

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE SOLOS DA REGIÃO DE JANAÚBA, MG, IRRIGADOS COM ÁGUA DE POÇOS TUBULARES OU DO RIO GORUTUBA

Walder Antonio Gomes de Albuquerque Nunes¹; João Carlos Ker²; Hugo Alberto Ruiz²; Júlio César Lima Neves²; Raphael Moreira Beirigo²; André Luís Piovan Boncompagni²

¹*Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS, walder@cpao.embrapa.br*

²*Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG*

1 RESUMO

Estudou-se o efeito de águas de irrigação provenientes de poços e do Rio Gorutuba sobre propriedades físicas de solos de bananais, na região de Janaúba-MG. Em cada propriedade foram coletadas amostras até 100cm de profundidade em áreas de sequeiro e irrigadas. As comparações dos efeitos das águas sobre propriedades físicas dos solos foram feitas pelo teste t nas camadas amostradas contra suas respectivas testemunhas sob sequeiro. O uso de águas de irrigação de qualidade marginal induziu mudanças deletérias nas características físicas dos solos. Verificou-se que o grau de flocculação das argilas decresceu nos solos irrigados com água de poços tubulares, indicando dispersão promovida pela elevação do pH. Tal fato causou elevação na densidade do solo e diminuição na porosidade total, refletindo em menor macroporosidade. Os dados de condutividade hidráulica em meio saturado, medida a 15 cm de profundidade, mostraram sensível redução nos solos irrigados com águas provenientes de poços tubulares. Este fato indica que as modificações provocadas nas características químicas dos solos que recebem águas com dureza e níveis de sódio elevados repercutem negativamente na sua capacidade de conduzir água em condições de solo saturado. Entre os solos irrigados com água do Rio Gorutuba essa redução ocorreu em menor proporção.

UNITERMOS: Solos-Condutividade hidráulica; Irrigação-qualidade de água; Solos-Física; Norte de Minas Gerais-Poços tubulares; Solos-Dispersão; Solos-Degradação.

NUNES, W. A. G. A., KER, J. C., RUIZ, H. A., NEVES, J. C. L., BEIRIGO, R. M., BONCOMPANI, A.L.P. PHYSICAL CHARACTERISTICS OF IRRIGATED SOILS USING WATER FROM TUBULAR WELLS OR THE GORUTUBA RIVER NEAR JANAUBA-MG-BRAZIL.

2 ABSTRACT

This work aimed to study the effect of irrigation water from wells or the Gorutuba River on chemical characteristics of the soil in 24 properties with prata-anã banana plantations in Janaúba region, northern Minas Gerais, Brazil. In each property, two ditches were opened in the banana plantation along the irrigation line, at 100 cm from the micro-sprinklers, and two in an adjacent area under frequently fallow dry land in which samples were collected until 100 cm depth. The effect of each water source was compared using the t test for each sampled layer and their respective controls under dry land. The analysis results

showed that the use of marginal quality irrigation water leads to deleterious changes in the physical characteristics of the soils in the region. The degree of clay flocculation decreased in the well water-irrigated soils, showing dispersion caused by pH and Na^+ increase, increasing global density and decreasing total porosity, which was reflected in the lower macro-porosity and hydraulic conductivity levels. It may be emphasized that the flocculation degree and pH were good indicators of possible hydraulic conductivity problems.

KEYWORDS: Soil hydraulic conductivity; Irrigation-water quality; Soil physics; North of Minas Gerais-tubular wells; Soil dispersion; Soil degradation.

3 INTRODUÇÃO

O uso de águas de irrigação ricas em carbonato de cálcio, em bananais do Norte de Minas Gerais tem provocado alterações nas características químicas dos solos, com elevação do pH e dos teores de cálcio e sódio dos mesmos (Nunes, 2003). Solos fortemente influenciados por calcário são caracterizados por altas concentrações de CaCO_3 precipitado e HCO_3^- em solução, valores elevados de pH e virtualmente nenhum H^+ e Al^{3+} trocáveis (Misra & Tyler, 1999).

Diversos problemas de ordem física podem surgir em solos considerados alcalinos e, ou, sódicos, podendo ser citados a desestabilização dos agregados, o endurecimento da camada arável, o encrostamento superficial, a diminuição na infiltração de água, a diminuição da condutividade hidráulica, o aumento dos riscos de erosão e alagamento e a diminuição do potencial osmótico. Exceto pelo último, todos os demais problemas são originados, direta ou indiretamente, na dinâmica de dispersão e floculação das argilas do solo e na conseqüente influência na estabilidade dos agregados.

Em relação à influência dos teores de sais na estabilidade dos agregados, têm-se duas situações opostas. Sumner (1995) mostrou que o aumento da quantidade de sais totais de um solo, medida pela concentração de cátions totais (CCT), aumenta a estabilidade dos agregados, na medida em que causa compressão na dupla camada difusa, facilitando a floculação. Por outro lado, se a contribuição de cátions como o sódio, potássio ou mesmo magnésio for percentualmente muito expressiva no solo ou na água de irrigação, tem-se a situação inversa, com tendência à dispersão dos solos devido ao aumento da dupla camada difusa provocada por esses cátions de grande raio hidratado e de elevada energia de hidratação, principalmente quando o teor total de cátions no solo for baixo (Emerson, 1983; So & Aylmore, 1995).

Aumentos da densidade do solo e conseqüentes diminuições na porosidade e na condutividade hidráulica resultantes do aumento da dispersão de argilas foram bem discutidos por So & Aylmore (1995), que tiveram como foco principal a dispersão causada por Na^+ . No entanto, a dispersão de argilas também pode acontecer em decorrência da calagem ou do acúmulo de carbonatos de cálcio e magnésio no solo, por efeito da substituição de Al^{3+} por cátions divalentes e por elevação do pH do complexo sortivo, conforme verificado por Jucksch (1987) e Morelli & Ferreira (1987).

Segundo Lindsay (1979), a presença de carbonato de cálcio tem uma influência importante em algumas propriedades do solo. A maioria dos solos calcários tem seu pH na faixa de 7,3 a 8,5, e somente na presença de sódio o pH se eleva além de 8,5. O pH elevado desses solos acarreta aumento da quantidade de cargas negativas, com conseqüente aumento na repulsão entre as partículas, levando à dispersão. Contrariando essa vertente físico-química

que demonstra a dispersão provocada pela calagem, alguns trabalhos sustentam que o uso desse corretivo pode manter inalterado ou mesmo elevar a estabilidade de agregados, o que indica que esse efeito pode ser modulado por outras propriedades do solo, como o teor de matéria orgânica, a mineralogia e o *status* anterior de saturação por cátions do complexo de troca (Roth et al., 1991; Tormena et al., 1998).

Visando otimizar o manejo da água e evitar problemas de erosão e encharcamentos de solos sob irrigação, torna-se extremamente importante o conhecimento das suas características físico-hídricas, destacando-se a condutividade hidráulica. A granulometria, por si só, não é uma boa indicadora da condutividade hidráulica dos solos, conforme já preconizava O'Neal (1949). A condutividade hidráulica do solo é bastante influenciada pela dimensão e distribuição do espaço poroso, sendo, portanto, muito dependente da estrutura, que por sua vez é determinada pelo tamanho, pela forma e pelo arranjo das partículas individuais (Greacen & Williams, 1983). Desta forma, ações que visem aumentar a estabilidade de agregados do solo são efetivas em elevar a condutividade hidráulica, como a incorporação de gesso em solos afetados por sódio.

O espaço poroso do solo pode ser subdividido, segundo seu diâmetro, em microporos e macroporos, sendo estes últimos os principais responsáveis pela drenagem e condução rápida de água no solo (Germann & Beven, 1981; Reichardt, 1996).

Dadalto (1983), em trabalho realizado com três solos desenvolvidos sobre rochas do Grupo Bambuí influenciados por calcário, em área cuja vegetação nativa era Caatinga Hipoxerófila, mostrou que em um Podzólico Vermelho-Amarelo Equivalente Eutrófico (Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico) a densidade aumentou consistentemente em profundidade, passando de 1,32 Mg/m³ na camada 0-10 cm para 1,55 Mg/m³ na camada 20-30 cm. A macroporosidade na camada 0-15 cm foi de 14% do volume total de solo, enquanto a microporosidade foi de 34%. Tendência semelhante foi registrada em Cambissolo Eutrófico, com densidades de 1,22 Mg/m³ e 1,58 Mg/m³, nas camadas 0-10 cm e 20-30 cm, cuja macroporosidade e microporosidade foram 22,5% e 28%, respectivamente. Já em Latossolo Vermelho-Amarelo textura média, transicional para Areia Quartzosa (Neossolo Quartzarênico), praticamente não houve variação na densidade dessas camadas, com valores de 1,31 Mg/m³ e 1,33 Mg/m³, ressaltando-se que houve inversão na distribuição dos poros, com a macroporosidade atingindo 30% e a microporosidade 21%.

Kondo & Dias Júnior (1999) evidenciaram que à medida que a umidade de Latossolos, com texturas que variaram de média à muito argilosa, aumentou, a pressão de preconconsolidação diminuiu exponencialmente, indicando uma redução na capacidade de suporte de carga do solo, com conseqüente diminuição da estabilidade da estrutura. Isso corrobora os resultados de Beltrame et al. (1986), que também mostraram que a condutividade hidráulica de solos do Rio Grande do Sul decresceu com a sua desestruturação e compactação, demonstrando que ações que diminuem a estabilidade da estrutura diminuem a área útil ao movimento de água no solo. Silva et al. (1986) evidenciaram diminuição dos poros de diâmetro maior que 0,05 mm em Latossolos sujeitos à compactação, levando à conseqüente diminuição da condutividade hidráulica.

4 MATERIAL E MÉTODOS

A Bacia do Rio Gorutuba está compreendida aproximadamente entre os paralelos 14° 50' e 16° 10' de Latitude Sul e os meridianos 43° 05' e 43° 40' de Longitude Oeste. As áreas estudadas abrangem parte dos Perímetros de Irrigação de Gorutuba (área irrigável de

4.818 ha) e da Lagoa Grande (área irrigável de 1.660 ha), no Norte de Minas Gerais, além de outras de irrigantes independentes, nos Municípios de Janaúba e Nova Porteirinha. As áreas fazem parte da Bacia Hidrográfica do Rio Gorutuba, afluente do Rio Verde Grande, que por sua vez deságua no Rio São Francisco.

Para avaliar o efeito da irrigação sobre algumas propriedades físicas dos solos foram selecionadas 24 propriedades de bananicultores, sendo 10 usuários de água de poços tubulares e 14 usuários de água do Rio Gorutuba, estes últimos com propriedades localizadas nos Perímetros de Irrigação do Gorutuba e Lagoa Grande (Tabela 1). As águas utilizadas para irrigação foram analisadas por Nunes (2003) quanto a seus valores de pH e condutividade elétrica e teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , SiO_2 , CO_3^{2-} , HCO_3^- , Cl^- , além de Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Ti e Zn.

Em cada propriedade foram selecionados locais onde o solo encontrava-se sob regime de sequeiro (coberto com a vegetação natural ou com pastagem de braquiária) e áreas adjacentes com solos cultivados com banana prata-anã, com idade variando entre 4 e 6 anos, irrigados por microaspersão com aplicação diária de lâmina de água que variava de 5 a 8 mm. Em cada propriedade foram abertas quatro trincheiras, duas dentro do bananal ao longo da linha irrigada, a 100 cm dos microaspersores, e duas em área adjacente sob sequeiro, sendo coletadas amostras nas camadas de 0-5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-30, 30-40, 40-60 e 60-100 cm de profundidade. As amostras oriundas de duas trincheiras formaram amostras compostas, diferenciadas em função da profundidade e do regime irrigado ou de sequeiro.

Para realização da análise granulométrica efetuou-se a dispersão de 10 g de terra fina seca ao ar (TFSA) com solução de NaOH 0,1 mol/L por 16 horas, seguida de agitação em alta rotação. As frações areia grossa e fina foram separadas por tamização. As frações silte+argila e argila foram determinadas pelo método da pipeta, sendo a fração silte calculada por diferença (Ruiz, 2003). A argila dispersa em água foi determinada pelo método da pipeta, após dispersão de 10 g de TFSA com água (Ruiz, 2003).

A densidade do solo e a densidade das partículas foram determinadas, para todas as camadas estudadas, pelo método do torrão parafinado, após secagem ao ar, e pelo método do balão volumétrico, respectivamente (Embrapa, 1997). A porosidade total foi calculada a partir dos dados de densidade, enquanto a macroporosidade de amostras escolhidas em função de provável susceptibilidade à compactação superficial e subsuperficial (camadas de 0-5 e 15-20 cm de profundidade) foi determinada na mesa de tensão, com nível de sucção correspondente a 60 cm de altura de coluna d'água (Embrapa, 1997). A microporosidade, para essas amostras, foi calculada por diferença.

O coeficiente de expansibilidade linear (COLE) foi determinado de acordo com Schafer & Singer (1976), tendo a TFSA sido umedecida até o ponto de pasta, sendo então preparados pequenos toletes de 1 cm de diâmetro e 5 cm de comprimento, com o auxílio de um êmbolo de seringa, os quais foram deixados secar ao ar por 48 horas.

Anteriormente à coleta das amostras de solo, determinou-se a condutividade hidráulica em meio saturado (K_0) a 15 cm de profundidade em, no mínimo, sete pontos em torno das trincheiras, utilizando-se o permeâmetro de Guelph (Soilmoisture, 1991). A escolha dessa profundidade se deu em função da possibilidade de correlacionar a condutividade hidráulica com a micro e a macroporosidade.

As comparações do efeito das duas fontes de água sobre as características físicas dos solos foram feitas pelo teste t, para dados pareados em cada camada amostrada contra suas respectivas testemunhas sob sequeiro, aos níveis de 1% e 5% de significância. As repetições foram as amostras dos diferentes produtores de cada grupo. Os testes de correlações entre as diversas características analisadas foram também realizados a 1% e 5% de probabilidade.

Tabela 1. Fonte de água de irrigação, localização e classificação dos solos das áreas participantes do trabalho.

Solo	Fonte de Água ^{1/}	Latitude	Longitude	Classificação do Solo
1	Poço	-16° 01' 56,16081"	-43° 25' 21,06340"	Latossolo Vermelho Distrófico típico de textura muito argilosa
2	Poço	-15° 56' 59,09032"	-43° 21' 02,41127"	Argissolo Vermelho Eutrófico arênico
3	Poço	-15° 52' 47,49878"	-43° 19' 58,20218"	Latossolo Vermelho Eutrófico argissólico
4	Poço	-15° 52' 38,86651"	-43° 20' 28,57848"	Latossolo Vermelho Distrófico argissólico
5	Poço	-15° 50' 44,42593"	-43° 19' 18,30562"	Cambissolo Háplico Tb Eutrófico latossólico
6	Poço	-15° 49' 33,95792"	-43° 19' 34,31454"	Latossolo Vermelho Eutrófico típico de textura argilosa
7	Poço	-15° 43' 47,56548"	-43° 12' 15,72195"	Argissolo Vermelho Eutrófico arênico
8	Poço	-15° 47' 09,73892"	-43° 20' 00,90598"	Cambissolo Háplico Ta Eutrófico vértico
9	Poço	-15° 37' 05,59483"	-43° 19' 21,45392"	Latossolo Amarelo Eutrófico típico
10	Poço	-15° 33' 06,65238"	-43° 18' 47,06109"	Cambissolo Háplico Ta Eutrófico típico
11	Rio - LG	-15° 45' 46,98877"	-43° 21' 10,17482"	Cambissolo Háplico Ta Eutrófico léptico calcárico (vértico)
12	Rio - LG	-15° 45' 28,56554"	-43° 21' 58,12420"	Latossolo Vermelho Eutrófico típico de textura argilosa
13	Rio - LG	-15° 45' 14,25565"	-43° 22' 05,57828"	Cambissolo Háplico Tb Eutrófico típico (vértico)
14	Rio - LG	-15° 44' 41,83140"	-43° 20' 11,17957"	Latossolo Vermelho Eutrófico típico de textura argilosa
15	Rio - LG	-15° 44' 34,16473"	-43° 21' 08,90034"	Cambissolo Háplico Ta Eutrófico típico
16	Rio - LG	-15° 43' 04,69401"	-43° 19' 00,98393"	Latossolo Amarelo Eutrófico típico
17	Rio - LG	-15° 42' 49,88200"	-43° 18' 54,18645"	Latossolo Amarelo Eutrófico típico
18	Rio - GU	-15° 49' 18,99132"	-43° 16' 50,92365"	Neossolo Flúvico Psamítico típico (Eutrófico)
19	Rio - GU	-15° 49' 34,53717"	-43° 17' 04,75036"	Neossolo Flúvico Psamítico típico (Eutrófico)
20	Rio - GU	-15° 47' 06,16615"	-43° 16' 54,55423"	Latossolo Vermelho Eutrófico típico de text. média/argilosa
21	Rio - GU	-15° 46' 53,24669"	-43° 16' 49,45612"	Latossolo Vermelho Distrófico típico de text. média/argilosa
22	Rio - GU	-15° 41' 25,64466"	-43° 15' 21,08894"	Latossolo Amarelo Eutrófico típico
23	Rio - GU	-15° 41' 20,46916"	-43° 15' 24,95115"	Cambissolo Háplico Tb Eutrófico glêico
24	Rio - GU	-15° 41' 54,18732"	-43° 18' 02,27835"	Neossolo Flúvico Ta Eutrófico (Siltico)

^{1/} Rio – LG = água proveniente do Rio Gorutuba, no Perímetro Irrigado Lagoa Grande; e Rio – GU = água proveniente do Rio Gorutuba, no Perímetro Irrigado do Gorutuba.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não se verificou diferença significativa a 5% de probabilidade usando o teste t entre os teores percentuais médios das frações grosseiras (areias e silte) encontrados em camadas semelhantes dos solos sob sequeiro ou irrigados, nas duas fontes de água de irrigação, o que mostra que as testemunhas sob sequeiro dos solos estudados não diferiram dos respectivos solos irrigados (Tabela 2). Os teores de areia grossa, areia fina e silte aumentaram à medida que se aproxima da superfície dos solos, provavelmente resultantes dos processos de erosão, que carrega preferencialmente as partículas menores e mais leves. Apesar disto, a densidade de partículas (Tabela 3) cresceu com o aumento da profundidade, o que reforça a constatação de ocorrência mais abundante de concreções ferro-manganosas nas camadas mais profundas, comuns em solos da região (Oliveira et al., 2001).

A fração argila mostrou elevações dos teores nas camadas mais profundas. Os teores médios da fração argila dos solos irrigados com águas de poços tubulares mostram tendência de redução em todas as camadas estudadas, quando comparados às testemunhas sob sequeiro, o que leva a sugerir que parte da argila tenha sido perdida na análise granulométrica por causa da formação de pequenos aglomerados de argila e cálcio.

O uso de águas de poços tubulares causa redução do grau de flocculação das argilas quando se compara com as testemunhas sob sequeiro, apresentando diferenças significativas somente nas camadas até 20 cm de profundidade, mas com clara tendência de rebaixamento em todo o perfil (Tabela 2). Infere-se que os valores de pH dos solos irrigados, em média 0,94 unidades maior que o pH dos solos sob sequeiro, conforme dados apresentados por Nunes (2003), podem estar contribuindo com a dispersão dos solos ao se distanciarem do ponto de carga zero (PCZ), à semelhança do que foi registrado após calagem por Jucksch (1987) e Morelli & Ferreira (1987). Adicionalmente, o aumento dos teores de Na⁺ causado pelo uso dessas águas, relatado por Nunes (2003) também contribuiu para a dispersão das argilas, em conformidade com Emerson (1983) e So & Aylmore (1995). Provavelmente, esses efeitos dispersivos são amplificados em decorrência da presença de minerais do tipo 2:1 na maioria dos solos estudados, como também constatado por Sumner (1995).

Os menores valores de grau de flocculação das argilas são encontrados nas camadas mais superficiais, tendência observada em ambos os grupos estudados. Entre os solos irrigados com água de rio notou-se, à exceção da camada 0-5cm, um ligeiro aumento do grau de flocculação das argilas em relação aos solos sob sequeiro, sem apresentar, no entanto, diferença significativa a 5% de probabilidade no teste de comparação entre as médias correspondentes.

O uso de água de irrigação proveniente de poços e as práticas culturais associadas causaram elevação na densidade do solo nas camadas mais superficiais (Tabela 3), como encontrado por Dadalto (1983). Os valores médios de densidade do solo nas camadas compreendidas entre 5 e 20 cm de profundidade foram significativamente diferentes ao nível de 5% de probabilidade, indicando a ocorrência de eventos de alteração na estrutura do solo devido à dispersão das argilas e ao desenvolvimento das práticas culturais na faixa de molhamento, causando compactação, conforme também constatado por Costa & Abrahão (1996), Silva & Mielniczuk (1998) e Kondo & Dias Júnior (1999).

Tabela 2. Teores percentuais médios de areia grossa e fina, silte, argila e grau de floculação, em ambiente de sequeiro (SEQ) e irrigado (IRR) dos solos dos bananais agrupados em função da origem da água de irrigação. As médias seguidas da mesma letra na horizontal não diferem significativamente pelo teste t (“A” e “B” – 1% de significância; “a” e “b” – 5%)

Prof.	Areia Grossa		Areia Fina		Silte		Argila		Grau de Floculação	
	SEQ	IRR	SEQ	IRR	SEQ	IRR	SEQ	IRR	SEQ	IRR
----- % -----										
Irrigação com água de poços tubulares										
,	25,50 a	27,60 a	19,70 a	21,10 a	25,90 a	30,90 a	28,90 a	20,40 a	64,39 a	52,21 b
5-10	24,00 a	25,90 a	19,30 a	19,50 a	25,10 a	29,10 a	31,60 a	25,50 a	65,17 A	51,19 B
10-15	23,60 a	26,10 a	19,00 a	19,60 a	24,20 a	27,80 a	33,20 a	26,50 a	67,47 A	52,68 B
15-20	22,40 a	24,80 a	19,20 a	19,70 a	24,70 a	26,70 a	33,70 a	28,80 a	65,55 A	52,95 B
20-30	20,60 a	24,80 a	18,70 a	19,10 a	24,90 a	25,30 a	35,80 a	30,80 a	65,66 a	57,69 a
30-40	19,90 a	22,60 a	18,00 a	18,80 a	24,70 a	24,90 a	37,40 a	33,70 a	66,51 a	62,45 a
40-60	18,70 a	21,50 a	17,10 a	18,10 a	24,60 a	23,40 a	39,60 a	37,00 a	73,92 a	66,75 a
60-100	18,60 a	20,00 a	17,30 a	17,10 a	24,80 a	26,40 a	39,30 a	36,50 a	72,08 a	66,08 a
Irrigação com água do Rio Gorutuba										
0-5	22,21 a	23,00 a	22,93 a	23,86 a	29,29 a	28,50 a	25,57 a	24,64 a	61,64 a	60,73 a
5-10	21,50 a	21,29 a	23,07 a	23,79 a	28,57 a	27,79 a	26,86 a	27,14 a	55,61 a	56,90 a
10-15	21,21 a	21,36 a	23,36 a	23,07 a	26,14 a	27,36 a	29,36 a	28,21 a	58,32 a	60,27 a
15-20	20,07 a	19,79 a	22,29 a	22,43 a	27,29 a	27,79 a	30,71 a	30,00 a	54,66 a	58,12 a
20-30	20,14 a	18,50 a	22,50 a	22,43 a	26,21 a	26,57 a	31,14 a	32,50 a	57,93 a	58,87 a
30-40	18,50 a	17,21 a	22,21 a	22,29 a	25,36 a	25,29 a	33,93 a	35,21 a	55,60 a	56,98 a
40-60	16,11 a	16,57 a	21,71 a	21,57 a	26,29 a	24,86 a	36,09 a	37,23 a	59,10 a	61,48 a
60-100	16,14 a	17,14 a	21,86 a	21,07 a	25,86 a	26,00 a	37,07 a	35,79 a	58,86 a	61,34 a

Tabela 3. Valores médios da densidade de partículas e do solo, porosidade total, macroporosidade, microporosidade e condutividade hidráulica, em ambiente de sequeiro (SEQ) e irrigado (IRR), dos solos dos bananais agrupados em função da origem da água de irrigação. As médias seguidas da mesma letra na horizontal não diferem significativamente pelo teste t (“A” e “B” – 1% de significância; “a” e “b” – 5%)

Prof.	Dens. de Partículas		Dens. do Solo		Porosidade Total		Macroporosidade e		Microporosidade		Condutiv. Hidráulica	
	SEQ	IRR	SEQ	IRR	SEQ	IRR	SEQ	IRR	SEQ	IRR	SEQ	IRR
	----- Mg/m ³ -----				----- m ³ /m ³ -----				----- cm/h -----			
Irrigação com água de poços tubulares												
0-5	2,69 a	2,66 a	1,46 a	1,56 a	0,458 a	0,413 b	0,159 a	0,108 a	0,299 a	0,305 a		
5-10	2,77 A	2,68 B	1,46 a	1,55 b	0,473 A	0,421 B						
10-15	2,72 a	2,72 a	1,47 a	1,57 b	0,458 a	0,422 b						
15-20	2,72 a	2,70 a	1,45 A	1,57 B	0,466 A	0,416 B	0,160 a	0,096 b	0,306 a	0,320 a	5,88 A	1,57 B
20-30	2,74 a	2,69 a	1,46 a	1,50 a	0,465 a	0,440 a						
30-40	2,76 a	2,71 a	1,47 a	1,52 a	0,466 a	0,438 a						
40-60	2,75 a	2,74 a	1,47 a	1,53 a	0,464 a	0,442 a						
60-100	2,83 a	2,74 b	1,52 a	1,51 a	0,462 a	0,447 a						
Irrigação com água do Rio Gortuba												
0-5	2,59 a	2,65 a	1,45 a	1,55 b	0,439 a	0,416 b	0,123 a	0,102 a	0,316 a	0,314 a		
5-10	2,61 a	2,66 a	1,52 a	1,55 a	0,418 a	0,417 a						
10-15	2,64 a	2,64 a	1,50 a	1,55 a	0,432 a	0,415 a						
15-20	2,57 a	2,65 a	1,50 a	1,53 a	0,423 a	0,424 a	0,109 a	0,089 a	0,314 a	0,335 a	3,26 a	2,12 b
20-30	2,62 a	2,67 a	1,49 a	1,51 a	0,432 a	0,434 a						
30-40	2,67 a	2,69 a	1,49 a	1,51 a	0,439 a	0,439 a						
40-60	2,71 a	2,66 a	1,45 a	1,51 a	0,462 a	0,432 a						
60-100	2,71 a	2,73 a	1,46 a	1,49 a	0,461 a	0,454 a						

Nos solos irrigados com água do Rio Gorutuba houve aumento significativo da densidade do solo somente na camada 0-5 cm, indicando maior estabilidade da estrutura em subsuperfície. O aumento da densidade do solo ocasionou a diminuição na porosidade total dos solos, tendência mais acentuada nas camadas superficiais, onde diferenças significativas entre os valores médios foram encontradas (Tabela 3). A segmentação dos poros das camadas 0-5 cm e 15-20 cm em macroporos e microporos mostrou que a redução da porosidade se deu em função da redução dos macroporos, enquanto a microporosidade, embora sem alcançar diferença estatística, apresentou tendência de elevação, à semelhança de Silva et al. (1986); Dantas et al. (1998); Santos & Ribeiro (2000).

O coeficiente de extensibilidade linear (COLE) apresentou coeficiente de correlação (r) significativa a 5% de probabilidade com os teores de argila ($r = 0,61$), com a macroporosidade ($r = -0,53$) e com a microporosidade ($r = 0,54$), indicando que solos mais expansíveis tendem a apresentar predomínio ainda maior de microporos em detrimento dos macroporos, que são preferencialmente destruídos nos processos alternados de contração e expansão, bem como nos eventos que causam compactação do solo.

Ainda que a correlação entre a macroporosidade e o equivalente de carbonato seja baixa ($r = 0,32$), não se pode descartar a possibilidade de que a precipitação de carbonatos, notoriamente observada na superfície do solo, em condições de campo, esteja reduzindo o diâmetro ou mesmo entupindo poros na camada 15-20 cm.

Os dados de condutividade hidráulica em meio saturado (K_0) mostram sensível redução, com diferença significativa a 1% de probabilidade, medida a 15 cm de profundidade, nos solos irrigados com águas provenientes de poços tubulares (Tabela 3). Esse fato indica que as modificações provocadas nas características químicas dos solos que recebem águas com dureza elevada (Nunes, 2003) repercutem negativamente em sua permeabilidade, à semelhança do encontrado por Beltrame et al. (1986), Silva et al. (1986), Santos & Ribeiro (2000). Entre os solos irrigados com água do Rio Gorutuba a redução ocorreu em menor proporção, diferindo significativamente da média das testemunhas a 5% de probabilidade.

A condutividade hidráulica em meio saturado (K_0) correlacionou-se significativa e positivamente a 5% de significância com o grau de floculação ($r = 0,43$) e a macroporosidade ($r = 0,60$), negativamente com a densidade do solo ($r = -0,41$), não havendo significância com as frações texturais. Esses dados estão de acordo com os de Greacen & Williams (1983), que verificaram maior influência da estrutura do que da textura sobre a condutividade hidráulica, principalmente em solos com grande diferenciação em forma e tamanho das estruturas. A falta de correlação significativa com características de fácil medição do solo e da água ainda impede que se desenvolva um programa de monitoramento indireto da condutividade hidráulica, devido aos múltiplos fatores que atuam simultaneamente no estabelecimento dessa característica físico-hídrica.

No entanto, quando os dados dos solos irrigados com água de poços são analisados separadamente, verifica-se que o coeficiente de correlação de K_0 com o grau de floculação aumentou de valor ($r = 0,68$), enquanto com os macroporos esse valor decresceu ($r = 0,35$). Essas mudanças nas correlações podem indicar que a argila dispersa seria um dos grandes responsáveis pela redução de K_0 nos solos que recebem águas de poços. Na análise com o grupo de dados restritos também surge correlação significativa da K_0 com o pH H_2O da camada 15-20 cm ($r = -0,70$), mostrando a sua influência na dispersão de argilas ao aumentar o número de cargas negativas. Deve-se notar que, embora o extrato de pasta saturada apresente valores de pH mais elevados que o complexo sortivo, os coeficientes de correlação destes com K_0 apresentam módulos menores. Assim, para o grupo específico de solos que

recebe água de poços, o grau de floculação e o pH podem constituir bons indicadores de possíveis problemas de redução da condutividade hidráulica.

Embora sejam significativos, os coeficientes de correlação entre os teores de argila e de Ca^{2+} , Mg^{2+} e a soma de bases do complexo sortivo na camada 0-5 cm não são elevados (0,46; 0,58 e 0,50, respectivamente), diminuindo ainda mais na camada 15-20 cm e apresentando queda acentuada a partir da camada 20-30 cm. Com os cátions Na^+ e K^+ os coeficientes de correlação com os teores de argila são muito mais baixos que os encontrados para Ca^{2+} e Mg^{2+} . Esse comportamento confirma a preferência do complexo sortivo pelos cátions bivalentes introduzidos via água de irrigação e calagem, razão pela qual os monovalentes tendem a ser deslocados e lixiviados mais intensamente (Bolt & Bruggenwert, 1978).

6 CONCLUSÕES

Os resultados das análises efetuadas permitiram demonstrar que:

- O grau de floculação das argilas decresceu nos solos irrigados com água de poços tubulares, indicando dispersão promovida pela elevação do pH. Tal fato causou elevação na densidade do solo e diminuição na porosidade total, refletindo em menor macroporosidade.

- As modificações provocadas nas características químicas dos solos que recebem águas com dureza e níveis de sódio elevados, provenientes de poços tubulares, repercutem negativamente na sua condutividade hidráulica em meio saturado, causando sua redução. Entre os solos irrigados com água do Rio Gortuba a redução ocorreu em menor proporção.

- Para o grupo específico de solos que recebe água de poços, o grau de floculação das argilas e o pH do solo podem constituir bons indicadores de possíveis problemas relacionados à redução da condutividade hidráulica em meio saturado.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BELTRAME, L.F.S.; GONDIM, L.A.P.; TAYLOR, J.C. Estrutura e compactação na permeabilidade de solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.5, n.3, p.145-149, set./dez. 1986.

BOLT, G.H.; BRUGGENWERT, M.G.M. (Ed.). **Soil chemistry: part A: basic elements**. 2.ed. Amsterdam: Elsevier, 1978. 281 p. (Developments in Soil Science, 5A).

COSTA, L.M.; ABRAHÃO, W.A.P. Compactação e adensamento de solos relacionados às propriedades químicas, físicas e sedimentológicas. In: ALVAREZ V., V.H; FONTES, L.E.F.; FONTES, M.P.F. (Ed.). **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; Universidade Federal de Viçosa, 1996. p.429-443.

DADALTO, G.G. **Alterações em características físicas e químicas de solos cultivados com pastagem em áreas de caatinga hipoxerófila no Município de Sebastião Laranjeiras, Bahia**. 1983. 89 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

DANTAS, J.A.; SANTOS, M.C.; HECK, R.J. Caracterização de Podzólicos Amarelos irrigados e não irrigados do Submédio São Francisco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.22, n.4, p.761-771, out./dez. 1998.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1997. 212 p. (Documentos, 1).

EMERSON, W.W. Inter-particle bonding. In: **SOILS: an Australian viewpoint**. Melbourne: CSIRO : Academic Press, 1983. p.477-498.

GERMANN, P.; BEVEN, K. Water flow in soil macropores. I. An experimental approach. **Journal of Soil Science**, Oxford, v.32, n.1, p.1-13, Mar. 1981.

GREACEN, E.L.; WILLIAMS, J. Physical properties and water relations. In: **SOILS: an Australian viewpoint**. Melbourne: CSIRO : Academic Press, 1983. p.499-530.

JUCKSCH, I. **Calagem e dispersão de argila em amostras de um Latossolo Vermelho-Escuro**. 1987. 37 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

KONDO, M.K.; DIAS JÚNIOR, M.S. Compressibilidade de três Latossolos em função da umidade e uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.23, n.2, p.211-218, abr./jun. 1999.

LINDSAY, W.L. **Chemical equilibria in soils**. New York: John Wiley, 1979. 449 p.

MISRA, A.; TYLER, G. Influence of soil moisture on soil solution chemistry and concentrations of minerals in the Calcicoles *Phleum phleoides* and *Veronica spicata* grown on a limestone soil. **Annals of Botany**, London, v.84, n.3, p.401-410, 1999.

MORELLI, M.; FERREIRA, E.B. Efeito do carbonato de cálcio e do fosfato diamônico em propriedades eletroquímicas e físicas de um Latossolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.11, n.1, p.1-6, jan./abr. 1987.

NUNES, W.A.G.A. **Efeitos da irrigação com água de poços tubulares e do Rio Gorutuba sobre propriedades de solos da região de Janaúba-MG**. 2003. 167 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

OLIVEIRA, C.V. et al. Caracterização de concreções ferro-manganosas de solos de calcário no Norte do Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.25, n.3, p.565-574, jul./set. 2001.

O'NEAL, A.M. Soil characteristics significant in evaluating permeability. **Soil Science**, Baltimore, v.67, p.403-409, 1949.

REICHARDT, K. **Dinâmica da matéria e da energia em ecossistemas**. Piracicaba: Departamento de Física e Meteorologia, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 1996. 505p.

ROTH, C.H.; CASTRO FILHO, C.; MEDEIROS, G.B. Análise de fatores físicos e químicos relacionados com a agregação de um Latossolo Roxo distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.15, n.3, p.241-248, set./dez. 1991.

RUIZ, H.A. **Notas de aulas práticas de SOL 640**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2003. Não paginado.

SANTOS, E.E.F.; RIBEIRO, M.R. Influência da irrigação e do cultivo nas propriedades de um Latossolo e um Argissolo da região do submédio São Francisco: atributos morfológicos e físicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.24, n.4, p. 875-884, out./dez. 2000.

SCHAFER, W.M.; SINGER, M.J. A new method of measuring shrink-swell potential using soil pastes. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.40, n.5, p.805-806, Sep./Oct. 1976.

SILVA, A.P.; LIBARDI, P.L.; CAMARGO, O.A. Influência da compactação nas propriedades físicas de dois Latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.10, n.2, p.91-95, maio/ago. 1986.

SILVA, I.F.; MIELNICZUK, J. Sistemas de cultivo e características do solo afetando a estabilidade de agregados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.22, n.2, p.311-317, abr./jun. 1998.

SO, H.B.; AYLMORE, L.A.G. The effects of sodicity on soil physical behaviour. In: NAIDU, R.; SUMNER, M.E.; RENGASAMY, P. (Ed.). **Australian sodic soils**: distribution, properties and management. East Melbourne: CSIRO, 1995. p.71-80.

SOILMOISTURE. **Guelph permeameter** : operating instructions. Santa Barbara, 1991. 27 p.

SUMNER, M.E. Sodic soils: new perspectives. In: NAIDU, R.; SUMNER, M.E.; RENGASAMY, P. (Ed.). **Australian sodic soils**: distribution, properties and management. East Melbourne: CSIRO, 1995. 351 p.

TORMENA, C.A.; ROLOFF, G.; SÁ, J.C.M. Propriedades físicas do solo sob plantio direto influenciadas por calagem, preparo inicial e tráfego. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.22, n.2, p.301-309, abr./jun. 1998.