez que possibilitam o retorno deles ao processo de produção. Entretanto, o processo convencional de recuperação exige alto investimento, o que nem sempre é possível, principalmente quando se trata de agricultura de baixos insumos. Dessa forma, a fitorremediação surge como uma alternativa não agressiva ao ambiente, de baixo custo, para recuperação de solos salinos, podendo propiciar a reabilitação de tais solos. Dentre as técnicas de recuperação de solos salino-sódicos, a aplicação de corretivos químicos e a lavagem do solo são bastante utilizadas, por atuarem diretamente na correção dos problemas desses solos em relação às plantas. As demais técnicas ou práticas utilizadas são consideradas auxiliares tais como: drenagem, aração, aplicação de resíduos orgânicos, sistematização e nivelamento, etc, por agirem indiretamente sobre algumas propriedades do solo que facilitam a recuperação. No processo de recuperação, comumente são utilizadas várias dessas técnicas, de forma simultânea ou sucessiva.

5 Como evitar e controlar a salinização

Os problemas de salinização em solos são conhecidos há muito tempo, mas sua magnitude e intensidade têm aumentado, resultando na expansão alarmante da área de solos degradados por salinidade e sodicidade. Estes problemas são consequências do uso de terras marginais e do manejo inadequado da irrigação, e

apesar da expansão de áreas com esses problemas, procedimentos de recuperação ainda são pouco utilizados (SOUSA, 2007). Os efeitos da salinidade e sodicidade nos solos podem afetar adversamente o balanço ecológico de uma área. Entre os impactos causados nesses solos pode-se citar: baixa produtividade agrícola e altos custos de produção; aumento do escoamento superficial e das enchentes; pequena recarga dos aquíferos; desbalanço ecológico; piora nos índices de saúde pública; dentre outros (RIBEIRO et al., 2009). Assim, práticas de manejo que sejam mais apropriadas para controlar a salinidade dos solos em longo prazo são de fundamental importância em um programa de cultivo em solos afetados por sais, principalmente visando sua sustentabilidade e alternativas de uso e recuperação (LEAL et al., 2008). Todo solo situado em regiões climáticas caracterizadas por baixas precipitações e altos déficits hídricos climáticos, e que ao mesmo tempo possua drenabilidade deficiente a nula, apresenta forte tendência a se tornar salino num curto período de tempo, principalmente pelo de as plantas ali cultivadas somente remover a água do solo, ficando a maior parte dos sais retidos no solo, sendo necessária para reverter a situação a aplicação de técnicas de drenagem artificial (BATISTA et al., 2002). Em solos afetados por sais, são alcançados resultados promissores de recuperação com a instalação de um sistema adequado de drenagem subterrânea e utilização de lâminas de lavagens de recuperação, ou mesmo deixando-se que se recupere naturalmente pela lavagem causada pelas águas das chuvas (BATISTA et al., 2002; DUARTE et al., 2007). Em se tratando de solos argilosos, estudos mostram que a lavagem através de inundação por período longo é menos eficiente que quando são feitas inundações periódicas, onde o solo é inundado por certo período de tempo e a seguir deixado secar. Este processo tende a promover uma melhoria na estrutura do solo com melhoria da condutividade hidráulica (BATISTA et al., 2002). Os solos salino-sódicos têm estrutura e aparência que os deixam semelhantes aos solos salinos. Para recuperação dos primeiros, é necessário forçar a substituição do excesso de sódio trocável pelo cálcio, e posterior eliminação por lixiviação (BARROS et al., 2005). Nesses solos o excesso de sais deve ser removido utilizando-se as técnicas de remoção em conjunto, aplicando-se corretivos e lâminas de lavagens, visto que se o excesso de sais solúveis for apenas lavado, a porcentagem de sódio trocável aumentará e, como consequência, o solo poderá se tornar sódico e ter sua estrutura destruída (BATISTA et al., 2002). Em

solos sódicos há necessidade de instalação de drenos subterrâneos, aplicação de corretivos que provoquem uma recuperação na estrutura do solo, e também aplicação de lâminas de lavagens, principalmente de parte do sódio existente no solo. Diversos compostos químicos são adotados na recuperação de solos classificados como sódicos, dependendo da disponibilidade no mercado, do preço, da eficiência do produto e do tipo de solo e seus componentes químicos. São agrupados em três grupos: a) Sais de cálcio solúveis (cloreto de cálcio, CaCl_2) e gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), b) Ácidos ou formadores de ácido: enxofre, ácido sulfúrico, sulfato de ferro ou alumínio e óxido de cálcio, c) Sais de cálcio de baixa permeabilidade: carbonato de cálcio e, derivados de fábrica de açúcar. Os produtos mais comumente empregados para substituir o sódio do complexo do solo por cálcio são o gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) e o enxofre (ABROL et al., 1988; BATISTA et al., 2002).

5.1 Drenagem A drenagem com fins agrícolas ou de recuperação ambiental tem como finalidade propiciar às raízes das plantas condições favoráveis de umidade, aeração e balanço de sais, e seu objetivo é o de criar um ambiente favorável para o crescimento de plantas e preservar as propriedades físicas e químicas do solo (FERREIRA, 2001; BATISTA et al., 2002). Almeida et al. (2001) destaca que, quando o solo não apresenta boas condições de drenagem natural é necessária a aplicação de técnicas de drenagem artificial não somente para melhorar as características físico-hídricas do solo, mas principalmente para facilitar a remoção dos sais solúveis e impedir a sua acumulação em níveis tóxicos às plantas. A drenagem possibilita aumentar o número anual de dias favoráveis à mecanização das operações agrícolas, além de proporcionar ambiente adequado para desenvolvimento radicular das plantas. A drenagem excessiva é indesejável, porque ela reduz a quantidade de água disponível no solo para o cultivo e aumenta a lixiviação de nutrientes fertilizantes que contaminam as águas subterrâneas e os cursos, aumentando o investimento por unidade de área (SKAGGS, 1981). De acordo com Macêdo et al. (2007) o sistema de drenagem deve ser dimensionado para lidar com o fluxo de água da lixiviação, o que é necessário para manter a salinidade da água do solo dentro dos limites pré-determinadas e para controlar a profundidade da água subterrânea. O uso inadequado das técnicas de irrigação e drenagem em áreas sensíveis ao processo de salinização natural pode proporcionar, ao longo do tempo, a expansão de áreas com problemas de sais e sódio trocável,

resultando quase sempre no abandono de lotes em perímetros irrigados, o que resulta em sérios problemas de ordem social e econômica (TAVARES FILHO et al., 2012). Existem dois tipos de drenagem, a superficial e a subterrânea. Enquanto a drenagem superficial visa à remoção do excesso de água da superfície do solo ou piso construído, a drenagem subterrânea visa à remoção do excesso de água do solo até uma profundidade predeterminada, proporcionando condições favoráveis de umidade, aeração e manejo agrícola (BATISTA et al., 2002; SILVA & PARFITT, 2004). Cruciani (1989) destaca que, quando a drenagem superficial é aplicada em áreas de relevo não acidentado, deve-se ter especial atenção com a rapidez com que a operação se processa, já em áreas com relevo mais acidentado o problema está na interceptação do escoamento superficial e eliminação do excesso sem potencializar os efeitos negativos da erosão. A drenagem superficial opera através de uma rede de canais abertos no terreno, enquanto que a subterrânea é efetuada por um sistema de canais e drenos tubulares enterrados para os quais a água percola por gravidade (CRUCIANI, 1989). Por tanto, no primeiro método utilizam-se valetas ou drenos a céu aberto que apresenta a dupla finalidade de coletar e transportar águas de drenagem superficial. Por apresentarem maior velocidade de escoamento, são mais favoráveis à drenagem superficial; apesar de ter um custo de instalação mais baixo, segundo Luthin (1973) tem algumas desvantagens, necessita de manutenção constante, além de dificultar o trabalho com maquinário agrícola. A drenagem subterrânea tem como objetivo rebaixar o lençol freático através da remoção da água gravitacional, localizada nos macroporos do solo. Propicia, em áreas agrícolas, melhores condições para o desenvolvimento das raízes das plantas cultivadas. Em regiões semiáridas e semiúmidas evita o encharcamento e também a salinização de solos irrigados (LUTHIN, 1973). É importante salientar que tanto para a drenagem superficial quanto para a drenagem subterrânea, é necessária a existência de ponto de descarga próximo, sendo que as condições de acesso e distância a esse ponto podem inviabilizar a implantação de sistema de drenagem de determinada área (LUTHIN, 1973).

Holanda et al. (2001) afirma que é necessário que seja aplicada lâmina de irrigação adequada, associada a um processo de drenagem, visando eliminar o excesso de sais. É fundamental o monitoramento das áreas com análises físicas e químicas que

permitam detectar a salinização ainda na sua fase inicial, visto que nesta, a aparência do solo e o comportamento das culturas é semelhante aos de um solo sem problemas. Para potencializar a eficiência de um sistema de drenagem, previamente à construção dos drenos, sejam superficiais ou subterrâneos, deve ser elaborado minucioso diagnóstico sobre a área afetada, levando-se em consideração principalmente dados sobre tipos de solo, regime pluviométrico, águas superficiais e subterrâneas, sendo para tanto necessário o levantamento de dados da área por meio de fotografias aéreas, mapas topográficos e de solos, e dados de clima, cultivos etc (LIMA et al., 2010).

5.2 Uso de corretivos Na região do semiárido nordestino, onde a disponibilidade de água para a lavagem do solo é escassa, a combinação de cultivo de espécies fitorremedadoras juntamente com o gesso, pode ser promissora na remoção dos sais do solo. O aumento da concentração da solução do solo resultante da aplicação do emplastro pode contribuir substancialmente para fitoextração aumentada de Na^+ , mesmo com a aplicação de baixos níveis de irrigação. A correção dos solos salino-sódicos e sódicos requer que o excesso de sódio trocável seja substituído pelo cálcio e que o produto dessa reação seja removido da zona radicular, por lixiviação (BARROS et al., 2005; LEAL et al., 2008). A eficiência do gesso depende de sua dissolução, a qual é influenciada por diversos fatores, principalmente pela forma de aplicação e pela granulometria do corretivo (BARROS et al., 2005). O uso de condicionadores químicos, especialmente o gesso, de baixo custo, parece ser a forma mais prática de recuperação de solos salino-sódicos (OLIVEIRA et al., 2002; RUIZ et al., 2004). A quantidade de gesso necessária para à recuperação dos solos salino-sódicos e sódicos pode ser determinada por um teste de laboratório envolvendo o equilíbrio entre o solo e uma solução saturada de gesso ou pode ser calculada em função da PST que se deseja substituir, da capacidade de troca de cátions do solo e da profundidade do solo a ser recuperada (BARROS et al., 2006). Apesar da grande divulgação do uso do gesso junto com lâmina de irrigação como técnica de recuperação de solos sódicos e salino-sódicos, esta poderá ser ineficiente se a lixiviação dos sais solúveis e do Na^+ trocável forem restringidos por uma baixa permeabilidade no perfil do solo graças aos altos teores de argila/silte e à matriz do solo dispersa (QADIR et al., 1998). O teor excessivo de Na^+ no solo causa dispersão das argilas, interferindo nas

propriedades físicas do solo, tais como: porosidade, estrutura e condutividade hidráulica.

A adição de sulfato de cálcio contribui para a melhoria dessas propriedades, graças à substituição do Na^+ trocável por Ca^{2+} (IIYAS et al., 1997; SANTOS & HERNANDEZ, 1997; QADIR et al., 1998; FREIRE, 2001). Na busca de alternativas para despoluir áreas contaminadas, tem-se optado por soluções que englobam: eficiência na descontaminação, simplicidade na execução, tempo demandado pelo processo e menor custo. Nesse contexto, cresce o interesse pela utilização da biorremediação, caracterizada como uma técnica que tem como função descontaminar solo e água por meio da utilização de organismos vivos, como microrganismos e plantas, e dentro da biorremediação insere-se a fitorremediação (PIRES et al., 2003).

O uso de plantas como agentes despoluidores tem despertado interesse crescente. Solos que anteriormente eram considerados inaptos ao cultivo de espécies agrícolas, em razão dos elevados níveis de determinadas substâncias tóxicas, podem tornar-se novamente agricultáveis, com o uso de fitorremediadores (ASSIS et al., 2010).

5.3 Uso de plantas halófitas ou tolerantes à salinidade do solo

A fitorremediação é uma estratégia eficaz para solos salino-sódicos, com desempenho comparável ao uso de produtos químicos corretivos. Para o sucesso da fitoextração de sais no solo, as plantas devem ser tolerante a excesso de sais e de elevada produção de biomassa nesta condição. Além disso, deve acumular altos níveis de sais na parte aérea, com o objetivo de tornar possível a remoção de sais com a colheita das plantas (ZHU, 2002; QADIR et al., 2007). Esta técnica é influenciada pela estrutura do solo, textura e teor de matéria orgânica, disponibilidade de água e de oxigênio, temperatura, concentração de nutrientes, radiação solar e pelos processos de degradação (volatilização, evapotranspiração, fotomodificação, hidrólise, lixiviação e biotransformação do contaminante) (AGUIAR, 2006). Para o sucesso da fitorremediação de sais em solos salino-sódicos, as plantas devem apresentar tolerância ao excesso de sais e alta produção de biomassa nessa condição. Além disso, devem acumular elevados teores de sais na parte aérea, visando possibilitar a remoção dos sais com a colheita das plantas (LEAL et al.,

2008). A sensibilidade à existência de maiores ou menores teores de sais no solo é uma característica de cada tipo de planta. Umas toleram concentrações altas como a cevada e o algodão, enquanto que outras, como o feijão e a cenoura, são bastante sensíveis, mesmo a teores baixos (BATISTA et al., 2002). No entanto, encontram-se algumas espécies capazes de melhorar as condições de solos afetados por sais, como é o caso da Algaroba (*Prosopis juliflora*) e da Atriplex (*Atriplex* sp.) (RIBEIRO et al., 2003). No Brasil, espécies fitorremediadoras ainda não são exploradas comercialmente por falta de capacitação técnica, de conhecimento do mercado e por serem as espécies conhecidas de plantas hiperacumuladoras originárias de regiões de clima temperado, não adaptadas às condições tropicais (PEREIRA, 2005). Entretanto, a seletividade é apenas o primeiro passo para se identificar espécies fitorremediadoras, devendo-se comprovar se elas efetivamente diminuem os níveis do contaminante, ou simplesmente o toleram (PIRES et al., 2006). Antes da implantação de programas de fitorremediação, as características físico-químicas do solo e do contaminante devem ser conhecidas, bem como sua distribuição na área. Qualquer fator que venha a interferir negativamente no desempenho das plantas fitorremediadoras deve ser controlado ou minimizado, para favorecer sua atuação descontaminante (PIRES et al., 2003). O uso de espécies ou cultivares adaptadas às condições de solos salinizados pode ser uma estratégia promissora para melhorar a produção de alimentos. Nesse sentido, grande ênfase tem sido dada às pesquisas que tratam de aspectos fitotécnicos, tais como modificação das condições de cultivo e melhor manejo do ambiente em que as plantas são cultivadas e aumento da tolerância das culturas à salinidade, através da seleção e melhoramento genético e de domesticação de espécies selvagens (LACERDA et al., 2003).

As ações de monitoramento, prevenção e recuperação devem estar juntas para minimizar os efeitos deletérios do excesso de sais no solo, evitando assim a perda de solos agricultáveis e elevando-se a possibilidade de expansão de atividades agrícolas para áreas naturalmente salinizadas. A aplicação de gesso e calcário agrícola ainda tem se mostrado ser a ferramenta mais eficaz para redução da concentração de sódio no solo elevando com certa rapidez os teores de bases trocáveis (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+}), principalmente Ca^{2+} que substitui o Na^{+} trocável e reduz drasticamente a sodicidade através da melhoria das propriedades físico-

hídricas do solo, favorecendo assim a lixiviação dos sais e a sua retirada do sistema solo. A utilização de plantas fitoextratoras tem apresentado bom potencial na redução da concentração de sais do solo. Contudo, essa estratégia somente se torna eficaz se houver também melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, que ocorre quando o uso das fitoextratoras precede a aplicação de algum tipo de corretivo químico, por exemplo, o gesso, que torna o ambiente mais favorável ao pleno desenvolvimento da espécie utilizada, decorrente da estruturação dos solos. Isso mostra que por mais que se tenha na literatura especializada relatos de experimentos que apresentam resultados promissores, deve-se avançar mais ainda nas pesquisas para assim encontrar espécies que demonstrem todo seu potencial fitorremediador em condições de campo e não somente em ambientes controlados. A degradação dos solos é um dos efeitos negativos da exploração dos recursos naturais que mostra como as atividades antrópicas na maioria das vezes excedem o limite de suporte do meio ambiente. Desmatamento, uso excessivo de adubos químicos, aplicação de lâmina de irrigação incorreta, são algumas das práticas agrícolas que se não forem adequados a cada tipo de solo, para que seus impactos sejam atenuados, comprometem a exploração sustentável dos recursos naturais. Aspectos relacionados à questão da salinização dos solos devem nortear a pesquisa no sentido de identificar os fatores predisponentes, as condições adversas e buscar alternativas viáveis e adaptáveis à realidade econômica da região afetada.

REFERÊNCIAS

<https://blog.aegro.com.br/interpretacao-de-analise-de-solo/>>acesso em 21/05/2020

<http://www.soloquimica.com.br/2016/06/09/criterio-para-coleta-de-solo/>>acesso em 21/05/2020

<http://lsie.unb.br/ugb/sinageo/7/0103.pdf>>acesso em 21/05/2020

<http://www.abq.org.br/cbq/2015/trabalhos/4/7529-21345.html>>acesso em 21/05/2020

https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2005000400034>acesso em 21/05/2020