

ALTERAÇÕES FÍSICAS E QUÍMICAS EM TRÊS SOLOS QUE RECEBERAM DOSES CRESCENTES DE VINHAÇA

HELDER ANTONIO DE AQUINO GARIGLIO¹; ANTONIO TEIXEIRA DE MATOS²
E PAOLA ALFONSA VIEIRA LO MONACO³

¹Mestre em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Analista Ambiental, Gerência de Produção Sustentável (GPROD), FEAM, Belo Horizonte, MG, helder.gariglio@meioambiente.mg.gov.br

²Professor Associado do Departamento de Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa, MG, atmatos@ufv.br

³Professora do Instituto Federal do Espírito Santo, *campus* Santa Teresa, ES, paolalm@ifes.edu.br

1 RESUMO

Objetivou-se nesse estudo avaliar as alterações no conteúdo de matéria orgânica, concentração de potássio, cálcio e magnésio, argila dispersa e conteúdo de água na capacidade de campo, em Latossolo Vermelho Distrófico (LVd), Latossolo Vermelho Eutroférico (LVef) e Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (LVAd). Os solos foram incubados em estufa por um período de 20 dias, com doses crescentes de vinhaça (0, 40, 80, 160 e 320 m³ ha⁻¹). A montagem do experimento foi realizada no delineamento inteiramente casualizado, com 3 repetições, no esquema fatorial 3x5, correspondendo a três classes de solo e cinco doses de vinhaça. As diferentes doses de vinhaça aplicadas não proporcionaram alteração no conteúdo de matéria orgânica dos três solos analisados. A concentração de potássio aumentou linearmente com a dose no LVef e LVAd. A argila dispersa em água decresceu em todas as doses aplicadas no LVAd, mantendo-se, no geral, inalterada nos demais solos.

Palavras-chave: fertirrigação, cana-de-açúcar, águas residuárias.

GARIGLIO, H. A. de A.; MATOS, A. T. de; LO MONACO, P. A.
PHYSICAL AND CHEMICAL CHANGES IN THREE SOILS THAT RECEIVED
INCREASING RATES OF VINASSE

2 ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate changes in organic matter content, concentration of potassium, calcium and magnesium, dispersed clay and water content at field capacity in Dystrophic Red Latosol (LVd), typical Eutroferric Red Latosol (LVef) and typical Dystrophic Yellow Red Latosol (LVAd). The soils were incubated for 20 days with increasing doses of vinasse (0, 40, 80, 160 and 320 m³ ha⁻¹). The experiment was completely randomized with 3 replications, in a 3 x 5 factorial design, corresponding to 3 classes of soil and 5 doses of vinasse. No changes were observed in the content of organic matter in the 3 soils analyzed when different doses of vinasse were applied in the study. Potassium concentration increased linearly with the dose in the LVef and LVAd soils. Water-dispersible clay decreased at all doses applied in LVAd, and it was unchanged in the other soils.

Keywords: fertigation, sugar cane, wastewater.

3 INTRODUÇÃO

A atividade canaveira do Brasil é, atualmente, uma das mais bem sucedidas no agronegócio mundial, não só pela produção de açúcar, produto que é o maior exportador, mas também pelo etanol, combustível que vem substituindo o uso de gasolina e, mesmo diesel, em veículos automotores.

O Brasil foi pioneiro na produção de etanol como combustível, considerada alternativa viável na substituição de combustíveis fósseis, tendo em vista se tratar de fonte renovável e menos poluente. Por outro lado, não há como negar que a indústria sucroalcooleira é uma atividade geradora de grandes quantidades de resíduos, de diferentes características e tipologias (ALMEIDA et al., 2007; MATOS, 2010).

Embora o controle ambiental nos empreendimentos do setor sucroalcooleiro tenha evoluído bastante ao longo dos anos, permanece como principal foco de atenção o gerenciamento dos resíduos gerados na atividade: vinhaça, bagaço, torta de filtro e cinzas de caldeira (MATOS, 2010).

A vinhaça é gerada na fabricação de álcool e aguardente, no processo de destilação do mosto (caldo fermentado) e, de acordo com Silva et al. (2007), apresenta como principal característica a maior riqueza de potássio em relação aos sólidos inorgânicos totais e aos nutrientes nitrogênio e fósforo. A grande preocupação ambiental em relação à vinhaça decorre de sua composição química e do grande volume gerado, que lhe conferem um alto poder poluente se lançada, sem tratamento, em cursos d'água (Matos, 2010). De acordo com Doll e Foresti (2010), para cada litro de etanol produzido são gerados 12,5 L de vinhaça e para cada litro de aguardente são gerados 5 a 6 L de vinhaça (PASCOAL FILHO, 2007).

O lançamento da vinhaça em corpos hídricos pode causar depleção nos níveis do oxigênio dissolvido, criando condições adversas à sobrevivência da biota aquática, uma vez que, para degradar a matéria orgânica afluyente, há consumo do oxigênio dissolvido na água do corpo receptor. A partir das proibições de despejo da vinhaça nos mananciais superficiais, mediante a publicação da Portaria do Ministério do Interior n. 323 de 29/11/1978 (Brasil, 1978), deu-se início à adoção e ampla difusão da prática da fertirrigação de canaviais com essa água residuária, como forma de sua disposição final.

Vários trabalhos foram desenvolvidos no Brasil para avaliar os efeitos da aplicação da vinhaça, como fertirrigação, em diversas culturas agrícolas, principalmente da cana-de-açúcar, e no solo (CANELLAS et al., 2003; SILVA et al., 2006; SILVA et al., 2007; PASSARIN et al., 2007; BRITO et al., 2009).

A vinhaça pode proporcionar uma série de modificações nas características químicas dos solos, como aumento no pH (SILVA et al., 2007; BRITO et al., 2009), na matéria orgânica (CANELLAS et al., 2003; BARROS et al., 2010) na disponibilidade de nutrientes como potássio (SILVA et al., 2006; BEBÉ et al., 2009; BRITO et al., 2009; BARROS et al., 2010; ZOLIN et al., 2011), na capacidade de troca catiônica (SILVA et al., 2006; SILVA et al., 2007) e na condutividade elétrica no solo (SILVA et al., 2006). De acordo com Silva et al. (2007), a vinhaça também pode melhorar a agregação do solo, proporcionando aumento na sua capacidade de infiltração da água. De acordo com Brito et al. (2007), pesquisas que possam consolidar a utilização da vinhaça da cana-de-açúcar como prática viável e ambientalmente segura são fundamentais para que se possa aperfeiçoar o gerenciamento dos resíduos, alcançando-se sustentabilidade na atividade sucroalcooleira.

Com a realização deste trabalho, objetivou-se avaliar as alterações químicas e físicas em três classes de solos nos quais foram aplicadas diferentes doses de vinhaça proveniente da fabricação de etanol.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, instalada anexa ao Laboratório de Hidráulica do Departamento de Engenharia Agrícola (DEA) da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

A vinhaça utilizada no experimento foi coletada em outubro/2007, na Cia Agrícola Pontenovense, localizada no município de Urucânia/MG, coordenadas IS 20° 18' 4,8'' e WO 42° 41' 23,8'', provenientes da unidade de produção de açúcar e etanol, após ter sido submetida a resfriamento, apresentando temperatura média de 60 °C.

Na Tabela 1 está apresentada a caracterização da vinhaça, realizada no Laboratório de Qualidade da Água, do Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, seguindo-se recomendações de APHA et al. (2005).

Tabela 1. Características físicas, químicas e bioquímicas da vinhaça utilizada no experimento

Características	Valores (mg L ⁻¹)	Características	Valores (mg L ⁻¹)
Ca	1.340	pH	3,8**
K	2.484	ST	31.522
Na	10	SV	21.443
Mg	473	N-NH ₄ ⁺	0,038
P	28	DBO	16.769
N _T	733	DQO	28.572
CE	9,0*		

Em que: Ca – cálcio, K – potássio, Na – sódio, Mg – magnésio, P – fósforo, NT – nitrogênio total, CE – condutividade elétrica, pH – potencial hidrogeniônico, ST – sólidos totais, SV – sólidos voláteis, N-NH₄⁺ - amônio, DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio e DQO – Demanda Química de Oxigênio; * em dS m⁻¹ e ** adimensional.

Amostras de Latossolo Vermelho Distrófico (LVd), Latossolo Vermelho Eutroférico (LVef) e Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (LVAd) foram coletadas, na camada de 0-20 cm, nos municípios de Capinópolis (LVd e LVef) e Viçosa (LVAd). A caracterização dos solos foi realizada nos Laboratórios de Solo e Resíduos Sólidos do DEA e Física do Solo do Departamento de Solos da UFV (Tabela 2).

As amostras dos solos foram destorroadas, passadas em peneira de 2 mm, antes de serem utilizadas para análise textural; determinação do conteúdo de água na capacidade de campo, em mesa de tensão a 0,01 MPa; argila dispersa em água; conteúdo de matéria orgânica, pelo método Walkley Black; concentrações disponível de potássio (extrator Mehlich 1) e trocáveis de Ca+Mg e de Al (extrator KCl), além de acidez potencial (extrator acetato de cálcio), seguindo-se, em todas as análises, as recomendações da EMBRAPA (1997). O método da argila dispersa foi, entretanto alterado, utilizando-se agitação lenta de 50 rpm, por 16 h, atendendo recomendações de Ruiz (2005).

Tabela 2. Características físicas, químicas e físico-químicas dos solos utilizados no experimento

Variáveis	LVAd	LVd	LVef
MO (dag kg ⁻¹)	6,04	4,13	4,04
K disp (mg dm ⁻³)	41,24	79,34	175,30
Ca+Mg trocáveis (cmol _c dm ⁻³)	0,32	3,78	6,30
CTC _{Ef}	1,98	4,29	6,80
CTC _{pH7}	9,31	6,54	11,71
Argila dispersa (%)	15	3	10
Capacidade de campo (%)	37,7	17,4	42,0
Teor de argila (dag kg ⁻¹)	52,0	26,0	60,0

Em que: MO – conteúdo de matéria orgânica; K disp– concentração disponível de potássio; Ca+Mg trocáveis – concentração trocável de cálcio + magnésio; CTC_{Ef}– capacidade de troca catiônica efetiva ou a pH do solo; CTC_{pH7}– capacidade de troca catiônica a pH 7 ou potencial.

O experimento consistiu na incubação, por um período de 20 dias, de amostras dos três solos, em recipientes constituídos pela parte cilíndrica (da base até 20 cm) de garrafas de Politereftalato de Etileno (PET) transparentes, após aplicação de diferentes doses de vinhaça. As doses foram estabelecidas tomando-se por base a recomendação referência de 120 kg ha⁻¹ de K₂O, fornecida para se obter uma produtividade de cana-de-açúcar acima de 120 t ha⁻¹, o que corresponde à aplicação de 99,6 kg ha⁻¹ de potássio (Korndörfer et al., 1999). Assim, tendo em vista que a concentração de potássio na vinhaça é de 2,48 kg m⁻³ (Tabela 1), a primeira dose definida foi de 40,0 m³ ha⁻¹, e as outras foram definidas, em ordem crescente, quais sejam, 80,0 m³ ha⁻¹, 160,0 m³ ha⁻¹ e 320,0 m³ ha⁻¹, correspondentes a 38, 76, 152 e 302 mL de vinhaça a serem aplicadas em cada um dos recipientes PET, considerando-se a área superficial de cada um. Além desses tratamentos, foi estabelecido o tratamento testemunha, constituído por amostras de solos que receberam apenas água da rede pública de abastecimento da UFV.

A massa de solo, em cada recipiente PET, foi definida como sendo de 1.700 g, em que os recipientes foram envolvidos lateralmente com papel alumínio, para se evitar a incidência de luz no solo e propiciar o crescimento de fungos e bactérias fototróficas.

Após aplicada as dosagens de vinhaça nas amostras de solo contidas nos recipientes PET, elas foram mantidas com conteúdo de água próximo à capacidade de campo (CC), o que foi obtido com a reposição da água perdida por evaporação, estimada por meio de pesagem diária dos recipientes, com água da rede de abastecimento da UFV.

Findo o período de incubação, os solos foram novamente secados ao ar, destorroados e passados em peneira de 2 mm, para a determinação das variáveis: conteúdo de matéria orgânica (MO), concentrações disponível de potássio (K) e trocável de cálcio mais magnésio; (Ca + Mg), além da argila dispersa em água (ADA).

O experimento foi organizado em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições, no esquema fatorial 3x5, correspondendo a três classes de solo e cinco doses de vinhaça. A análise estatística dos dados foi realizada utilizando-se o software SAS[®]. Quando a interação solo x dose se mostrou significativa, em nível de 5% de probabilidade, optou-se por realizar o desdobramento da análise, fixando-se o fator solo, ou seja, comparando todas as doses com a dose testemunha (dose 0) mediante teste Dunnett, efetuado separadamente para cada solo. Para as variáveis em que apenas o efeito de solo mostrou-se significativo (não tendo sido verificado efeito significativo da dose e da interação), utilizou-se o teste Tukey para comparar as médias de cada solo. No que se refere à variável K, que apresenta grande interesse prático, aplicou-se a técnica de análise de regressão linear dentro de cada tipo de

solo, pois este procedimento permite estimar concentrações de potássio disponível no solo para diferentes doses de vinhaça aplicadas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A vinhaça apresentou elevado conteúdo de matéria orgânica (MO), comprovado pela alta concentração de DBO (16.769 mgL^{-1}) presente, entretanto sua aplicação não foi suficiente para proporcionar aumento no conteúdo de MO nos solos, conforme foi indicado pelos resultados da análise de variância. Numa comparação dos valores médios iniciais dos solos (Tabela 2) com os valores obtidos após a aplicação da vinhaça (Tabela 3), verifica-se que apenas o LVef apresentou tendência de aumento no valor do conteúdo de MO, e os solos LVAd e LVd apresentaram tendência de decréscimo nesses conteúdos. Acredita-se que a redução no conteúdo de MO nos solos seja decorrente do efeito *priming*, também observado por Paula (2012), que é o aumento na atividade microbiana do solo e, conseqüentemente, na taxa de degradação da matéria orgânica já existente no solo em decorrência da incorporação de nutrientes, nesse caso, via vinhaça. Isso, de certa forma fica comprovado, tendo em vista que o conteúdo de matéria orgânica aumentou apenas no solo mais fértil (LVef), no qual a fertilidade não era o fator impeditivo à degradação da matéria orgânica do solo.

Embora a vinhaça apresente alta concentração de matéria orgânica, ela está presente na forma coloidal, o que facilita sua decomposição, de forma rápida, pelos microrganismos do solo (SILVA et al., 2007; PASSARIN et al., 2007). Brito et al. (2009), ao avaliarem o comportamento de diferentes classes de solo (Nitossolo, Argissolo e Espodossolo) após a aplicação de diferentes doses de vinhaça (350 e $700 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$), não observaram variação significativa nos teores de carbono orgânico nos solos e horizontes estudados.

Tabela 3. Valores médios do conteúdo de matéria orgânica nos solos submetidos à aplicação de diferentes doses de vinhaça

Variável	Classe de solo		
	LVd	LVef	LVAd
MO (dag kg^{-1})	2,50 c	4,26 b	5,64 a

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Segundo Matos (2010), de forma geral, as principais alterações advindas da aplicação de águas residuárias no solo, inclusive vinhaça, costumam ser químicas, as quais, por sua vez, podem vir a proporcionar alterações físicas no solo. Para que os benefícios da incorporação da matéria orgânica sejam percebidos no solo, torna-se necessária a aplicação de águas residuárias em grandes quantidades e com alta frequência (MATOS, 2007), o que não correspondeu às condições experimentais impostas neste trabalho.

Na Tabela 4 estão apresentadas as médias das concentrações de K e Ca+Mg, CC e ADA, seguidas pela significância do teste de Dunnet (*), em nível de 5% de probabilidade, tomando-se a dose testemunha como referência. De acordo com os resultados obtidos, pode-se verificar que as concentrações de potássio aumentaram nos três solos com a aplicação da vinhaça, à exceção das doses de 40 e $80 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ aplicadas no LVd. Atribui-se este resultado aos elevados teores de potássio na vinhaça (Tabela 1), razão pela qual esse nutriente tem sido tomado como referência na definição de doses dessa água residuária a serem aplicadas no solo (Korndörfer et al., 1999; Matos, 2006). Aumento na concentração de K disponível no solo

com a aplicação da vinhaça também foi observado por outros autores (Brito et al., 2005; Silva et al., 2006; Brito et al., 2007; Brito et al., 2009; Barros et al., 2010; Zolim et al., 2011).

Tabela 4. Médias das concentrações de K disponível e Ca+Mg trocáveis, da Capacidade de Campo e da porcentagem de Argila Dispersa em água no solo, seguidas pela significância do teste de Dunnet (*), em nível de 5% de probabilidade, tomando a dose testemunha como referência.

Atributos	Dose (m ³ ha ⁻¹)	LVAd	LVd	LVef
K disponível (mg dm ⁻³)	0	51,24	- ^a	176,2
	40	87,76*	93,40	223,7*
	80	93,82*	140,90	330,4*
	160	146,40*	287,20*	416,9*
	320	372,66*	565,51*	649,5*
Ca+Mg trocáveis (cmol _c dm ⁻³)	0	0,32	3,80	6,30
	40	0,70*	3,60	6,30
	80	0,92*	3,50	6,80*
	160	0,99*	4,00	7,40*
	320	1,39*	4,60*	8,10*
Capacidade de Campo (%)	0	37,72	17,36	41,97
	40	36,53	16,95	40,92
	80	37,22	16,52	39,77*
	160	35,96	16,22	38,54*
	320	34,77*	15,56*	40,26
Argila Dispersa em Água (%)	0	14,67	3,33	10,00
	40	10,67*	3,33	11,33*
	80	11,33*	3,67	10,67
	160	12,00*	3,67	9,67
	320	10,33*	2,33	10,33

^a valor perdido

Para se avaliar a ocupação dos sítios de troca do solo com potássio, calculou-se o Índice de Saturação com Potássio (ISK), utilizando-se a Equação 1:

$$ISK = \frac{[K^+]}{CTC_{pH7}} 100 \quad (1)$$

em que [K⁺] é a concentração disponível de potássio (cmol_c dm⁻³) e CTC_{pH7} é a capacidade de troca catiônica - CTC potencial do solo (cmol_c dm⁻³).

A evolução do acúmulo de potássio no complexo de troca dos solos pode ser evidenciada nas Figuras 1A, 1B e 1C, onde está apresentado o ISK como função da dose aplicada de vinhaça.

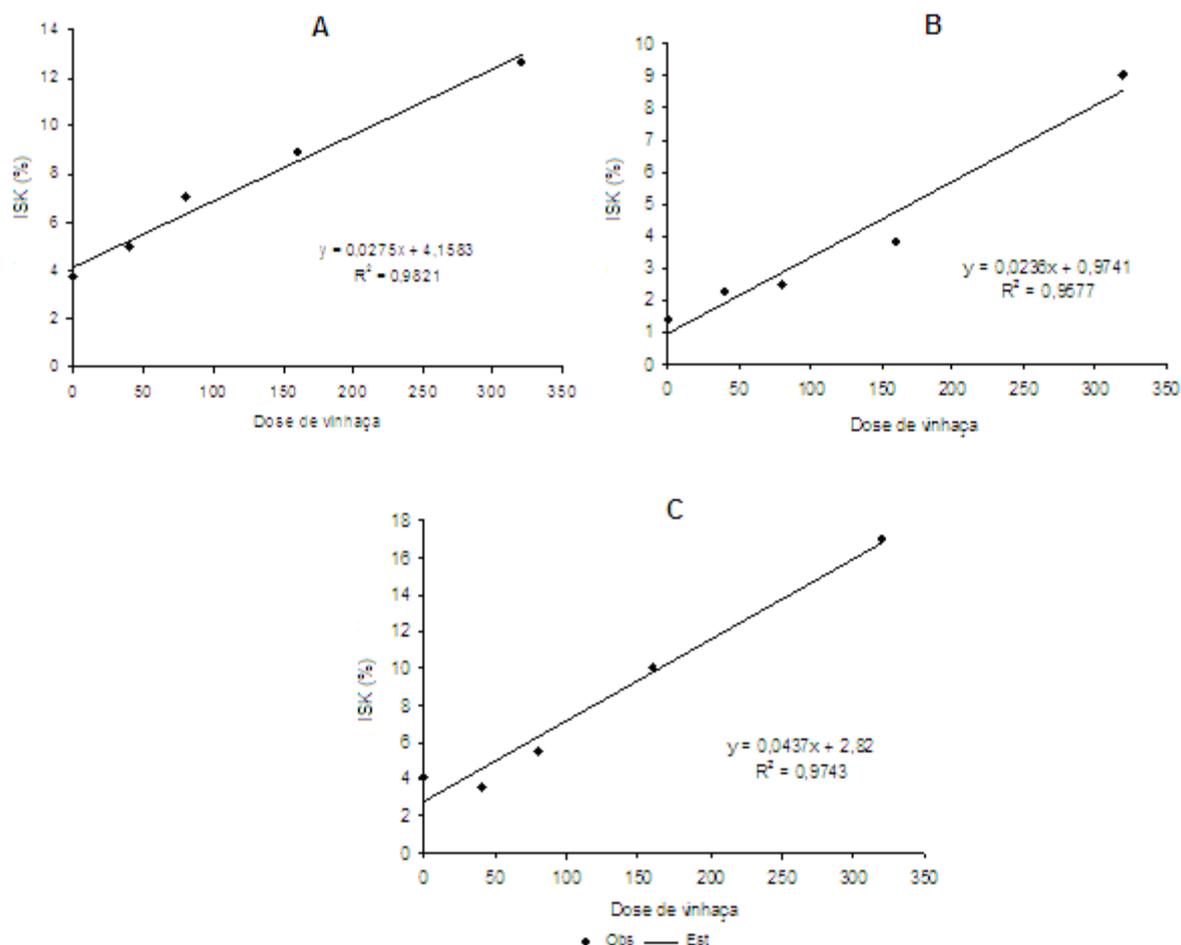


Figura 1. Índice de Saturação com Potássio (ISK) em função da dose de vinhaça aplicada em (A) Latossolo Vermelho Eutroférico (LVef), (B) Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico (LVAd) e (C) Latossolo Vermelho distrófico (LVd).

Verificou-se que equações lineares representaram bem a variação do ISK com o aumento na dose de vinhaça aplicada ao solo. No que se refere à taxa com que os sítios de troca do solo são ocupados pelo potássio presente na vinhaça, o que é expresso pela declividade das curvas ajustadas, verifica-se que o solo com menor teor de argila, que é o LVd, foi o que apresentou maior crescimento no ISK com o aumento na dose aplicada de vinhaça. Isso pode ser explicado pelo fato do LVd ser, dentre todos os solos estudados, o de menor CTC_{pH7} . Sendo assim, é o solo que apresenta menor quantidade de sítios de troca disponíveis, os quais podem ser, em termos percentuais, mais rapidamente ocupados pelo potássio a ele adicionado.

Pode-se inferir, a partir dos resultados apresentados nas Figuras 1A, 1B e 1C que a aplicação sem controle da vinhaça no solo, pode provocar forte desequilíbrio químico nele. Isso decorre do fato de que, com a ocupação de grande parte dos sítios de troca com potássio, haverá conseqüente deslocamento de outros cátions nutrientes importantes para as plantas para a solução do solo, onde se tornam passíveis de perda por lixiviação. Um acúmulo de potássio no solo, ocupando mais de 5% dos seus sítios de troca, propicia condições para o deslocamento do cátion no mesmo, bem como proporciona o deslocamento de cálcio e

magnésio, com conseqüente lixiviação dos mesmos para camadas mais profundas do solo, podendo causar o empobrecimento dos solos e a salinização das águas subterrâneas. No LVd, por exemplo, já na dose de $30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de vinhaça, o ISK superou 5% da CTC potencial (CTC_{pH7}) do solo, limite considerado recomendável, no que se refere à fertilidade de solos produtivos e equilibrados do ponto de vista de nutrição de plantas (Korndörfer et al., 1999). No LVAd e LVd tal condição é observada após a aplicação de 170 e $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, respectivamente. Deve-se salientar, no entanto, que essas doses de vinhaça correspondem àquelas a serem aplicadas em áreas novas nas quais deve ser aumentada a participação de potássio trocável no complexo de troca dos solos, podendo ser entendida como referente à de uma adubação corretiva. Na adubação potássica para reposição anual das necessidades da cultura de cana-de-açúcar, recomenda-se a aplicação de 200 kg ha^{-1} de K_2O , conforme proposto por Kiehl (1985), e que corresponde à aplicação de $66,8 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de vinhaça.

Com base nos valores obtidos de concentração de potássio trocável com aplicação de vinhaça nos solos estudados, recomenda-se reavaliação da legislação ambiental vigente no Estado de Minas Gerais, relativa ao assunto, tendo em vista que existe grande risco para a qualidade do solo e das águas subterrâneas caso os valores limites estabelecidos na DN COPAM n.º 12/86 (COPAM, 2013) continuem a ser utilizados.

A vinhaça contém quantidades significativas de Ca (1.340 mg L^{-1}) e Mg (473 mg L^{-1}), o que indica que a sua aplicação no solo poderia aumentar a disponibilidade desses nutrientes no meio. Numa análise geral, os aumentos verificados na concentração de Ca + Mg trocáveis (Tabela 4) podem ser creditados à concentração desses macronutrientes na vinhaça, embora os aumentos verificados terem sido diferentes de acordo com a classe do solo. Na análise de variância para o LVef, a concentração desses macronutrientes não foi afetada de forma significativa em relação à menor dose aplicada. No solo LVAd, todas as doses aplicadas de vinhaça causaram aumento na concentração de cálcio e magnésio, fato que não ocorreu nos outros solos. Apenas maiores doses de vinhaça foram capazes de aumentar a concentração de Ca + Mg trocáveis no LVd (dose de $320 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) e LVef (a partir da dose de $80 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$). O baixo poder tampão e as baixas concentrações naturais de Ca + Mg no LVAd foram as razões para o ocorrido.

Como observado na Tabela 4, avaliando-se os resultados de conteúdo de água na capacidade de campo, verifica-se que a aplicação de vinhaça nas maiores doses proporcionou redução na capacidade de retenção de água no LVAd e LVd e nas doses de 80 e $160 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ no LVef. Embora matéria orgânica tenha sido acrescentada aos solos com a aplicação da vinhaça, o que poderia contribuir para melhorar sua capacidade de retenção de água, a quantidade acrescentada não foi suficiente para provocar melhorias neste atributo físico do solo, tendo em vista que na maior parte das situações o conteúdo não aumentou e até mesmo diminuiu.

Com base na análise de variância (Tabela 4), verificou-se que a argila dispersa em água (ADA) foi afetada, de forma decrescente, em todas as doses de vinhaça aplicadas no LVAd, mantendo-se inalterada nas demais situações, à exceção da menor dose aplicada no LVef, a qual provocou aumento dessa variável. Resultados semelhantes foram encontrados por Almeida Neto et al. (2009) que observaram decréscimo na ADA em LVAd, quando recebeu soluções salino-sódicas com diversas composições químicas e por Silva et al. (2006), que ao avaliarem os efeitos de diferentes sistemas de manejo com cana-de-açúcar na dispersão da argila em um Argissolo Amarelo Coeso Latossólico, observaram os menores valores de ADA no solo que recebeu vinhaça, atribuindo aos maiores teores de cátions considerados flocculantes, como o cálcio e o magnésio, nesses solos. No LVef e LVd não foram observados efeitos da aplicação da vinhaça na ADA.

Garcia et al. (2008), ao aplicarem, em experimento similar, água residuária do processamento dos frutos do cafeeiro em solo incubado por 30 dias, obtiveram resultados semelhantes para as amostras de um latossolo, atribuindo a diminuição na proporção da argila dispersa à predominância do efeito do cálcio e magnésio sobre a maior concentração do potássio.

6 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que:

- O conteúdo de matéria orgânica não teve influência das doses de vinhaça aplicadas, já o conteúdo de água na capacidade de campo apresentou tendência de decréscimo com o aumento da quantidade de vinhaça aplicada;
- A concentração de potássio disponível aumentou linearmente com a dose de vinhaça aplicada nos solos estudados, enquanto que as concentrações de cálcio e magnésio trocáveis só apresentaram acréscimo apenas no Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico; no Latossolo Vermelho Eutroférico, com a aplicação de $80 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$;
- A argila do solo dispersa em água decresceu com o aumento nas doses aplicadas de vinhaça no Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, mantendo-se, no geral, inalterada nos demais solos.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION - AWWA; WATER ENVIRONMENT FEDERATION - WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21. ed. Washington: APHA/AWWA/WEF, 2005. 1268p.

ALMEIDA, B. A. D. L.; et. al. Resíduos da agroindústria canieira no estado de Minas Gerais: usos e conservação ambiental. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.28, n. 239, p. 96-100, 2007.

ALMEIDA NETO, O. B.; et. al. Influência da qualidade da água de irrigação na dispersão da argila de latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, p. 1571- 1581, 2009.

BARROS, R. P.; et al. Alterações em atributos químicos do solo cultivado com cana-de-açúcar e adição de Vinhaça. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.40, n.3, p. 341-346, 2010.

BEBÉ, F.V.; et. al. Avaliação de solos sob diferentes períodos de aplicação com vinhaça. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, n.6, p.781-786, 2009.

BRASIL. Portaria/GM nº 323, de 29 de novembro de 1978. Disponível em <<http://www.assemae.org.br/arquivosLegislacao/agua/Port323.pdf>>. Acesso em 21/12/2013.

BRITO, F. L.; et. al. Teores de potássio e sódio no lixiviado e em solos após a aplicação de vinhaça. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, (Suplemento), p.52-56, 2005.

BRITO F. L.; et. al. Concentração de cátions presentes no lixiviado de solos tratados com vinhaça. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n.3, p.773-781, 2007.

BRITO, F. L.; et. al. Efeito da aplicação de vinhaça nas características químicas de solos da zona da mata de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Pernambuco, v.04, n.04, p.456-462, 2009.

CANELLAS, L. P.; et. al. Propriedades químicas de um Cambissolo cultivado com cana-de-açúcar, com preservação do palhicho e adição de vinhaça por longo tempo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.5, p.935-44, 2003.

CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL- COPAM-MG Deliberação Normativa Copam nº 12, de 16 de dezembro de 1986<www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=93> Acesso em 21/12/2013

DOLL, M. M. R.; FORESTI, E. Efeito do bicarbonato de sódio no tratamento de vinhaça em AnSBBR operado a 55 e 35°C. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v.15, n.3, p.275-282, 2010.

EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.

GARCIA, G. O.; et. al. Alterações químicas em três solos decorrentes da aplicação de águas residuárias da lavagem e despulpa de frutos do cafeeiro conilon. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.16, n.04, p.416-427, 2008.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Agronômica “Ceres”, 1985. 492p.

KORNDÖRFER G. H.; et. al. Sugestões de adubação para as grandes culturas anuais ou perenes. In: RIBEIRO A.C.; GUIMARÃES, P. T.; ALVAREZ, V. V. H (Eds.) **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**, 5ª aproximação. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. Viçosa: UFV, p. 285-288, 1999.

MATOS, A. T. **Disposição de águas residuárias no solo** – Série Caderno Didático 38. Viçosa: UFV, 2006. 144 p.

MATOS, A. T. **Tratamento e aproveitamento agrícola de resíduos sólidos** – Série Caderno Didático 37. Viçosa: UFV, 2007. 120 p.

MATOS, A. T. **Poluição ambiental: impactos no meio físico**. Viçosa: Ed. UFV, 2010,260p.

PASCOAL FILHO, W. Produção de cachaça de alambique. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.28, n.239, p.82-94, 2007.

PAULA, J. R. **Mineralização de resíduos orgânicos no solo em condição de campo**. Viçosa, UFV-Tese de Doutorado, 2012. 90p.

PASSARIN, A. L.; et. al. Caracterização de agregados em um Latossolo Vermelho Distroférico Típico submetidos a diferentes doses de vinhaça. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31,n.6, p.1255-1260, 2007.

RUIZ, H. A. Incremento da exatidão da análise granulométrica do solo por meio da coleta da suspensão (Silte + Argila). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, p. 297-300, 2005.

SILVA, A. J. N.; et. al. Alterações físicas e químicas de um argissolo amarelo sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n.01, p. 76-83, 2006.

SILVA, M. A. S.; et. al. Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.11, n.1, p.108-114, 2007.

ZOLIN, C. A.; et. al. Estudo exploratório do uso da vinhaça ao longo do tempo. I. Características do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.1, p.22–28, 2011.