

## Atributos químicos de dois solos submetidos à aplicação de manipueira

Marcela T. L. Barreto<sup>1</sup>, Mário M. Rolim<sup>1</sup>, Elvira M. R. Pedrosa<sup>1</sup>,  
Adriana G. Magalhães<sup>1</sup>, Uilka E. Tavares<sup>1</sup> & Anamaria S. Duarte<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Tecnologia Rural, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP 52171-900, Recife-PE, Brasil. E-mail: marcelatlb@gmail.com; rolim@dtr.ufrpe.br; elvira.pedrosa@dtr.ufrpe.br; agmguedes@gmail.com; uetavares@yahoo.com.br; asousaduarte@gmail.com

### RESUMO

A manipueira é um resíduo líquido rico em matéria orgânica e nutrientes, e quando descartada de forma indiscriminada, pode causar degradação ambiental. Por outro lado, este resíduo apresenta um alto potencial para ser reutilizado como adubo, se utilizado racionalmente. O objetivo deste estudo foi avaliar as alterações nos atributos químicos de dois solos submetidos à aplicação de doses de manipueira. Os tratamentos constaram de um arranjo fatorial 5 (doses de manipueira equivalentes a: 0, 27, 54, 108 e 216 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) × 2 (tipos de textura de solo: arenosa e franco-argilo-arenosa) com três repetições, em delineamento inteiramente casualizado. Foram determinados os seguintes atributos do solo: pH, condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CE<sub>es</sub>), teores de fósforo disponível (P), potássio (K), sódio (Na), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) trocáveis antes e após a aplicação de manipueira. A incorporação da manipueira promoveu elevação do pH, da CE<sub>es</sub> e dos teores de fósforo disponível, potássio, magnésio e sódio trocáveis nos solos estudados. A textura do solo influenciou na adsorção do fósforo disponível dos solos tratados com manipueira.

**Palavras-chave:** adubação, água residuária, *Manihot esculenta*, reuso

### *Chemical attributes of two soils under cassava wastewater application*

### ABSTRACT

Cassava waste water is a rich in organic matter and nutrients, especially, potassium, nitrogen, phosphorus, magnesium, calcium and sodium, liquid residue; which, if discarded in an indiscriminate way may cause environmental degradation. In contrast, this residue presents huge potential for using as fertilizer. The aim of this study was to evaluate changes in chemical properties of two soils under increasing doses application of cassava wastewater. The experiment was carried out under greenhouse in a randomized design with five treatments (0, 27, 54, 108 and 216 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> of cassava wastewater) and three replicates. After 42 days of incubation, it was determined the following soil parameters: pH; CE of saturation extract of soil (CEes); and P, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> and Mg<sup>2+</sup> content. The incorporation of cassava wastewater increased pH, CEes and cation rates, mainly K<sup>+</sup>, in the soils. Soil texture and the increase in pH affected phosphorus adsorption.

**Key words:** fertilization, wastewater, *Manihot esculenta*, reuse

## Introdução

Os resíduos gerados em atividades agroindustriais apresentam aspectos importantes como composição química e quantidade gerada, que devem ser considerados tendo em vista o seu reúso agrícola. O uso destes resíduos pode apresentar efeitos benéficos ou limitantes, com implicação direta na produção e na biota do solo, definindo nesse contexto, a viabilidade do uso dos mesmos sem que haja degradação das águas superficiais e subterrâneas e dos solos (Alves, 2010).

A cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) tem grande importância econômica, principalmente, nos países de baixa renda, os quais necessitam de um alimento energético de baixo custo e fácil plantio (Albuquerque et al., 2010). Sua utilização é feita de forma direta, como alimento básico, ou de forma industrial, na qual se produz a farinha e se extrai a fécula da mandioca.

O uso dos resíduos gerados pelo beneficiamento da mandioca vem sendo bastante discutido, principalmente, por ser processado em locais próximos às cidades. Esses resíduos podem aumentar a degradação do meio ambiente devido às altas quantidades geradas e falta de tratamento de tais efluentes antes do descarte.

Do beneficiamento das raízes de mandioca para fabricação de farinha de mesa e fécula, são gerados dois tipos de resíduos: a) sólidos, compostos pelas partes lenhosas das raízes, pelas porções fibrosas retidas em peneiras e pelos bagaços da mandioca; e b) líquidos, constituídos da água de lavagem das raízes e da água de prensagem da mandioca, denominado comumente de manipueira (Cardoso et al., 2009).

A manipueira é um extrato líquido, com aspecto leitoso, contendo fécula, glicose, ácido cianídrico, bem como outras substâncias orgânicas (carboidratos, proteínas e lipídeos) e nutrientes minerais (Fioretto, 1987). Sua composição é bastante variável, em função das variedades utilizadas, da época de colheita, da adubação aplicada na cultura e outros fatores relacionados às condições edafoclimáticas do local onde é cultivada.

De acordo com Wosiacki & Cereda (2002), a disposição indiscriminada da manipueira, conhecida pelo poder poluidor e elevada toxidez ao meio ambiente, pode aumentar degradação dos solos, em virtude do desequilíbrio entre nutrientes, do aumento da salinidade ou da sodicidade e da diminuição do pH dos solos. Contudo, Silva et al. (2004) relatam que o potencial da manipueira como adubo deve-se às grandes quantidades de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) que ela possui.

O potássio é um elemento essencial às plantas, sendo o nutriente mais abundante nas células dos vegetais, ele é primordial para a ativação de muitas enzimas que participam do metabolismo das plantas (Malavolta et al., 2007); por isso, grande quantidade de adubação potássica é demandada para garantir a produtividade e a qualidade dos cultivos (Dechen & Nachtigall, 2007). Assim como os outros cátions, o potássio da solução do solo está diretamente disponível para as plantas e, em determinadas condições, poderá ser perdido por lixiviação, em função de características locais como: drenagem do solo, intensidade de precipitação pluviométrica, tipo de cobertura vegetal e doses do fertilizante (Wadt et al., 2005).

Quando a manipueira for utilizada para aproveitamento de seus nutrientes na produção agrícola, é fundamental o monitoramento das características dos solos que receberam o efluente, de modo a maximizar o aproveitamento dos nutrientes contidos e evitar os efeitos deletérios inerentes a alguns elementos presentes.

Devido à facilidade e ao baixo custo de obtenção e o grande volume gerado de manipueira que, na maioria das vezes, é descartado no meio ambiente de forma indiscriminada, o objetivo deste estudo foi avaliar as alterações dos atributos químicos de solos com texturas distintas decorrentes da aplicação de manipueira.

## Material e Métodos

O experimento foi realizado no período de março a maio de 2011, em casa de vegetação pertencente ao Departamento de Tecnologia Rural da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, cujas coordenadas geográficas são: 08°01'01" de latitude Sul e 34°56'47" de latitude Oeste.

Foram coletados, a uma profundidade de 0 a 10 cm, amostras de dois solos com texturas distintas provenientes de Vitória de Santo Antonio, PE, classificados como: arenoso (Solo 1) e franco-argilo-arenoso (Solo 2) segundo Embrapa (1999). Três amostras compostas de cada solo foram retiradas, secas ao ar, destorroadas e peneiradas em malha de 2,0 mm, para posterior determinação dos atributos físicos e químicos dos solos antes (Tabela 1) e após a incorporação de manipueira.

**Tabela 1.** Atributos físicos e químicos do solo utilizado antes do cultivo

Parâmetros	Teor	
	Solo 1	Solo 2
Areia (g kg <sup>-1</sup> )	698,5	642,3
Silte (g kg <sup>-1</sup> )	170,5	75,7
Argila (g kg <sup>-1</sup> )	131,0	282,0
CEes (dS m <sup>-1</sup> )	0,84	0,26
pH em água	5,66	5,26
K (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,30	0,35
Ca (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2,65	2,30
Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,18	0,26
Na (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,15	0,11
P (mg dm <sup>-3</sup> )	17,3	9,85

A manipueira utilizada foi proveniente de uma casa de farinha localizada no município de Pombos, PE. A determinação da composição física e química da manipueira (Tabela 2) foi realizada no Laboratório de Engenharia Ambiental e da Qualidade (LEAQ) e no Laboratório de Mecânica dos Solos e Aproveitamento de Resíduos da UFPE e UFRPE, respectivamente. Os parâmetros físicos e químicos foram determinados de acordo com a metodologia descrita em APHA (1995).

Dois quilogramas de solo foram acondicionados em vasos com capacidade igual a 4 L. Antes do acondicionamento do solo, foram distribuídos na parte inferior do vaso 500 g de brita número 0 (para permitir a drenagem da água) e sobre a camada de brita uma manta de bidim® (utilizada para evitar a perda de solo). Após a montagem dos vasos, foram aplicadas doses de manipueira e, posteriormente, os vasos foram envoltos em papel alumínio, ficando o solo incubado por um período de

**Tabela 2.** Características físicas e químicas da manureira

Parâmetros	Teor
Sólidos totais (mg L <sup>-1</sup> )	65.773,5
Sólidos totais voláteis (mg L <sup>-1</sup> )	47.327,0
Sólidos totais fixos (mg L <sup>-1</sup> )	18.446,5
DQO (mg de O <sub>2</sub> L <sup>-1</sup> )	82.871,1
DBO (mg de O <sub>2</sub> L <sup>-1</sup> )	44.624,2
Condutividade elétrica (dS m <sup>-1</sup> )	7,81
pH	5,83
K (mg L <sup>-1</sup> )	5.900,0
N (mg L <sup>-1</sup> )	1.592,3
P (mg L <sup>-1</sup> )	667,5
Na (mg L <sup>-1</sup> )	126,0
Mg (mg L <sup>-1</sup> )	1.532,3
Ca (mg L <sup>-1</sup> )	379,0

20 dias antes do cultivo. Com isto evitou-se os efeitos tóxicos sobre os micro-organismos do solo ocasionados pelo ácido cianídrico contido na manureira e a perda de água do solo por evaporação, fatores que facilitaram o transplante das mudas. Foram detectados, após a aplicação da manureira, presença de larvas e odor fétido característico que desapareceram ao longo do experimento.

A cultura teste utilizada nesta pesquisa foi o milho (*Zea mays* L.) forrageiro híbrido AG 1051 da Agroceres, o qual foi desenvolvido para produção de milho verde e silagem.

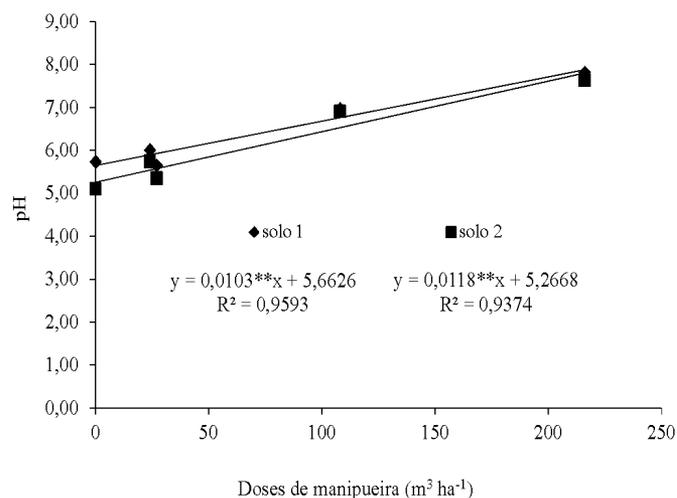
O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 × 4; com oito repetições, totalizando 64 parcelas experimentais. Os fatores de estudo da pesquisa foram: solos (2 tipos), sendo um com textura franco-arenosa e outro com textura franco-argilosa; e doses de manureira (quatro), equivalentes a 0; 11,2; 22,4 e 44,8 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. As doses de manureira foram determinadas levando-se em consideração a concentração de potássio existente no resíduo e no solo, bem como a exigência desse nutriente pela cultura do milho, que é 20 kg ha<sup>-1</sup>, de acordo com a recomendação proposta por IPA (2008). Não foi necessária realização de calagem. Também não foi realizada adubação mineral durante o experimento, com o objetivo de verificar apenas o efeito que o uso da manureira exerceu sobre a cultura.

A caracterização dos atributos químicos do solo foi feita segundo a metodologia indicada por Embrapa (1997), determinando-se os seguintes parâmetros: cálcio e magnésio trocáveis, extraídos com KCl 1 mol L<sup>-1</sup> e leitura realizada por espectrofotometria de absorção atômica; potássio trocável, sódio trocável e fósforo disponível, extraídos com solução de Mehlich-1, sendo a leitura feita por colorimetria e fotometria de chama, respectivamente. Para a determinação da CEEs e do pH, preparou-se uma pasta saturada conforme a metodologia proposta por Richards (1954). Em seguida, foram determinados, segundo a metodologia proposta pela Embrapa (1997), condutividade elétrica do extrato de saturação (CEEs) pelo método eletrométrico e pH em água no extrato de saturação pelo método potenciométrico.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) utilizando o software estatístico SISVAR, com níveis de significância de 5% para o teste de F.

## Resultados e Discussão

Nos dois solos, ocorreu aumento significativo do pH em função da aplicação de doses de manureira (Figura 1), sendo

**Figura 1.** Variação do pH em função das doses de manureira aplicadas no solo

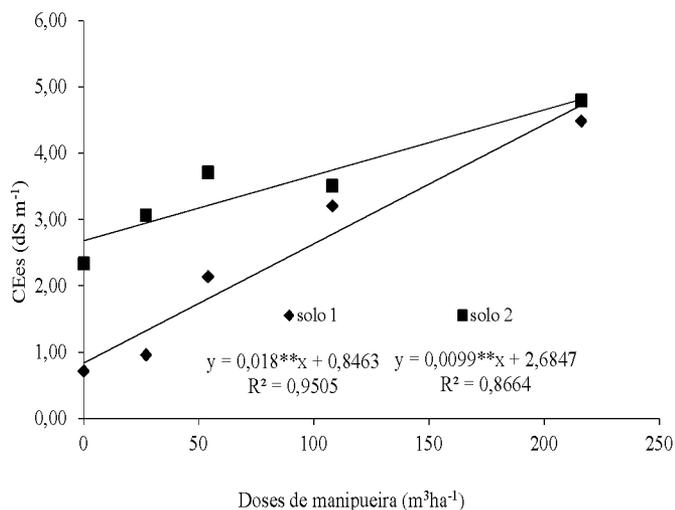
que o menor e o maior valor, no Solo 1, foram iguais a 5,66 e 7,82 para as doses 0 e 216 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Quanto ao Solo 2, o menor valor de pH foi de 5,26 para a dose de 0 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> e o maior valor foi igual 7,63 para a dose igual a 216 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, equivalendo a um aumento de 32%.

O pH do solo é um dos fatores que mais influencia a disponibilidade de nutrientes às plantas. Valores ótimos de pH variam entre 6,0 e 6,5. Nesta faixa ocorre a disponibilidade máxima de macronutrientes, bem como limita-se a disponibilidade máxima dos micronutrientes e se reduz a acidez do solo (Malavolta et al., 2007).

Infere-se que a adição de manureira ao solo contribuiu para o aumento do pH, uma vez que continha alto teor de cátions, principalmente, K<sup>+</sup> e Mg<sup>2+</sup> (Tabela 2), o que propiciou o aumento da CTC e do pH do solo. Altos valores de saturação por bases no solo estão diretamente relacionados com a elevação do pH do solo (Fageria, 2001).

Os resultados encontrados no presente trabalho corroboram as respostas encontradas por Mélo et al. (2005) que também correlacionaram a elevação do pH dos três solos estudados com o aumento das doses de manureira, sendo esta elevação creditada à presença dos cátions contidos na manureira aplicada ao solo. Resultado semelhante foi obtido por Guedes et al. (2006), quando constataram o aumento do pH do solo em função do uso de doses de lodo de esgoto na cultura do eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill.); os autores mencionaram que tal aumento ocorreu, provavelmente, devido à alcalinidade intrínseca do lodo (pH em média > 10), pois são adicionadas de elevadas quantidades de CaO durante a fase de condicionamento químico realizadas nas estações de tratamento de esgotos. Entretanto, Silva et al. (2004) constataram diminuição do pH do solo decorrente da aplicação doses (150, 450 e 900 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) de manureira tratada como fonte de adubação para a cultura do sorgo. Os autores relataram que o decréscimo do pH poderia estar associado aos processos químicos e microbiológicos existentes no solo, evidenciado pela diminuição carbônico presente no solo.

Analisando-se os dados expostos na Figura 2, constata-se um aumento significativo da CEEs em virtude da incorporação de doses crescentes de manureira aos solos. A CEEs do Solo 1

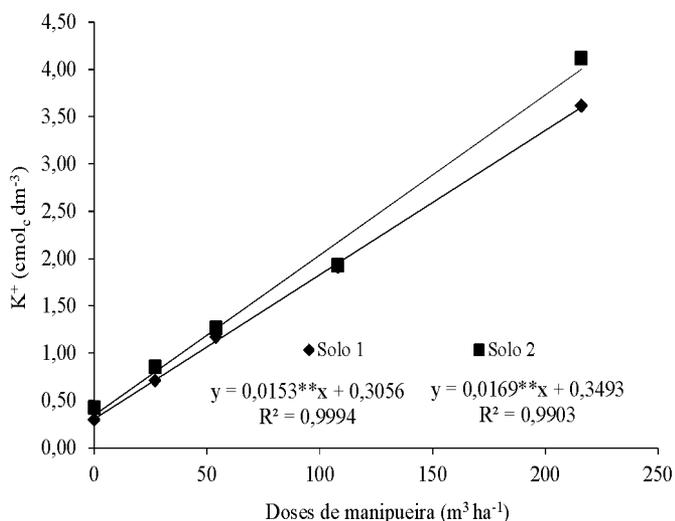


**Figura 2.** Conduktividade elétrica em função das doses de manureira aplicadas no solo

foi igual a 0,84 e 4,82 dS m<sup>-1</sup> para as doses de 0 e 216 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, respectivamente, representando uma elevação de 84%. Com relação ao Solo 2, constatou-se que a aplicação de manureira também ocasionou um efeito linear crescente da CEes, uma vez que a CEes média para a testemunha e para a maior dose de manureira foi 2,68 e 4,73 dS m<sup>-1</sup>, evidenciando que o teor de cátions presentes no resíduo, como K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e Na<sup>+</sup>, contribuiu para o aumento da CEes do solo conforme relatam Mélo et al. (2005).

As respostas obtidas com relação à CEes do solo, corroboram as encontradas por Saraiva et al. (2007), quando utilizaram manureira tratada como fonte de adubação para a cultura do milho (*Zea mays* L.). Utilizando efluente gerado na fabricação de vinhos como fonte alternativa de adubação, Nóvoa-Muñoz et al. (2008) relataram que a CEes do solo aumentou em função das doses de efluente. No estudo, constataram, também, que a CTC do solo aumentou cerca de 60%, comparando-se o tratamento que recebeu a maior dose em relação à testemunha.

Quanto ao potássio trocável (Figura 3), para ambos os solos, observou-se efeito linear crescente, ou seja, quanto maior as doses de manureira incorporadas nos solos, maior o teor de

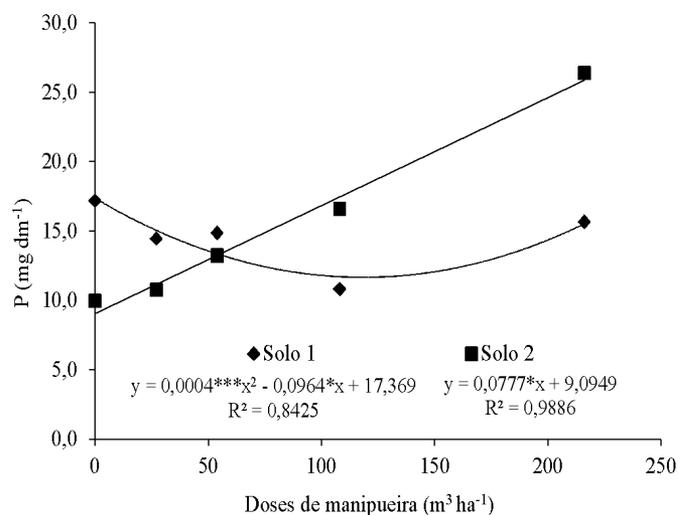


**Figura 3.** Concentração de potássio no solo em função das doses de manureira aplicadas no solo

potássio trocável. O teor deste nutriente no Solo 1 variou de 0,30 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> (testemunha) a 3,61 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> (216 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>), enquanto no Solo 2, o teor foi de 0,35 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e 3,99 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> para as doses iguais a 0 e 216 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, respectivamente. O alto teor de potássio existente na manureira, possivelmente, tenha sido responsável pelo acréscimo do cátion nos dois solos, conforme verificado, também, por Alves (2010) e Cardoso et al. (2009), quando utilizaram a manureira em substituição à adubação mineral com intuito de estudar o desenvolvimento de culturas como a alface (*Lactuca sativa* L.), a rúcula (*Eruca sativa* Mill.) e o milho (*Zea mays* L.), respectivamente.

Diversos trabalhos versam sobre o uso de resíduos provenientes da agroindústria em substituição à adubação mineral, principalmente, como fonte de adubação potássica. Pinho (2007) constatou que os níveis de potássio trocável aumentaram em virtude da aplicação de doses de manureira em solos cujas classes texturais eram arenosa, areno-argilosa e argilosa. Saraiva et al. (2007) obtiveram teores de potássio trocável no solo considerados altos ao utilizarem uma dose foi igual a 632 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de manureira tratada por lagoas de decantação. Acréscimo significativo de potássio trocável, que variou de 0,5 a 1,05 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, foi observado por Lee (2010), quando utilizou fertilizante orgânico composto por melão, óleo de gergelim e farelo de arroz como fonte de adubação no cultivo da cebola (*Allium cepa* L.). Entretanto, Silva et al. (2004), ao analisarem o íon potássio, verificaram diminuição desse elemento no solo com o aumento de 150 para 450 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de manureira. De acordo com os referidos autores, a diminuição do potássio foi favorecida pela lixiviação causada pelas intensas precipitações no período experimental (549,9 mm).

Observa-se que houve incremento de fósforo disponível da ordem de 63% no Solo 2 (Figura 4) em decorrência do aumento das doses de manureira, uma vez que o teor de tal elemento no referido solo era igual a 9,1 mg dm<sup>-3</sup> (0 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) e 25,9 mg dm<sup>-3</sup> para a maior dose (216 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>). Entretanto, no Solo 1, a adição de manureira provocou o efeito inverso, uma vez que o teor de fósforo disponível foi maior (17,3 mg dm<sup>-3</sup>) quando não se aplicou manureira e menor (15,2 mg dm<sup>-3</sup>) quando se utilizou a maior dose do resíduo.



**Figura 4.** Concentração de fósforo no solo em função das doses de manureira aplicadas no solo

O fósforo é o macronutriente que possui menor mobilidade dentre os demais elementos do solo, sendo esta pouca mobilidade resultado da sua adsorção aos colóides do solo, principalmente, aqueles que têm em sua composição ferro, alumínio e cálcio. A adsorção e a disponibilidade deste nutriente às plantas, além do teor de cátions do solo, estão correlacionadas com o teor de matéria orgânica, pH e grau de intemperização dos solos (Trindade et al., 2011).

Percebe-se que as respostas obtidas neste estudo, quanto ao fósforo disponível, são coerentes, estabelecendo-se as seguintes hipóteses: a) o Solo 1 possuindo textura arenosa e pH próximo a 8,0 (Figura 4) dificultou uma maior adsorção do fósforo adicionado pela manureira aos colóides do solo, deixando-o disponível na solução do solo e; b) para o Solo 2, que contém uma fração maior de argila e silte, a adsorção de fósforo foi maior em função da introdução de cátions via manureira e do pH mais baixo deste solo.

Pinho (2007) observou efeito linear crescente do fósforo disponível do solo em função da elevação das doses de manureira e obteve resultados semelhantes aos encontrados neste estudo para o solo de textura franco-argilo-arenosa. Também, Silva et al. (2004), cultivando sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) adubado com resíduo proveniente de feccaria, constataram diminuição do fósforo disponível no solo com o aumento das doses de manureira aplicadas em solo arenoso. Mesma resposta foi obtida por Alves (2010), porém, cultivando alface (*Lactuca Sativa* L.) e rúcula (*Eruca sativa* Mill.) em solo argiloso.

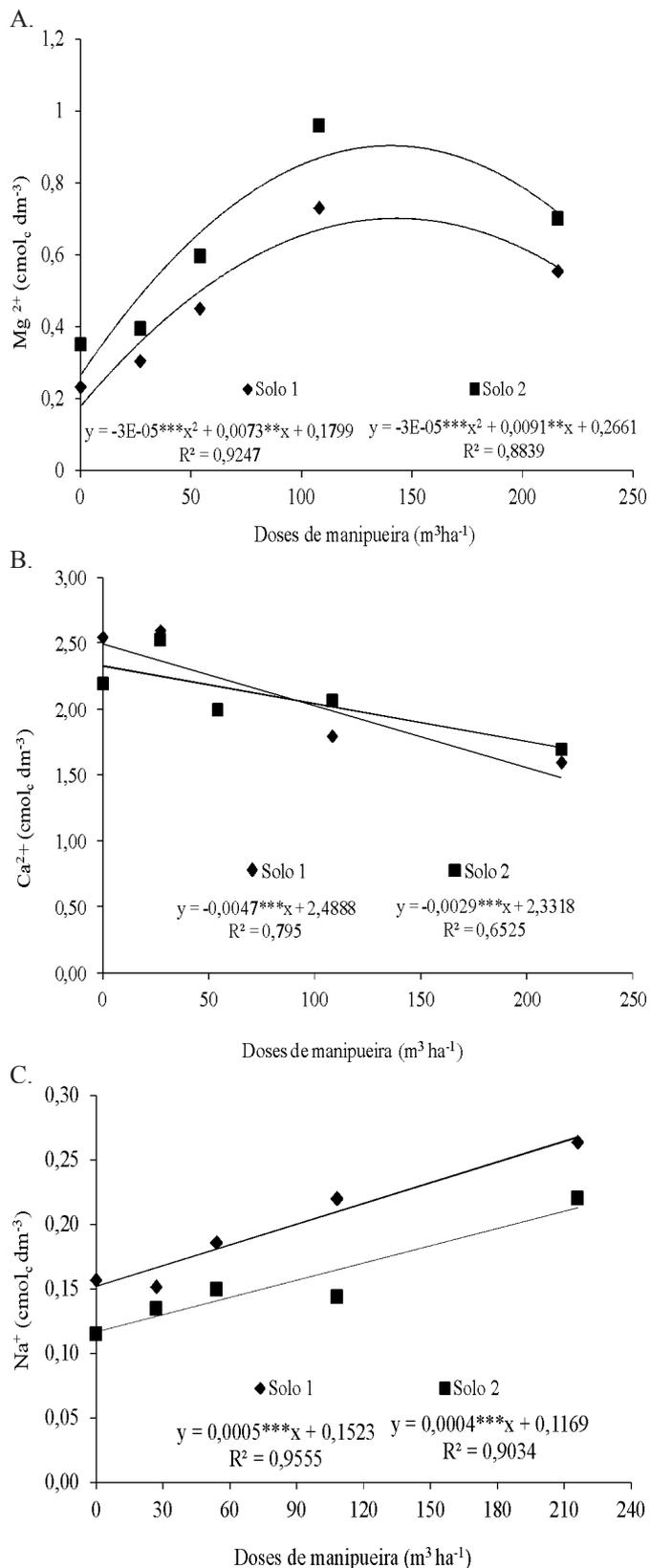
A manureira utilizada como fonte de adubação no experimento, além do potássio trocável, apresentou uma concentração considerável de cálcio, de magnésio e de sódio trocáveis em sua composição, verificando-se concentrações, em ordem decrescente, na seguinte sequência:  $Mg > Ca > Na$ .

Com respeito ao magnésio trocável, houve efeito quadrático negativo em função das doses de manureira para ambos os solos (Figura 5A). Antes da incorporação de manureira aos solos, os teores de magnésio trocável eram iguais a  $0,18 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e  $0,26 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  no Solo 1 e no Solo 2, respectivamente; sendo registrados máximos valores estimados correspondentes às doses  $121 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  para o Solo 1 e  $151 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  para o Solo 2.

Em relação ao cálcio trocável, o efeito foi linear decrescente em decorrência do acréscimo de manureira para ambos os solos (Figura 5B). O teor de cálcio no Solo 1 decresceu de  $2,65 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  (testemunha) para  $2,48 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  ( $216 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ), enquanto no Solo 2, o teor foi de  $2,33 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e  $1,71 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  para as doses iguais a 0 e  $216 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , respectivamente.

Infere-se que o comportamento demonstrados por estes dois cátions esteja relacionado a uma possível competição entre o magnésio, o cálcio e o potássio trocáveis no solo, em função do acúmulo acentuado de potássio trocável nos solos, principalmente, para o Solo 2 (Figura 3), conforme explica Wadt & Wadt (1999).

Para o sódio trocável (Figura 5C), houve um efeito linear crescente em função do acréscimo de doses de manureira nos dois solos, sendo que o teor de sódio trocável no Solo 1 foi significativamente maior do que no Solo 2. O menor e o maior valor de sódio trocável no Solo 1 foram iguais a 0,15 e  $0,26 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  para as doses 0 e  $216 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , respectivamente.



**Figura 5.** Concentrações de magnésio (A), cálcio (B) e sódio (C) no solo em função das doses de manureira aplicadas no solo

Quanto ao Solo 2, o menor e o maior valor foram de  $0,11 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  para a dose de  $0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  e  $0,20 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  para a dose igual a  $216 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , equivalendo a um aumento de 57% no Solo 1 e 26% no Solo 2.

Esta resposta já era esperada visto que o teor de sódio trocável no Solo 1 já era maior do que o do Solo 2 mesmo antes da aplicação da manipueira, mantendo-se esta tendência após a aplicação de tal resíduo nos solos. Além disso, a manipueira tinha uma concentração razoável de sódio em sua composição e; os solos arenosos (alta permeabilidade) permitem uma maior lixiviação dos cátions, entre eles, o sódio.

Dentre as causas que podem contribuir para a diminuição da permeabilidade do solo, a mais importante é aquela dada pelo sódio, pois a adsorção deste elemento às partículas de solo leva à dispersão dos colóides, provocando a diminuição e selamento dos seus poros, com conseqüente redução da permeabilidade do solo. Além disso, a elevada concentração de sódio, em relação à concentração de potássio, cálcio e magnésio, pode acarretar trocas destes dois últimos cátions pelo íon sódio no solo, contribuindo para a degradação (salinização e/ou sodificação) do mesmo (Almeida, 2010).

Os resultados obtidos não mostraram efeitos de sodificação do solo, uma vez que a, para os dois tipos de solo avaliados, a CEes foi menor do que 4,0 dS m<sup>-1</sup> (Figura 2), o pH foi menor do que 8,5 (Figura 1) e a percentagem de sódio trocável (PST) do solo foi menor do que 15% para todos os tratamentos, conforme menciona Richards, (1954). Entretanto, é necessário salientar que o uso indiscriminado de manipueira como fonte de adubação não deve ser feito, pois pode haver, pelo menos em longo prazo, uma tendência à degradação do solo devido ao aumento do pH, da CEes e das concentrações de Na no mesmo.

Os resultados obtidos, quanto aos teores de magnésio, cálcio e sódio trocáveis, corroboram as observações feitas por Mélo et al. (2005) e Cardoso et al. (2009), quando observaram incremento de tais cátions no solo em virtude do uso de manipueira em substituição à adubação mineral. Respostas semelhantes também foram obtidas por Pinho (2007), em experimento no qual testaram diferentes tipos de efluentes advindos da agroindústria, entre eles, a casca de mandioca, como fonte de adubação para a cultura da manidoca (*Manihot esculenta* Crantz). Entretanto, Nóvoa-Muñoz et al. (2008), quando utilizaram efluente gerado na fabricação de vinhos com concentração de potássio igual de 201 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, relataram que os níveis de Ca, Mg e Na trocáveis permaneceram inalterados após a aplicação do efluente, mostrando que o aumento dos teores de íons no solo não está relacionado apenas com a concentração desses no efluente, mas, também, com a textura, capacidade de troca catiônica e aniônica, permeabilidade e grau de umidade do solo conforme relatado por Oliveira et al. (2002).

Com base nas respostas obtidas e nas descritas por Duarte et al. (2012), a manipueira poderia ser utilizada para fins de fertilidade do solo, devido ao aporte de nutrientes que este resíduo apresenta, evitando a poluição ambiental gerada pelo seu descarte indiscriminado e diminuindo os custos com aquisição de fertilizantes minerais.

## Conclusões

O uso da manipueira como alternativa à adubação mineral promove incrementos no pH, na CEes e nos teores de fósforo disponível, potássio, cálcio, magnésio e sódio trocáveis;

A textura do solo influencia apenas no teor de fósforo disponível do solo tratados com manipueira;

O aumento das doses de manipueira, apesar do efeito crescente com relação ao sódio, não provoca riscos de sodificação do solo em curto prazo.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à Sociedade Nordestina de Ecologia (SNE) e ao Serviço de Tecnologia Alternativa (SERTA) pela concessão da manipueira utilizada no experimento e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo auxílio financeiro.

## Literatura Citada

- Albuquerque, J. A. A. de; Sediya, T.; Silva, A. A. da; Sediya, C. S.; Alves, J. M. A.; Assis Neto, F. de. Caracterização morfológica e agrônômica de clones de mandioca cultivados no Estado de Roraima. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v.4, n.4, p.388-394, 2009. <<http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v4i4a3>>.
- Almeida, O. A. Qualidade da água de irrigação. 1.ed. Cruz das Almas: Embrapa, 2010. 234p.
- Alves, L. S. Atributos químicos e microbiológicos do solo com o uso da manipueira na produção de alface e rúcula. Rio Branco: UFAC, 2010. 72p. Dissertação Mestrado.
- American Public Health Association - APHA; American Water Works Association - AWWA; Washington Press Club Foundation - WPCF. Standard methods for the examination of water and wastewater. 17.ed. Washington: American Public Health Association, 1995. 2198p.
- Cardoso, E.; Cardoso, D.; Cristiano, M.; Silva, L.; Back, A. J.; Bernadim, A. M.; Paula, M. M. S. Use of manihot esculenta, crantz processing residue as biofertilizer in corn crops. Research Journal of Agronomy, v.3, n.1, p.1-8, 2009. <<http://docsdrive.com/pdfs/medwelljournals/rjagr/2009/1-8.pdf>>. 28 Jan. 2013.
- Dechen, A. R.; Nachtigall, G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: Novais, R. F.; Alvarez, V. V. H.; Barros, N. F.; Fontes, R. L. F.; Cantarutti, R. B.; Neves, J. C. L. (Eds.) Fertilidade do solo. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.92-132.
- Duarte, A. S.; Silva, E. F. F.; Rolim, M. M.; Ferreira, R. F. A. L.; Malheiros, S. M. M.; Albuquerque, F. S. Uso de diferentes doses de manipueira na cultura da alface em substituição à adubação mineral. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.16, n.3, p.262-267, 2012. <<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662012000300005>>.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Manual de métodos de análise de solos. Brasília: Embrapa, 1997. 370p.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro: Embrapa, 1999. 412p.
- Fageria, N. K. Nutrient interactions in crop plants. Journal of Plant Nutrition, v.24, n.8, p.1269-1290, 2001. <<http://dx.doi.org/10.1081/PLN-100106981>>.

- Fioretto, R. A. Manupueira na fertirrigação: efeito sobre a germinação e a produção de algodão (*Gossypium hirsutum*, L.) e milho (*Zea mays*, L.). Semina: Ciências Agrárias, v.8, n.1, p.17-20, 1987. <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/4879/4207>>. 21 Jan. 2013.
- Guedes, M. C.; Andrade, C. A.; Pogianni, F.; Matiazzo, M. E. Propriedades químicas do solo e nutrição do eucalipto em função da aplicação de lodo de esgoto. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.30, n.2, p.267-280, 2006. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832006000200008>>.
- Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA. Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco. Recife: IPA, 2008. 64p.
- Lee, J. Effect of application methods of organic fertilizer on growth, soil chemical properties and microbial densities in organic bulb onion production. Scientia Horticulturae, v.124, n.3, p.299-305, 2010. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2010.01.004>>.
- Malavolta, E.; Vitti, G. C.; Oliveira, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.
- Malavolta, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638p.
- Mélo, R. F.; Ferreira, P. A.; Ruiz, H. A.; Matos, A. T.; Oliveira, L. B. O. Alterações físicas e químicas em três solos tratados com água residuária de mandioca. Irriga, v.10, n.4, p.383-392, 2005. <<http://200.145.140.50/ojs1/viewarticle.php?id=203&layout=abstract>>. 21 Jan. 2013.
- Nóvoa-Muñoz, J. C.; Simal-Gándara, J.; Fernández-Calviño, D.; López-Periago, E.; Arias-Estévez, M. Changes in soil properties and in the growth of *Lolium multiflorum* in an acid soil amended with a solid waste from wineries. Bioresource Technology, v.99, n.15, p.6771-6779, 2008. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2008.01.035>>.
- Oliveira, F. C.; Matiazzo, M. E.; Marciano, C. R.; Rosseto, R. Efeitos de aplicações sucessivas de lodo de esgoto em Latossolo Amarelo distrófico cultivado com cana-de-açúcar: carbono orgânico, condutividade elétrica, pH e CTC. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.26, n.2, p.505-519, 2002. <<http://sbcs.solos.ufv.br/solos/revistas/v26n2a25.pdf>>. 21 Jan. 2013.
- Pinho, M. M. C. A. Características químicas de solos adubados com manupueira. Recife: UFRPE, 2007. 56p. Dissertação Mestrado.
- Richards, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington: US Department of Agriculture, 1954. 160p. (USDA Agricultural Handbook, 60).
- Saraiva, F. Z.; Sampaio, S. C.; Silvestre, M. G.; Queiroz, M. M. F.; Nóbrega, L. H. P.; Gomes, B. M. Uso de manupueira no desenvolvimento vegetativo do milho em ambiente protegido. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.11, n.1, p.30-36, 2007. <<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662007000100004>>.
- Silva, F. F.; Freitas, P. S. L.; Bertonha, A.; Rezende, R.; Gonçalves, A. C. A.; Dallacort, R. Impacto da aplicação de efluente maturado de fecularia de mandioca em solo e na cultura do sorgo. Acta Scientiarum: Agronomy, v.26, n.4, p.421-427, 2004. <<http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v26i4.1801>>.
- Trindade, R. S.; Araújo A. P.; Teixeira, M. G. Leaf area of common bean genotypes during early pod filling as related to plant adaptation to limited phosphorus supply. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.34, n.1, p.115-124, 2010. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832010000100012>>.
- Wadt, L. H. O.; Kainer, K. A.; Silva, D. A. P. G. Population structure and nut yield of a *Bertholletia excelsa* stand in Southwestern Amazonia. Forest Ecology and Management, v.211, n.3, p.371-384, 2005. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2005.02.061>>.
- Wadt, P. G. S.; Wadt, L. H. O. Movimentação de cátions em amostras de um latossolo vermelho-amarelo incubadas com duas fontes de cálcio. Scientia Agricola, v.56, n.4, p.1157-1164, 1999. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90161999000500018>>.
- Wosiacki, G.; Cereda, M. P. Valorização de resíduos de processamento da mandioca. Publicatio UEPG, v.8, n.1, p.27-43, 2002. <<http://www.revistas2.uepg.br/index.php/exatas/article/view/762/674>>. 29 Mar. 2013.