



Atributos químicos de um Neossolo Regolítico distrófico em função das doses e tempos de aplicação de vinhaça

Soil chemical attributes in function of vinasse doses and application time

Renato Paiva de Lima¹, Mario Monteiro Rolim², Mara Suyane Marques Dantas³, Andréa Raquel Fernandes Carlos da Costa⁴, Anamaria de Sousa Duarte^{5*}, Anderson Rodrigo da Silva⁶

Resumo - A vinhaça é um resíduo proveniente do processo de destilação do álcool, rico em matéria orgânica e nutrientes e, por isso, é muito utilizado para fertirrigação nos próprios canaviais. Entretanto, se aplicado em doses excessivamente altas pode desequilibrar o complexo sortivo do solo e, se descartado indiscriminadamente no solo, pode trazer sérios riscos ao ambiente. Objetivou-se avaliar o efeito de doses crescentes de vinhaça (0; 59; 119; 237 e 474 m³ ha⁻¹) e diferentes tempos de incubação (30 e 60 dias) nos atributos químicos de um Neossolo Regolítico distrófico. Durante o estudo, foram avaliadas as seguintes variáveis: condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CEes), pH e teores de K⁺ e Na⁺ trocáveis do solo. Ao final do estudo, foi possível concluir que os tempos de incubação de vinhaça no solo só afetaram significativamente as variáveis estudadas quando foi utilizada a maior dose de tal resíduo. Os teores de K⁺ e Na⁺ presentes no solo foram influenciados significativamente em decorrência da aplicação das doses crescentes de vinhaça, entretanto o pH e a CEes foram pouco afetados independente das doses utilizadas deste resíduo. A aplicação das lâminas de lixiviação provocou maior lixiviação de K⁺ do que Na⁺ do solo, fato que pode ocasionar a sodicidade do solo em função da aplicação de altas doses de vinhaça.

Palavras-chave - Cana-de-açúcar. Biofertilizante. Potássio. Sódio.

Abstract - The vinasse, generated from alcohol distillation, is an organic matter and nutrients rich residue widely used for fertigation in sugarcane plantings. However, if such effluent is applied in excessively high doses, it can unbalance the soil sorption complex, causing serious risks to the environment if disposed indiscriminately on soil. Thus, the objective of this study was to evaluate the effect of increasing doses of vinasse (0; 59; 119; 237e 474 m³ ha⁻¹) and different incubation times (30 and 60 days) in the soil chemical proprieties. During the study, characterization of soil chemical attributes based on electrical conductivity of soil saturation extract (CEes), pH and exchangeable cations (K⁺ and Na⁺) levels. At the end of the study, it was concluded that the incubation time of vinasse in the soil affected the variables was studied. The contents of K⁺ and Na⁺ in the soil were significantly influenced by the application of vinasse increasing doses, however pH and CEes were little affected independent of the utilized doses. Application of water depths caused greater leaching of K⁺ in the soil than Na⁺, which can cause sodicity of soil due to the application of high doses of vinasse.

Key words - Sugarcane. Biofertilizer. Potassium. Sodium.

*autor para correspondência

Enviado para publicação em 13/11/2012 e aprovado em 24/09/2013

¹Discente do programa de Pós Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz, Piracicaba - SP, Brasil, renato_agro_@hotmail.com

²Docente do programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife - PE, Brasil, rolim@dtf.ufrrpe.br

³Discente do programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife - PE, Brasil, mara_suy@hotmail.com

⁴Discente do programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife - PE, Brasil, andrearaquel19@hotmail.com

⁵Bolsista PNPd do programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife - PE, Brasil, asousaduarte@gmail.com

⁶Discente do programa de Pós Graduação em Estatística e Experimentação Agrônoma, Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz, Piracicaba - SP, Brasil, anderson.agro@hotmail.com

Introdução

A cana-de-açúcar é uma das culturas mais importante para o agronegócio brasileiro e, neste contexto, o Brasil é considerado o maior exportador mundial de açúcar e álcool combustível. Dados publicados para a safra prevista em 2012/2013 revelam que a área plantada de cana-de-açúcar será aproximadamente a 8,5 milhões de hectares, sendo produzidas 38,85 milhões de toneladas de açúcar e 23,96 bilhões de litros de álcool (CONAB, 2012). As receitas geradas pela atividade canavieira no Brasil, apenas, no mês de Agosto de 2012, foram iguais a 949,49 e 224,10 milhões de dólares para a exportação de açúcar e álcool, respectivamente (CEPEA/ESALQ, 2012).

No entanto, apesar do Brasil ser considerado um dos grandes produtores mundiais de açúcar e álcool, a atividade sucroalcooleira produz grandes volumes de resíduos de difícil gestão. Dentre os resíduos gerados pelo beneficiamento da cana, a vinhaça é o mais importante, tanto pelo alto poder poluidor quanto pela grande quantidade gerada, pois a cada 1 L de álcool produzido são produzidos, em média, 13 litros de vinhaça (BARROS *et al.*, 2010; BEBÉ *et al.*, 2008).

A vinhaça é um líquido marrom claro composto por 93% de água e 7% de sólidos orgânicos e inorgânicos. Apresenta, em sua composição química, pH ácido, elevada concentração de matéria orgânica e de nutrientes, principalmente, potássio, nitrogênio, enxofre, cálcio e magnésio, sendo amplamente utilizada como fonte complementar de fertilizantes nos próprios canaviais, diminuindo os custos de aquisição de insumos agrícolas (CAMARGO *et al.*, 2009).

A prática da adubação orgânica, como, por exemplo, a fertirrigação com vinhaça, tem sido associada à melhoria da fertilidade do solo devido ao grande aporte de nutrientes que podem ser disponibilizados às plantas e à melhoria da estrutura física do solo, devido ao alto teor de matéria orgânica presente nos resíduos, favorecendo aumento da retenção de água e a diminuição de perdas por erosão (PEREIRA *et al.* 2012; BARROS *et al.* 2010).

Madejón *et al.* (2001) e Doelsch *et al.* (2009) constataram que a fertirrigação com vinhaça, por período de dois e nove anos, respectivamente, propiciou maior mineralização da matéria orgânica dos respectivos solos estudados, Cambissolo e Argissolo Amarelo distrófico, sendo este fato creditado à grande concentração de nutrientes existentes no resíduo. Respostas semelhantes foram obtidas por Tejada e Gonzalez (2005) e Silva *et al.* (2006), quando estudaram os efeitos ocasionados pelo uso da vinhaça em um Neossolo Flúvico e um Argissolo Amarelo coeso latossólico, em períodos de aplicação iguais a 3 e 25 anos, respectivamente.

A elevação do pH do solo provocado pela adição de cátions presentes na vinhaça e pela diminuição do

potencial de redução (Eh), que está relacionada com consumo de oxigênio em virtude da degradação da matéria orgânica presente no resíduo, foi verificada por Silva *et al.* (2010), embora os autores salientem que esta elevação é transiente, podendo retornar aos valores iniciais de pH após determinado período de tempo.

O aumento nos teores de potássio, fósforo, cálcio, e magnésio do solo foi obtido em trabalho conduzido por Barros *et al.* (2010), em uma área canavieira do Estado de Sergipe que recebeu vinhaça como fonte de adubação por um período de dez anos. Foi mencionado, também que a aplicação de vinhaça não comprometeu o pH do solo, mas diminuiu a disponibilidade de micronutrientes, fato que pode interferir negativamente na produção da cultura.

Segundo Bebé *et al.* (2009), a aplicação de doses crescentes de vinhaça em um Argissolo Amarelo cultivado com milho não garantiu aumento do rendimento da cultura e aumentou o teor de sódio no solo, o que pode ser prejudicial ao cultivo. Respostas contrárias às encontradas por esses autores, com relação ao incremento na produtividade e no teor de sódio do solo, foram citadas por Paulino *et al.* (2011).

Brito *et al.* (2005), utilizando 0, 350 e 700 m³ ha⁻¹ de vinhaça em três tipos de solos representativos da região canavieira do Estado de Pernambuco (Espodossolo Cárbico Órtico duripânico arênico, Nitossolo Háptico Eutrófico típico e Argissolo Amarelo distrófico fragipânico), obtiveram incrementos nos teores de K⁺ trocável dos solos, sendo que este diminuiu em função do aumento do tempo de incubação da vinhaça no solo.

Acréscimos de macronutrientes como K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ foram creditados, por Zolin *et al.* (2011), ao uso de vinhaça como fonte de adubação para cultura da cana-de-açúcar, sem que tenha acontecido indisponibilidade dos demais nutrientes do solo avaliado no estudo.

Objetivou-se com o presente trabalho avaliar o efeito de doses crescentes de vinhaça e diferentes tempos de incubação nos atributos químicos de um Neossolo Regolítico distrófico.

Material e métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório de Mecânica dos Solos e Aproveitamento de Resíduos da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, no período de dezembro a fevereiro de 2012.

O solo proveniente do Município de Vitória de Santo Antão, PE, cujas coordenadas geográficas são 08°08'00" S de latitude e 35°22'00" W Gr. de longitude, foi coletado na profundidade de 0 a 0,2 m e classificado como Neossolo Regolítico distrófico, segundo EMBRAPA (2006). Visando à caracterização dos atributos físicos e

químicos do solo, cinco amostras simples foram coletadas por meio de trado, secas ao ar, destorroadas e peneiradas em malha de 2 mm sendo, posteriormente, misturadas, formando uma amostra composta.

Os atributos físicos e químicos do solo antes e após a incorporação de vinhaça foram determinados conforme a metodologia proposta pela Embrapa (1997), sendo encontrados: frações de areia, de silte e de argila iguais a 642,3, 75,7 e 282,0 g kg⁻¹ respectivamente; teores de P disponível, de K⁺ e Na⁺ trocáveis, obtidos através da solução extratora Mehlich-1 (HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹), iguais a 0,12 cmol_c kg⁻¹, 0,35 cmol_c kg⁻¹ e 9,85 mg kg⁻¹, respectivamente; e valores de condutividade elétrica do extrato de saturação e de pH em água respectivamente iguais a 0,52 dS m⁻¹ e 5,6. Para a determinação da CEes e pH, preparou-se uma pasta saturada conforme a metodologia proposta por Richards (1954).

A vinhaça utilizada foi proveniente do Engenho da Glória localizado no Município de Ferreiro, PE. A determinação da composição física e química da vinhaça foi realizada seguindo metodologia proposta por APHA (1995), sendo encontrado valor de pH igual a 4,4 e de condutividade elétrica igual a 13,75 dS m⁻¹; além de teores de potássio, sódio, cálcio magnésio e cloretos iguais a 2.333, 300, 560, 280 e 1.219 mg L⁻¹, respectivamente.

As unidades experimentais utilizadas foram constituídas de colunas de PVC medindo 10 cm de diâmetro e 30 cm de altura, as quais foram preenchidas com uma camada de 5 cm de brita número zero seguida de uma manta geotêxtil, com a finalidade de conter o solo e drenar o lixiviado, e camadas de 5 cm de solo, de modo a reproduzir a densidade do solo em campo que era de 1,4 g cm⁻³. Após o preenchimento de cada coluna, deixou-se uma altura igual a 5 cm na parte superior para que fosse depositada a vinhaça.

As colunas foram saturadas com água deionizada através de fluxo ascendente pela parte inferior, local da instalação dos drenos e, posteriormente, as colunas foram colocadas para drenar o excesso de água até atingir a máxima capacidade de retenção de água no solo contra a ação da gravidade, equivalente à capacidade de campo, com a finalidade expulsar o ar presente nos poros e evitar caminhos preferenciais. Depois do solo atingir a capacidade de campo, colocou-se a vinhaça e incubou-se o solo por períodos iguais a 30 e 60 dias, sendo que a cada final de período foi aplicada uma lâmina de lixiviação.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial (2x5), sendo dois períodos de incubação (30 e 60 dias) e cinco doses de vinhaça (0, 59, 119, 237 e 474 m³ ha⁻¹), com quatro repetições, totalizando 40 unidades experimentais. As doses foram calculadas com base na concentração de potássio presente na vinhaça, teor de potássio presente no

solo e na quantidade de potássio requerida pela cultura da cana-de-açúcar (LIMA JÚNIOR *et al.*, 2008) e os períodos de incubação foram adotados com base no estudo desenvolvido por Brito *et al.* (2009).

Decorridos os tempos de incubação (30 e 60 dias), as unidades experimentais, contendo as cinco doses de vinhaça, foram desmontadas. O solo foi seco ao ar, destorroado e peneirado em malha de 2 mm, sendo determinados, segundo a metodologia descrita por Embrapa (1997), os teores de potássio (K⁺) e sódio (Na⁺) trocáveis, por fotometria de chama; o pH em água (1:2,5) pelo método potenciométrico e a condutividade elétrica do extrato da pasta saturada (CEes), mediante metodologia proposta por Richards (1954).

Os resultados de K⁺ e Na⁺ trocáveis, CEes e pH foram submetidos à análise de variância multidimensional, adotando-se o critério de Wilks e a aproximação do teste F. Com base nos resultados da análise de variância, os fatores tempo e doses de vinhaça foram estudados utilizando-se a metodologia de variáveis canônicas, em número necessário para que se tivesse, no mínimo, 80% de explicação da variabilidade total. Todas as análises foram realizadas utilizando o software livre R (R CORE TEAM, 2012).

Resultados e discussão

De acordo com a estatística multivariada de Wilks e a aproximação do teste F (Tabela 1), observou-se que a interação entre os fatores doses de vinhaça e tempo de incubação foi significativa. Assim sendo, procedeu-se ao desdobramento da interação tendo como base os escores da variável canônica de maior variância.

A variável canônica 1 (VC1), representada pela equação 1, foi responsável por 81,74% da variação dos dados para as duas épocas de incubação, tendo o potássio e sódio como as variáveis de maior peso dentro da equação:

$$VC1 = 0,8389Na - 0,5441K + 0,0072CE - 0,022pH \quad (1)$$

Pela equação da VC1 é possível observar que esta representa basicamente um contraste entre os teores de sódio e potássio nas amostras de solo analisadas, uma vez que a CE e o pH apresentaram coeficientes relativamente baixos na equação quando comparados com os teores de Na⁺ e K⁺, sendo estas últimas, as variáveis responsáveis pela maior variação dos dados sob efeito dos tratamentos aplicados.

O pH pouco influenciou a VC1, evidenciando sua mínima contribuição na variação dos dados. Barros *et al.* (2010) estudaram alterações nos atributos químicos de solos tratados com vinhaça e não verificaram efeitos do

Tabela 1 - Análise de variância multidimensional para as variáveis estudadas

FV	GL	Wilks	F	GL (num.)	GL (den.)	Valor p
Dose	4	0,0321	10,80	16	83	< 0,0001
Tempo	1	0,6791	3,18	4	27	0,0287
Dose × Tempo	4	0,4892	1,59	16	83	0,00889
Resíduo	30					

uso de tal resíduo sobre o pH do solo em áreas com mais de 10 anos de aplicação. Os autores afirmaram que um dos efeitos da aplicação de vinhaça no solo é a elevação do pH, porém, a mudança é transiente, podendo retornar aos valores originais, após determinado período de tempo. *Bebé et al.* (2009), estudando as alterações ocorridas em solos fertirrigados com vinhaça por períodos iguais a dois, sete e quinze anos, verificaram que o pH teve correlação positiva com os teores de K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} e Na^+ fornecidos pela vinhaça. Por outro lado, *Paulino et al.* (2011), em estudo exploratório do uso da vinhaça em áreas cultivadas com cana-de-açúcar no estado de São Paulo, por períodos de 1, 2, 3, 4, 12 e 20 anos, verificaram que houve discreta diminuição no pH com o aumento do tempo de aplicação de vinhaça, porém a produtividade da área não foi afetada.

Os valores de CE, assim como os de pH, pouco influenciaram a VC1, mostrando pequena intensidade na variação dos dados nos diversos tratamentos, evidenciados pelos baixos valores de seus escores dentro da equação, se comparado com os de K^+ e Na^+ . Os resultados da CE obtidos neste estudo são contrários aos resultados encontrados por *Lyra et al.* (2003), que constataram elevação da concentração de sais na solução dos solos estudados e, conseqüentemente, nas suas condutividades elétricas, após a aplicação de vinhaça em uma região canavieira da Mata Sul do Estado de Pernambuco. *Tejada e Gonzalez* (2005) concluíram que a adubação com vinhaça proveniente do beneficiamento da beterraba, também, propiciou aumento da concentração de sais solúveis e da CTC, provocando aumento da condutividade elétrica e do pH do solo, respectivamente. Resultados semelhantes foram encontrados por *Madejón et al.* (2001).

Com os escores da VC1, foram ajustados modelos de regressão linear simples (Tabela 2), em cada tempo de avaliação, tendo como variável regressora a dose de vinhaça aplicada às amostras de solo.

Os valores de VC1 em função da aplicação de doses crescentes de vinhaça estão apresentados na Figura 1. De acordo com o comportamento das retas, pode-se observar que os valores médios da VC1 decrescem linearmente com o aumento da aplicação das doses de vinhaça no solo para os tempos de incubação. A componente da VC1 que mais contribuiu para este fato foi o potássio (Equação 1), dada sua maior concentração na vinhaça. Verifica-

Tabela 2 - Regressão da VC1 em função da dose de vinhaça aplicada em amostras de solo, em cada tempo de avaliação

Tempo	Equação ajustada	r^2
30 dias	$\hat{VC1} = -0,0140 - 0,000048 \times \text{Dose}$	0,9813
60 dias	$\hat{VC1} = -0,0172 - 0,000015 \times \text{Dose}$	0,9503

* significativo pelo teste t ($p < 0,01$)

se, também, que aos 60 dias de incubação de vinhaça no solo e após a aplicação da segunda lâmina de lixiviação, a VC1 tendeu a ser menos negativa, evidenciando que o Na^+ e, sobretudo, o K^+ foram lixiviados, fato que explica a inclinação diferente das retas.

Bebé et al. (2009) verificaram que o uso de vinhaça na fertirrigação do milho propiciou um incremento de K^+ no solo cultivado. *Paulino et al.* (2011) observaram que nos solos correspondentes às áreas com aplicação de vinhaça e, independente dos períodos de aplicação, houve um aumento de K^+ nas duas profundidades avaliadas (0-0,2 m e 0,2-0,5 m). *Silva et al.* (2006), estudando as alterações físicas e químicas de um Argissolo Amarelo latossólico tratado com vinhaça sob diferentes sistemas de uso e manejo, constataram um aumento significativo do teor de K^+ trocável em relação aos outros nutrientes (cálcio, magnésio, sódio e alumínio) e atribuíram os resultados encontrados aos teores elevados deste elemento na composição da vinhaça.

Outra componente importante da VC1, além do K^+ , foi o Na^+ e, conforme os dados mostrados na Equação 1, o teor de Na^+ no solo tratado com vinhaça foi inversamente proporcional ao teor de K^+ . Aos 30 dias de incubação, a VC1 tendeu a ser mais negativa, havendo decréscimo em seus valores ao longo do tempo, sendo que, aos 60 dias após a lâmina de lixiviação, a VC1 tornou-se menos negativa com o aumento das doses de vinhaça (Figura 1), mostrando que o teor de Na^+ no solo aumentou ao longo do tempo em relação ao teor de K^+ , após a aplicação da segunda lâmina de lixiviação. Embora o teor de K^+ do solo tenha se apresentado maior do que o teor de Na^+ , a VC1 constata a contribuição dessa variável na variação dos dados, se constituindo um ponto interessante, uma vez que o aumento de Na^+ nos solos, em relação aos outros cátions, pode promover a sodificação destes, o que é prejudicial do ponto de vista agrícola. As respostas obtidas

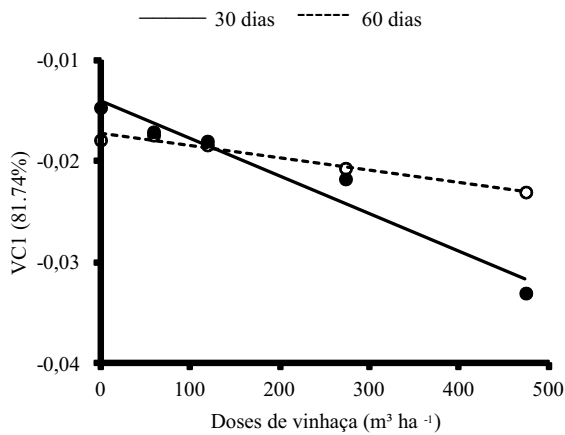


Figura 1 - Escores médios da VC1 em função das doses de vinhaça.

neste estudo, com relação ao acréscimo de teor de sódio no solo devido à adubação com vinhaça, corroboram as de *Bebé et al.* (2008), quando afirmaram que a aplicação de níveis de crescentes de vinhaça favoreceram o aumento de Na^+ trocável no solo. O acúmulo de Na^+ trocável em solos tratados com compostos de vinhaça também foi observado por *Madejón et al.* (2001), os quais destacaram algumas precauções, como a drenagem e o manejo da irrigação, que devem ser tomadas, a fim de se evitar o risco de sodificação dos solos.

A distribuição do fator tempo para cada dose de vinhaça aplicada ao solo, representada, em maior proporção pela VC1, está apresentada na Figura 2.

Com base nos dados apresentados na Figura 2, verifica-se que apenas quando se utilizou a maior dose

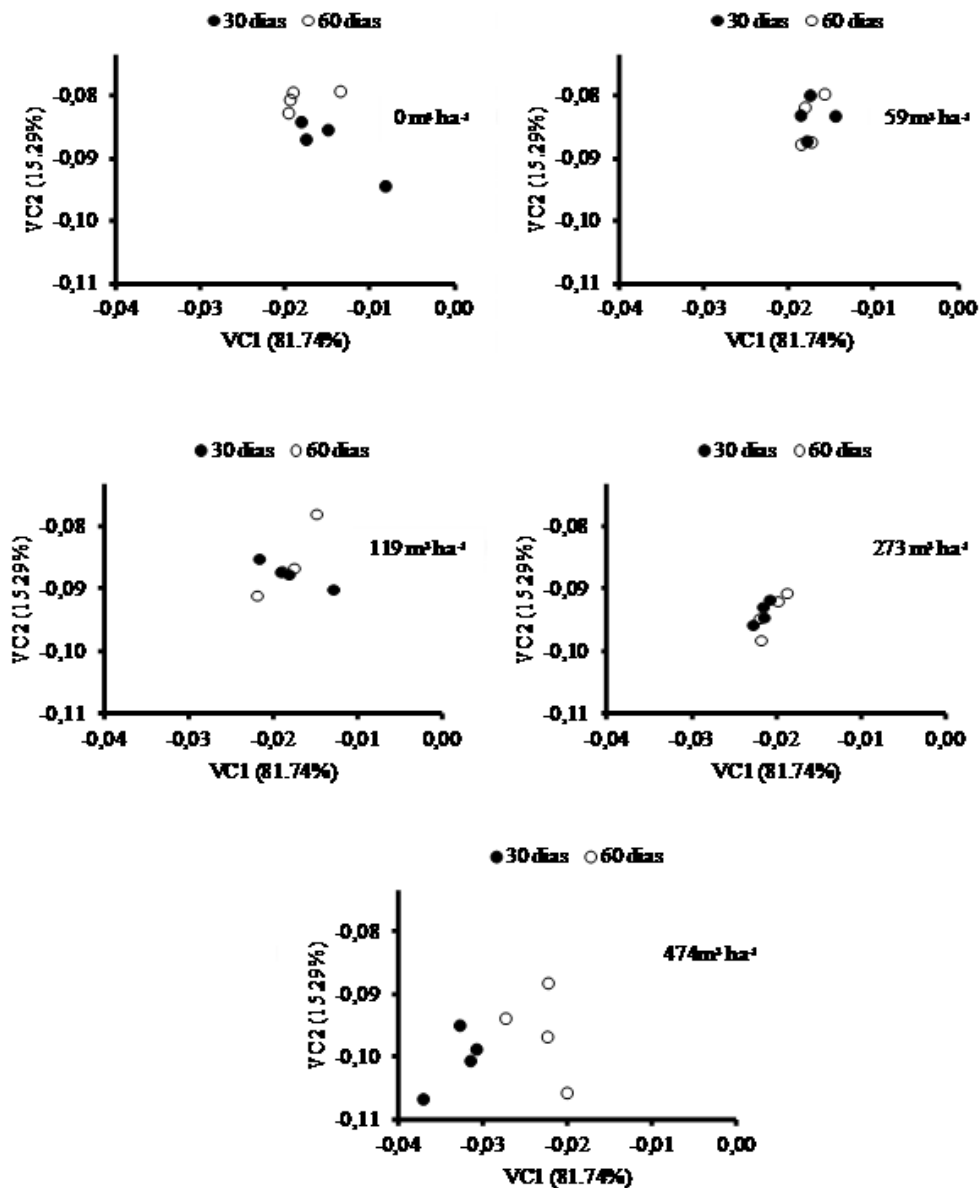


Figura 2 - Escores da VC1 e VC2 em cada dose de vinhaça aplicada.

(474 m³ ha⁻¹) foi possível ter diferenças significativas entre os valores estimados para VC1, diferenças estas evidenciadas pela distribuição dos pontos que representam a VC1 dentro de cada dose de vinhaça utilizada e tempo de incubação. As diferenças existentes na VC1, aos 30 e 60 dias de incubação, estão relacionadas aos teores de K⁺ e Na⁺ no solo após a incubação de vinhaça, que decorridos os 60 dias, tenderam a entrar em equilíbrio.

Nas menores doses, os tempos de incubação não apresentaram grande dispersão se comparada com a dose maior (474 m³ ha⁻¹). A VC1 pouco se alterou em doses menores, isso indica que houve pouca diferença na variação dos dados, ou seja, o tempo de incubação pouco influenciou nas variáveis estudadas quando as doses foram menores.

Brito *et al.* (2005), avaliando o efeito da aplicação de vinhaça em um Espodossolo Cárbico Órtico duripânico arênico, em um Nitossolo Háptico Eutrófico típico e em um Argissolo Amarelo Distrófico fragipânico procedentes da zona da mata canavieira do Estado de Pernambuco, observaram que os maiores teores de K⁺ foram obtidos para a maior dose estudada (700 m³ ha⁻¹), porém o teor de K⁺ diminuiu em função do aumento do tempo de incubação, sendo tal cátion substituído pelo Na⁺ no complexo sortivo do solo. Resultados semelhantes foram encontrados por Tejada e Gonzalez (2005). Por outro lado, Zolin *et al.* (2011) e Barros *et al.* (2010) encontraram correlação positiva entre o uso prolongado da vinhaça, como fonte de adubação, em solos da região canavieira do Estado do Paraná e de Sergipe, respectivamente, porém não relataram o aumento dos teores de Na⁺.

Conclusões

A vinhaça eleva os teores de K⁺ e Na⁺ do solo, no entanto o pH e a CEes são pouco influenciados ao longo do tempo;

Os tempos de incubação influenciam no pH, na CEes e nos teores de Na⁺ e K⁺ apenas quando se utiliza 474 m³ ha⁻¹ de vinhaça no solo;

A lixiviação de K⁺ é maior do que a de Na⁺ no solo, fato que pode ocasionar a sodicidade de solos tratados com vinhaça.

Literatura científica citada

- APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, AWWA - AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION, WPCF - WASHINGTON PRESS CLUB FOUNDATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 17. ed. Washington: APHA., 1995, 2198p.
- BARROS, R. P.; VIÉGAS, P. R. A.; SILVA, T. L.; SOUZA, R. M.; BARBOSA, L.; VIÉGAS, R. A.; BARRETTOS, M. C. V.; MELO, A. S. Alterações em atributos químicos de solo cultivado com cana-de-açúcar e adição de vinhaça. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.40, n. 1, p.341-346, 2010.
- BEBÉ, F. V.; ROLIM, M. M.; PEDROSA, E. M. R.; SILVA, G. B.; OLIVEIRA, V. S. Avaliação de solos sob diferentes períodos de aplicação com vinhaça. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n. 6, p.781-787, 2009.
- BEBÉ, F. V.; SILVA, G. B.; BARROS, M. F. C.; CAMPOS, M. C. C. Desenvolvimento do milho e alterações químicas em solo sob aplicação de vinhaça. **Revista Biológica e Ciências da Terra**, v.8, n.2, p. 191-196, 2008.
- BRITO, F. L.; ROLIM, M. M.; PEDROSA, E. M. R. Teores de potássio e sódio no lixiviado e em solos após a aplicação de vinhaça. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, suplemento, p.52-56, 2005.
- CAMARGO, J. A.; PEREIRA, N.; CABELLO, P. R. Viabilidade da aplicação do método respirométrico de Bartha para a análise da atividade microbiana de solos sob aplicação de vinhaça. **Engenharia Ambiental**, v. 6, n.2, p. 264-271, 2009.
- CEPEA - CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. Indicadores de exportação brasileira de açúcar e álcool do terceiro trimestre do ano de 2012. Disponível em: <http://www.cepea.esalq.usp.br/> Acesso em 18 de Ago. 2012.
- CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento de safra brasileira: cana-de-açúcar- estimativa safra 2012/2013. Disponível em: www.conab.gov.br. Acesso em 18 de Ago. 2012.
- DOELSCH, E.; MASON, A.; CAZEVIELLE, P.; CONDOM, N. Spectroscopic characterization of organic matter of a soil and vinasse mixture during aerobic or anaerobic incubation. **Waste Management**, v.29, n.6, p.1929-1935, 2009.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: CNPS, 2006. 306p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Manual de métodos de análises de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212p.

- LYRA, M. R. C. C.; ROLIM, M. M.; SILVA, J. A. A. Toposequência de solos fertirrigados com vinhaça: contribuição para a qualidade das águas do lençol freático. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.3, p.525-532, 2003.
- MADEJÓN, E.; LÓPEZ, R.; MURILLO, J. M.; CABRERA, F. Agricultural use of three (sugar-beet) vinasse composts: effect on crops and chemical properties of a Cambisol soil in the Guadalquivir river valley (SW Spain). **Agriculture, Ecosystem and Environment**, v.84, n.1, p.55-65, 2001.
- PAULINO, J.; ZOLIN, C. A.; BERTONHA, A.; FREITAS, P. S. L.; FOLEGATTI, M. V. Estudo exploratório do uso da vinhaça ao longo do tempo. II. Características da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.3, p.244-249, 2011.
- PEREIRA, W. P.; FERREIRA, M. M. M.; de LIMA, F. V.; ARAÚJO, V. L.; da SILVA, M. N. B. Doses de esterco bovino nas características agrônômicas e de fibras do algodoeiro herbáceo BRS Rubi. **Revista Agro@ambiente On-line**, v.6, n.3, p.195-204, 2012.
- R CORE TEAM (2012). **R: A language and environment for statistical computing**. Disponível em: www.R-project.org. Acesso em 16 de Maio de 2012.
- RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: United States Salinity Laboratory, 1954. 160p.
- SILVA, A. J. N. Alterações físicas e químicas de um Argissolo amarelo sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.1, p.76-83, 2006.
- SILVA, S. S.; GARCIA, C. A.; SILVA, C. M. O destino do bagaço da cana-de-açúcar: um estudo a partir das agroindústrias sucroalcooleiras do Paraná. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v.3, n.1, p.59-76, 2010.
- TEJADA, M.; GONZALEZ, J. L. Beet vinasse applied to wheat under dryland conditions affects soil properties and yield. **European Journal of Agronomy**, v.23, n.4, p.336-347, 2005.
- ZOLIN, C. A.; PAULINO, J.; BERTONHA, A.; FREITAS, P. S. L.; FOLEGATTI, M. V. Estudo exploratório do uso da vinhaça ao longo do tempo. II. Características do Solo. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.3, p.22-28, 2011.