

Maria da C. da C. de A. Vasconcelos¹

*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 12/10/13. Aprovado em 23/02/2014.

¹ Eng.^a Agrônoma, mestranda em manejo de solo e água-UFERSA- Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN. E-mail: conceiao_vasconcelos@yahoo.com



Salinização do solo em áreas irrigadas: Aspectos físicos e químicos

RESUMO

A irrigação no semiárido nordestino se faz necessária para garantir a produtividade das culturas, se constituindo e uma importante alternativa de garantir a produção de alimentos mesmo em períodos de escassez de chuvas (FIGUEIRÉDO, 2005). Porém esse fato pode provocar aumento na densidade do solo, devido ao baixo teor de matéria orgânica em solos tropicais e principalmente, ao excesso de sais na superfície. Os sais se acumulam no solo provocando mudanças nas suas propriedades físicas e químicas, alterando o conteúdo de bases trocáveis no solo, contribuindo com a degradação do solo. Esse processo pode ser agravado pelo a utilização de implementos de forma mais intensa visando a maximização da produção e em condições de excesso de umidade característicos desse sistema de cultivo. O objetivo dessa revisão é abordar os problemas gerados pela prática de irrigação sobre a qualidade dos solos por meio das suas propriedades físicas e químicas, visto que os mesmos estão sujeitos a sofrer mais agressões quando comparados a solos sob sistemas não irrigados.

Palavras-chave: Degradação, Salinidade, Sodicidade.

Soil salinization in irrigated areas: Physical aspects and chemicals

ABSTRACT

The irrigation in the semiarid northeast is necessary to ensure the productivity of crops, constituting an important alternative means of food production even in periods of drought (FIGUEIRÉDO, 2005). But this fact may cause an increase in soil density, due to the low content of organic matter in tropical soils and mainly to excess salts on the surface. The salts accumulate in the soil causing changes in their physical and chemical properties by changing the contents of exchangeable bases in the soil, contributing to soil degradation. This process can be exacerbated by the use of implements more intensively in order to maximize production and excess moisture conditions characteristic of the cropping system. The objective of this review is to address the problems caused by the practice of irrigation on soil quality through its physical and chemical properties, as the same are likely to

suffer more attacks when compared to soils under non-irrigated systems.

Keywords: Degradation, Salinity, Sodicity.

INTRODUÇÃO

O aumento populacional, as demandas por alimentos e outros recursos indispensáveis à sobrevivência humana, vem provocando importantes impactos na base de recursos naturais das regiões semiáridas. Nessas regiões os impactos são maiores sobre o solo, que sofre com sérios problemas de salinização, resultado da intensa evapotranspiração, baixas precipitações, má drenagem dos solos e interferências humanas como a irrigação, muito comuns nessas regiões, devido à ocorrência do déficit hídrico para culturas na época seca. A irrigação no semiárido nordestino se faz necessária para garantir a produtividade das culturas, se constituindo em uma importante alternativa de garantir a produção de alimentos mesmo em períodos de escassez de chuvas (FIGUEIRÊDO, 2005).

Apesar dos efeitos benéficos do cultivo em curto prazo, à longo prazo o cultivo intensivo, em áreas irrigadas, provoca aumento na densidade do solo, devido principalmente ao tráfego intensivo de máquinas e ao baixo teor de matéria orgânica, tão necessária na manutenção da estrutura dos agregados do solo. O resultado imediato desse aumento de densidade é a compactação, capaz de promover alterações nas características físicas do solo, apresentando um risco maior em solos irrigados, devido às condições de umidades nesses sistemas; essa umidade age como um lubrificante dentro do solo, fazendo as partículas se aproximarem umas das outras. Os principais atributos físicos que refletem a compactação são: a porosidade, a distribuição do tamanho dos poros e a estrutura do solo (SILVA et al., 2007).

Outro ponto de grande importância em um sistema de irrigação, está relacionado a qualidade da água de irrigação, que associada as condições climáticas da região, geram um problema muito comum nos perímetros irrigados do nordeste brasileiro, a salinidade. A salinização ocorre pelo fato da água de irrigação apresentar sais dissolvidos que, mesmo estando em baixas concentrações, podem ser incorporados ao solo, tornando-o salino em poucos anos (AGUIAR NETTO et al., 2007). Esses sais se acumulam no solo provocando mudanças nas suas propriedades físicas e químicas, alterando o conteúdo de bases trocáveis no solo.

O objetivo dessa revisão é abordar os problemas gerados pela prática de irrigação sobre a qualidade do solo por meio das suas propriedades físicas e químicas, visto que os mesmos estão sujeitos a sofrer mais agressões quando comparados a solos sob sistemas não irrigados.

IRRIGAÇÃO NO SEMIÁRIDO NORDESTINO

A região semiárida do Nordeste brasileiro compreende uma área de 969.589 km², comporta 1.133

municípios e, aproximadamente, 28 milhões de habitantes (SÁ et al., 2010). Essa região tem como característica principal a irregularidade dos períodos de chuva, o que torna mais difícil a implantação de uma das atividades principais nessa região, a agricultura. Porém essa realidade vem mudando nas últimas décadas, graças a implantação dos perímetros irrigados nessas regiões, que surgiu como alternativa para os longos períodos de estiagem, viabilizando a obtenção de safras agrícolas de boa qualidade e em maiores quantidades, promovendo a melhoria da qualidade de vida dos produtores rurais e contribuindo para o desenvolvimento da região.

No Rio Grande do Norte não foi diferente, destacando-se como principal produtor de melão, tanto em área cultivada como em rendimento, pela associação do clima tropical dessas regiões, aliados a disponibilidade de água o ano inteiro por meio das técnicas de irrigação, o que vem proporcionando a obtenção de ciclos sucessivos de produção e colheitas em boa parte do ano. Os investimentos em irrigação no Rio Grande do Norte fizeram do estado o maior produtor de melão do Brasil e o líder na exportação desse produto, além de se destacar na produção de banana e mamão (MARIANO & PINHEIRO, 2009).

As áreas de irrigação mais conhecidas no país pelos seus pólos de produção de frutas irrigadas são: o Pólo Petrolina-PE/Juazeiro-BA, o Pólo Açúcar/Mossoró-RN e os Agropólos do Ceará. Com a implantação desses pólos a região nordeste se destacou como região produtora e exportadora de frutas tropicais no Brasil.

Os benefícios trazidos pela implantação dos perímetros irrigados no semi-árido são inegáveis, porém quando má empregada pode provocar o surgimento de problemas como a salinização/sodificação, promovendo a destruição da estrutura do solo. A presença de sais em excesso no solo, segundo (FERREIRA et al., 2010) pode provocar “[...] danos inerentes a estrutura como a dispersão de colóides e a formação de estratos impermeáveis, decorrentes da precipitação de carbonatos e silicatos, com reflexos indesejáveis no arejamento e na taxa de infiltração da água no perfil.” Essas modificações na estrutura do solo podem influenciar nas condições necessárias para que haja um bom desenvolvimento das plantas, refletindo negativamente na produtividade das culturas comerciais. Os sais presentes no solo e na água de irrigação reduzem a disponibilidade da água para as plantas, ao ponto de afetarem os rendimentos das culturas (SANTANA et al., 2007).

De acordo com (FERREIRA et al., 2010), os sais solúveis mais comuns na solução do solo de regiões semi-áridas são: sódio (Na⁺), cálcio (Ca²⁺), magnésio (Mg²⁺), potássio (K⁺), cloreto (Cl⁻), sulfato (SO₄²⁻), bicarbonato (HO₃⁻), carbonato (CO₃²⁻), borato (BO₃³⁻) e nitrato (NO₃⁻). O acúmulo desses sais ocorre em condições imperfeitas de drenagem, baixa precipitação pluvial, elevada evapotranspiração e presença de camadas impermeáveis no solo (RIBEIRO, 2010). O excesso de íons de sódio (Na⁺) na solução do solo origina outro processo comum em áreas salinizadas, a sodificação, que resulta na formação de solos sódicos.

De acordo com a classificação de (RICHARDS, 1954), os solos salinos classificam-se em três tipos: salinos, salino-sódicos e sódicos. Os parâmetros de classificação levam em consideração a Condutividade Elétrica no extrato de saturação (CEes), a Porcentagem de Sódio Trocável (PST) e o pH do solo.

Os solos considerados sódicos são os mais preocupantes por afetarem diretamente a estrutura do solo, pois sódio (Na^+) é capaz de promover a dispersão das partículas argila, desestruturando os agregados do solo, promovendo a redução de macroporos. Em decorrência disso os solos sódicos apresentam baixa permeabilidade e qualquer excesso de água causará encharcamentos na sua superfície, impedido a germinação e o crescimento das plantas, por falta de aeração (DIAS & BLANCO, 2010).

Esse processo pode ser agravado pelo a utilização de implementos de forma mais intensa visando a maximização da produção e em condições de excesso de umidade característicos desse sistema de cultivo. (COLLARES, 2005), afirma que o uso intenso e continuado de máquinas associado a condições inadequadas de umidade, provocam a compactação do solo. (KLEIN & LIBARDI, 2002) concluíram que o manejo do solo irrigado, comparado ao solo de mata e sequeiro, aumentou a densidade do solo até a profundidade de 40 cm, alterando, conseqüentemente, a distribuição do diâmetro dos poros e a porosidade de aeração.

A acumulação de sais solúveis torna o solo floculado, friável e bem permeável, já o aumento do sódio trocável poderá torná-lo adensado, compactado em condições secas, disperso e pegajoso em condições molhadas (GHEYI et al., 1997).

Com o crescimento das áreas irrigadas, cresce também uma preocupação com o impacto que essa atividade pode provocar no solo, já que a utilização de implementos de forma mais intensa e o excesso de umidade característicos desse sistema de cultivo, são também condições ideais que contribuem de forma significativa para o aumento do processo de compactação do solo, promovendo alterações em características físicas, químicas e biológicas importantes para produção vegetal e para manutenção da qualidade do solo. Essas alterações afetam o fluxo de água, oxigênio, dióxido de carbono, nutrientes e temperatura do solo, limitando o desenvolvimento dos vegetais, além de causar problemas ambientais (STEPNIEWSKI et al., 2002 apud MICHELON et al., 2009).

O uso intensivo do solo, além de promover alterações físicas, como a compactação, pode contribuir para um problema sério e comum em perímetros irrigados, principalmente em solos tropicais e com condições inadequadas de drenagem, a salinização dos solos. O aumento dos teores de sais ocorre quando a irrigação é feita com água de baixa qualidade, a qual apresenta altos teores de sais, que associado ao clima quente e a deficiência de drenagem do solo, contribui para a salinização das áreas irrigadas.

O sódio (Na^+) é o elemento mais preocupante para os perímetros irrigados, pois é capaz de promover a dispersão das partículas argila, [...] podendo eluviar no

perfil do solo, bem como entupir os microporos reduzindo a aeração e a infiltração de água (MEURER et al., 2004 apud GASPARETTO et al., 2009). A dispersão de argila pode provocar também o aumento da resistência mecânica desses solos, impedindo a germinação de sementes e o desenvolvimento de raízes, devido a subcompactação superficial, acarretada pela eluviação da argila dispersa para as camadas inferiores.

O acúmulo desses sais influencia não somente as características físicas dos solos, como também as suas propriedades químicas, provocando alterações no pH, afetando a disponibilidade da maioria dos nutrientes essenciais no solos. Além de interferir no pH, a salinidade também influencia as taxas de mineralização do nitrogênio, segundo (GLOAGUEN, 2009) “demonstraram que o aumento da salinidade provoca um decréscimo da taxa de mineralização do N orgânico do solo”.

O uso intensivo do solo é outro fator a se considerar na manutenção da qualidade química, pois o cultivo intensivo retira uma grande quantidade de nutrientes do solo, e considerando a utilização de monocultura, normalmente usada em grandes áreas de cultivo, agrava ainda mais as condições químicas dos solos irrigados.

ASPECTOS FÍSICOS DOS SOLOS

Nos perímetros irrigados, predomina o uso intensivo do solo, buscando-se uma máxima produtividade, sem intervalos largos entre um cultivo e outro, como ocorre na agricultura de sequeiro. A cada implantação de cultura na área normalmente são feitas operações de preparo do solo, e por ocorrerem com mais frequências, esses solos ficam mais expostos a alterações físicas em sua estrutura, aumentando, por exemplo, o seu estado de compactação. Essa compactação é consequência do manejo de maquinário agrícola em solos sob condições de umidade inadequada, do impacto das gotas de água da irrigação sobre o solo, do excesso de sais, comum em áreas irrigadas, associados aos baixos teores de matéria orgânica encontrados em solos tropicais.

A avaliação da estrutura do solo em áreas irrigadas é muito importante, pois a mesma influencia nas propriedades físicas do solo, como aeração, retenção de água, capacidade térmica e resistência mecânica (MICHELON, 2005). Além dessas propriedades podemos citar ainda, a densidade do solo, muito importante no processo de compactação, a condutividade hidráulica, a capacidade de infiltração, entre outras. Essas modificações na estrutura do solo podem influenciar nas condições necessárias para que haja um bom desenvolvimento das plantas, refletindo negativamente na produtividade das culturas comerciais. Para (SANCHEZ, 2012), o solo é a parte principal de um sistema agrícola, e as alterações nas suas propriedades afetam a sustentação do crescimento vegetal, e, conseqüentemente o rendimento das culturas, causando prejuízos para o produtor rural.

A compactação é o principal fator que causa alterações nas características físicas do solo e apresenta um risco maior em solos irrigados, devido às condições de umidades serem altas nesses sistemas; essa umidade age

como um lubrificante dentro do solo, fazendo as partículas se aproximarem. Os principais atributos físicos que refletem a compactação são: a porosidade, a distribuição do tamanho dos poros e a estrutura do solo (SILVA et al., 2007).

As alterações no solo, provocadas pela compactação resultam em modificações no arranjo das partículas, diminuindo o volume de seus poros, dessa forma restringindo a absorção de água e nutrientes pelas plantas, (SILVA et al., 2001) influenciando ainda o crescimento radicular, por aumentar a resistência mecânica à penetração de raízes. A redução do volume dos poros, aumentando o seu grau de compactação, diminui a taxa de infiltração de água, favorecendo o escoamento superficial, gerando o risco de erosão laminar nessas áreas. Segundo (GONDIM, 2000), a erosão acarreta assoreamento de rios e de outros mananciais, bem como aumento da turbidez da água e consequente redução da luminosidade e desequilíbrio do ecossistema aquático.

Além dos cuidados com a compactação e erosão, resultantes das alterações físicas na estrutura do solo sob manejo inadequado da irrigação, existe outro problema muito comum em áreas irrigadas, a salinização dos solos. (MEDEIROS et al., 2003), salienta que em solos com problemas de drenagem, o processo de salinização pode ser acelerado pelo uso da irrigação com água contendo altas concentrações de sais.

Alguns sais presentes na água de irrigação, podem provocar alteração na estrutura do solo, principalmente o sódio (Na^+), elemento capaz de promover a dispersão das partículas argila, tornando o solo pulverizado, provocando entupimentos nos microporos, redução da aeração e infiltração de água (GASPARETTO et al., 2009), como também aumento da resistência mecânica desses solos, impedindo a germinação de sementes e o desenvolvimento de raízes, devido a subcompactação superficial, acarretada pela eluviação da argila dispersa para as camadas inferiores. Segundo (SILVA et al., 2001) os principais sais presentes na água de irrigação são os cloretos, sulfatos e carbonatos de Na^+ , Ca^+ e Mg^+ .

De acordo com (LIMA et al., 2007), os indicadores mais utilizados para avaliar a qualidade do solo são a densidade, a porosidade, a estabilidade de agregados e a resistência mecânica do solo à penetração. A curva de retenção de água também tem potencial para ser utilizada como indicadora da qualidade física do solo em sistemas de uso e manejo que alterem mais drasticamente a porosidade do solo (ARATANI, 2008).

ASPECTOS QUÍMICOS DOS SOLOS

As principais alterações químicas que ocorrem em solo sob sistemas de irrigação são provenientes da salinização, decorrente da utilização de água com elevados teores de sais associados a altas temperaturas e drenagem ineficiente dos solos. O acúmulo desses sais influencia não somente as características físicas dos solos, como também as suas propriedades químicas e consequentemente, biológicas.

As propriedades químicas do solo estão relacionadas, dentre outros fatores, ao pH, pois o mesmo

afeta a disponibilidade da maioria dos nutrientes essenciais no solos. Segundo (SILVA et al., 2005), “o pH de solos salinos pode variar da faixa ácida até a faixa alcalina”. Apesar de existir essa variação que engloba o pH ácido para solos salinos, uma das características desses solos é o pH alcalino, como demonstrado por (AGUIAR NETTO et al., 2007), onde o pH foi correlacionado de forma significativa com a porcentagem de sódio trocável, atingindo valores acima de 9,5. “Quando o pH é ligeiramente alcalino, tendendo a alcalino, o desenvolvimento das culturas pode ser prejudicado devido à baixa disponibilidade do fósforo e/ou dos micronutrientes como ferro, manganês, cobre e zinco” (CHAVES et al., 1998) Embora uma das características de solos salinos seja a alcalinidade, existem trabalhos que mostram que a irrigação pode causar acidificação dos solos, devido a redução do conteúdo de bases trocáveis (SANTOS & RIBEIRO, 2002). Porém, isto está muito relacionado ao tipo de manejo adotado nas áreas.

Ainda segundo (CHAVES et al., 1998), além do pH, a simples presença de sais no solo baixa absorção de água pelas raízes, devido aos efeitos do potencial osmótico sobre as raízes das plantas, prejudicando o desenvolvimento vegetal.

As alterações químicas que ocorrem em solos salinos sob sistema de irrigação, também podem ser consequência das alterações físicas promovidas pelo excesso de sais no solo. Para (MACHADO et al., 2007), os solos salinos apresentam como características físico-hídricas baixa permeabilidade, baixa condutividade hidráulica e instabilidade dos agregados. Elementos como o sódio, promovem a desestruturação do solo, afetando negativamente o fluxo de água no mesmo, aumentando as chances de erosão, fenômeno capaz de carrear as partículas ativas do solo (argila) responsável pela sua fertilidade, levando consigo nutrientes minerais, deixando o solo pobre, degradado quimicamente. Para (CAVICHIOLO, 2005), a erosão hídrica tem como consequência as perdas de solo, água e nutrientes, contribuindo desta forma, para a redução de sua fertilidade. A compactação é um fator agravante nesses casos, pois acentua o grau de desestruturação do solo, aumentando os riscos de erosão e consequente degradação.

Além de colaborar para as alterações físicas e químicas, a compactação também é capaz de influenciar negativamente nas propriedades biológicas do solo. “As mudanças físicas ocorridas pela compactação do solo modificam os microhabitats formados por microrganismos, inibindo a eficácia do seu potencial na ciclagem de nutrientes” (PUPIN, 2008).

O esgotamento do solo pela intensificação dos cultivos em perímetros irrigados é outro fator importante para a sua qualidade química. Segundo (SANTOS & RIBEIRO, 2002), as propriedades químicas mais afetadas com esse tipo de manejo são a capacidade de troca de cátions, condutividade elétrica, pH e matéria orgânica.

A utilização de sistemas de irrigação requer muito mais atenção por parte dos produtores e pesquisadores, pois esse sistema oferece muitos riscos à manutenção da qualidade do solo, sendo necessário um cuidado maior no

manejo da irrigação, de forma a amenizar os efeitos desse sistema sobre a qualidade do mesmo.

CONCLUSÕES

É essencial o estudo e monitoramento dos atributos e da dinâmica da água em solos salinos, para que possamos encontrar soluções para os problemas da salinização, incluindo a necessidade de mobilizar a comunidade científica, para avaliar o nível de degradação do solo, elaborando um programa integrado de métodos e bases de dados, de maneira a avaliar e estabelecer formas de controlar a salinização do solo, para que assim possa ser estabelecido estratégias de manejo sustentável, visando subsidiar práticas de conservação do solo e da água, afim de manter e/ou melhor a qualidade do recursos naturais. Sendo assegurado que o conhecimento que adquirido, seja aplicado de forma prática, para benefício da população rural.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR NETTO, A. O.; GOMES, C. C. S.; LINS, C. C. V.; BARROS, A. C.; CAMPECHE, L. F. S. M.; BLANCO, F. F. Características químicas e salino-sodicidade dos solos do Perímetro Irrigado Califórnia-SE, Brasil. **Ciência Rural**, v.37, n.6, p.1640-1645, 2007.

ARATANI, R. G. **Qualidade Física e Química do Solo sob diferentes Manejos e Condições Edafoclimáticas no Estado de São Paulo**. Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008. . 120p. Tese de Doutorado.

CAVICHIOLO, S. R. **Perdas de Solo e Nutrientes por Erosão Hídrica em diferentes Métodos de Preparo do Solo em Plantio de Pinus taeda**. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005. 139p. Tese de Doutorado.

CHAVES, L. H. G.; MENINO, I. B.; ARAÚJO, I. A.; CHAVES, I. B. Avaliação da fertilidade dos solos das várzeas do município de Sousa, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, n.3, p.262-267, 1998.

COLLARES, G. L. **Compactação em Latossolos e Argissolo e relação com parâmetros de solo e de plantas**. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005. 106 p. Tese de Doutorado.

DIAS, N.S. & F.F. BLANCO. **Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos Básicos e Aplicados**. Fortaleza: Efeito dos sais no solo e na planta, 2010.

FERREIRA, P.A.; J.B.L. SILVA & H.A. RUIZ. **Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos Básicos e Aplicados**. Fortaleza: Aspectos físicos e químicos de solos em regiões áridas e semiáridas, 2010.

FIGUEIRÊDO, A. F. R. **Análise do risco de salinização dos solos da Bacia hidrográfica do rio colônia – sul da**

Bahia. Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, BA, 2005. 84p. Dissertação de Mestrado.

GASPARETTO, E. C.; BRAIDA, J. A.; CARNEIRO, M.; SCARIOT, J. J.; TABOLKA, C. L. Grau de Flocculação da Argila de um Latossolo Vermelho utilizado com Lavoura e Mata Nativa. **Synergismus Scientifica**, v. 04, n.1, 2009

GHEYI, H. R., QUEIROZ, J. E., MEDEIROS, J. F. **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Paraíba: UFPB, 1997.

GLOAGUEN, T. V.; PEREIRA, F. A. C.; GONÇALVES, R. A. B.; PAZ, V. S. Composição Química da Solução do Solo nas Diferentes Classes de Poro do Solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p.1105-1113, 2009.

GONDIM, R. S. Parâmetros para Prevenção e Mitigação de Impactos Ambientais no Financiamento da Agricultura Irrigada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE, 2000, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2000.

KLEIN, V.A. e LIBARDI, P.L. Densidade e distribuição do diâmetro dos poros de um Latossolo Vermelho, sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p.857-867, 2002.

LIMA, C. L. R.; PILLON, C. N.; LIMA, A. C. R. Qualidade Física do Solo: Indicadores Quantitativos. **Publicação Embrapa Clima Temperado**, p. 1-25, 2007.

MACHADO, R.; AGUIAR NETTO, A. O.; CAMPECHE, L. F. S. M.; BARROS, A. C. Efeito da Salinidade em Características Físico-Hídricas em Solos Salino-Sodilizados no Perímetro Irrigado Jabiberi, SE. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.1, n.1, p.15-19, 2007.

MARIANO, J. L.; PINHEIRO, G. M. T. L. Eficiência Técnica da Agricultura Familiar no Projeto de Irrigação do Baixo Açú (RN). **Revista Econômica do Nordeste**, v 40, n.2, 2009.

MEDEIROS, J.F.; LISBOA, R. A.; OLIVEIRA, M.; SILVA JÚNIOR, M. J.; ALVES, L. P. Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.3, p.469-472, 2003.

MICHELON, C. J. **Qualidade física de solos irrigados do Rio Grande do Sul e do Brasil Central**. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005. 92p. Dissertação de Mestrado.

MICHELON, C. J.; CARLESSO, R.; PETRY, M. T.; MELO, G. L.; SPOHR, R. B.; ANDRADE, J. G. Qualidade física dos solos irrigados de algumas regiões do Brasil Central. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13 n.1, 2009.

- PUPIN, B. **Propriedades Microbiológicas do Solo Alteradas por Compactação.** Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008. 61p. Dissertação de Mestrado.
- RIBEIRO, M.R. **Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos Básicos e Aplicados.** Fortaleza: Origem e classificação dos solos afetados por sais, 2010.
- SÁ, I. B.; CUNHA, J. F.; TEIXEIRA, A. H. C.; ANGELOTTI, F.; DRUMOND, M. A. **Desertificação no Semiárido brasileiro.** In: 2ª Conferência Internacional: Clima, Sustentabilidade e Desenvolvimento em Regiões Semiáridas. Fortaleza, CE, 2010.
- SANCHEZ, E. **Propriedades físicas do solo e Produtividade de soja em sucessão a Plantas de cobertura de inverno.** Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2012. 48p. Dissertação de Mestrado.
- SANTANA, M. J.; CARVALHO, J. A.; SOUZA, K. J.; SOUSA, A. M. G.; VASCONCELOS, C. L.; ANDRADE, L. A. B. Efeitos da salinidade da água de irrigação na brotação e desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar (*saccharum* spp) e em solos com diferentes níveis texturais. **Ciência Agrotecnica**, v. 31, n. 5, p. 1470-1476, set./out., 2007.
- SANTOS, E. E. F.; RIBEIRO, M. R. Influência da irrigação e do cultivo nas propriedades químicas de solos da região do submédio São Francisco. **Acta Scientiarum**, v. 24, n. 5, p. 1507-1516, 2002.
- SILVA, B. C. G.; MACIEL, L. N. Q.; ARAÚJO, M. S. B. Limitações ao Cultivo em Áreas Irrigadas de Belém de São Francisco, Estado de Pernambuco, Brasil. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 27, n. 2, p. 343-347, 2005.
- SILVA, M. S. L.; CHAVES, V. C.; CAVALCANTI, A. C.; OLIVEIRA NETO, M. B.; SANTO, J. C. P.; MENDES, A. M. S.; ANJOS, J. B. Adensamento e compactação de solos irrigáveis da zona semi-árida do Nordeste brasileiro, **Publicação Embrapa Solos UEP Nordeste**, 2007.
- SILVA, M. S. L.; CAVALCANTI, A. C.; GOMES, T. C. A.; ANJOS, J. B. Solos adensados e / ou compactados: Identificação/diagnostico e alternativas de manejo, **Publicação Embrapa Semi-árido**, Petrolina, PE, 2001.
- USSL STAFF - United States Salinity Laboratory. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils.** Washington: U.S. Department of Agriculture, 1954.