

MARCELA THAYS LUNA BARRETO

**EFEITO DA MANIPUEIRA NA BIOMASSA E NUTRIENTES DO
MILHO (*Zea mays* L.) HÍBRIDO PARA FORRAGEM E
ALTERAÇÕES NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO**

RECIFE, 2011

MARCELA THAYS LUNA BARRETO

EFEITO DA MANIPUEIRA NA BIOMASSA E NUTRIENTES DO MILHO (*Zea mays*
L.) HÍBRIDO PARA FORRAGEM E ALTERAÇÕES NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS
DO SOLO

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural
de Pernambuco, como parte das exigências do
Programa de Pós – Graduação em Engenharia
Agrícola, para obtenção do título de Mestre em
Engenharia Agrícola.

Orientador: Prof. Dr. Mário Monteiro Rolim

RECIFE – PE

Julho – 2011

Ficha catalográfica

B273e Barreto, Marcela Thays Luna
Efeito da manipueira na biomassa e nutrientes do
milho (*Zea mays* L.) híbrido para forragem e
alterações nos
atributos químicos do solo / Marcela Thays Luna
Barreto. –
Recife, 2012.
43 f. : il.

Orientador: Mário Monteiro Rolim.
Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) –
Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Departamento de Tecnologia Rural, Recife, 2012.
Referências.

1. Resíduo líquido 2. Adubação orgânica 3. Água
residuária 4. *Manihot esculenta* Crantz 5. Reúso I.

Rolim,

Mário Monteiro, orientador II. Título

CDD 630

MARCELA THAYS LUNA BARRETO

Efeito da manipueira na biomassa e nutrientes do milho (*Zea mays* L.) híbrido para
forragem e alterações nos atributos químicos do solo

Dissertação defendida e aprovada em 30 de julho de 2011 pela Banca Examinadora:

Orientador:

Prof. Dr. Mário Monteiro Rolim

UFRPE

Examinadores:

Prof. Dr. Ênio Farias de França e Silva

UFRPE

Prof. Dr. Egídio Bezerra Neto

UFRPE

Profa. Dra. Ralini Ferreira Melo,

“É melhor atirar-se à luta em busca de dias melhores,
mesmo correndo o risco de perder tudo,
do que permanecer estático,
como os pobres de espírito, que não lutam,
mas também não vencem,
que não conhecem a dor da derrota,
nem a glória de ressurgir dos escombros.
Esses pobres de espírito,
ao final de sua jornada na Terra não agradecem a Deus por terem vivido,
mas desculpam-se perante Ele,
por terem apenas passado pela vida.”

(Bob Marley)

Aos meus irmão, Karla, Luís e Rafael.

Aos meus tios Everaldo, Silvana, Raimunda,
Eliane, Etiene, Jerônimo pelo apoio e confiança
que em mim depositaram.

OFEREÇO

A Deus,
À minha mãe Irene e ao meu pai José,
por todo amor, apoio e incentivo em todos os degraus da vida.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelas oportunidades que me foram dadas na vida, principalmente por ter colocado em meu caminho pessoas interessantes, oportunidades importantes e ter me acompanhado em cada passo. Também agradeço a Ele por ter vivido fases difíceis, que se tornaram matérias-primas de meu aprendizado.

Aos meus familiares pelo incentivo, confiança e esforço que tiveram para a construção daquilo que sou hoje. Em especial ao meu pai por todo amor e esforço para minha formação e à minha mãe, amiga e companheira, que ficou ao meu lado não me deixando desistir e me mostrando que sou capaz de chegar onde desejo, certamente tornando-se o meu maior e melhor exemplo de vida.

À CAPES, que como órgão de fomento, possibilitou recursos para me manter durante esses 24 meses.

Ao meu professor e orientador Dr. Mário Monteiro Rolim pela orientação, supervisão, dedicação, ensinamentos, sugestões e principalmente pela confiança em mim depositada para a realização deste trabalho.

Ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola da UFRPE por ter proporcionado o meu crescimento profissional.

Aos grandes doutores que com dedicação e ensinamentos disponibilizados nas aulas, contribuíram de forma especial para a conclusão desse trabalho e conseqüentemente para minha formação profissional: Ênio Farias, Egídio Bezerra Neto, Ralini Melo, Elvira Pedrosa, Abelardo Montenegro, Maria de Fátima, Veronildo, Anamaria Duarte e Ceres Duarte.

Aos grandes amigos e parceiros: Adriana Guedes, Uilka Tavares, Nicolas Lozano, Alexandre Nascimento e Francimar Albuquerque. À vocês, agradeço muito pelos esforços antes e durante a realização deste trabalho. Agradeço também por algo mais valioso: a nossa amizade! Obrigada irmãos (ou hermanos) de hoje e sempre.

Aos colegas do Instituto de Pesquisas Agronômicas: Dr. Luís Evandro, Reginaldo, Bernardo, Clébia Maria, Seu Fernando e muitas outras pessoas por disponibilizarem a este trabalho uma ajuda enorme.

Aos meus amigos da manipueira: Jorge Luís, Seu Genário, Alan e pela preocupação e auxílio na busca da manipueira, até mesmo quando ela não estava nem sendo produzida na região.

A Tiago Maia e família pela paciência, incentivo e torcida para que tudo terminasse

da melhor forma possível.

Aos amigos da Pós, que de alguma forma contribuíram para os meus conhecimentos e que fizeram com que o ambiente “científico” torna-se divertido e tranquilo. São eles: Robertson Fontes Júnior, Waldirene Barcos, Gledson Pontes, Rafael, Taciana Oliveira, Sonivagno, Samuel Marcos, Thais Fernanda, Celestino Jolamo, Thais Emanuele, Adriano Normandi, Caetano, Irenilson Machado, Wellington Pereira, Tatiane Keity, Sinval, Fernando Bruno, Paula Renata, José Francisco, Valdemir de Paula, Júlio Oliveira, Max Henrique, Nadielan da Silva, Diego Arruda (Pibic), assim como ao funcionário Lula.

Aos estagiários Rafael e Vinícius pela ajuda e dedicação a este trabalho.

Aos amigos distantes que contribuíram com conselhos, passaram suas experiências acadêmicas e sempre acreditaram que poderia chegar até aqui: Aloísio (Lord) e Goreth Fialho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE TABELAS.....	xi
RESUMO.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
CAPÍTULO I -Introdução geral	1
CAPÍTULO II - Desenvolvimento vegetativo e acúmulo de N, P e K⁺ em plantas de milho biofertilizadas com manipueira	8
Resumo.....	9
Abstract.....	9
Introdução.....	10
Material e métodos.....	11
Resultados e discussão.....	14
Conclusões	23
Literatura citada	24
CAPÍTULO III - Atributos químicos de dois solos submetidos à aplicação de doses crescentes de manipueira	27
Resumo	28
Abstract	28
Introdução	29
Material e método.....	30
Resultados e discussão	33
Conclusões	40
Literatura citada	41

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Altura das plantas de milho em função de doses crescentes de manipueira	15
Figura 2. Diâmetro de colmo das plantas de milho em função de doses crescentes de manipueira.....	16
Figura 3. Massa fresca da parte aérea das plantas de milho em função de doses crescentes de manipueira.....	18
Figura 4. Teores de nitrogênio (A) e fósforo (B) no tecido foliar das plantas de milho em função de doses crescentes de manipueira.....	22
Figura 5. Teores de potássio no tecido foliar das plantas de milho em função de doses crescentes de manipueira.....	22
Figura 6. Variação do pH em função das doses de manipueira aplicadas no solo.....	33
Figura 7. Condutividade elétrica em função das doses de manipueira aplicadas no solo.....	34
Figura 8. Concentração de potássio no solo em função das doses de manipueira aplicadas no solo.....	35
Figura 9. Concentração de fósforo no solo em função das doses de manipueira aplicadas no solo.....	37
Figura 10. Concentrações de sódio (A), cálcio (B) e magnésio (C) e no solo em função das doses de manipueira aplicadas no solo.....	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características físicas e químicas do solo utilizado antes do cultivo	12
Tabela 2. Características físicas e químicas da manipueira	13
Tabela 3. Resumo da ANOVA para altura de planta (AP), diâmetro de colmo (DC), número de folhas (NF), matéria fresca (MFPA) e matéria seca (MSPA) da parte aérea das plantas.....	15
Tabela 4. Resumo da ANOVA para os elementos N, P, e K ⁺ no tecido foliar das plantas.....	20
Tabela 5. Características físicas e químicas do solo utilizado antes do cultivo.....	31
Tabela 6. Características físicas e químicas da manipueira.....	32

RESUMO

A manipueira é um resíduo líquido extraído das raízes de mandiocas durante a prensagem para a fabricação da farinha. Sua utilização é bastante ampla pela facilidade de obtenção do resíduo e quantidades de nutrientes que caracteriza como fertilizante natural, principalmente os elementos NPK. Assim, o objetivo desse estudo foi avaliar o desenvolvimento bem como os teores de macronutrientes presentes no milho híbrido AG-1051 e as modificações ocorridas nos atributos químicos do solo. O experimento foi conduzido com dois solos de texturas distintas em vasos de 10 L de solo em ambiente protegido. As doses foram determinadas de acordo com a necessidade de K para a cultura do milho e foram equivalentes a: 0, 11,2; 22,4; 44,8 m³ ha⁻¹. Constituiu-se fatorial 4 x 2 com quatro doses de manipueira, dois tipos de solo e oito repetições, totalizando 64 unidades experimentais. Após 42 dias realizou a colheita das plantas, determinou-se a altura e massa fresca. Após secagem do material em estufa até atingir peso constante determinou-se a massa seca, que após trituração no moinho de facas tipo Wiley e preparados os extratos específicos. Realizaram-se determinações analíticas dos nutrientes: N, P, Na e K. Para o solo, foram coletadas amostras nos vasos de 3L, misturado e secados ao ar para realizar as análises de P disponível, K, Na, CE_{es}, Ca, Mg e pH no extrato da pasta saturada. Os resultados demonstram que houve efeitos significativos para as doses de manipueira para altura e massa fresca e massa seca da parte aérea, bem como os teores de fósforo e potássio; o mesmo não ocorrendo com as demais variáveis. Também foi observado modificações na estrutura química do solo, com a elevação do pH, da CE_{es} e dos teores de cátions estudados, principalmente, o potássio.

PALAVRAS-CHAVE: resíduo líquido, adubação orgânica, água residuária, *Manihot esculenta* Crantz, reúso

ABSTRACT

The cassava wastewater is a waste liquid extracted from cassava roots during pressing for the manufacture of flour. The use of cassava wastewater is quite wide due to the facility of obtaining and the amount of nutrients and waster which characterize a natural fertilizer, mainly NPK elements. So, this study aimed to evaluate the influence of cassava wastewater application in the development as well as the macronutrient present in the maze hybrid AG-1051 and the soil chemical properties changes. The experiment was set up with two soils of different textures (sandy and medium textured) in 10-liters pots of soil in a protected environment. The doses of cassava wastewater were determined according to the requirements of K for maize crop and the treatments consisted of four doses of cassava wastewater (0; 11.2; 22.4; 44.8 m³ h⁻¹). The treatments were arranged on an entirely randomized design with eight replications, in a factorial scheme of 4 x 2, in which four was the cassava wastewater doses and two soil types, totaling 64 experimental units. After 42 days the plants were harvested and determined the height and fresh weight. After drying the material in a oven until constant weight, the dry matter, which after grinding in the Wiley mill and prepared the extracts analytical determinations of nutrients (N, P, Na and K), was carried out. Soil samples were collect in the pots of 3 L, which was mixed and dried in the air to perform the analysis of available P, K, Na, Ca, Mg, CE and pH on saturated paste extract. The results show significant effect for the doses of cassava wastewater for height and fresh and dry matter of shoots, as well as phosphorus and potassium. In contrast, the other variables were not effected. It was also observed changes in the chemical structure of soil, the elevation of pH, CE and studied the levels of cations, especially potassium.

KEYWORDS: liquid waste, organic manure, wastewater, *Manihot esculenta Crantz*, reuse

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO GERAL

A mandioca destaca-se entre as tuberosas mais comercializadas pelos países em desenvolvimento pela facilidade de plantio, pois é produzida em pequenas áreas sem a necessidade de recursos tecnológicos avançados, é uma planta tolerante as condições de seca e de baixa fertilidade do solo, pelo seu valor nutricional, e aqui no Nordeste brasileiro, por seu valor cultural (EMBRAPA, 2011). Relatos históricos registram que essa raiz já era a base da alimentação dos índios muito antes da colonização dos portugueses no Brasil, e continua nos dias de hoje como um alimento cultivado em todo território (Crepaldi, 1992). Ainda de acordo com o autor, a mandioca é originária do sertão brasileiro por três fatores: clima, abundância de espécies selvagens e diversidade de espécie do gênero nesse local.

Dados registrados da FAO (2011) indicam que essa cultura continua com a produção em crescimento significativo de 3,5% ao longo dos últimos 38 anos, ressaltando os últimos seis anos com taxa média anual de 4,5%. Dentre os produtores, o continente Africano tem destaque por ter uma produção mundial de 50,7% (118 milhões de toneladas), seguido da Ásia com participação de 33,8% e a América do Sul com 14,9%.

No nosso continente, o Brasil contribui com 75% de toda produção, totalizando 26 milhões de toneladas em uma área agricultável de 1.882 ha. Dentre os principais estados brasileiros produtores destacam-se: Pará (16,9%), Paraná (16,2%), Bahia (15,7%), Maranhão (5,6%), Rio Grande do Sul (4,8%) e São Paulo (4,1%), que respondem por 63,3% da produção do país. Embora todo o território nacional cultive a mandioca, a maior concentração de produção está na região Nordeste com participação de 35,9%, que, assim como na África, exerce papel na alimentação de sua população (SEAB, 2011).

A composição básica da mandioca é de, aproximadamente, 70% de umidade, 15% a 30% de amido, 0,7% de proteína, 0,4% de fibra e, 0,5% de minerais, sendo rica em sais minerais com elevados teores P (fósforo) e Ca (Cálcio), ocorrendo Fe (ferro) em quantidade muito baixas, além de vitaminas C e B (Cereda, 1994). O consumo da raiz é na forma de farinhas, da qual se faz a farinha de mandioca e tapioca ou, em pedaços cozidos ou fritos. Na região Norte, está presente também no preparo do tacacá, no molho tucupi e

com suas folhas cozidas prepara-se a maniçoba. No Nordeste, através de processo de destilação é produzida uma cachaça de mandioca, a *tiquira* (Cereda & Costa, 2008), sendo esta a única bebida da raiz que possui legislação própria. Outra bebida, a aguardente indígena, o *caium*, é produzido através de processos de fermentação desta raiz.

Entretanto, o processamento industrial da mandioca está relacionado à fabricação de farinha e a retirada da fécula, responsável pela produção de resíduos que exigem disposições adequadas e tratamentos de acordo com a tecnologia e o nível econômico da indústria (Camilli, 2007). Pode-se considerar como resíduos as casca, farelo e dois efluentes distintos: as águas de lavagem das raízes e a água proveniente da prensagem da massa de mandioca, denominada água da prensa ou manipueira (Cassoni, 2008).

Manipueira é uma palavra tupi-guarani que significa “o que brota da mandioca”, mas consta em dicionários como água proveniente da prensagem da mandioca ralada na confecção da farinha.

As casas de farinhas utilizam maquinários aprimorados, porém ainda são semelhantes aos utilizados pelos índios antes da colonização. De forma arcaica, a raiz é moída, onde metade da massa ralada vai para a uma rede a fim de tirar o excesso de amido e, em seguida segue para uma prensa, onde será retirado a manipueira. Conforme Mélo et al. (2005), a compressão que se realiza na extração se deve à economia de combustível na secagem.

Sua composição é variável, dependendo da variedade de mandioca utilizada, idade da planta, métodos de adubação e das condições edafoclimáticas do local onde é cultivada. A quantidade de resíduo gerada pode ser, em média 300 L de manipueira na fabricação da farinha e 600 L na extração da fécula (Fioretto, 1994). Ainda de acordo com o autor, estudos demonstram que apesar dessa variável, pode-se observar predominância do potássio (K) entre os constituintes minerais desse resíduo. Outro elemento importante é o fósforo (P), que possui teores razoáveis, podendo ser três vezes maior em relação ao encontrado na vinhaça de caldo (Cereda, 1994).

O estudo dessa água residuária surgiu da necessidade de avaliar as modificações químicas e físicas nos atributos do solo. Fioretto (2001) descreve que foi observado que a disposição de manipueira no solo provocava morte à cultura instalada, porém, após certo tempo, a área se cobria de plantas que apresentam novo vigor, fato que gerou a expectativa de se avaliar consequências agronômicas da fertilidade com o resíduo, demonstrando à necessidade de tratamento adequado para posterior reúso.

Atualmente, o seu reaproveitamento é destinado para engorda de bois, fabricação

de tijolos, ação fungicida e nematicida, produção de sabão e vinagre para uso comercial ou doméstico e como fertilizante natural (Pontes, 1999). No entanto, ainda assim, o seu despejo nos estados brasileiros é indiscriminado causando impactos ambientais negativos. Cereda (1994) ressalta que além do aspecto agressivo ao ambiente, deve ser considerado também que o despejo indevido dos subprodutos da mandioca constitui em desperdício de rendimento para o produtor, quando consideradas as quantidades geradas e a sua composição química, devido à presença de nutrientes, podendo ser aproveitado como fertilizante na própria cultura da mandioca. Essa característica é sustentada pela presença dos íons potássio (K), nitrogênio (N), Ca, magnésio (Mg), P, enxofre (S), além de micronutrientes (Cereda, 2001).

Os impactos ambientais que são frequentemente observáveis nos rios, não são devidos apenas às elevadas demanda biológica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO), mas também a uma substância de efeito tóxico - o ácido cianídrico - que diferencia esse dos demais resíduos agroindustriais (Fioretto, 1994). A presença de cianetos ($444,0 \text{ mg L}^{-1}$) seria uma das explicações aos efeitos nematicida e inseticida inerente a manipueira (Pantaroto & Cereda, 2001).

Estudo de Vieites & Brinholi (1994) demonstra que a utilização da manipueira nas doses de 60 e $120 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ obteve resultado positivo na adubação mineral na cultura de mandioca, com o aumento do comprimento e diâmetro das raízes e elevação da produtividade. Ao contrário, Fioretto (1994), estudando o efeito de cinco doses (0 , 80 , 120 , 160 e $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) na mesma cultura, verificou que todos os tratamentos que receberam manipueira produziram menos do que a testemunha.

De modo geral, quando se aplica a manipueira em adubação, observa-se um acréscimo nas concentrações dos elementos no solo. A predominância do íon K entre os constituintes minerais da manipueira tem implicação direta no desequilíbrio dos cátions básicos no solo, devido ao aumento de saturação desse elemento e da predisposição à lixiviação de cálcio e magnésio (Barana, 2000). Uma solução que o mesmo autor descreve é a biodigestão anaeróbia, que produz gás a partir da água residuária da mandioca, convertendo o substrato (a manipueira) metano da matéria orgânica a um composto estável que pode ser usado como adubo.

Outro fator que deve ser constantemente observado no solo é a salinidade. Mélo et al. (2005) avaliando alterações químicas de diferentes solos (Neossolo Quartzarênico órtico, Latossolo Amarelo distrófico e Latossolo Vermelho-amarelo distrófico), em

resposta à incubação com manipueira em doses (0, 85, 170, 340 e 510 m³ ha⁻¹) observaram aumento na condutividade elétrica do solo e elevação dos cátions trocáveis K⁺, Na⁺, Mg²⁺ e Ca²⁺.

Dentre as culturas pesquisadas para o reúso desta água residuária destaca-se o milho, pois este apresenta resposta rápida na presença dos íons presentes na manipueira. Entretanto, as necessidades nutricionais das plantas irão depender da quantidade de nutriente que estas conseguem extrair do meio durante o seu ciclo de desenvolvimento, sendo assim, tanto para produção de grão como para silagem, se faz necessário à disposição da planta a quantidade total de nutrientes que esta extrai. Ainda assim, o milho apresenta alto potencial produtivo e pode observar que em sua produção, por vezes, pode apresentar baixa e irregular produção devido ao uso inadequado da adubação com quantidades desbalanceadas de nitrogênio e potássio, principalmente. A cultura pode também ser ressaltada pela importância econômica no setor agrícola do país devido a sua utilização desde a alimentação animal até a indústria de alta tecnologia (EMBRAPA, 2000).

Assim, pode-se afirmar que a água residuária da mandioca pode ser aplicada como fertilizante, porém, é necessário pesquisas sobre o uso e a disponibilidade de seus nutrientes para a planta. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar o uso da manipueira como fonte de adubação e seus efeitos na produção da massa fresca do milho e modificações químicas nos atributos do solo.

LITERATURA CITADA

- BARANA, A. C. Avaliação de tratamento de manipueira em biodigestores fase acidogênica e metanogênica. 2000. 95f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- CAMILI, E. C. Tratamento da manipueira por processo de flotação sem o uso de agentes químicos. 2007. 91p. Tese (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista.
- CASSONI, V. Valorização de resíduo de processamento de farinha de mandioca (manipueira) por acetificação. 2008. 90p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu.

- CEREDA, M. P., COSTA, M. S. C. Manual de fabricação de tiquira (aguardente de mandioca), por processo tradicional e moderno: tecnologias e custos de produção. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2008. 44p.
- CEREDA, M. P. Caracterização dos subprodutos da industrialização da mandioca. In: CEREDA, M. P (coord): Manejo, Uso e Tratamento de Subprodutos da Industrialização da Mandioca. v 4. São Paulo: Fundação CARGILL, 2001. p.1 3– 37.
- CEREDA, Marley Pascoli. Caracterização dos resíduos da industrialização da mandioca. In: CEREDA, Marley Pascoli (coord.). Resíduos da Industrialização da mandioca no Brasil. São Paulo: Paulicéia, 1994. p.11-50.
- CREPALDI, Iara C. Origem, evolução e geografia da mandioca: uma revisão. Sitientibus, n.10, p.89-94, jul./dez. 1992.
- EMBRAPA. Disponível em: < <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho/importancia.htm>> Acesso em 12 jul 2011
- FAO - Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação. Perspectiva de Alimentos: Uma análise nos mercados mundiais. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/011/ai474e/ai474e00.htm>> Acesso em 02 jun 2011.
- FIORETTO, R. A. Uso direto da manipueira em fertirrigação. In: CEREDA, Marley Pascoli (coord.). Resíduos da Industrialização da mandioca no Brasil. São Paulo: Paulicéia, 1994. p. 51-80.
- FIORETTO, R. A. uso direto da manipueira em fertirrigação. In: CEREDA, M. P (coord): Manejo, Uso e Tratamento de Subprodutos da Industrialização da Mandioca. v.4. São Paulo: Fundação CARGILL, 2001. p.67-79.
- MÉLO, R. F.; FERREIRA, P. A.; RUIZ, H. A.; MATOS, A. T.; OLIVEIRA, L. B. Alterações físicas e químicas em três solos tratados com água residuária de mandioca. In: Irriga, v.10: p.383-392, 2005.
- PANTAROTO S.; CEREDA, M. P. Linamarina e sua decomposição no ambiente. In: CEREDA, M. P (coord): Manejo, Uso e Tratamento de Subprodutos da Industrialização da Mandioca. v.4. São Paulo: Fundação CARGILL, 2001. p.39–47.
- PONTE, J. J. Cartilha da manipueira: uso do composto como insumo agrícola. Fortaleza: Secretaria de Ciência e Tecnologia, 1999. 53p.
- SEAB - Secretaria Estadual da Agricultura e do Abastecimento do Estado do Paraná. Disponível em: <http://www.seab.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/milho_2010_11.pdf>. Acesso em: 06 de julho de 2011.

VIEITES, R. L.; BRINHOLI, O. Utilização da manipueira como fonte alternativa à adubação mineral na cultura da mandioca. Revista Brasileira de Mandioca, v.13, p.61-66, 1994.

CAPÍTULO II

DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO E ACÚMULO DE N, P E K⁺ EM PLANTAS DE MILHO BIOFERTILIZADAS COM MANIPUEIRA

Resumo: O objetivo desta pesquisa foi estudar o desenvolvimento vegetativo e o acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em plantas de milho cultivadas em dois solos e submetidos às doses crescentes de manipueira. O experimento foi conduzido em ambiente protegido no período de março a maio de 2011. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 4, com oito repetições, totalizando 64 parcelas experimentais. Os fatores isolados do estudo foram: solos (2 níveis), sendo um com textura arenosa e outro com textura franco-argilo-arenosa; e doses de manipueira (4 níveis), sendo iguais a 0; 11,2; 22,4; e 44,8 m³ ha⁻¹. Foram avaliadas as seguintes variáveis: altura de plantas, diâmetro de colmos, número de folhas, matéria fresca e matéria seca da parte aérea das plantas e teores foliares de N, P e K⁺. Ao final do experimento, constatou-se que o uso da manipueira suprimiu a altura das plantas, mas, por outro lado, aumentou o conteúdo de matéria fresca da parte aérea das plantas e os teores de fósforo e potássio do tecido foliar do milho.

Palavras-chave: *Manihot esculenta* Crantz, *Zea mays* L., adubação orgânica, efluente

Desenvolvimento vegetativo e acúmulo de N, P e K⁺ em plantas de milho biofertilizadas com manipueira

Abstract: The objective of this study was to investigate the vegetative growth and nitrogen, phosphorus and potassium accumulation in the maize plants grown in two soils and subjected to increasing doses of cassava wastewater. The experiment was conducted in a greenhouse from march to may of 2011. The experimental design was completely randomized in a factorial 2 x 4, with eight repetitions, totaling 64 plots. The factors isolated in this study were: soil (2 levels), one with a sandy texture and other texture-sandy clay loam, and doses cassava wastewater (4 levels), being equal to 0, 11.2, 22.4; and 44.8 m³ ha⁻¹. The following variables were evaluated: plant height, stem diameter, leaf number, fresh weight and dry weight, N, P and K⁺ of the shoots. At the end of the experiment, it was found that the use of suppressed cassava wastewater plant height, but on the other

hand, increased content of fresh aerial part of plants and phosphorus and potassium from leaf tissue of maize.

Key words: *Manihot esculenta* Crantz, *Zea mays* L., organic manure, effluent

INTRODUÇÃO

Do beneficiamento das raízes de mandioca para fabricação de farinha de mesa e fécula, são gerados resíduos sólidos compostos pelas partes lenhosas e deterioradas das raízes, pelas porções fibrosas retidas em peneiras e pelos bagaços da mandioca; e os efluentes líquidos constituídos da água de lavagem das raízes e da água de prensagem da mandioca, denominada, comumente, de manipueira (Campos et al. 2006).

A manipueira é um líquido leitoso amarelo claro rico em substâncias orgânicas, linamarina e nutrientes minerais. Dos sub-produtos gerados no processo de industrialização da mandioca, a manipueira é o mais problemático, pois possui elevada concentração de matéria orgânica e linamarina, que é um glicosídeo cianogênico tóxico, do qual provém o ácido cianídrico (HCN), sendo que estes podem causar sérios problemas ao meio ambiente quando descartados sem tratamento adequado (Barana & Cereda, 2000).

Wosiacki & Cereda (2002) afirmam que a disposição indiscriminada de manipueira, conhecido pelo poder poluidor e elevada toxidez no meio ambiente, traz graves danos ambientais: seu descarte em corpos aquáticos reduz a disponibilidade de oxigênio dissolvido no meio, causando a morte dos organismos aeróbios e seu lançamento no solo prejudica o equilíbrio entre nutrientes, aumenta a salinidade e diminui o pH.

No entanto, Laufnberg (2003) afirma que efluentes e resíduos podem apresentar, em sua composição, inúmeros elementos que podem justificar o seu uso como insumo agrícola; pois, comprovadamente, o reúso de efluentes e resíduos para fins agrícolas reduz o uso da água e de fertilizantes, promovendo economia de recursos naturais e melhoria da qualidade do meio ambiente.

Neste contexto a manipueira se enquadra, pois a potencialidade de seu uso como adubo é decorrente da alta concentração de potássio, de nitrogênio, de fósforo, de cálcio, de magnésio e de enxofre, além de ferro e outros micronutrientes que o efluente apresenta (Cardoso et al. 2009).

Avaliando a resposta da alfaca, cultivar Verônica, à aplicação de doses crescentes de manipueira, Santos et al. (2010) afirmaram que a manipueira serviu como fonte de

adubação e propiciou um incremento no número de folhas, no índice de área foliar e, conseqüentemente, na produção de matéria fresca e seca da parte aérea e das raízes das plantas. Resposta semelhante foi encontrada por Saraiva et al. (2007), quando analisaram o desenvolvimento vegetativo do milho biofertilizado com manipueira tratada, e constataram que o uso de tal efluente ocasionou maior altura de plantas e incremento significativo de fósforo e zinco no tecido foliar e raízes das plantas.

Por outro lado, apesar de acharem correlações positivas entre as variáveis de crescimento da alface, cultivar Regina, com o aumento das doses de manipueira, Duarte et al. (2012) relataram que a produção obtida na pesquisa ficou aquém da produção obtida no cultivo convencional (adubação mineral). Em consonância com os autores citados anteriormente, Schwengber et al. (2010) afirmaram que o desenvolvimento dos nódulos e o crescimento do feijão caupi foi suprimido pela aplicação de manipueira e as plantas que receberam adubação mineral se desenvolveram melhor das que as fertilizadas com tal efluente.

Baseado na hipótese de que a aplicação indiscriminado de manipueira pode degradar o meio ambiente e que o uso racional deste efluente pode servir como fonte alternativa de adubação para diversas culturas, inclusive o milho. Assim o objetivo desta pesquisa foi estudar o crescimento e o acúmulo de nutrientes de plantas de milho cultivadas em dois solos com texturas distintas e submetidas às doses crescentes de manipueira.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de março a maio de 2011, em ambiente protegido 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 longitude oeste.

O clima, de acordo com a classificação de Koppen, é Megatérmico Tropical (tropical úmido), com temperatura média do mês mais frio superior a 18 °C e com precipitação média de 1750 mm ao ano.

Foram coletados, a uma profundidade de 0 a 10 cm, dois solos com granulometria distinta provenientes de Vitória de Santo Antonio, PE cujas texturas foram classificadas como arenosa (Solo 1) e franco-argilo-arenosa (Solo 2). Para a caracterização física e química dos solos, foram retiradas três amostras compostas de cada tipo de solo, as quais foram secas ao ar, destorroadas e peneiradas em malha de 2 mm, para posterior

determinação das características físicas e químicas dos solos antes (Tabela 1) e após a incorporação de manipueira, conforme metodologia proposta pela Embrapa (1997).

Tabela 1. Características físicas e químicas do solo utilizado antes do cultivo

Parâmetros	Teor	
	Solo 1	Solo 2
Areia (g kg^{-1})	698,5	642,3
Silte (g kg^{-1})	170,5	75,7
Argila (g kg^{-1})	131,0	282,0
CEes (dS m^{-1})	0,41	0,52
pH em água	5,90	5,60
Potássio (cmolc kg^{-1})	0,30	0,35
Sódio (cmolc kg^{-1})	0,15	0,12
Cálcio (cmolc kg^{-1})		
Magnésio (cmolc kg^{-1})		
Fósforo (mg kg^{-1})	12,68	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 proposta por APHA (1995).

A irrigação foi feita levando-se em consideração a capacidade de contêiner e, para tanto, foram realizados testes de pesagem dos vasos, os quais foram preenchidos da seguinte forma: 500 g de brita número 0, que permitia a drenagem da água; manta bidim, que servia para evitar a perda de material solo e 10 Kg de material de solo utilizado para o cultivo. Após a montagem, três vasos foram saturados por capilaridade e pesados diariamente, até se obter peso constante, ou seja, quando o solo se encontrava em capacidade de campo.

A partir desses testes, obteve-se o peso médio dos três vasos com solo em capacidade de campo e, com os demais vasos utilizados no experimento; o volume de água necessário para cada planta foi obtido pela diferença do peso médio dos três vasos com o solo em capacidade de campo e o peso de cada um destes vasos contendo uma planta, os quais eram medidos diariamente.

Tabela 2. Características físicas e químicas da manipueira

Parâmetros	Teor
Sólidos totais (mg L ⁻¹)	65.773,5
Sólidos totais voláteis (mg L ⁻¹)	47.327,0
Sólidos totais fixos (mg L ⁻¹)	18.446,5
Demanda química de oxigênio - DQO (mg L-1)	82.871,1
Demanda bioquímica de oxigênio - DBO (mg L-1)	44.624,2
Condutividade elétrica (dS m ⁻¹)	7,81
pH	5,83
Potássio (mg L ⁻¹)	5.900,0
Nitrogênio (mg L ⁻¹)	1.592,3
Fósforo (mg L ⁻¹)	667,5
Magnésio (mg L ⁻¹)	1.532,3
Sódio (mg L ⁻¹)	126,0
Cálcio (mg L ⁻¹)	376,0

A cultura utilizada foi o milho forrageiro híbrido AG 1051 da Agrocere, o qual foi desenvolvido para produção de milho verde e silagem, tendo como características ciclo semi-precoce, em média 115 dias para ensilagem e 144 dias para colheita de grãos; alta produção de grãos e de matéria fresca de boa digestibilidade. A semeadura do milho foi realizada no vigésimo primeiro dia após a aplicação da manipueira no solo, tempo necessário para estabilização de seus nutrientes e evaporação do ácido cianídrico. Em cada vaso foi disposta apenas uma semente a cerca de um centímetro de profundidade e o cultivo durou 42 dias, período em que a planta apresenta seis pares de folhas totalmente desdobradas e antecede a emissão do pendão, segundo Fancelli (1986).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 4; com oito repetições, totalizando 64 parcelas experimentais. Os fatores de estudo da pesquisa foram: solos (2 níveis), sendo um com textura arenosa e outro com textura franco-argilo-arenosa; e doses de manipueira (4 níveis), 0; 11,2; 22,4; e 44,8 m³ ha⁻¹.

As doses de manipueira foram determinadas levando-se em consideração a concentração de potássio nela existente e no solo, bem como a exigência desse nutriente pela cultura do milho, que é 20 kg ha⁻¹, de acordo com a recomendação proposta por IPA (2008). Frisa-se, ainda, que não foi necessário realizar calagem e também não se utilizou adubação mineral durante o experimento, com o intuito de avaliar apenas o efeito que o uso da manipueira exerceu sobre a cultura.

Para acompanhar o desenvolvimento das plantas foram monitorados os seguintes parâmetros: altura de plantas (AP), diâmetro de colmo (DC) e número de folhas (NF), com frequência semanal; massa verde (MFPA) e massa seca (MSPA) da parte aérea das plantas,

ao final do experimento, conforme metodologia proposta por Benincasa (2003). Também, foram determinados os teores de P, K⁺ e Na⁺ no tecido vegetal, segundo a metodologia descrita por Bezerra Neto & Barreto (2004).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância utilizando o software estatístico SISVAR, com níveis de significância de 5% para o teste de F e as médias comparadas através do teste de Tukey a 1% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo os dados, Tabela 3, observa-se efeito significativo do fator isolado Solo para matéria fresca da parte aérea em nível de significância de 1% de probabilidade; efeito significativo do fator isolado Dose para as variáveis altura de planta e matéria fresca da parte aérea em nível de significância igual a 1% de probabilidade e; efeito significativo em nível de significância de 5% ocasionado pelo fator isolado solo para a variável número de folhas. Além disso, se verifica que a interação Doses x Solos foi significativa a 5% de probabilidade para a variável massa seca da parte aérea e o diâmetro de colmo não sofreu efeito significativo de nenhum dos fatores isolados, bem como da interação destes fatores.

Tabela 3. Resumo da ANOVA para altura de planta (AP), diâmetro de colmo (DC), número de folhas (NF), matéria fresca (MFPA) e matéria seca (MSPA) da parte aérea das plantas

Fontes de variação	GL	Quadrado médio				
		AP	DC	NF	MFPA	MSPA
Doses	3	451,2 ^{**}	0,063 ^{ns}	0,124167 ^{ns}	5089,060 ^{**}	16,84 ^{ns}
Solos	1	3,37 ^{ns}	0,001 ^{ns}	1,562500 [*]	17556,25 ^{***}	42,90 ^{ns}
Doses x Solo	3	75,8 ^{ns}	0,053 ^{ns}	0,384167 ^{ns}	1443,75 ^{ns}	47,53 [*]
Resíduo	56	86,1	0,029	0,226607	940,29	13,51 ^{ns}
CV (%)		10,7	11,4	5,76	12,95	16,26

ns - Não significativo até 5%; *, ** e *** Significativos a 5, 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; CV: Coeficiente de Variação.

Apos constatado o efeito significativo das doses de manipueira na variável altura de plantas pelo teste F, realizou-se a regressão dos dados, sendo o modelo linear o que melhor se ajustou aos dados médios desta variável em função das doses crescentes de manipueira. O modelo obtido, equação de regressão e o coeficiente de correlação (R^2) estão explícitos na Figura 1.

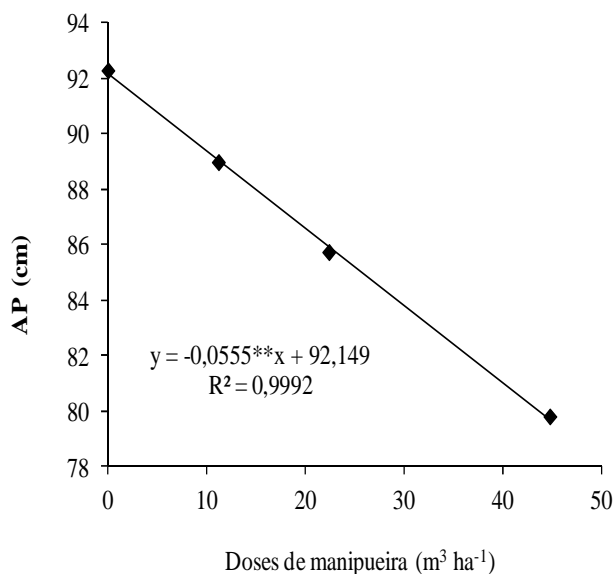


Figura 1. Altura das plantas de milho em função de doses crescentes de manureira

Pode se observar, Figura 1, que o aumento das doses de manureira ocasionou um decréscimo significativo na altura das plantas de milho, sendo que na ausência de manureira a altura média das plantas foi igual a 92,3 cm e quando aplicada a maior dose efluente ($44,8 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), o valor médio da altura das plantas foi de 79,8 cm, decaindo, aproximadamente, 14%.

Pelos dados expostos, Tabela 3, observa-se que o diâmetro de colmo das plantas não sofreu efeito significativo dos fatores isolados Dose e Solo, bem como da interação entre os dois fatores. Os valores médios dos diâmetros de colmo foram iguais a 1,43 mm para plantas cultivadas no solo que não recebeu manureira e 1,57 mm para as plantas cultivadas no solo que recebeu a maior dose de manureira ($44,8 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$). Ainda assim, nota-se, a partir dos dados apresentados na Figura 2, que o diâmetro de colmo tendeu a aumentar com o aumento das doses de manureira aplicadas ao solo. O comportamento apresentado pelas plantas cultivadas no experimento, ou seja, plantas menores e mais robustas, corroboram as observações realizadas por Andreotti et al. (2001), quando cultivaram milho sob níveis crescentes de adubação potássica e concluíram que a adição de potássio resultou em colmos mais grossos e mais resistentes ao acamamento e ao quebramento.

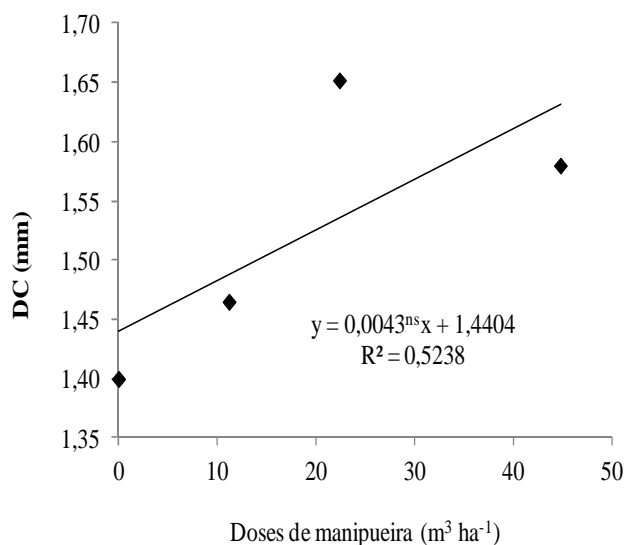


Figura 2. Diâmetro de colmo das plantas de milho em função de doses crescentes de manureira

As respostas encontradas para as variáveis altura de planta e diâmetro de colmo, possivelmente, deve estar relacionada aos elementos existentes em excesso na manureira, os quais, quando adicionados ao solo, podem provocar restrições no crescimento, no conteúdo da matéria fresca e seca da parte aérea e radicular das plantas, bem como alterar os estádios vegetativos e reprodutivos (Bovi et al., 2002).

Fageria (2001) afirma que nas culturas, as interações entre nutrientes são medidas através da resposta de crescimento e mudanças nos teores de nutrientes na planta. As interações entre os nutrientes podem ser sinérgicas ou antagônicas, dependendo da resposta de crescimento das plantas.

Para as variáveis altura de planta e diâmetro de colmo, os resultados aqui obtidos discordam dos resultados apresentados por Saraiva et al. (2007), quando constataram que o uso de manureira tratada como fonte de adubação na cultura do milho aumentou a altura e o diâmetro do colmo das plantas em um período experimental de oitenta dias. Por outro lado, os autores ressaltam que as plantas que receberam maiores dosagens do resíduo concentrado apresentaram maiores diâmetros de colmo do que as que receberam adubação mineral e o resíduo diluído.

Ribas et al. (2010) afirmam que as características agronômicas do milho estudadas, dentre elas, a altura de plantas e diâmetro de colmo, não foram afetadas negativamente pela adubação com manureira tratada e agentes alcalinos.

É necessário ressaltar que a manipueira utilizada nos dois trabalhos citados anteriormente foi tratada antes de sua utilização, ocorrendo, com isto, uma redução dos nutrientes presentes na manipueira, sobretudo, K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Fe e Zn, os quais em excesso podem ser prejudiciais às plantas.

A diminuição da altura de plantas foi verificada por Duarte et al. (2012) quando aplicaram manipueira “in natura” no solo cultivado com alface e constataram que doses acima de $45\text{ m}^3\text{ ha}^{-1}$ de manipueira suprimiram o crescimento das plantas, evidenciando, neste caso, o efeito prejudicial da manipueira às plantas de alface, se utilizadas doses superiores a $45\text{ m}^3\text{ ha}^{-1}$.

Quanto ao número de folhas das plantas, verifica-se que a variável foi afetada significativamente pelo tipo de solo (Tabela 3). O número médio de folhas das plantas cultivadas no Solo 1 foi igual a 8,42 e, no Solo 2, decresceu para 8,11. Andreotti et al. (2001), também, observaram que o número de folhas do milho submetido à doses crescentes de adubação potássica e à diferentes saturação por bases foi maior no solo arenoso do que no solo argiloso. Segundo os autores, este fato que se deu, possivelmente, devido a maior disponibilidade de nutrientes na solução desse solo, nos períodos iniciais de crescimento da cultura. Saraiva et al. (2007) não encontraram diferenças significativas no número de folhas das plantas de milho fertilizado com manipueira tratada e adubação mineral.

Pelo teste F, verifica-se que os fatores isolados Dose e Solo exerceram influência significativa na matéria fresca da parte aérea das plantas (Tabela 3), sendo obtido, através da análise de regressão dos dados, o modelo linear que se ajustou aos dados médios de matéria fresca da parte aérea das plantas em decorrência da aplicação das doses crescentes de manipueira no solo (Figura 3).

Observa-se pelos dados, Figura 3, que o maior e o menor acúmulo de matéria fresca da parte aérea das plantas foram iguais a $254,7$ e $222,7\text{ g planta}^{-1}$, respectivamente, sugerindo que os nutrientes encontrados em tal resíduo foram aproveitados pelas plantas.

Concordando com os dados obtidos neste estudo, Cardoso et al. (2009) cultivaram milho e relataram que as plantas cultivadas em área adubada com manipueira tratada apresentaram maior produção de matéria fresca da parte aérea do que as plantas cultivadas em solo adubado com fertilizante mineral, sendo este aumento creditado aos nutrientes presentes na manipueira, principalmente aos elementos potássio e nitrogênio. Ao utilizar doses iguais a 150 , 400 e $900\text{ m}^3\text{ ha}^{-1}$ de manipueira maturada na cultura do sorgo, Silva et al. (2004) concluíram a dose $900\text{ m}^3\text{ ha}^{-1}$ foi a que melhor contribuiu para aumento da

produção de matéria fresca e desenvolvimento das plantas. O incremento na produção de matéria fresca em hortícolas em função do uso de manipueira como fonte de adubação também foi relatado em trabalhos realizados por Santos et al. (2010) e Duarte et al. (2012).

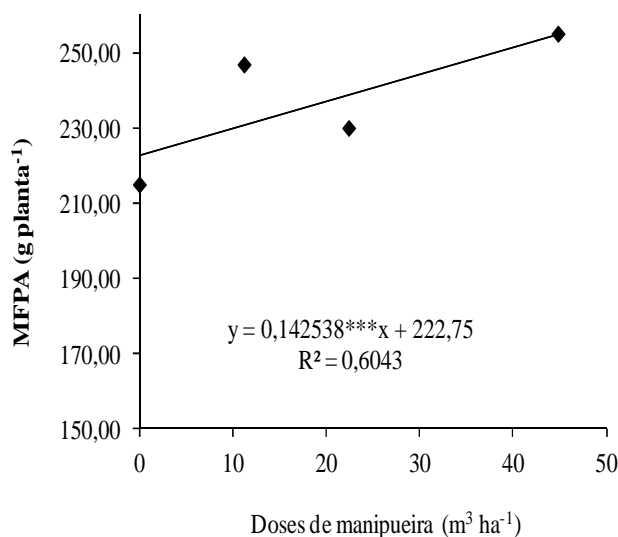


Figura 3. Massa fresca da parte aérea das plantas de milho em função de doses crescentes de manipueira

Ao contrario, Vieites (1998) observou que o uso de manipueira como alternativa à adubação foliar contribuiu para aumentar o rendimento dos frutos comercializáveis do tomateiro, mas só foi eficiente após a complementação com adubação mineral. Além disso, Marini & Marinho (2011) avaliaram que a aplicação de manipueira não influenciou significativamente na produção de mexerica.

Apesar da utilização de resíduos orgânicos como fonte de adubação para diferentes culturas ser uma alternativa viável e trazer bons rendimentos, dificilmente são obtidas produções iguais ou superiores às conseguidas com a adubação mineral (Gomes et al. 2005). Entretanto, diversos trabalhos apontam que a junção da adubação orgânica com a adubação mineral pode maximizar a produtividade agrícola e reduzir custos com fertilizantes, além de melhorar a qualidade ambiental.

Comparando o efeito de diferentes doses de adubos orgânicos (esterco) e adubação mineral na cultura do milho, Huang et al. (2010) concluíram que, em curto prazo, a adubação mineral garantiu uma boa produção, porém em períodos consecutivos de cultivo, ela não foi capaz de garantir melhoras no rendimento da cultura; já quando a adubação mineral foi utilizada em conjunto com a adubação orgânica, a produtividade das plantas foi significativamente superior em todos os períodos do cultivo. Resposta semelhante foi

conseguida por Cavallaro Júnior et al. (2009), quando utilizaram diferentes resíduos associados à adubação mineral no cultivo do tomate e da rúcula.

De acordo com os dados apresentados, Tabela 3, observa-se que o fator isolado Solo influenciou significativamente na matéria fresca da parte aérea das plantas, sendo que as plantas cultivadas no Solo 2 mostraram-se superiores (253,3 g planta⁻¹), termos de matéria fresca da parte aérea, do que as plantas cultivadas no Solo 1 (220,1 g planta⁻¹).

O fato de as plantas cultivadas no Solo 2 (franco-argilo-arenoso) apresentarem maior conteúdo de matéria fresca da parte aérea do que as plantas cultivadas no Solo 1 (arenoso) parece estar relacionado com a retenção de nutrientes (P, K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺) pela fração argila, uma vez que o teor de argila afeta a disponibilidade e a mobilidade dos nutrientes, bem como teor de água no solo, fatores que favorecem a redução de difusão dos nutrientes entre o solo às raízes das plantas, conforme assinala Sangoi et al. (2009). Os resultados neste estudo concordam com as observações realizadas por Mélo et al. (2006), quando estudaram o deslocamento de cátions advindos da adição de manipueira em três tipos de solos do Estado de Minas Gerais.

Na Tabela 3 é possível observar que a variável matéria seca da parte aérea das plantas não foi afetada significativamente pelos fatores isolados Dose e Solo, porém a interação dos fatores foi significativa a 5%. Pelo desdobramento da interação, verificou-se efeito significativo sobre a matéria seca da parte aérea das plantas quando as doses de manipueira foram aplicadas no Solo 2 (franco-argilo-arenoso); concordando com as respostas encontradas para a variável matéria fresca da parte aérea.

Na Tabela 4 estão expostos os resultados da ANOVA para os elementos N, P e K⁺ no tecido foliar das plantas cultivadas no experimento. Verifica-se efeito significativo em nível de probabilidade igual a 1% do fator isolado Solo para o elemento N e; dos fatores isolados Dose e Solo para o elemento K⁺ no tecido foliar das plantas. Para os demais elementos, não houve efeito significativo de nenhum dos fatores isolados, bem como de sua interação.

Para o elemento nitrogênio (Tabela 4), observa-se que o teor deste nutriente no tecido foliar foi altamente influenciado pelo tipo de solo, sendo que as plantas cultivadas no Solo 2 apresentaram maior teor de N foliar do que as do Solo 1. Para as plantas cultivadas no Solo 1, o teor médio de nitrogênio no tecido foliar variou de 19,7 a 23,2 g kg⁻¹, na ausência e na presença da maior dose de manipueira, respectivamente; já nas plantas cultivadas no Solo 2, quando se incorporou manipueira ao solo, o teor médio de nitrogênio foliar foi de 24,8 g Kg⁻¹, elevando-se para 27,3 g kg⁻¹ quando se utilizou a maior dose

deste resíduo (Figura 4A).

Tabela 4. Resumo da ANOVA para os elementos N, P, e K⁺ no tecido foliar das plantas

Fontes de variação	GL	Quadrado médio		
		N	P	K ⁺
Doses	3	28,207539 ^{ns}	2,220122 ^{ns}	495,138702 ^{***}
Solos	1	345,727539 ^{***}	1,772227 ^{ns}	541,900202 ^{***}
Doses x Solo	3	3,697331 ^{ns}	0,219781 ^{ns}	12,647802 ^{ns}
Resíduo	56	15,248789	0,597247	58,619464
CV (%)		16,59	24,28	17,29

ns - Não significativo até 5%; *, ** e *** Significativos a 5, 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; CV: Coeficiente de Variação.

Este fato, ao que parece, está relacionado com a maior fração de argila contida no Solo 2, que pode ter retido mais água (maior umidade), favorecendo a mineralização da matéria orgânica adicionada pela manipueira, disponibilizando maiores quantidades de N que foram prontamente retiradas pelas plantas, conforme Ernani et al. (2005).

Com relação ao teor de fósforo no tecido foliar, observa-se que este elemento não sofreu efeito significativo dos fatores isolados, bem como da interação dos fatores Dose e Solo. Porém, mediante a Figura 4B, é possível observar uma tendência do teor médio de fósforo no tecido foliar aumentar com o acréscimo de manipueira nos solos. As plantas cultivadas no Solo 1 acumularam maior teor de fósforo no tecido foliar (3,75 g Kg⁻¹) do que as plantas cultivadas no Solo 2 (3,52 g Kg⁻¹) quando se utilizou a maior dose de manipueira. A imobilização do fósforo adicionado pela manipueira pelas partículas de argila contidas no Solo 2 parece ter contribuído para a menor absorção deste nutriente por parte das plantas, como ressalta Malavolta et al. (1997).

De acordo de Malavolta et al. (1997), o teor médio de nitrogênio do tecido foliar das plantas ficaram abaixo do recomendado, que é de 27,5 a 32,5 g Kg⁻¹; com relação ao fósforo, a recomendação dos autores, é que o teor varie de 2,5 a 3,5 g Kg⁻¹, evidenciando que as plantas mostraram teores adequados de fósforo no tecido foliar. Contudo, é necessário ressaltar, que as plantas não apresentaram sintomas visuais de deficiência de nitrogênio durante o período experimental.

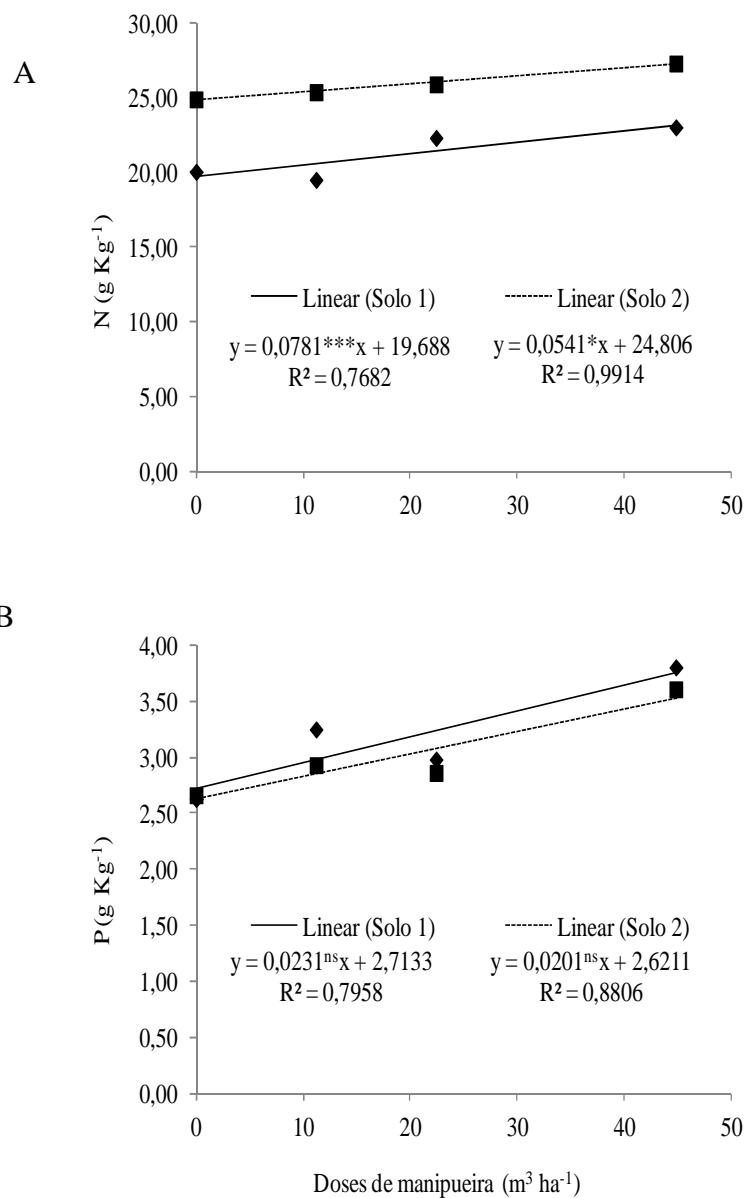


Figura 4. Teores de nitrogênio (A) e fósforo (B) no tecido foliar das plantas de milho em função de doses crescentes de manureira

Quanto ao acúmulo de potássio na planta, verifica-se que o teor médio deste nutriente sofreu efeito significativo dos fatores Dose e Solo (Tabela 4), porém a interação de tais fatores não foi significativa. Na Figura 5, são apresentados os modelos que se ajustaram aos dados médios do teor de potássio no tecido foliar das plantas cultivadas nos Solos 1 e 2 em função do aumento das doses de manureira.

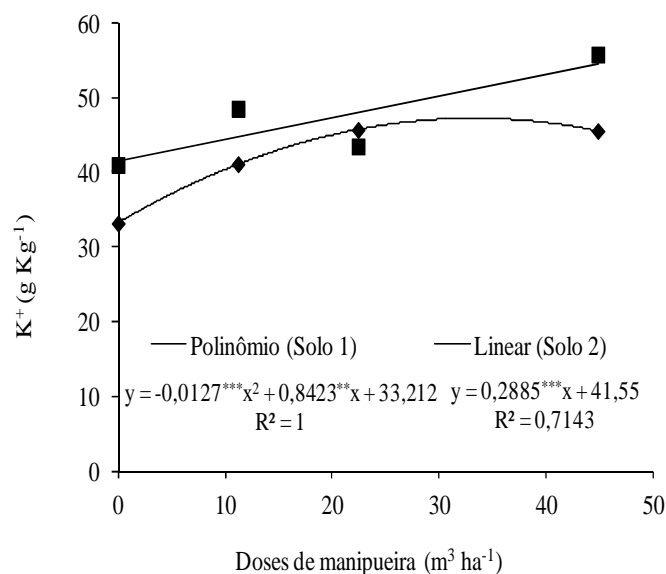


Figura 5. Teores de potássio no tecido foliar das plantas de milho em função de doses crescentes de manureira

Verifica-se que na ausência de manureira, os teores médios de potássio nos Solos 1 e 2 foram iguais a 33,3 $g kg^{-1}$ e 41,5 $g kg^{-1}$, respectivamente; enquanto para a maior dose de manureira (44,8 $m^3 ha^{-1}$), estes teores elevaram-se para 45,4 $g kg^{-1}$ nas plantas cultivadas no Solo 1 e 54,8 $g kg^{-1}$ nas plantas cultivadas no Solo 2, evidenciando um aumento em torno de 22% no teor de potássio no tecido foliar das plantas cultivadas nos dois solos.

Os resultados permitem inferir que o potássio proveniente da manureira incorporada ao solo foi intensamente retirado pelas plantas, sendo que os teores de potássio no tecido foliar ficaram acima do recomendado por Malavolta et al. (1997) que é de 17,5 a 22,5 $g kg^{-1}$. As repostas aqui obtidas concordam com os resultados obtidos por Inoue et al. (2011) e Ribas et al. (2010), porém divergem das respostas encontradas por Saraiva et al. (2007), quando constataram que o potássio advindo da manureira tratada não foi suficiente para manter níveis adequados deste nutriente no tecido foliar das plantas.

CONCLUSÕES

1. O aumento das doses de manureira suprimiu a altura de plantas, porém não influenciou significativamente as variáveis diâmetro de colmo, número de folhas e massa seca das plantas.

2. O uso da manipueira propiciou acréscimo no conteúdo de massa fresca da parte aérea das plantas, sendo que tal conteúdo foi maior nas plantas cultivadas no Solo 2.
3. A manipueira foi uma fonte adequada de fósforo e potássio para o milho, uma vez que os teores destes elementos no tecido foliar foram considerados adequados.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Associação dos Produtores de Mandioca do município de Vitória de Santo Antão e ao Sr. Paulo pela concessão da manipueira utilizada no experimento e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo auxílio financeiro.

LITERATURA CITADA

- Andreotti, A.; Rodrigues, J. D.; Crusciol, C. A. C.; Souza, E. C. A.; Bull, L. T. Crescimento do milho em função da saturação por bases e da adubação potássica. *Scientia Agricola*, v.58, p.145-150, 2001.
- APHA - American Public Health Association, AWWA - American Water Works Association, WPCF - Washington Press Club Foundation. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington: American Public Health Association, 17.ed. 1995. 2198p.
- Barana, A. C.; Cereda, M. P. Cassava wastewater (*manipueira*) treatment using a two-phase anaerobic biodigestor. *Ciência e Tecnologia Alimentar*, v.20, p.183-186, 2000.
- Benincasa, M. M. P. Análise de crescimento de plantas: Noções básicas. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p.
- Bezerra Neto, E.; Barreto, L. P. Métodos de análises químicas em plantas. Recife: UFRPE, 2004. 148p.
- Bovi, M. L. A.; Godoy Júnior, G.; Spiering, S. H. Respostas de crescimento da pupunheira à adubação NPK. *Scientia Agricola*, v.59, n.1, p.161-166, 2002.
- 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, p.1-8, 2009.
- Campos, A. T.; Daga, J.; Rodrigues, E. E.; Franzener, G.; Suguy, M. M.; Sypperreck, V. I.

- G. Tratamento de águas residuárias de fecularia por meio de lagoas de estabilização. *Engenharia Agrícola*, v.26, p.235-242, 2006.
- Cavallaro Júnior, Trani, P. E.; Passos, F. A.; Kunh Neto, J.; Tivelli, S. W. Produtividade de rúcula e tomate em função da adubação N e P orgânica e Mineral. *Bragantia*, v.68, p.347-356, 2009.
- 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, p.262– 267, 2012.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: EMBRAPA, 1999. 370p.
- Ernani, P. R.; Sangoi, L.; Lech, V. A.; Rampazzo, C. A forma de aplicação da uréia e dos resíduos vegetais afeta a disponibilidade de nitrogênio. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.35, p.360-365, 2005.
- Fancelli, A. L. Plantas Alimentícias: guia para aula, estudos e discussão. Piracicaba: ESALQ, 1986. 131p. Dissertação Mestrado.
- Fageria, N. K. Nutrient interactions in crop plants. *Journal of Plant Nutrition*, v.24, p.1269-1290, 2001.
- Gomes, J. A., Scapim, C. A., Braccini, A. L.; Filho, P. S. V.; Sagrilo, E.; Moura, F. Adubação orgânica e mineral, produtividade de milho e características físicas e químicas de um Argissolo vermelho amarelo. *Acta Scientiarum Agronomy*, v.27, p. 521-529, 2005.
- Inoue, K. R. A.; Souza, C. F.; Matos, A. T.; Santos, N. T.; Ferreira, W. P. M. Concentração de nutrientes em plantas de milho adubadas e biofertilizantes obtidos na digestão anaeróbia da manipueira. *Engenharia na Agricultura*, v.19, p.236-243, 2011.
- Huang, S., Zhang, W., Yu, X., Huang, Q.. Effects of long-term fertilization on corn productivity and its sustainability in an Ultisol of southern China. *Agriculture Ecosystem Environment*, v. 138, p.44-50, 2010.
- IPA - Instituto Agrônomo de Pernambuco. Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco. Recife: IPA, 2008. 64p.
- Laufenberg, G. Transformation of vegetable waste into added products: (A) the upgrading concept; (B) practical implementations. *Bioresource Technology*, v.87, p.167-198, 2003.

- Malavolta, E. Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.
- Marini, F. S.; Marinho, C. S. Adubação complementar para a mexeriqueira 'Rio' em sistema de cultivo orgânico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 15, p. 562-568, 2011.
- Mélo, R. F.; Ferreira, P. A.; Ruiz, H. A.; Matos, A. T.; Oliveira, L. B. O. Deslocamento miscível de cátions básicos provenientes da água residuária de mandioca em colunas de solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 10, p. 456-465, 2006.
- Ribas, M. M. F.; Cereda, M.P.; Villas Boas, R.L. Use of cassava wastewater treated anaerobically with alkaline agents as fertilizer for maize (*Zea mays* L.). *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v.53, p.55-62, 2010.
- Sangoi, L.; Ernani, P. R.; Bianchet, P.; Vargas, V. P.; Picolli, G. J. Efeito de doses de cloreto de potássio sobre a germinação e o crescimento inicial do milho, em solos com texturas contrastantes. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.8, p.187-197, 2009.
- Santos, M. H. V.; Araújo, A C.; Santos, D. M. R.; Lima, N. S.; Lima, A. C. A.; Lima, C. L. C.; Santiago, A. D. Uso da manipueira como fonte de potássio na cultura da alface (*Lactuca sativa*, L.) cultivada em casa-de-vegetação. *Acta Scientiarum Agronomy*, v.32, p.729-733, 2010.
- Saraiva, F. Z.; Sampaio, S. C.; Silvestre, M. G.; Queiroz, M. M. F.; Nóbrega, L. H. P.; Gomes, B. M. Uso de manipueira no desenvolvimento vegetativo do milho em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 11, p. 30-36, 2007.
- 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, p.421-427, 2004.
- Schwengber, J. A. M.; Silva, F. F.; Smiderle, O. J.; Schewengber, D. R. Nodulação do feijão-caupi em função da aplicação de três águas de farinha. *Revista em Agronegócios e Meio Ambiente*, v.3, p.135-146, 2010.
- Vieites, R. L. Efeitos da adubação com manipueira sobre o rendimento e qualidade dos frutos de tomate. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.33, p.45-47, 1998.
- Wosiacki, G.; Cereda, M. P. Valorização de resíduos de processamento da mandioca. *Publicatio UEPG*, v.8, p.27-43, 2002.

CAPÍTULO III

ATRIBUTOS QUÍMICOS DE DOIS SOLOS SUBMETIDOS À APLICAÇÃO DE DOSES CRESCENTES DE MANIPUEIRA

Resumo: A manipueira é um resíduo líquido rico em matéria orgânica e nutrientes, principalmente, potássio, nitrogênio, fósforo, magnésio, cálcio e sódio, e por isto, se descartada de forma indiscriminada pode causar degradação ambiental. Por outro lado, tal resíduo tem potencial para ser reaproveitado como adubo se utilizado racionalmente. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar as alterações nos atributos químicos de dois solos submetidos à aplicação de doses crescentes de manipueira. O experimento foi conduzido em ambiente protegido em delineamento inteiramente casualizado, com 5 tratamentos compostos das seguintes doses: 0, 27, 54, 108 e 216 m³ ha⁻¹ e três repetições. Após 42 dias de incubação, foram determinados os seguintes parâmetros do solo: pH, condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CE_{es}), teores de P, K⁺, Na⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺. Ao final do experimento, constatou-se que a incorporação da manipueira promoveu a elevação do pH, da CE_{es} e dos teores de cátions nos solos estudados, principalmente, o potássio; a textura do solo e o aumento do pH do solo influenciaram na adsorção do fósforo.

Palavras-chave: *Manihot esculenta* Crantz, água residuária, reúso, adubação

Chemical characteristics of two soils under cassava wastewater application

Abstract: Cassava wastewater is a residual liquid rich in organic matter and nutrients, especially potassium, nitrogen, phosphorus, magnesium, calcium and sodium, and, if disposed of indiscriminately can cause environmental degradation. However, such a waste has the potential to be reused as fertilizers if used rationally. The objective of this study was to evaluate changes in chemical properties of two soils under the application of increasing doses of cassava wastewater. The experiment was conducted in a greenhouse in a randomized design with five treatments composed of the following doses: 0, 27, 54, 108 and 216 m³ ha⁻¹ and three replicates. After 42 days of incubation, were determined following soil parameters: pH, CE of saturation extract of soil (CE_{es}), levels of P, K⁺, Na⁺, Ca²⁺ and Mg²⁺. At the end of the experiment, it was found that the incorporation of

cassava wastewater promoted the elevation of pH, CE and the levels of cations in the soils, mainly potassium, soil texture and increase in soil pH influenced the adsorption of phosphorus.

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

INTRODUÇÃO

Os resíduos gerados em atividades agroindustriais apresentam aspectos importantes como composição química e quantidade gerada, que devem ser considerados tendo em vista o reúso agrícola. De acordo com esses aspectos, 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 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, no qual se faz a farinha e a extração da 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, o que pode aumentar a degradação do meio ambiente, considerando as quantidades geradas e falta de tratamento de tais efluentes antes de seu descarte.

De acordo com Cardoso *et al.* (2009), dentre os resíduos gerados no processamento da mandioca, têm-se os sólidos (terra, casca, massa fibrosa) e os líquidos (água de lavagem das raízes, e água da extração de fécula ou manipueira), sendo todos ricos em nutrientes e, portanto, interessantes para o uso em solos agrícolas, aumentando a sua fertilidade.

A manipueira é como 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 à 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 no meio ambiente, pode aumentar a 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 as grandes quantidades de nitrogênio, fósforo e, principalmente, potássio. O potássio é um dos elementos essenciais às plantas, sendo o cátion mais abundante nas células dos vegetais, primordial para a ativação de muitas enzimas que participam do metabolismo das plantas, por isso, são demandadas grandes quantidades de adubação potássica para garantir a produtividade e a qualidade dos cultivos (Dechen & Nachtigall, 2007).

O potássio da solução do solo, assim como os outros cátions, está diretamente disponível para as plantas e, em determinadas condições, poderá ser perdido por lixiviação, em função de características como: drenagem do solo, intensidade de precipitação pluviométrica, tipo de cobertura vegetal e doses de fertilizantes potássicos (Wadt *et al.*, 2005).

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

Desta forma e devido ao grande volume gerado de manipueira que, na maioria das vezes, é descartado no meio ambiente de forma indiscriminada, tal como à facilidade e ao baixo custo de obtenção do resíduo junto às casas de farinha, o objetivo deste estudo foi avaliar as alterações das características químicas de solos com texturas distintas decorrentes da aplicação de doses crescentes de manipueira.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido 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.

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 mm, para posterior determinação de alguns atributos físicos e químicos dos solos antes (Tabela 5) e após a incorporação de manipueira, conforme metodologia proposta pela Embrapa (1999).

Tabela 5. Características físicas e químicas do solo utilizado antes do cultivo

Parâmetros	Teor	
	Solo 1	Solo 2
Areia (g kg ⁻¹)	698,5	642,3
Silte (g kg ⁻¹)	170,5	75,7
Argila (g kg ⁻¹)	131,0	282,0
CEes (dS m ⁻¹)	0,41	0,52
pH em água	5,90	5,60
Potássio (cmolc kg ⁻¹)	0,30	0,35
Sódio (cmolc kg ⁻¹)	0,15	0,12
Fósforo (mg kg ⁻¹)	12,68	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 6) 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 proposta por APHA (1995).

O solo foi acondicionado em vasos com capacidade igual a 3 L, preenchidos com 500 g de brita número 0 (para permitir a drenagem da água), manta de bidim (utilizada para evitar a perda de solo) e 2.000 g de solo. Após a montagem, o solo contido em cada vaso foi saturado por capilaridade e em seguida foram aplicadas as doses pré-estabelecidas de manipueira. Após a incorporação da manipueira, os vasos foram envoltos em papel alumínio e o solo ficou incubado por um período de 21 dias, para que os efeitos ocasionados pelo ácido cianídrico contido na manipueira fossem erradicados e não comprometessem o desenvolvimento das culturas a serem cultivadas. Foram detectados, após a aplicação da manipueira, presença de larvas e odor fétido característico que desapareceram ao longo do experimento.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 5; com três repetições; sendo para o solo (2 níveis), um com textura arenosa e outro franco-argilo-arenosa; e para as doses de manipueira (5 níveis), 0, 27, 54, 108 e 216 m³ ha⁻¹.

A dose inicial (27 m³ ha⁻¹) foi calculada como base na concentração de potássio existente na manipueira e nos solos, bem como de forma a acrescentar 80 kg ha⁻¹ de potássio, quantidade próxima daquela indicada para a cultura de milho em solos de fertilidade baixa, segundo IPA (2008). Cabe ressaltar que apesar dos solos utilizados no experimento terem sido indicados como adequados quanto ao aporte de potássio, optou-se por utilizar a dose

máxima de adubação potássica recomendada, tendo em vista que o potássio é muito lixiviável e poderia acarretar problemas aos cultivos futuros.

Tabela 6. Características físicas e químicas da manipueira

Parâmetros	Teor
Sólidos totais (mg L ⁻¹)	65.773,5
Sólidos totais voláteis (mg L ⁻¹)	47.327,0
Sólidos totais fixos (mg L ⁻¹)	18.446,5
DQO (mg de O ₂ L ⁻¹)	82.871,1
DBO (mg de O ₂ L ⁻¹)	44.624,2
Condutividade elétrica (dS m ⁻¹)	7,81
pH	5,83
Potássio (mg L ⁻¹)	5.900,0
Nitrogênio (mg L ⁻¹)	1.592,3
Fósforo (mg L ⁻¹)	667,5
Sódio (mg L ⁻¹)	126,0
Magnésio (mg L ⁻¹)	1.532,3
Cálcio (mg L ⁻¹)	379,0

A caracterização dos atributos químicos do solo, após a incorporação de manipueira, foi feita segundo a metodologia indicada por EMBRAPA (1999), determinando-se os seguintes parâmetros: condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) pelo método eletrométrico e pH em água no extrato de saturação pelo método potenciométrico e; concentrações trocáveis de P, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ e Na⁺ obtidas através da solução extratora Mehlich-1 (HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹), sendo a leitura feita por colorimetria, espectrofotometria e fotometria de chama, respectivamente.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância utilizando o software estatístico SISVAR, com níveis de significância de 5% para o teste de F e as médias comparadas através do teste de Tukey a 1% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se um aumento significativo do pH, nos dois solos, em função da aplicação de doses crescentes de manipueira (Figura 6), sendo que o menor e o maior valor do pH no Solo 1 foram iguais a 5,74 e 7,82 para as doses 27 e 216 m³ ha⁻¹, respectivamente. Quanto ao Solo 2, o menor valor de pH foi de 5,11 para a dose de 27 m³ ha⁻¹ e o maior valor foi igual 7,63 para a dose igual a 216 m³ ha⁻¹, equivalendo a um aumento de 32 %.

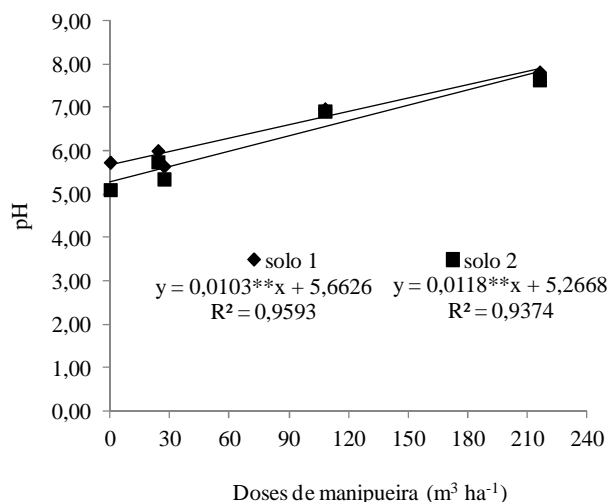


Figura 6. Variação do pH em função das doses de manureira aplicadas no solo

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 que é uma das principais limitações da produção agrícola (Malavolta *et al.*, 2007).

Infere-se que a adição de manureira ao solo contribuiu para o aumento do pH, uma vez que tal resíduo continha um alto teor de cátions, principalmente, K^+ e Mg^{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).

Corroborando com os resultados obtidos, Mélo *et al.* (2005), 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 conseguido por Guedes *et al.* (2006), quando constataram o aumento do pH do solo em função do uso de doses de lodo de esgoto para no eucalipto; 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 nas estações de tratamento de esgotos. Entretanto, Silva *et al.* (2004) constataram a diminuição do pH do solo decorrente da aplicação doses (150, 450 e 900 m³ ha⁻¹) de manureira tratada como fonte de adubação para a cultura do sorgo.

Analisando-se os dados expostos na Figura 7, constata-se um aumento significativo da CEEs em virtude da incorporação de doses crescentes de manureira aos solos. A CEEs do

Solo 1 foi de 0,72 e 4,49 dS m⁻¹ para a doses de 27 e 216 m³ ha⁻¹, respectivamente, representando uma elevação de 84% deste parâmetro. Com relação ao Solo 2, constata-se que a aplicação de manipueira também ocasionou um efeito linear crescente da CEes, uma vez que a CEes média para a testemunha e para a maior dose de manipueira foi 2,34 e 4,80 dS m⁻¹, evidenciando que o teor de cátions presentes no resíduo, como K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ e Na⁺, contribuiu para o aumento da CEes do solo conforme relata Mélo et al. (2005).

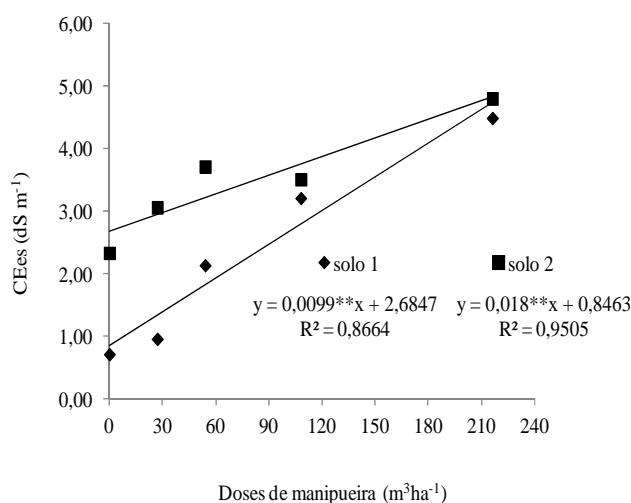


Figura 7. Condutividade elétrica em função das doses de manipueira aplicadas no solo

As respostas obtidas com relação à CEes do solo, corroboram as encontradas por Saraiva et al. (2007), quando utilizaram manipueira tratada como fonte de adubação para a cultura do milho. Utilizando efluente gerado pela fabricação de vinhos como fonte alternativa de adubação, Nóvoa-Muñoz *et al.* (2008) relataram que a CEes do solo aumentou em função do aumento 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 8), para ambos os solos, observa-se que houve um efeito linear crescente, ou seja, quanto maior as doses de manipueira incorporadas nos solos, maior o teor de potássio trocável. Verifica-se, de acordo com os dados expostos que o teor de potássio no Solo 1 variou de 0,30 cmol_c dm⁻³ (testemunha) a 3,61 cmol_c dm⁻³ (216 m³ha⁻¹), enquanto para o Solo 2, o teor foi de 0,35 cmol_c dm⁻³ e 3,99 cmol_c dm⁻³ para as doses iguais a 0 e 216 m³ha⁻¹, respectivamente. Acredita-se que o alto teor de potássio existente na manipueira tenha sido responsável pelo acréscimo significativo do cátion nos dois solos, conforme afirmam Alves (2010) e Cardoso et al. (2009), quando utilizaram a

manipueira em substituição à adubação mineral com intuito de estudar o desenvolvimento de culturas como a alface, a rúcula e o milho.

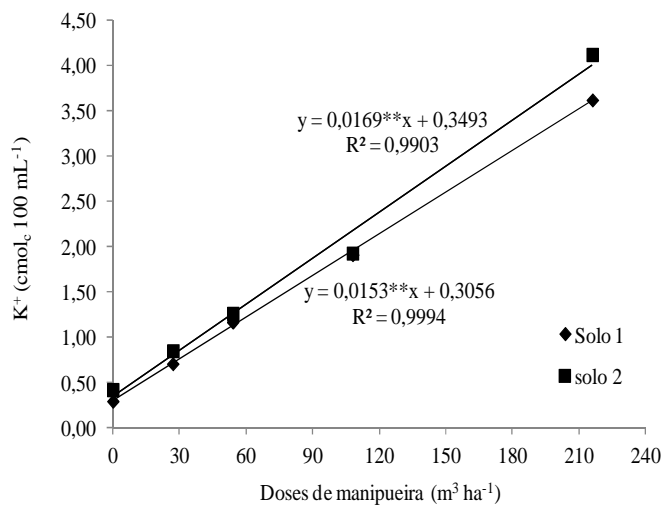


Figura 8. Concentração de potássio no solo em função das doses de manipueira aplicadas no solo

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 no solo aumentaram em virtude da aplicação de doses crescentes de manipueira em solos cujas classes textural eram arenosa, areno-argilosa e argilosa.

Saraiva *et al.* (2007) obtiveram níveis de potássio no solo considerados altos ao utilizarem manipueira tratada por lagoas de decantação quando a dose foi igual a 632 m³ ha⁻¹. Um acréscimo significativo de potássio trocável no solo, que variou de 0,5 a 1,05 cmolc dm⁻³, 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.

Entretanto, Silva *et al.* (2004), ao analisarem o íon potássio, verificaram que houve diminuição deste elemento no solo com o aumento de 150 m³ ha⁻¹ para 450 m³ ha⁻¹ de manipueira. De acordo com os referidos autores, a diminuição foi favorecida pela lixiviação causada pelas intensas precipitações no período experimental (549,9 mm).

Observa-se, por meio dos dados expostos na Figura 4, que no Solo 2 houve um incremento de fósforo disponível da ordem de 63% com o aumento das doses de manipueira, já que a concentração de tal elemento foi igual a 88,5 mg dm⁻³ para a testemunha e 241,0 mg dm⁻³ para a maior dose (216 m³ ha⁻¹). Entretanto, no Solo 1, a

adição de manipueira provou o efeito inverso, uma vez que a concentração de fósforo disponível foi maior e menor na testemunha ($171,9 \text{ mg dm}^{-3}$) e na maior dose ($216 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), respectivamente.

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, está correlacionada com a matéria orgânica, pH e grau de intemperização dos solos (Trindade *et al.*, 2011).

Desse modo, percebe-se que as respostas obtidas neste estudo, quanto ao fósforo disponível, são coerentes, estabelecendo-se as seguintes hipóteses, o Solo 1 possuindo textura arenosa e pH próximo a 8,0 (Figura 9) dificultou uma maior adsorção do fósforo adicionado pela manipueira aos colóides do solo, deixando-o disponível na solução do solo e; 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 manipueira e do pH mais baixo deste solo.

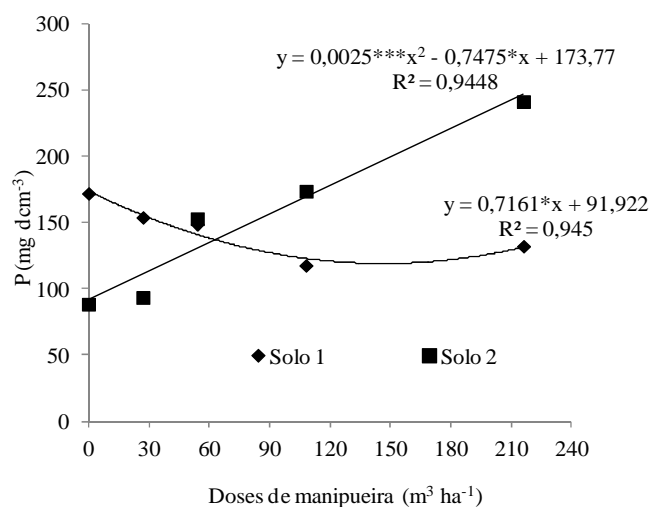


Figura 9. Concentração de fósforo no solo em função das doses de manipueira aplicadas no solo

Pinho (2007) observou um efeito linear positivo do fósforo disponível do solo em função da elevação das doses de manipueira e obteve resultados semelhantes aos encontrados neste estudo para o solo de textura franco-argilo-arenoso. Por outro lado, Silva *et al.* (2004), cultivando sorgo adubado com resíduo proveniente de fecularia, constataram diminuição do fósforo disponível no solo com o aumento das doses de manipueira aplicadas em solo arenoso. Mesma resposta foi obtida por Alves (2010), porém cultivando alface e rúcula em solo argiloso.

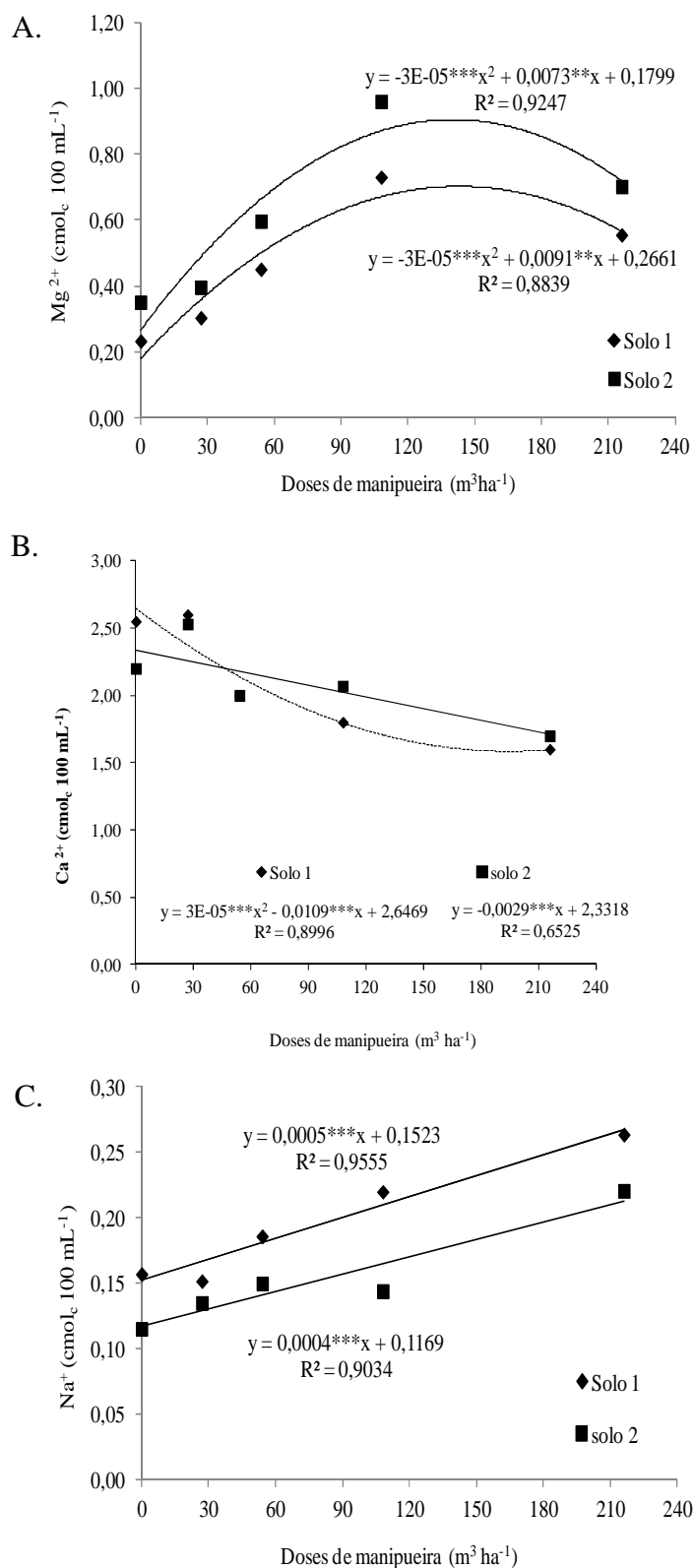


Figura 10. Concentrações de sódio (A), cálcio (B) e magnésio (C) e no solo em função das doses de manipueira aplicadas no solo

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

Observa-se que houve um efeito quadrático decrescente em função do aumento das doses de manipueira para ambos os solos, Figura 10A. Antes da incorporação de manipueira aos solos, as concentrações de magnésio trocável eram iguais a $0,23 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e $0,35 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ no Solo 1 e no Solo 2, respectivamente; sendo registrada a elevação da concentração do nutriente até a dose de $108 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, começando a decair a partir das doses $151 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ para o Solo 1 e $121 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ para o Solo 2.

Com relação ao cálcio, observa-se que houve efeito linear negativo em decorrência do acréscimo de manipueira no Solo 1 e efeito quadrático decrescente no Solo 2 (Figura 10B.). Verifica-se, de acordo com os dados expostos que o teor de cálcio no Solo 1 decresceu de $2,65 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (testemunha) para $1,69 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ($216 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), enquanto para o 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 observado 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 8), conforme explica Wadt & Wadt (1999).

Para o sódio trocável (Figura 10C.), verifica-se que houve um efeito linear positivo decorrente da aplicação de doses crescentes de manipueira 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 para as doses 27 e $216 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, respectivamente. Quanto ao Solo 2, o menor e o maior valor de tal elemento foi de 0,11 para a dose de $27 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ e 0,20 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 pelos seguintes motivos: 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, o qual 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 consequente 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).

Nesta pesquisa não foram constatados efeitos de salinização ou sodificação do solo, uma vez que a CEes foi menor do que $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ (Figura 6), o pH foi menor do que 8,5 (Figura 7) e a percentagem de sódio trocável (PST) do solo foi menor do que 15% para todos os tratamentos, conforme classificação proposta por 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, conforme pode ser observado por meio das Figuras 6, 7 e 10C, respectivamente.

Os resultados obtidos, quanto aos teores de magnésio, cálcio e sódio trocáveis, corroboram aos de 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 *et al.* (2007) em um experimento no qual testaram diferentes tipos de efluentes advindos da agroindústria, entre eles, a casca de mandioca, como fonte de adubação para a cultura do maracujá-amarelo. Entretanto, Nóvoa-Muñoz *et al.* (2008), quando utilizaram efluente gerado na fabricação de vinhos cuja concentração de potássio era de $201 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, relataram que os teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} 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 destes no efluente, mas, também, com características do solo como textura, capacidade de troca catiônica e aniônica, permeabilidade, grau de umidade, entre outras, conforme assinalam Oliveira *et al.* (2002).

Com base nas respostas obtidas neste experimento e por Duarte *et al.* (2012), o uso da manipueira poderia ser utilizada como fonte total ou parcial de adubação, devido ao aporte de nutrientes que tal efluente apresenta, evitando a poluição ambiental gerada pelo descarte indiscriminado da manipueira e os custos com aquisição de fertilizantes minerais.

CONCLUSÕES

1. De maneira geral, o uso da manipueira como alternativa à adubação mineral promoveu um incremento significativo nas características químicas do solo destacando-se, o pH, a CEEs e os teores de potássio, cálcio, magnésio e sódio;
2. A adsorção de fósforo foi afetada pela textura dos solos e pelo aumento do pH;
3. O aumento das doses de manipueira, apesar do efeito positivo com relação ao sódio, não provocou riscos de salinização ou sodificação do solo em curto prazo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto de Pesquisas Agronômicas (IPA) de Vitória de Santo Antão e ao Sr. Luiz Evandro de Lima pelo solo concedido para a esse experimento e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo auxílio financeiro.

LITERATURA CITADA

- 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.
- APHA - American Public Health Association, AWWA - American Water Works Association, WPCF - Washington Press Club Foundation. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington: American Public Health Association, 17.ed. 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, p.1-8, 2009.
- Dechen, A.R.; Nachtigall, G.R. Elementos Requeridos à Nutrição de Plantas. In: Novais, R.F. et al. (ed.) Fertilidade do Solo. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, 1017p.
- 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, p.262-267, 2012.

- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: EMBRAPA, 1999. 370p.
- Fageria, N.K. Nutrient interactions in crop plants. *Journal of Plant Nutrition*, v.24, p.1269-1290, 2001.
- Fioretto, R. A. Manipueira na fertirrigação: efeito sobre a germinação e a produção de algodão (*Gossypium hirsutum*, L.) e milho (*Zea mays*, L.). *Semina*, v.8, p.17-20, 1987.
- 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, p.267-280, 2006.
- 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, p.299-305, 2010.
- Malavolta, E. Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.
- 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, p.383-392, 2005.
- 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, p.6771-6779, 2008.
- Pinho, M. M. C. A. Características químicas de solos adubados com manipueira. Recife: UFRPE, 2007. 56p. Dissertação Mestrado.
- 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, p.505-519, 2002.
- 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 manipueira no desenvolvimento vegetativo do milho em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.11, p.30-36, 2007.

- 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, p.421-427, 2004.
- 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, p.115-124, 2010.
- 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, p.371-384, 2005.
- 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, p.1157-1164, 1999.
- Wosiacki, G.; Cereda, M. P. Valorização de resíduos de processamento da mandioca. *Publicatio UEPG*, v.8, p.27-43, 2002.

