

ADRIANA GUEDES MAGALHÃES

**DESENVOLVIMENTO E PRODUÇÃO DO MILHO E ALTERAÇÕES
QUÍMICAS EM DIFERENTES SOLOS COM APLICAÇÃO DE
MANIPUEIRA**

RECIFE - PE

2013

ADRIANA GUEDES MAGALHÃES

**DESENVOLVIMENTO E PRODUÇÃO DO MILHO E ALTERAÇÕES
QUÍMICAS EM DIFERENTES SOLOS COM APLICAÇÃO DE
MANIPUEIRA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração: Engenharia de Água e Solo, da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola.

Orientador: Prof. Dr. Mario Monteiro Rolim

Co-Orientador: Dr^a. Anamaria de Sousa Duarte

RECIFE - PE

2013

Ficha Catalográfica

M189d Magalhães, Adriana Guedes
 Desenvolvimento e produção do milho e alterações
 químicas em diferentes solos com aplicação de manipueira /
 Adriana Guedes Magalhães. -- Recife, 2013.
 100 f. : il.

 Orientador (a): Mário Monteiro Rolim.
 Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade
 Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Tecnologia
 Rural, Recife, 2013.
 Referência.

 1. Resíduos - Aproveitamento 2. *Manihot esculenta*
 3. *Zea mays* L. 4. Manipueira 5. Parâmetros fenológicos
 6. Sistemas enzimáticos I. Rolim, Mário Monteiro, Orientador
 II. Título

CDD 630

**DESENVOLVIMENTO E PRODUÇÃO DO MILHO E ALTERAÇÕES
QUÍMICAS EM DIFERENTES SOLOS COM APLICAÇÃO DE
MANIPUEIRA**

ADRIANA GUEDES MAGALHÃES

Tese defendida e aprovada em 22 de fevereiro de 2013 pela Banca Examinadora:

ORIENTADOR

Prof. Dr. Mario Monteiro Rolim (UFRPE)

EXAMINADORES

Dr. José Nildo Tabosa (IPA-PE)

Prof^o Dr. Egídio Bezerra Neto (UFRPE)

Prof^a Dr^a. Lilia Gomes Willadino (UFRPE)

Prof^a Dr^a. Elvira Maria Regis Pedrosa (UFRPE)

RECIFE - PE

2013

Quem passou a vida em brancas nuvens
E em plácido repouso adormeceu,
Quem não sentiu o frio da desgraça,
Quem passou pela vida e não sofreu
Foi espectro de homem, não foi homem,
Só passou pela vida, não viveu.

Francisco Octaviano

DEDICO

À quem realmente é merecedor
de toda graça alcançada, meu maravilhoso DEUS.

OFEREÇO

Aos meus maravilhosos pais,
Décio Nunes Magalhães (em memória) e Beatriz Guedes Magalhães, aos
meus queridos irmãos: Alberto, Mônica e Sandra e ao meu tio Gabriel
Guedes Alcoforado.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela permissão divina de fazer parte da sua obra;

Aos meus Maravilhosos pais, Décio Nunes Magalhães (em memória) e Beatriz Guedes Magalhães, por toda educação, amor, carinho, respeito e apoio durante toda minha vida;

Aos meus irmãos Alberto, Mônica e Sandra pela amizade, carinho, respeito, companheirismo e pela união em nossas vidas;

A todos meus familiares pela confiança de sempre, em especial ao meu Tio Gabriel Guedes Alcoforado e aos meus cunhados Fábio Pereira e Aidil Almeida;

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco, pela confiança, apoio e formação acadêmica.

À CAPES , pela bolsa concedida durante o curso.

A meu orientador Mario Monteiro Rolim, pela pessoa e profissional como meu Prof^o de Graduação e, hoje, como Orientador, pela confiança, apoio e incentivo, no meu trabalho e ao meu crescimento profissional;

Aos professores do programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola pela contribuição intelectual: Ênio Farias, Egídio Bezerra Neto, Ralini Melo, Lilian Willadino, Elvira Pedrosa, Abelardo Montenegro, Anamaria Duarte, Ceres Duarte e Manasses Mesquita.

Ao Instituto de Pesquisas Agronômicas (IPA-PE), por disponibilizar a área destinada a pesquisa, ao Dr. José Nildo Tabosa, Sr. Luís Evandro (IPA-Vitória de Santo Antão), Dr. Aluísio Low Simões e Sr. Eric Carvalho (IPA-Itambé) por suas contribuições para a realização deste trabalho;

Aos meus colegas de turma no doutorado: Albert Einstein Spíndola Saraiva de Moura, Carmem Cristina Mareco de Sousa, José Aécio Corrêa de Araújo, José Francisco de Carvalho e Rogério Oliveira de Melo;

Aos novos e grandes amigos que fiz neste período, os quais me ajudaram a realizar este trabalho: Alexandre Nascimento, Francismar Albuquerque, Gledson Almeida, Liliane Pinheiro, Marcela Luna, Robertson Fontes Jr., Uilka Tavares, Waldirene Bezerra;

Aos estagiários, Vinícius Mateus Mendonça da Silva e Alexandre Henrique Leandro da Silva, pela ajuda e dedicação a este trabalho;

Aos amigos da Pós- Graduação: Adriano Normandi, Andréa Raquel, Celestino Jolamo, Caetano, Diego Arruda, Eduardo, Júlio Oliveira, Karina, Mara Dantas, Patrícia

Ângelo, Raquele Lira, José Roberto, Taciana Oliveira, Tatiane Keity, Thaís Fernanda, Valdemir de Paula, Wellington Pereira;

Aos velhos e bons amigos: Prof^o Dimas Menezes, Prof^a Marcia Vanusa (UFPE), Ana Luisa Rodrigues, Clébia Maria, Roberto de Albuquerque Filho, Júlio Mesquita, Erlen Keila, Luiz Gustavo, Ana Verônica, Horace Jimenez, Alisson Esdras, Luis Carlos, Taciana Leite, Aloisio Carvalho;

Ao pessoal do laboratório de cultura de tecidos Wellington e Ronaldo, pela ajuda na coleta, preparação e determinação das enzimas;

Aos funcionários e amigos do Departamento de Tecnologia Rural, Luiz (Lulinha), Granja (Júnior) e Angélica (xerox), pessoas que fazem parte do meu dia-a-dia.

SUMÁRIO

LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS	i
LISTA DE FIGURA	iii
LISTA DE TABELA	v
RESUMO	vi
ABSTRACT	viii
INTRODUÇÃO GERAL	5
CAPÍTULO I. Revisão de Literatura	8
1.1 A Cultura da Mandioca	8
1.2 Propriedades da Manipueira	10
1.3 Manejo da Manipueira e Qualidade Ambiental	11
1.4 Manipueira no Solo	12
2. A Cultura do Milho	13
3.0 Referências bibliográficas	17
CAPÍTULO II Teores nutricionais em plantas de milho submetidas à diferentes doses de manipueira	22
RESUMO	22
ABSTRACT	22
INTRODUÇÃO	23
MATERIAL E MÉTODOS	24
RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
CONCLUSÃO	37
LITERATURA CITADA	38
CAPÍTULO III Desenvolvimento do milho submetido à adubação com manipueira	42
RESUMO	42
ABSTRACT	42
INTRODUÇÃO	43

MATERIAL E MÉTODOS.....	44
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
CONCLUSÃO.....	55
LITERATURA CITADA.....	55
CAPÍTULO IV Atributos químicos de um solo adubado com resíduo proveniente da fabricação de farinha de mesa para o cultivo do milho	60
RESUMO	60
ABSTRACT	60
INTRODUÇÃO.....	61
MATERIAL E MÉTODOS.....	62
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	65
CONCLUSÕES.....	71
LITERATURA CITADA.....	71
CAPÍTULO V Efeito da manipueira na nutrição e na expressão enzimática de plantas de milho.....	75
RESUMO	75
ABSTRACT	75
INTRODUÇÃO.....	76
MATERIAL E MÉTODOS.....	77
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	80
CONCLUSÃO.....	84
LITERATURA CITADA.....	84

LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

APHA - American Public Health Association
Ca²⁺ - Cálcio
CEes - Condutividade elétrica no estrato de saturação
cm - Centímetro
cmol_c dm⁻³ - Centimol de carga por dm³
CTC - Capacidade de troca catiônica
Cu - Cobre
CV - Coeficiente de variação
DAG - Dias após a germinação
DBO – demanda bioquímica de oxigênio
DQO – demanda química de oxigênio
dSm⁻¹ - DeciSiemens por metro
DTR - Departamento de tecnologia rural
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Fe - Ferro
g - Grama
g kg⁻¹ - Grama por quilograma
GL - Grau de liberdade
H₂SO₄ - Ácido sulfúrico
ha - Hectare
HCl - Acido clorídrico
IPA - Instituto Agrônômico de Pernambuco
K⁺ - Potássio
KCl - Cloreto de potássio
Kg - Quilograma
kg ha⁻¹ - Quilograma por hectare
L - Litro
LEAC - Laboratório de engenharia ambiental e da qualidade
m - Metro
mm - Milímetro
m³ha⁻¹ - Metros cúbico por hectare
Mg²⁺ - Magnésio
mgdm⁻³ - Miligrama por decímetro cúbico
mgL⁻¹ - Miligrama por litro
Mn - Manganês
molL⁻¹ - Mol por litro
Na⁺ - Sódio
NH₄⁺ -
NaOH - Hidróxido de Sódio
NS - Não Significativo

P - Fósforo
PE - Pernambuco
pH - Potencial Hidrogenionico
S - Enxofre
UFPE - Universidade Federal de Pernambuco
UFRPE - Universidade Federal Rural de Pernambuco
Zn - Zinco
% - Porcentagem
* - Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F (Fisher)
** - Significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F (Fisher)
*** - Significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste de F (Fisher)
°C - Graus Célsius

LISTA DE FIGURA

CAPITULO I - Teores nutricionais em plantas de milhos submetidos à diferentes doses de manipueira

- Figura 1. Teor de nitrogênio aos 20, 40 e 52 dias após a germinação nas folhas (A) e no colmo (B) do milho em função das doses de manipueira aplicadas 28
- Figura 2. Teor de fósforo nas folhas aos 20, 40 e 52 (A) e no colmo aos 20 e 40 (B) dias após a germinação do milho em função das doses de manipueira aplicadas 29
- Figura 3. Teor de potássio nas folhas aos 20 e 40 (A) e no colmo 20, 40 e 52 (B) dias após a germinação do milho em função das doses de manipueira aplicadas 31
- Figura 4. Acúmulo de cálcio nas folhas aos 20, 40 e 52 (A) e no colmo aos 20 e 52 (B) dias após a germinação do milho em função das doses de manipueira aplicadas 33
- Figura 5. Teor de magnésio nas folhas aos 20 e 40 (A) e do colmo 20 (B) dias após a germinação do milho em função das doses de manipueira aplicadas 34
- Figura 6. Acúmulo de enxofre nas folhas aos 20 e 52 (A) dias após a germinação do milho em função das doses de manipueira aplicadas 35
- Figura 7. Teor de sódio nas folhas aos 20 e 52 (A) e no colmo dias após a germinação do milho em função das doses de manipueira aplicadas 37

CAPITULO II - Desenvolvimento do milho submetido à adubação com manipueira

- Figura 1. Altura de planta (A), diâmetro de colmo (B) e número de folhas (C) do milho em função das doses de manipueira aplicadas 49
- Figura 2. Massa verde das folhas (A) e massa verde do colmo (B) do milho em função das doses de manipueira aplicadas 52
- Figura 3. Massa seca das folhas (A) e massa seca de colmos (B) do milho em função das doses de manipueira aplicadas 53

CAPÍTULO III - Atributos químicos de um solo adubado com resíduo proveniente da fabricação de farinha de mesa para o cultivo do milho

Figura 1. Variação do pH em função das doses de manipueira aplicadas no solo aos 40 e 52 dias após a germinação	65
Figura 2. Variação da CEes em função das doses de manipueira aplicadas no solo aos 20 dias após a germinação	67
Figura 3. Teor de potássio solúvel em função das doses de manipueira aplicadas no solo dias após a germinação	68
Figura 4. Teor de fósforo em função das doses de manipueira aplicadas no solo	69

LISTA DE TABELA

CAPITULO I - Teores nutricionais em plantas de milhos submetidos à diferentes doses de manipueira

Tabela 1. Características físicas e químicas do solo utilizado antes do cultivo	25
Tabela 2. Características físicas e químicas da manipueira	26

CAPITULO II - Desenvolvimento do milho submetido à adubação com manipueira

Tabela 1. Características físicas e químicas do solo utilizado antes do cultivo	45
Tabela 2. Características físicas e químicas da manipueira	46

CAPÍTULO III - Atributos químicos de um solo adubado com resíduo proveniente da fabricação de farinha de mesa para o cultivo do milho

Tabela 1. Características físicas e químicas do solo utilizado antes do cultivo	63
Tabela 2. Características físicas e químicas da manipueira	64
Tabela 3. Resumo da ANOVA para os teores de magnésio, sódio e cálcio disponível solo	70
Tabela 4. Teor de Mg e Na no colmo do milho em função das doses de manipueira	70

CAPÍTULO IV - Efeito da manipueira na nutrição e na expressão enzimática de plantas de milho

Tabela 1. Características físicas e químicas do solo utilizado antes do cultivo	77
Tabela 2. Características físicas e químicas da manipueira	78
Tabela 3. Resumo da ANOVA para os teores de nitrogênio, cálcio, magnésio e enxofre nas folhas e nitrogênio e enxofre no colmo de plantas de milho	80
Tabela 4. Teores de fósforo, potássio e sódio nas folhas e colmo e teor de magnésio na folha do milho em função das doses de manipueira	81
Tabela 5. Resumo da ANOVA para parâmetros bioquímicos em folhas de plantas de milho	83

RESUMO

O aproveitamento de águas residuárias na agricultura, quando reutilizadas adequadamente, fornece matéria orgânica e nutriente às plantas, além de melhorar as propriedades físicas e químicas do solo. Neste contexto, a manipueira é um dos resíduos gerados no processamento da mandioca (*Manihot esculenta*) para obtenção da farinha ou fécula; apresenta atributos favoráveis ao uso agrícola devido ao grande aporte de nutrientes que apresenta como: potássio, nitrogênio, magnésio, fósforo, cálcio. Por outro lado, os resíduos quando não manejados adequadamente podem constituir danos ao solo e às plantas, principalmente caso seja utilizados sem levar em consideração os critérios na técnica para sua aplicação. Por sua vez, a cultura do milho (*Zea mays*) destaca-se pela importância econômica na agricultura, nas indústrias e por apresentar resposta fisiológica na ausência ou excesso de nutrientes. Entretanto, uma nutrição adequada dependerá da quantidade de nutrientes que a planta consegue extrair do meio de cultivo, sendo necessário o conhecimento da marcha de absorção e do acúmulo de nutrientes em função do estágio de desenvolvimento da cultura. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o desenvolvimento, a nutrição e atividade enzimática em plantas de milho submetidas a diferentes doses de manipueira e seu efeito na adubação do solo em diferentes tempos de incubação. Para isto, realizaram-se dois experimentos, sendo um em ambiente protegido e outro em campo. A cultura utilizada nos experimentos foi a cultivar de milho AG 1051; enquanto a manipueira foi proveniente de uma casa de farinha localizada no município de Pombos, PE. Para o primeiro experimento utilizaram-se vasos de 20 litros preenchidos com solo proveniente do município de Itambé, PE. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 5 x 3; com quatro repetições, totalizando 60 parcelas experimentais. Os fatores de estudo da pesquisa foram: doses de manipueira (5 níveis) 0, 12,6; 25,2; 50,4; 75,6 m³ ha⁻¹ e épocas de desmonte, aos 20, 40 e aos 52 dias. O segundo experimento, de campo, foi realizado na Estação do IPA de Vitória de Santo Antão; enquanto o delineamento foi em blocos casualizados, constituídos por cinco tratamentos, 0; 32; 64; 128; 256 m³ ha⁻¹ e seis repetições. A unidade experimental apresentou área de 203 m², constituída por 6 blocos com 11 linhas de cultivo, tendo 5 linhas destinadas à área útil, que foram cultivadas com 12 plantas; com espaçamento de 0,80 m entre linhas e 0,40 m entre plantas. Realizou-se, em ambos os experimentos, a determinação dos parâmetros fisiológicos: altura de plantas,

diâmetro de colmo, número de folhas, massa verde e seca das folhas, massa verde e seca do colmo. Foram determinados os teores de N, P, K, Ca, Mg, S e Na na parte aérea das plantas. Apenas nas folhas das plantas cultivadas em campo, foram avaliadas as enzimas catalase, ascorbato peroxidase e proteínas solúveis totais. Antes e após o cultivo, os solos utilizados nos dois experimentos foram caracterizados através dos parâmetros químicos: condutividade elétrica do extrato de saturação, pH em água e teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio e sódio. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e regressão utilizando o software estatístico SAS, com níveis de significância de 5% para o teste F. Alguns parâmetros não apresentaram modelos ajustáveis para regressão (linear e quadrática), sendo utilizado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. De acordo com os resultados obtidos, nas condições do primeiro experimento, concluiu-se que a manipueira apresentou um bom aporte de macronutrientes, o que mostra a sua aptidão em ser utilizada como fonte de adubação na cultura do milho, desde que as doses sejam ajustadas de acordo com o teor nutricional do resíduo. Verificaram-se, também, acúmulos de nutrientes na parte aérea do milho, na seguinte ordem: K>N>P>Mg>Ca>Na>S, não apresentando deficiência visual dos nutrientes. O uso da manipueira como alternativa ao uso de fertilizantes mineral promoveu aumento no pH, na CEes e nos teores de P, K, Mg e Na solúveis do solo. O tempo de incubação da manipueira afetou significativamente o pH, a CEes e o teor de K⁺ solúvel do solo. Para o campo, observou-se aumento significativo dos teores de fósforo e potássio na parte aérea das plantas, porém não se verificou um incremento de nitrogênio, sendo necessária adubação complementar. Constatou-se alto teor de potássio e magnésio na parte aérea das plantas, o que ocasionou a diminuição da absorção de cálcio. Nas condições em que foram desenvolvidas o experimento, não foram verificadas diferença significativa nas enzimas analisadas.

Palavras-chave: *Manihot esculenta*, *Zea mays*, aproveitamento de resíduos, parâmetros fenológicos

ABSTRACT

Wastewater use in agriculture, when properly administered, provides organic matter and nutrients to plants, and also shows soil physical and chemical properties improvement. Cassava wastewater is a residue from manioc (*Manihot esculenta*) processing to obtain flour or starch. It has favorable attributes for agricultural use as source of nutrients, such as potassium, nitrogen, magnesium, phosphorus, calcium and, also, micronutrients to plants; in contrast, it may cause soil and plant depletion when application criteria are not taken into consideration. On the other hand, maize crop (*Zea mays*) stands out by its economic agricultural and industrial importance, and for presenting physiological response to the excess and lack of nutrients. Nevertheless, proper nutrition will depend on the nutrient amount plants can extract from the soil, being necessary understanding the nutrients uptake and accumulation as function of plant development stages. The present study had as objective to evaluate the development, nutritional and enzymatic content of maize plants subjected to different cassava wastewater dosages and the effects on soil fertilization under different incubation periods. For this purpose, two experiments were carried out, one under greenhouse and other under field conditions. The crop used in both experiments was maize cultivar AG 1051; while the cassava wastewater was from a flour mill house located on the municipality of Pombos, PE. For the first experiment, soil from Itambé, PE was used in 20-liter pots. It was used a completely randomized design in a factorial 5 x 3 arrangement, with four replications, totalizing 60 experimental plots. The factors of the study were: cassava wastewater dosages (5 levels) 0, 12.6, 25.2, 50.4, 75.6 m³ ha⁻¹ and planting periods, at 20, 40 and 52 days. The second experiment, under field conditions, was carried out at Vitória de Santo Antão IPA Station; in a complete randomized blocks design with five treatments: 0, 32, 64, 128, 256 m³ ha⁻¹ and six replications. The experimental unit consisted in an area of 203 m², composed of six blocks, each one with 11 cultivation lines, being used the 5 central lines for measurements. The lines were cultivated with 12 plants; with 0.80 m within-row, 0.40 m within-plant and 0.40 m within-block spacing. On both treatments, it was carried out the determination of the following parameters: plant height, stalk diameter, number of leaves, fresh leaf matter, fresh stalk matter, dry leaf matter, and dry stalk matter, in addition to nutritional content determination of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, sulfur and sodium on plant leaves and stalk. Forty days after sowing, harvesting of leaves were executed in order to determine enzymatic activity of catalase, ascorbate peroxidase and total soluble

proteins. Soil chemical attributes characterization was performed by determining the following parameters: electrical conductivity of the saturation extract, pH in water and phosphorus, potassium, calcium, magnesium and sodium concentrations. Obtained data were subjected to variance analysis using the statistical software SAS, with 5% significance levels for F test. Some parameters did not show adjustable models for regression (linear and quadratic), thus Tukey test was performed. Based on the results, under the first experiment conditions, cassava wastewater showed a good macronutrient input, which demonstrates its suitability as a fertilization source for maize crop, as long as under proper dosages. It was found that the studied nutrients presented maize aerial part accumulation, in decreasing order: K, N, P, Mg, Ca, Na and S, not presenting visual nutrient deficiency. Cassava wastewater use alternatively to mineral fertilizers promoted increase in pH, Cees and soluble P, K^+ , Mg^{2+} and Na^+ soil contents. Cassava incubation periods significantly affected pH, Cees and soluble K^+ soil content. For field conditions, although it was observed low content for the examined nutrients, nutritional deficiency was not noticed visually.

Key-words: *Manihot esculenta*, *Zea mays*, residues reuse, phonological parameters

INTRODUÇÃO GERAL

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma planta de fácil cultivo, em função dos baixos custos de produção, e devido a sua adaptação em diferentes condições de clima e solo, tornando-se um alimento básico para milhões de pessoas. No processo de beneficiamento da mandioca, a farinha, a fécula e o polvilho azedo são os principais produtos obtidos. Se por um lado o processamento agrega valor ao produto, por outro, gera quantidades significativas de resíduos líquidos que se descartados indevidamente podem causar sérios problemas ambientais.

Na produção da farinha é gerado um resíduo líquido obtido pela prensagem da massa da raiz triturada, denominado de manipueira. Este resíduo apresenta elevada demanda bioquímica de oxigênio (DBO), alto teor de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, cobre, zinco e manganês. A composição é variável, dependendo da variedade da mandioca utilizada, idade da planta, métodos de adubação e das condições edafoclimáticas do local onde é cultivada.

O reaproveitamento da manipueira é diverso, podendo ser empregada para engorda de bovinos, como fungicida e nematicida, para controle de pragas e como fertilizante, entre outros. A disposição indiscriminada dos subprodutos da mandioca constitui desperdício, quando consideradas as quantidades geradas e a composição química, devido à presença de nutrientes, podendo ser aproveitada como fertilizante para a cultura.

O uso de resíduos orgânicos na agricultura, quando devidamente tratados ou compostados, é benéfico, devido aos elevados teores de compostos orgânicos, dos nutrientes, aumento da capacidade de troca de cátions e na neutralização da acidez. O aumento no teor de matéria orgânica e de nutrientes no solo proporciona a melhoria nas propriedades físicas e químicas, contribuindo para o aumento da produtividade e da qualidade dos produtos agrícolas.

Entretanto, quando não tratados, os resíduos podem apresentar teor elevado de poluentes e ao ser despejado diretamente em rios ou no solo provoca sua deterioração. A disposição diretamente no ambiente ainda é uma prática encontrada, porém não mais aceita pelos órgãos ambientais, fato que obriga as empresas a adotarem medidas para a solução do problema ambiental. Entre essas medidas, pode-se citar a redução das quantidades dos resíduos gerados, utilização de tecnologias que permitam gerar resíduos menos poluentes, tratamento adequado antes da disposição no meio ambiente e, o aproveitamento dos

resíduos como subprodutos, a exemplo do uso de adubação orgânica, podendo induzir a redução do seu despejo sem controle no ambiente.

Aliada a isto, a cultura do milho destaca-se pela importância econômica na agricultura, por ser utilizada na alimentação animal e nas indústrias. No reúso da manipueira, o milho apresenta respostas rápidas na presença dos íons; no entanto, os nutrientes necessários para o desenvolvimento da cultura dependerá do quanto a planta necessita extrair do solo durante o cultivo, para a produção de grão assim como para a silagem. Adubações inadequadas com teores nutricionais desbalanceados ocasionam baixa produtividade, principalmente nitrogênio e potássio.

Deste modo, pode-se afirmar que a água residuária da mandioca pode ser aplicada como fertilizante, sendo necessários estudos sobre o uso, o impacto no sistema solo-planta e a disponibilidade de nutrientes. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento, os teores nutricionais e enzimáticos em plantas de milho, submetidas as diferentes doses de manipueira e seu efeito na adubação do solo em diferentes tempos de incubação.

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO GERAL

Revisão de Literatura

1.1 A Cultura da Mandioca

Originária da América do Sul, a mandioca (*Manihot esculenta*) é um dos principais alimentos energéticos para cerca de 500 milhões de pessoas, sobretudo nos países em desenvolvimento, onde é cultivada em pequenas áreas com baixo nível tecnológico. O maior crescimento no cultivo está no continente africano, que corresponde a 51% da produção mundial, na seqüência está a Ásia com uma participação de 33% seguida pela América do Sul com 15%. De fácil adaptação, a mandioca é cultivada em todos os Estados brasileiros, situando-se entre os nove primeiros produtos agrícolas do País, em termos de área cultivada, e o sexto em valor de produção (EMBRAPA, 2010). O Nordeste do Brasil apresentou no ano de 2011 uma área de 768.000 ha, com produtividade de 11.341 kg ha⁻¹ com uma participação de 32,8% na produção.

A mandioca é uma planta da qual tudo se aproveita: folhas, caule e raízes. No entanto, as partes consideradas mais importantes são suas raízes tuberosas e feculentas, grande reservatório de amido e principal matéria-prima de aproveitamento econômico. A mandioca, comercialmente, é uma planta de reprodução vegetativa, feita através de suas ramas, denominadas de maniva. Vários fatores interferem na qualidade da maniva, como a idade e sanidade das hastes, a posição na planta, além do tamanho, o que implica uma necessidade de seleção de ramas que fornecerão o material para um novo plantio (INOUE, 2008).

A época de plantio adequada é importante para a produção da mandioca, principalmente pela sua relação com a presença de umidade no solo, necessária para brotação das manivas e seu enraizamento. A falta de umidade durante os primeiros meses após o plantio causa perdas na brotação e na produção, enquanto o excesso, em solos mal drenados, favorece a podridão das raízes. A escolha da época de plantio adequada pode ainda reduzir o ataque de pragas e doenças e a competição das ervas daninhas (ALVES & SILVA, 2010).

A maior parte da produção de mandioca no Brasil destina-se à fabricação de farinha, cerca de 60% da produção, sendo considerada o principal derivado da mandioca, consumida praticamente em todo o país, mas principalmente nas regiões Norte e Nordeste. O restante é utilizado para a alimentação humana e animal, bem como no processamento do amido. O amido é o derivado considerado mais nobre e versátil, tendo muitas aplicações na indústria como: alimentícia, na fabricação de espessante (utilizado para fabricação de

cremes, pudins, tortas etc.), têxtil (engomagem), detergentes biodegradáveis, entre outros (LORENZI, 2003; INOUE, 2008).

A mandioca é uma planta cianogênica, ou seja, que acumula glicosídeos cianogênicos, sendo o de maior concentração na mandioca é a linamarina. A linamarina é hidrolisada enzimaticamente por uma β -glicosidase, denominada linamarinase. Esta enzima encontra-se separada da linamarina quando o tecido da mandioca está intacto, mas quando o mesmo é dilacerado, a reação enzimática ocorre, em condições ótimas de 25°C e pH entre 5,5 e 6,0. Com isso, quando a enzima hidrolítica da própria planta (linamarinase) permanece ativa em seus derivados, esta catalisa a reação que libera moléculas de glicose, acetona e ácido cianídrico (PANTAROTO & CEREDA, 2001).

Em todos os seus tecidos, com exceção das sementes, há grandes quantidades dos glicosídeos cianogênicos, linamarina e lotaustralina, ocorrendo acentuadas diferenças entre as variedades (ELIAS et al., 1997) que oscilam nos diferentes tecidos, sendo que nas folhas, ramos e casca da raiz encontram-se níveis mais altos desses glicosídeos do que na polpa das raízes tuberosas (CARDOSO JUNIOR, 2005); essa concentração é maior nas folhas jovens do que nas adultas. O córtex de uma raiz de variedade mansa pode conter maior teor de cianeto do que a polpa de uma variedade brava (CONCEIÇÃO, 1983).

O conteúdo de cianeto nas raízes varia de acordo com a variedade, podendo ser encontrados valores entre 22 e 1.000 mg kg⁻¹ de polpa fresca. Consideram-se mansas as variedades que apresentam até 100 mg de HCN por kg de polpa de raiz fresca. Aquelas com concentrações acima de 100 mg de HCN por kg de polpa de raiz fresca são denominadas bravas, impróprias para o consumo in natura, sendo indicadas para a indústria, onde durante o processamento sua toxicidade é bastante reduzida (BORGES et al., 2002). O fator genético é um dos principais fatores que influenciam nesta característica e, em menor escala, as condições ambientais, o estado fisiológico da planta e os métodos de cultivos empregados; bem como a idade de colheita e as condições edafoclimáticas (FIALHO et al., 2002).

Tanto as variedades bravas como as mansas possuem HCN, sendo nestas últimas em teores inferiores, enquanto as cascas encerram teores maiores que o da própria polpa da raiz, componentes característicos da mandioca. A ingestão ou a inalação do ácido cianídrico (HCN) pode levar a morte, pois este composto interfere na oxidase terminal, na cadeia respiratória. Isto ocorre devido à afinidade com o ferro, combinando-se com a hemoglobina do sangue para formar a ciano-hemoglobina (FEIDEN, 2001).

Na industrialização da mandioca são gerados diversos resíduos, tais como casca, farelo e manipueira, que é o resíduo líquido. Os efluentes de uma fábrica de farinha de mandioca podem ser divididos em duas categorias básicas: as águas de lavagem das raízes e a água proveniente da prensagem da massa de mandioca, denominada água da prensa ou manipueira. As águas de lavagem possuem demanda química de oxigênio (DQO) de 2600 mg L⁻¹, embora em maior quantidade (1 a 3 m³.t.⁻¹ de mandioca processada) possuem menor poder poluente. A manipueira é bem mais agressiva ao ambiente, tanto pelo alto teor de cianeto total quanto pela carga orgânica (CASSONI, 2008).

A carga orgânica da manipueira da indústria de farinha de mandioca, expressa na forma de DQO, é em média de 60.000 mg L⁻¹. A DBO mede a quantidade de oxigênio necessária para que os microorganismos consumam a matéria orgânica. A DQO é a medida da quantidade de oxigênio necessária para oxidar quimicamente a matéria orgânica. A matéria orgânica ao ser biodegradada nos corpos receptores causa decréscimo da concentração de oxigênio dissolvido no meio hídrico, deteriorando a qualidade ou inviabilizando a vida aquática (CAMILI, 2007).

Na maioria das indústrias, a manipueira gerada tem como destino as lagoas de estabilização, permanecendo depositados e tratados sob ação de agentes naturais, tais como foto-decomposição, precipitação e atividade microbiana local, sem haver qualquer tratamento adicional no sentido da otimização do processo para o aproveitamento deste efluente como subproduto. Os resíduos tendem a percolação alcançando lençóis freáticos, contaminando aquíferos e ainda produzindo odor desagradável e problemas com insetos e vetores (CAMILI, 2007).

1.2 Propriedades da Manipueira

A manipueira é o líquido de aspecto leitoso e cor amarelo-clara que escorre das raízes amiláceas da mandioca, por ocasião da prensagem da massa ralada das mesmas. É subproduto ou resíduo da industrialização da mandioca, que, fisicamente, se apresenta na forma de suspensão aquosa e, quimicamente, como uma miscelânea de compostos, tais como: goma (5 a 7 %), glicose e outros açúcares, proteínas, células descamadas, linamarina e derivados cianogênicos (ácido cianídrico, cianetos e aldeídos), substâncias diversas e diferentes sais minerais (CAMILI, 2007).

A linamarina e seus metabólitos, por serem solúveis em água, são arrastados com a manipueira (CEREDA, 2001). A massa ralada, no processo de obtenção de farinha de mandioca, perde de 20 a 30% de água. A manipueira resultante da prensagem da massa

ralada arrasta cerca de 5 a 7% de fécula, 2 a 3 % de carboidratos, 1,0 a 1,5% de proteínas e menos de 1% de minerais. O processamento de uma tonelada de raiz produz cerca de 200 a 300 litros de manipueira, que contém 12 a 18 kg de fécula (polvilho) em suspensão (INSTITUTO AGRONÔMICO, 1989).

A composição química da manipueira sustenta a potencialidade desse resíduo como fertilizante, pela presença de potássio (K), nitrogênio (N), magnésio (Mg), fósforo (P), cálcio (Ca), enxofre (S), além de micronutrientes. Por outro lado 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).

A composição da manipueira é bastante variável, dependendo das variedades utilizadas, que por sua vez está relacionada com as condições edafoclimáticas do local onde é cultivada (FIORETTO, 2001). Dados na literatura sobre sua composição apontam o K como o nutriente de maior predomínio entre os demais. Leonel & Cereda (1995), encontraram teores de N, P, K, Ca, Mg e S, de 1.414, 297, 2570, 222, 330 e 78 mg L^{-1} , respectivamente, em manipueira estocada à temperatura ambiente por 24 h. Cereda (1994) encontrou teores de P, K e Ca correspondente a 160, 1863,5 e 19,5 em mg L . Mélo (2004) encontrou na água residuária de fecularia concentrações correspondentes a 583 de K, 292 de Na, 39 de Ca, 66 de Mg e 311 de P em mg L^{-1} . Os valores demonstram a diferença entre a manipueira proveniente do processamento de fécula e de farinha. Nas fecularias a manipueira gerada é composta pela união da água de constituição das raízes (água intracelular), mais a água (limpa) usada na separação do amido da massa fibrosa (água de extração da fécula) ocorrendo assim uma diluição na composição (CARDOSO, 2005; MARQUES, 2009).

1.3 Manejo da Manipueira e Qualidade Ambiental

Impacto ambiental tem como denominação qualquer alteração das propriedades físicas, químicas ou biológicas do ambiente, causada por quaisquer formas de matéria ou energia resultantes das atividades humanas que direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem estar da população, assim como o conjunto de seres vivos de um ecossistema e a qualidade dos recursos ambientais.

Na maioria das vezes a manipueira é descartada “in natura” nos cursos d’água acarretando problemas ambientais (MÉLO, 2004; MARQUES, 2009). Assim, o fato das indústrias de processamento da mandioca se concentrar numa certa região ou município potencializa a geração de resíduos, podendo causar impacto ambiental, visto que o efluente

extraído das raízes é considerado altamente poluente. Os problemas provocados pelas agroindústrias de polvilho, nas bacias hidrográficas, são semelhantes aos causados pelo excesso de adubo usado na agricultura, causando a degradação dos mananciais devido ao aumento da concentração de nutrientes N e P, gerando o fenômeno de eutrofização. Além de odores desagradáveis nestes ambientes produzidos por microrganismos anaeróbicos que geram ácidos sulfídricos (CARDOSO, 2005).

Os tratamentos de resíduos líquidos como lagoas de decantação, digestão anaeróbica e aeróbica são algumas das possibilidades para o tratamento da manipueira, quando não utilizada para o reaproveitamento agrícola (WOSIACKI et al., 2001). Segundo Feiden (2001), os sistemas de tratamento de resíduos através de lagoas de estabilização são eficientes para a redução da carga poluidora da água residuária de feculárias, no entanto algumas desvantagens podem ser apontadas, como a contaminação do lençol freático devido percolação do material, a depender do tipo de solo, podendo exigir impermeabilizações custosas, bem como a emissão de gases causadores do efeito estufa.

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 Cereda (2001), quando consideradas as quantidades geradas e a sua composição química, devido à presença de macronutrientes e micronutrientes; podendo ser aproveitado como fertilizante na agricultura, evitando impactos indesejáveis.

1.4 Manipueira no Solo

Os solos apresentam diferentes capacidades de retenção de elementos orgânicos e inorgânicos. A retenção e a movimentação de elementos solúveis são determinadas pela textura e porosidade do solo e pela característica de cada superfície coloidal, a qual influenciará na solubilidade e troca de íons por processos de adsorção-dessorção.

Em determinadas circunstâncias, as características da vegetação influenciam a dinâmica da água, notadamente como fator de redução da evaporação, aumento da capacidade de infiltração e proteção do solo contra os efeitos danosos provocados pelo impacto das gotas de chuva, evitando carregamento e posterior sedimentação de partículas nas partes mais baixas do terreno, principalmente para os cursos d'água alterando, sobremaneira, sua qualidade. Alterações na composição química e estrutura do solo serão refletidas nas características físicas e químicas da água, tanto superficial quanto subterrânea (SILVA et al., 2007).

A agricultura exige o uso de corretivos e fertilizantes em quantidades adequadas, de forma a atender a critérios racionais, que permitam conciliar o resultado econômico positivo com a preservação dos recursos naturais e do meio ambiente e com a elevação constante da produtividade das culturas. Quando esses insumos são aplicados acima da capacidade suporte do solo, podem liberar íons e compostos tóxicos ou não, que poderão eventualmente, poluir o solo e as águas subterrâneas. Os íons disponibilizados na solução do solo podem ser adsorvidos ao solo, absorvidos pelas plantas ou lixiviados das camadas superficiais do solo (MÉLO, 2004).

A disposição deste resíduo no solo provoca danos imediatos à cultura instalada. Após período de repouso da manuseira no solo, a área se cobre de plantas que apresentam novo vigor, fato que gerou a expectativa de se avaliar conseqüências agronômicas da fertilidade com este resíduo, objetivando-se a avaliação do solo e planta e também demonstrou a necessidade de tratamento adequado para posterior reuso (SARAIVA, 2007).

O uso de resíduos agroindustriais no aproveitamento e reciclagem dos nutrientes no solo evita os despejos nos cursos d'água. No Brasil esta preocupação se reveste de especial importância, visto que a utilização de resíduos industriais na agricultura tem sido feita, em muitos casos, de modo indiscriminado. A recomendação para o descarte de resíduos no ambiente deve ser precedida de estudos detalhados dos efeitos decorrentes da adsorção de íons pela fração coloidal do solo e da mobilidade desses íons no perfil (ALCÂNTARA & CAMARGO, 2001; MÉLO, 2004).

A predominância do K^+ entre os constituintes minerais da manuseira tem implicação direta no desequilíbrio dos cátions básicos no solo, devido ao aumento de saturação desse elemento e da predisposição à lixiviação de Ca e Mg. Assim, há necessidade do monitoramento da fertilidade do solo antes e após a aplicação do efluente, bem como a ação residual dos cátions adsorvidos, que está diretamente relacionada à precipitação pluviométrica após a aplicação e dosagem utilizada. Utilizando uma dosagem de $80 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ e tendo precipitação acumulada de 333 mm, foi observado um efeito residual até 60 dias. Com o dobro da dose, esse efeito aconteceu por mais de 90 dias, o que pode causar uma indisponibilidade de Mg para as plantas, induzida pelo excesso de K (FIORETTO, 2001).

2. A Cultura do Milho

Originário das Américas, o milho (*Zea mays* L.) é uma das principais plantas comerciais, pois apresenta um alto valor energético associado às excelentes qualidades nutricionais, que o tornam extensivamente empregado na alimentação humana e na

formulação de rações para animais. Sua produtividade, assim como a de outras culturas, está diretamente relacionada às condições de solo sendo que boas condições físicas e de fertilidade, junto a condições climáticas favoráveis, resultam em altas produtividades de milho.

O milho é o segundo cereal mais cultivado no mundo, ficando somente abaixo do trigo (*Triticum aestivum*) e por sua vez acima do arroz (*Oryza Sativa*), cevada (*Hordeum vulgare* L.) e sorgo (*Sorghum bicolor*) (FAO, 2010). Além de ser a planta mais estudada e produzir mais de 600 produtos de uso pelo homem, é o principal suporte da alimentação animal no Brasil (IPA/EMBRAPA, 2012).

Um dos principais cereais produzidos no Brasil, cultivado em cerca de 15 mil hectares, com produção aproximada de 72 milhões de toneladas de grãos e produtividade média de 4.800 kg por hectare (CONAB, 2013). Em Pernambuco, o cultivo de milho constitui-se em uma importante atividade agrícola. A área cultivada estimada para a primeira safra de 2011/2012 foi de 205,8 mil de hectares, produção de 47,3 mil toneladas e produtividade de 230 kg por hectare (CONAB, 2012). Estes baixos níveis de produtividade são decorrentes de elevado estresse hídricos no ano hidrológico de 2012, na região semiárida.

O milho é uma planta de ciclo vegetativo variado, evidenciando desde genótipos extremamente precoces, cuja polinização pode ocorrer 30 dias após a emergência, até aqueles cujo ciclo vital pode alcançar 300 dias (WAGNER et al., 2011). Segundo Santos (2009), cultivares de milho de ciclo curto, de 110 a 120 dias, foram inicialmente desenvolvidas para atender a demanda da agricultura nordestina, no que se refere a alimentação humana.

Durante o período de crescimento, os estádios fenológicos do milho podem ser estabelecidos a fim de detalhar as etapas de desenvolvimento das plantas e conseqüentemente, planejar as melhores épocas para semeaduras, averiguar a adaptação da cultivar, auxiliar nos períodos de maior demanda de água, na elaboração dos zoneamentos agrícolas e a definição das épocas para aplicação de fertilizantes (WAGNER et al., 2011).

O ciclo da cultura do milho foi dividido em 11 estágios fenológicos de desenvolvimento, segundo Fancelli (1986), em: (I) estágio 0 (da semeadura à emergência); (II) estágio 1 (planta com quatro folhas totalmente desdobradas); (III) estágio 2 (planta com oito folhas); (IV) estágio 3 (plantas com doze folhas); (V) estágio 4 (emissão do pendão); (VI) estágio 5 (florescimento e polinização); (VII) estágio 6 (grãos leitosos); (VIII) estágio 7 (grãos pastosos); (IX) estágio 8 (início da formação de “dentes” que é a

concavidade na parte superior do grão); (X) estágio 9 (grãos “duros”); e (XI) estágio 10 (grãos maduros fisiologicamente).

O milho, sendo uma gramínea, é muito exigente em fertilizantes, especialmente os nitrogenados. A produtividade da cultura do milho depende, entre outros fatores, da eficiência de canalização de carbono e nitrogênio para o grão ou fitomassa para a produção de silagem e da transformação desses elementos em compostos de reserva (MARTIN et al., 2011).

As necessidades nutricionais de qualquer planta são determinadas pela quantidade de nutrientes que esta extrai durante o seu ciclo. Esta extração total dependerá, portanto, do rendimento obtido e da concentração de nutrientes nos grãos e na palhada. Observa-se que a extração de N, P, K, Ca e Mg aumentam linearmente com o aumento na produção, e que a maior exigência do milho refere-se a N e K, seguindo-se Ca, Mg e P.

O nitrogênio é absorvido pelas plantas, preferencialmente, nas formas de nitrato e amônio. O nitrato pode originar-se da mineralização da matéria orgânica que, contendo os aminoácidos nitrogenados, sofre transformações bioquímicas como a aminização, amonificação e nitrificação. (TANAKA et al., 1997).

No caso da cultura do milho, o nitrogênio absorvido nas formas químicas acima citadas deve sofrer um processo de redução, conhecido como redução assimilatória do nitrato, para ser incorporado aos compostos orgânicos de carbono, tais como os diversos aminoácidos formadores de proteínas, enzimas e coenzimas (MALAVOLTA, 1997).

Além da função na formação de proteínas, o nitrogênio é integrante da molécula de clorofila. Desta forma, plantas bem nutrida em N apresentam crescimento vegetativo intenso e coloração verde-escura (TANAKA et al., 1997).

O P está presente na fração sólida e na solução do solo. Sendo o solo uma mistura de matérias orgânica e inorgânica, o P apresenta-se também em formas orgânicas e inorgânicas, tanto na fração sólida como na solução do solo (GIANELLO et al., 1995).

As plantas absorvem o P da solução do solo, na condição de P solúvel, que se encontra na forma inorgânica, sendo disponível as plantas nas formas H_2PO_4^- e HPO_4^{2-} . O radical fosfato no interior da planta de milho pode estar como íon livre em solução, ligado á cátions metálicos, formando compostos solúveis ou complexos insolúveis e, na forma mais importante, ligado a radicais orgânicos (P orgânico). O P é bastante móvel na planta podendo, se necessário, ser deslocado de tecidos mais velhos para tecidos mais jovens (GIANELLO et al., 1995).

No caso do K, a disponibilidade para a cultura do milho varia conforme tipo e quantidade de minerais primários e secundários presentes no solo, o tipo de ligação química entre o K e os outros elementos constituintes desses minerais. O K que está adsorvido às cargas de superfície de argilominerais (ligações fracas, eletrostáticas) pode ser definido como K trocável, devido ao equilíbrio rápido que pode manter com o K da solução do solo (EMBRAPA, 2001).

O K na planta tem alta mobilidade, tanto entre células individuais, como entre tecidos, e também alta mobilidade no transporte a longa distância, via xilema e floema. O K^+ é o cátion mais abundante no citoplasma, também ocorrendo em alta concentração no cloroplasto, sendo necessário para neutralizar ânions orgânicos e inorgânicos e para estabilizar o pH da planta entre 7,0 e 8,0 que é a faixa ótima, para a maioria das reações enzimáticas (MALAVOLTA et al., 1997).

O estresse nutricional decorrente da deficiência ou do excesso de nutrientes interfere no metabolismo vegetal, assim as plantas apresentam sistemas antioxidativos de defesa (não enzimáticos e enzimáticos) presentes em diversos compartimentos sub-celulares que, usualmente, são suficientes para evitar o dano oxidativo durante períodos de crescimento sob condições normais e de estresse moderado (BRAY et al., 2000). Entretanto, quando estressadas severamente, a produção de espécies reativas de oxigênio (EROs ou ROS: “reactive oxygen species”) pode exceder a capacidade de neutralização dos sistemas antioxidativos e o dano oxidativo pode ocorrer (KANG & SALTVEIT, 2001).

Um dos problemas com que se deparam os organismos aeróbicos é a necessidade de eliminar efetivamente as ROS, geradas durante a atividade metabólica normal e aquelas induzidas por agentes estressantes. Para atenuar o dano oxidativo iniciado pelas ROS, as plantas desenvolveram um complexo sistema de defesa antioxidante, incluindo antioxidantes de baixo peso molecular. Algumas das enzimas antioxidantes envolvidas na eliminação das ROS em plantas incluem a superóxido dismutase (SOD), ascorbato peroxidase (APX), glutatona peroxidase (GPX), catalase (CAT), monodesidroascorbato redutase (MDHAR) e a desidroascorbato redutase (DHAR) (SCANDALIOS, 2005). Essas enzimas reduzem eficientemente as ROS sob circunstâncias normais, mas se a redução completa não ocorrer, como sob condições de alta produção de ROS, o resultado pode ser um estado de estresse oxidativo levando à oxidação de biomoléculas (BOSCOLO et al., 2003). Ao lado de outros mecanismos fisiológicos, a eficiência do sistema antioxidante aumenta a capacidade de tolerância da planta, devido à diminuição dos efeitos causados pelas ROS (GIANNAKOULA et al., 2010; TSIMPHO, 2011)

3.0 Referências bibliográficas

- ALCÂNTARA, M. A. K.; CAMARGO, A. Fator de retardamento e coeficiente de dispersão-difusão para o crômio (III) em solos muito intemperizados, influenciados pelo pH, textura e matéria orgânica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.25, p.209-216, 2001.
- ALVES, A. A. C.; SILVA, A. F. Cultivo da mandioca para a região semi-árida. In: *Embrapa Mandioca e Fruticultura*, 2003. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_semiarido/plantio.htm>. Acesso em: 12 de agosto de 2010.
- BORGES, M. F.; FUKUDA, W. M.; ROSSETI, A. G. Avaliação de variedades de mandioca para consumo humano. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.37, n.11, p.1559-1565, 2002.
- BOSCOLO, P. R. S.; MENOSSI, M.; JORGE, R. A. Aluminum induced oxidative stress in maize. *Phytochemistry: chemistry biochemistry, molecular biology*, v.62, p.181-189, 2003.
- BRAY, E. A. Plant responses to water deficit. *Trends Plant Science*. v.2, p.48-54, 2000.
- CARDOSO JÚNIOR, N. S.; VIANA, A. E. S.; MATSUMOTO, S. N.; SEDIYAMA, T.; AMARAL, C. L. F.; PIRES, A. J. V.; RAMOS, P. A. S. Efeito do nitrogênio sobre o teor de ácido cianídrico em plantas de mandioca. *Acta Scientiarum Agronomy*, v.27, p.603-610, 2005.
- CAMILI, E. A. Tratamento da manipueira por processo de flotação sem uso de agentes químicos. 2007. 78p. Dissertação Mestrado – Universidade Estadual de Paulista - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu.
- CASSONI, V. Valorização de resíduo de processamento de farinha de mandioca (manipueira) por acetificação. 2008. 76p. Dissertação Mestrado – Universidade Estadual de Paulista - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu.
- CEREDA, M. P., Resíduos da industrialização de mandioca no Brasil. In: *Resíduos da industrialização da mandioca São Paulo*. Editora Paulicéia, p.28-34 1994.
- CEREDA, M. P. Caracterização dos subprodutos da industrialização da mandioca. In: (Coord). *Manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização da mandioca*. São Paulo: fundação Cargill, v.4, cap.1, p.31-35. (Séries culturas de tuberosas amiláceas Latino americanas), 2001.

- CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, sexto levantamento, março 2012/Companhia Nacional de Abastecimento. – Brasília: Conab, 2012.
- CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, sexto levantamento, março 2013 / Companhia Nacional de Abastecimento. – Brasília : Conab, 2013.
- CONCEIÇÃO, A. J. A mandioca. São Paulo: Nobel, 1983, 382p.
- ELIAS, M.; NAMBISAN, B.; SUDHAKARAN, P. R. Catabolism of linamarin in cassava (*Manihot esculenta*, Crantz). *Plant Science*, v.126, p 155-162, 1997.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manual de análises química de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: EMBRAPA, 1997. 370p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Tecnologia de produção de soja. Londrina, 2001. 281p.
- EMBRAPA. Cultivo da mandioca. Disponível em: <http://www.cnpmf.embrapa.br/> Acesso em: 12/agosto/2010.
- FANCELLI, A. L. Plantas Alimentícias: guia para aula, estudos e discussão. Piracicaba: ESALQ, 1986. 131p. Dissertação de mestrado.
- FEIDEN, A. Tratamento de águas residuárias de indústria de fécula de mandioca através de biodigestor anaeróbio com separação de fases em escala piloto. 2001. 79p. Tese Doutorado – Universidade Estadual de Paulista - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu.
- FIALHO, J. F.; FUKUDA, W. M. G.; PEREIRA, A. V.; JUNQUEIRA, N. T. V.; GOMES, A. C. Avaliação de variedades de mandioca de mesa nas condições de Cerrado do Distrito Federal. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*, 73, Planaltina, DF, 2002.
- 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.
- GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; TEDESCO, M. J. Princípios de fertilidade do solo. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 276p.
- GIANNAKOULA, A.; MOUSTAKAS, M.; SYRUS, T.; YUPSANIS, T. Aluminum stress induces up-regulation of an efficient antioxidant system in the Al-tolerant maize line but not in the Al-sensitive line. *Environmental and Experimental Botany*, v.67, p.487-494, 2010.

- INOUE, K. R. A. Produção de biogás, caracterização e aproveitamento agrícola do biofertilizante obtido na digestão da manipueira. 2008. 76p. Dissertação Mestrado – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- INSTITUTO AGRONÔMICO: Toxicidade da mandioca, resíduos de fábrica de farinha, utilização, tratamento e eliminação de resíduos. Parecer Técnico. Campinas, 10p, 1989.
- KANG, H. M.; SALTVEIT, M. E. Activity of enzymatic antioxidant defense systems in chilled and heat shocked cucumber seedling radicles. *Physiologia Plantarum*, v.113, p.548-556, 2001.
- LEONEL, M.; CEREDA, M. P. Manipueira como substrato na biossíntese de ácido cítrico por *Aspergillus niger*. *Scientia Agricola*, v.52, p.299-304, 1995.
- LORENZI, J. O. Mandioca. Campinas, CATI, 2003. 116p. (Boletim Técnico).
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997.
- MARQUES, M. C. Atributos do solo, qualidade do lixiviado e crescimento de plantas de milho sob aplicação de água residuária da mandioca. 2009. 92p. Dissertação Mestrado – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- MARTIN, T. N.; PAVINATO, P. S.; SILVA, M. R.; ORTIZ, S.; BERTONCELI, P. Fluxo de nutrientes em ecossistemas de produção de forragens conservadas. *Anais do IV Simpósio: Produção e Utilização de Forragens Conservadas*, Maringá, p.173-219, 2011.
- MÉLO, R. F. Avaliação das alterações físicas e químicas, distribuição e mobilidade dos íons em três solos tratados com manipueira. 2004. 59p. Dissertação Mestrado - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- 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. Fundação Cargill, v.4, p.38 –47, São Paulo, 2001.
- 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, 2007.
- SCANDALIOS, J. G. Oxidative stress: molecular perception and transduction of signals triggering antioxidant gene defenses. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, v.38, p.995-1014, 2005.

- SILVA, M. A. S.; GRIEBELER, N. P.; BORGES, L. C. Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.11, p.108-114, 2007.
- SILVA, F. F. Impacto da aplicação de efluente de fecularia de mandioca em solo e na cultura do sorgo (*Sorghum bicolor*). 2003. 69p. Dissertação Mestrado – Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
- TANAKA, R. T.; MASCARENHAS, H. A. A.; BORKERT, C. M. Nutrição mineral da soja. In: ARANTES, N. E.; SOUZA, P. I. M. *Cultura da soja nos cerrados*. Piracicaba: Potafós, p.109-110. 1997.
- TSIMPHO, C. J. Efeito da salinidade da água de irrigação e de frações de lixiviação no cultivo do milho (*Zea mays* L.). 2011. 86p. Dissertação Mestrado - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- WAGNER, M. V. ; JADOSKI, S. O.; LIMA, A. S.; MAGGI, M. F.; POTT, C. A.; SUCHORONCZEK, A. Avaliação do ciclo Fenológico da cultura do milho em função da soma térmica em Guarapuava, Sul do Brasil. *Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia*, v.4, p.135-149, 2011.
- WOSIACKI, G.; FIORETTO, A. M. C.; ALMEIDA, M. M.; CEREDA, M. P. Utilização da manipueira para produção de biomassa. In: CEREDA, M. P (coord): *Manejo, Uso e Tratamento de Subprodutos da Industrialização da Mandioca*. Fundação Cargill, v.4, p.117-185, São Paulo, 2001.

CAPÍTULO II

TEORES NUTRICIONAIS EM PLANTAS DE MILHO SUBMETIDAS À DIFERENTES DOSES DE MANIPUEIRA

Teores nutricionais em plantas de milho submetidas à diferentes doses de manipueira

Resumo: Este trabalho teve como objetivo avaliar os teores dos nutrientes minerais em plantas de milho submetidas a diferentes doses de manipueira e épocas de coleta. O experimento foi conduzido em casa de vegetação no período de 09 de novembro de 2011 a 28 de janeiro de 2012. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5×3 ; com quatro repetições. Os fatores de estudo foram: doses de manipueira: 0, 12,6; 25,2; 50,4; 75,6 $m^3 \text{ ha}^{-1}$ e; épocas de coleta, aos 20, 40 e aos 52 dias após a germinação. Foram avaliados nas folhas e colmo, os teores de potássio, cálcio, magnésio, nitrogênio, fósforo, sódio e enxofre. As plantas submetidas às doses crescentes aos 20 dias após a germinação apresentaram deficiência em desenvolvimento, com decréscimo nutricional. Aos 40 e 52 dias após a germinação as plantas responderam positivamente às doses estudadas. Os nutrientes estudados apresentaram acúmulos na parte aérea do milho, em ordem decrescente: K, N, P, Mg, Ca, Na e S, não apresentando deficiência visual dos nutrientes.

Palavras-chave: aproveitamento de resíduos, parâmetros fenológicos, *Zea mays* L.

Nutritional content in maize plants under different cassava wastewater dosages

Abstract: This study had as its aim to evaluate the nutrients content in maize plants under different cassava wastewater dosages and harvest periods. The experiment was carried out under greenhouse conditions from November, 9th of 2011 to January, 28th of 2012. It was used a completely randomized design, in a 5×3 factorial scheme; with four replications. The study factors were: cassava wastewater dosages: 0; 12.6; 25.2; 50.4; 75.6 $m^3 \cdot \text{ha}^{-1}$; and harvest periods at 20, 40 and 52 days after germination. It was evaluated, on leaves and stalks, potassium, calcium, magnesium, nitrogen, phosphorus, sodium and sulfur content. Plants under increasing dosages at the period of 20 days after germination showed growth deficiency, presenting nutritional decrease. Plants at the period of 40 and 52 days after germination responded positively to the applied dosages. The studied nutrients presented accumulation in maize aerial part, in decreasing order: K, N, P; Mg, Ca, Na and S, not presenting visual nutrient deficiency.

Key-words: residue reuse, phenological parameters, *Zea mays* L.

INTRODUÇÃO

A utilização dos resíduos orgânicos na agricultura, quando devidamente tratados, proporciona a elevação dos teores de carbono e de nutrientes, aumentando a capacidade de troca de cátions e o pH do solo. Os incrementos dos teores de matéria orgânica e de nutrientes do solo podem melhorar as propriedades físicas e químicas com, consequente, incrementos na produtividade e na qualidade dos produtos agrícolas, bem como redução nos custos de insumos agrícolas.

A manipueira é um dos resíduos gerados no processamento da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) para obtenção da farinha ou fécula. O reaproveitamento desse resíduo como biofertilizante agrícola é viável devido à presença de macronutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio) e micronutrientes (cobre, zinco e manganês), alto teor de matéria orgânica, constituindo-se em uma alternativa de se evitar danos ao meio ambiente.

O efeito diferentes doses de manipueira nas características agronômicas da alface em substituição à adubação mineral, estudados por Duarte et al. (2012), concluíram que o resíduo serviu como fonte de adubação para a cultura da alface, sendo necessária a utilização de doses adequadas, a exemplo de $45 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ que propiciou maior ganho de altura de planta e área foliar; evitando o efeito deletério de alguns nutrientes, sobretudo do potássio, íon encontrado em maior concentração no resíduo.

Avaliando o uso da manipueira tratada na fertirrigação da cultura do milho, Saraiva et al. (2007), observaram aumento médio de 11% nos teores de matéria orgânica do solo, principalmente para os solos tratados com efluente da lagoa de decantação e efluente da lagoa de decantação diluído com água destilada em 50%, porem foram observados acréscimos nos teores de cálcio e magnésio. Na avaliação do tecido foliar e das raízes das plantas de milho submetidas a tratamentos de fertirrigação, os teores de fósforo e zinco aumentaram significativamente entre os tratamentos, demonstrando o potencial da utilização do resíduo.

Para estabelecer uma nutrição adequada das plantas, como a quantidade e a relação entre nutrientes, é preciso conhecer os padrões normais de acúmulo de elementos na massa seca e dos nutrientes ao longo do tempo de cultivo. Isto permite o conhecimento da marcha de absorção e do acúmulo de nutrientes em função da idade da planta, permitindo, assim identificar a quantidade de nutrientes necessários para a produção, a época de maior exigência de cada nutriente, em qual órgão cada nutriente se encontra em maior

quantidade, o quanto é exportado pela colheita e o quanto será necessário repor ao solo para não exauri-lo (Damasceno, 2011).

Entretanto, a quantidade e a proporcionalidade dos nutrientes absorvidos pelas plantas são funções de características intrínsecas do vegetal, como, também, dos fatores externos que condicionam o processo. Numa espécie, a capacidade em retirar os nutrientes do solo e as quantidades requeridas varia não só com a cultivar, mas também com o grau de competição existente. Variações nos fatores ambientais, como temperatura e umidade do solo podem afetar consideravelmente o conteúdo de nutrientes minerais nas folhas. Esses fatores influenciam tanto a disponibilidade dos nutrientes como a absorção destes pelas raízes e, conseqüentemente, o crescimento da parte aérea. Por outro lado, o acúmulo e a distribuição dos nutrientes minerais na planta dependem de seu estágio de desenvolvimento (Goto et al., 2001).

A planta de milho tem um crescimento rápido e contínuo, com acumulação de nutrientes e peso seco, que continuarão até os estádios reprodutivos. Há uma grande demanda no suprimento de água e nutrientes para satisfazer as necessidades da planta, pois a produção e produtividade da cultura estão associadas ao número de grãos por fileira definidos por espiga, cujo comprimento máximo está condicionado à boa disponibilidade hídrica e de nutrientes (Magalhães, 2012).

As necessidades nutricionais do milho são determinadas pelas quantidades totais de nutrientes absorvidos, e o conhecimento dessas quantidades permite estimar as proporções que serão exportadas através da colheita dos grãos e as que poderão ser restituídas ao solo através de restos culturais.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar os teores dos nutrientes em plantas de milho submetidas à diferentes doses de manureira em diferentes períodos de crescimento.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no período de 09 de novembro de 2011 a 28 de janeiro de 2012, em ambiente protegido do Departamento de Tecnologia Rural, situada no Campus da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, PE, cujas coordenadas geográficas, são 8° 01' 05" de latitude sul e 34° 56' 48" de longitude oeste e altitude de 6,49 m.

O solo foi coletado na Estação Experimental do IPA, no município de Itambé-PE, a uma profundidade de 0 a 20 cm e classificado como franco argiloso. Para a caracterização física e química do solo, foram retiradas três amostras do 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) da incorporação de manipueira, conforme metodologia proposta pela EMBRAPA (1997).

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

Parâmetros	Teor
Areia (g kg^{-1})	660
Silte (g kg^{-1})	36,8
Argila (g kg^{-1})	303,2
CEes (dS m^{-1})	0,30
pH em água	5,50
Fósforo (mg dm^{-3})	12,68
Potássio ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	0,27
Cálcio ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	1,65
Magnésio ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	1,25
Sódio ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	0,03

Os vasos foram preenchidos da seguinte forma: 500 g de brita número 0, que permitia a drenagem da água; manta bidim, para evitar a perda de material solo e 20 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, como todos os vasos utilizados para o plantio no experimento foram preenchidos da mesma forma, 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. A irrigação foi feita levando-se em consideração a capacidade de contêiner e, para tanto, foram realizados testes de pesagem dos vasos.

A cultura teste 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 dia após a aplicação da manipueira no solo, tempo necessário para estabilização de seus nutrientes. Em cada vaso foram dispostas três sementes a cerca de um centímetro de profundidade e após a germinação foi realizado o desbaste, mantendo uma planta por vaso, visando-se homogeneidade entre as parcelas. O cultivo durou 52 dias, período em que a planta apresenta dez pares de folhas totalmente desdobradas e antecede a emissão do pendão, segundo Fancelli (2000).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 5 x 3; com quatro repetições, totalizando 60 parcelas experimentais. Os fatores de estudo da pesquisa foram: doses de manipueira 0, 12,6; 25,2; 50,4; 75,6 m³ ha⁻¹ e; épocas de coleta, aos 20, 40 e aos 52 dias após a germinação (DAG). 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). 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.

A manipueira utilizada foi proveniente de uma casa de farinha localizada no município de Pombos, PE. A determinação da composição química da manipueira (Tabela 2) foi realizada no Laboratório de Mecânica dos Solos e Aproveitamento de Efluentes da UFRPE, respectivamente. Os parâmetros físicos e químicos foram determinados de acordo com a metodologia proposta por APHA (1995).

Tabela 2. Características físicas e químicas da manipueira

Parâmetros	Teor
DQO (mg L ⁻¹)	119.220,40
Condutividade elétrica (dS m ⁻¹)	9,61
pH	6,83
Potássio (mg L ⁻¹)	4.793,90
Fósforo (mg L ⁻¹)	286,40
Magnésio (mg L ⁻¹)	1.588,20
Sódio (mg L ⁻¹)	742,00
Cálcio (mg L ⁻¹)	241,90

Após cada coleta nos períodos de 20, 40 e 52 dias, as plantas foram divididas em amostras de folhas e colmo. Após as coletas as amostras foram colocadas em sacos de papel, previamente identificadas e levadas à estufa com circulação forçada de ar a 65°C por um período de 72 horas. As amostras secas foram trituradas em moinho tipo Wiley e submetidas à digestão sulfúrica para determinação de nitrogênio (N); e digestão nitro-

perclórica para determinação de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S) e sódio (Na), conforme Bezerra Neto & Barreto (2011).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e regressão utilizando o software estatístico SAS, com níveis de significância de 5% para o teste F. Alguns parâmetros não apresentaram modelos ajustáveis para regressão (linear e quadrática), sendo utilizado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros nutricionais avaliados apresentaram diferenças significativas na utilização das diferentes doses de manipueira na cultura do milho, aos 20, 40 e 52 DAG.

A Figura 1A apresenta o acúmulo de N nas folhas, referentes às doses estudadas. O N foi o nutriente mais requerido na fase inicial de desenvolvimento do milho. De grande importância para a planta, o N é constituinte essencial dos aminoácidos, principais integrantes de proteínas, além de atuar na divisão celular e na produção de clorofila (Malavolta, 1997). A função deste nutriente explica a exigência da planta, que se encontra em intensa atividade metabólica na fase inicial de desenvolvimento.

O acréscimo de N aos 20 DAG, em relação ao aumento das doses de manipueira aplicada, foi máximo na dose $75,6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (Figura 1A). Derivando-se a equação referente ao período acima, foi estimada a dose ideal de N na folha ($52 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) e colmo na Figura 1B ($45 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), obtendo 44 e 34 g kg^{-1} de acúmulo.

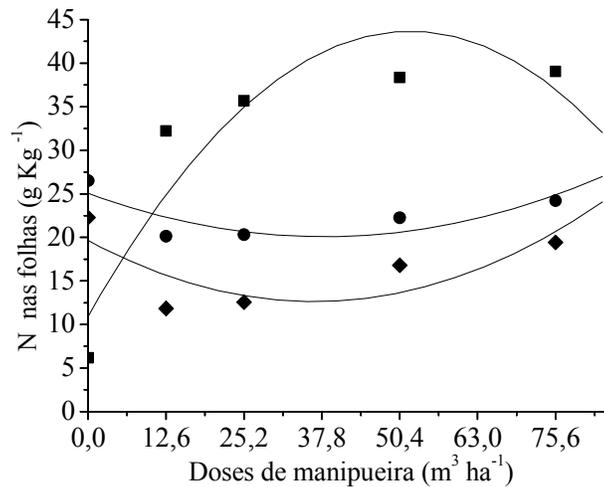
Na folha (Figura 1A) observou-se acúmulo de nitrogênio iniciado na dose $25,2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, apresentando uma curva de crescimento em relação às doses estudadas aos 40 e 52 DAG, verificando-se que os teores, apresentaram baixa concentração ao ser comparado ao período de 20 DAG.

Aos 40 e 52 DAG ocorreu aumento no teor de N (Figura 2A), apresentando crescimento do colmo em diâmetro e comprimento, devido a formação da inflorescência masculina. Neste período o colmo armazena nutriente, que disponibiliza para as folhas, após o desenvolvimento vegetativo, ocorrendo a translocação dos nutrientes para o desenvolvimento dos órgãos florais (Magalhães, 2012).

Estudos realizados por Costa et al. (2012), em relação a doses crescentes de efluente doméstico, obtiveram aumento no teor de N nas folhas, o que indica a eficiência como fonte de N para as plantas. Araújo et al. (2004) relatam que doses crescentes de fertilizante

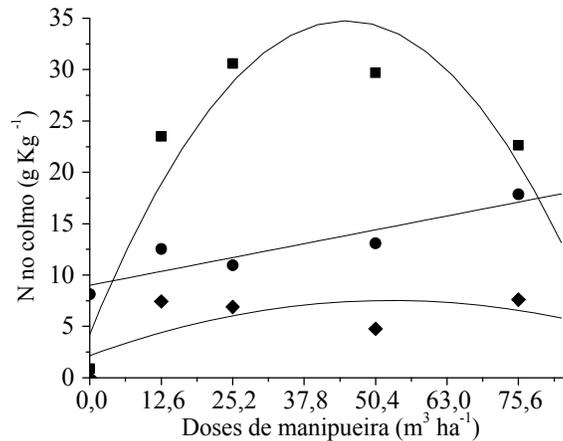
nitrogenado elevou os teores de N na folha do milho de forma proporcional ao aumento das doses na adubação. Para Gomes et al. (2007), a produção de milho com doses crescentes de lodo proporcionou maior absorção de nitrogênio nas plantas, contudo não se mostraram suficientes para boa condição nutricional das plantas.

1 A



■ $Y = 10,99598 + 1,25567^{***}X - 0,01206^{***}X^2$ $R^2 = 0,72$ (20 DAG)
 ● $Y = 25,05215 - 0,26055^{***}X + 0,00341^{***}X^2$ $R^2 = 0,47$ (40 DAG)
 ◆ $Y = 19,63941 - 0,38318^{***}X + 0,00524^{***}X^2$ $R^2 = 0,50$ (52 DAG)

1 B



■ $Y = 4,33205 + 1,34721^{***}X - 0,01492^{***}X^2$ $R^2 = 0,65$ (20 DAG)
 ● $Y = 9,01448 - 0,10681^{***}X$ $R^2 = 0,47$ (40 DAG)
 ◆ $Y = 2,16829 + 0,20161^{***}X - 0,00190^{***}X^2$ $R^2 = 0,34$ (52 DAG)

Figura 1. Teor de nitrogênio aos 20, 40 e 52 dias após a germinação nas folhas (A) e no colmo (B) do milho em função das doses de manureira aplicadas

O acúmulo de fósforo apresentou comportamento semelhante ao nitrogênio no período de 20 DAG (Figuras 2A (folha) e 2B (colmo)). À medida que ocorreu acréscimo das doses

de maniveira, o acúmulo de P nas plantas apresentou-se superior ao tratamento testemunha, verificando-se como dose ideal $48 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, equivalente a $3,6 \text{ g kg}^{-1}$.

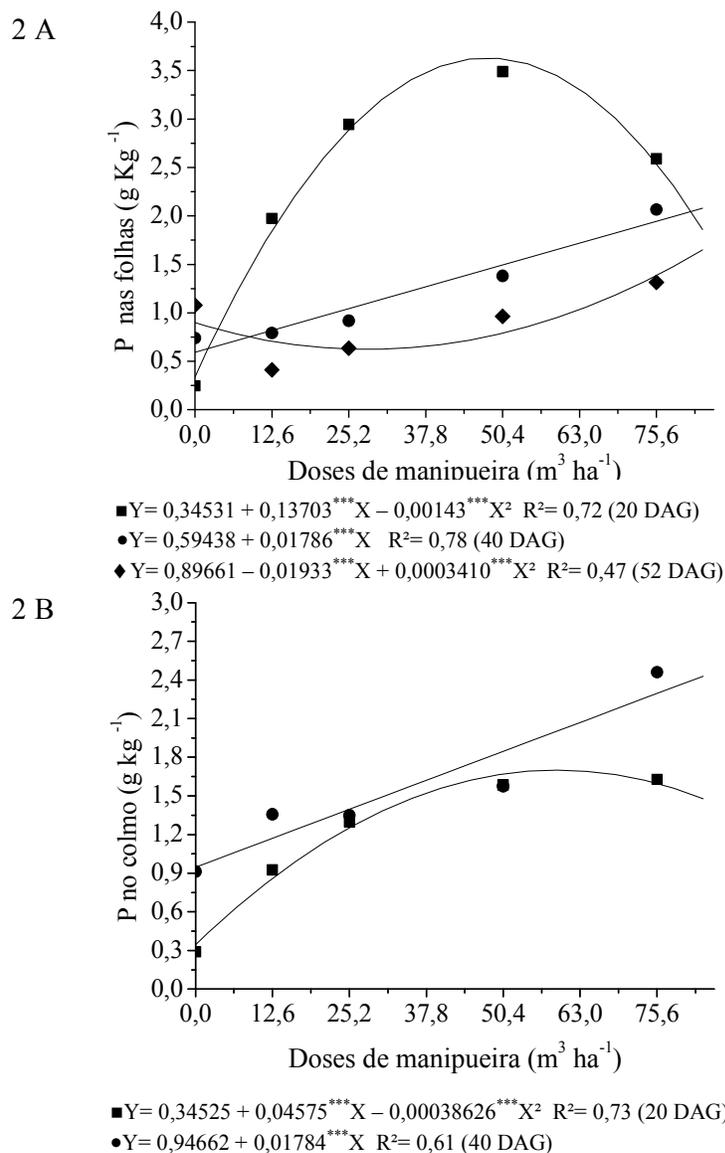


Figura 2. Teor de fósforo nas folhas aos 20, 40 e 52 (A) e no colmo aos 20 e 40 (B) dias após a germinação do milho em função das doses de maniveira aplicadas

Nos períodos de 40 e 52 DAG as folhas (Figura 2A) apresentaram acréscimo no teor de P, à medida que as doses foram elevadas. A dose $75,6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ disponibilizou maior acúmulo de P nas folhas, com concentração de $2,07 \text{ g kg}^{-1}$, valor abaixo da exigência nutricional do milho, que apresenta nas folhas teor de $2,5$ a $3,5 \text{ g kg}^{-1}$, segundo Malavolta (2006). Aos 40 DAG ocorreu acúmulo de P, no acréscimo das doses, apresentando teor de $2,39 \text{ g kg}^{-1}$. Aos 52 DAG não houve diferença significativa entre as médias do colmo.

Realizando estudo para avaliar a produtividade e a composição mineral das plantas de milho, em solo adubado com lodo de esgoto, Gomes et al. (2007), verificaram que concentrações de fósforo em tecido foliar, estiveram abaixo das adequadas para a cultura e solo não sofreu influência nos tratamentos. Inoue et al. (2011) avaliaram concentrações de nutrientes em plantas de milho, adubadas com biofertilizantes (manipueira e casca de mandioca), obtidos na digestão anaeróbica da manipueira e verificaram que não houve diferença significativa entre as médias de tratamentos para a concentração de fósforo total na parte aérea das plantas, evidenciando-se, assim, que a aplicação do biofertilizante não influenciou na concentração de fósforo total na planta do milho.

Avaliando o desenvolvimento, produtividade e teores de macronutrientes presentes no milheto forrageiro e sorgo Sudão, submetidos à aplicação de doses de soro de leite no solo, Morrill et al. (2012), obtiveram em seus resultados valores de fósforo superiores quando comparados aos da testemunha, considerados adequados para a cultura do milho (2,5 a 3,5 g kg⁻¹) e do sorgo (4,0 a 8,0 g kg⁻¹), segundo IPA (2008). Erthal et al. (2010), ao estudarem a aplicação de água residuária da bovinocultura no solo, notaram que a concentração de P nas forrageiras avaliadas foi superior à obtida na testemunha.

Nos primeiros 20 dias de desenvolvimento, as folhas (Figura 3A) apresentaram acréscimo de potássio nas doses estudadas até a dose ideal de 44 m³ ha⁻¹ com teor de 55 g kg⁻¹ nas folhas e decréscimo a partir da dose 50 m³ ha⁻¹. As plantas cultivadas com a maior dose estudada apresentaram deficiência na germinação e queima na ponta das folhas. Isto pode ter ocorrido devido à alta concentração deste nutriente na manipueira e o período de estabilização da manipueira no solo que foi de apenas 20 dias. Um período maior de descanso do resíduo proporcionaria a germinação mais eficiente.

Avaliando o efeito de doses crescentes de KCl na semeadura sobre a germinação e o crescimento inicial do milho, Sangoi et al. (2009), observaram que durante a semeadura do milho a aplicação de todo o fertilizante potássico na forma de KCl, reduzindo o número de operações agrícolas e diminuindo o custo de produção, no entanto essa estratégia aumenta a concentração eletrolítica da solução do solo. Alta concentração de sais dificulta a absorção de água pela semente, devido ao aumento da pressão osmótica, causando problemas na germinação e no desenvolvimento inicial das raízes.

O acúmulo de K na folha (Figura 3A) e no colmo (Figura 3B) foi crescente aos 40 DAG, os resultados apresentados, corroboram com as observações de Ueno et al. (2011), em que a máxima absorção de K ocorre no período de desenvolvimento vegetativo em que ocorre elevada taxa de acúmulo deste nutriente nos primeiros 30 a 40 dias de

desenvolvimento, onde a taxa de absorção supera a de N e P, sugerindo maior necessidade de potássio na fase inicial como um elemento de “arranque”.

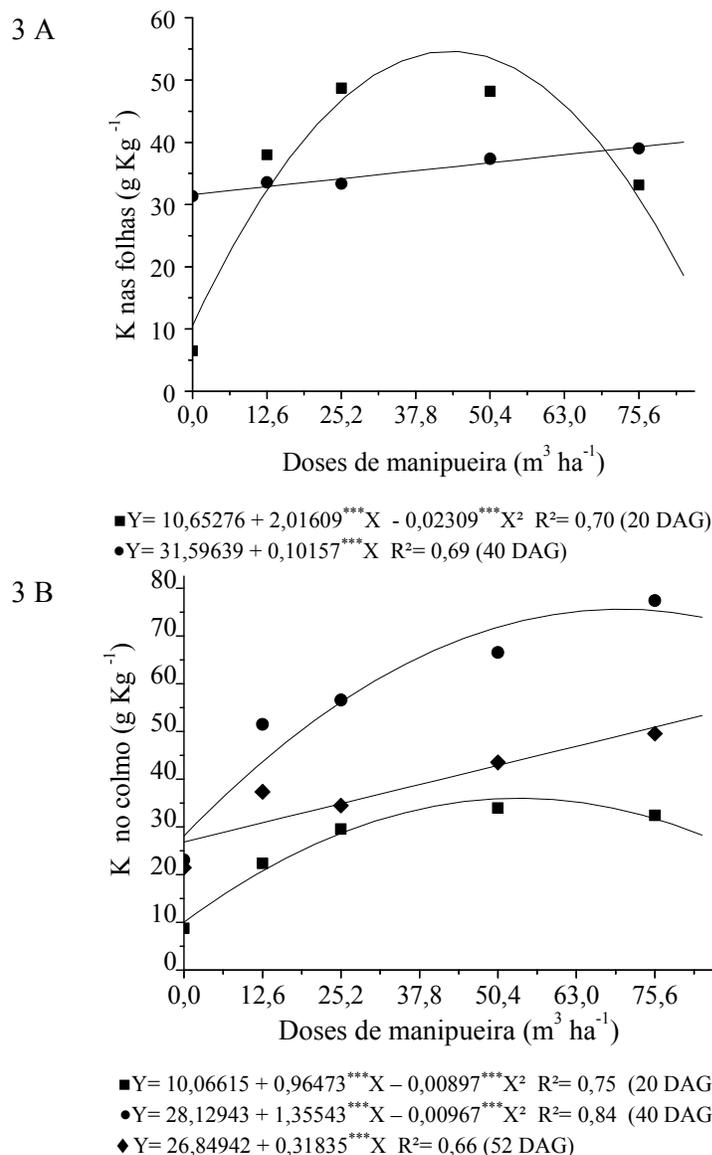


Figura 3. Teor de potássio nas folhas aos 20 e 40 (A) e no colmo 20, 40 e 52 (B) dias após a germinação do milho em função das doses de manureira aplicadas

Aos 52 DAG o teor de K nas folhas não apresentou diferenças significativas. O decréscimo do K no colmo (Figura 3B), ocasionado pela redistribuição dos nutrientes para o desenvolvimento dos órgãos florais. Neste período a planta apresenta de 85% a 90% da área foliar definida, com aproximadamente 12 folhas expandidas. A planta de milho inicia um rápido e contínuo crescimento, com acumulação de nutrientes e peso seco, os quais

continuarão até os estádios reprodutivos, ocorrendo uma grande demanda no suprimento de água e nutrientes para satisfazer as necessidades da planta (Magalhães, 2012).

Avaliando a acumulação, extração e dinâmica de absorção de macronutrientes pela cultura do milho, Borin et al. (2010), apresentaram em seus resultados alta taxa de acúmulo de potássio nos primeiros 30 dias de desenvolvimento, o acúmulo de K na planta foi crescente até os 45 dias após o semeio, seguido de um decréscimo ocasionado pela redistribuição para a espiga. Cerca de 40% foram redistribuídos para espiga e 60% permaneceram na planta.

O teor de Ca foi afetado pelas doses estudadas no período de 20 DAG nas folhas (Figura 4A). O acúmulo de Ca avaliado nas três idades de corte nas plantas foi descrito pelo modelo quadrático (Figura 4A), ocorrendo maior teor de Ca nas plantas sem adição de manureira (dose testemunha). Simonete et al. (2003), estudando o efeito do lodo de esgoto no crescimento e nutrição de milho em um Argissolo, observaram que as plantas aumentaram significativamente as quantidades de Ca e Mg, com a aplicação das doses de lodo de esgoto. Entretanto, a complementação do lodo de esgoto com potássio diminuiu o acúmulo de Ca e Mg nas plantas. Segundo Malavolta et al. (2006), a utilização de concentrações elevadas de potássio no solo, podem inibir competitivamente a absorção de cálcio.

O colmo aos 40 DAG não apresentou diferenças significativas no acúmulo de cálcio. Aos 20 e 52 DAG, as plantas apresentaram baixo teor de Ca no colmo. Folhas e colmo apresentaram teor nutricional abaixo do recomendado pela EMBRAPA (2009), no entanto não foi observado deficiência visual nas plantas. Fatores externos podem afetar a absorção do Ca, além da sua concentração no resíduo, a exemplo da presença de outros íons em concentração alta (K^+ , Mg^{+2} , Al^{+3} , Mn^{+2}), que diminui a absorção do Ca, podendo provocar deficiência (Malavolta, 2006).

Avaliando a produção de fitomassa seca e os teores de N, P, Ca, Mg e S presentes na biomassa do milheto cultivado como cobertura de solo, Marcante et al. (2011), obtiveram em seus resultados o máximo teor de Ca no milheto nos estádios fenológicos E3 e E4 (28 e 35 dias após a emergência), que se mostrou constante nos demais estádios. O teor de Ca encontrado no final do ciclo do milheto ($4,6 \text{ g kg}^{-1}$) foi superior ao encontrado por Prado & Vidal (2008) e Teixeira et al. (2005), que com milheto solteiro e consorciado com capim guandu-anão e feijão de porco, obteve 3,8, 3,9 e 4 g kg^{-1} , respectivamente.

O teor de Mg nas folhas (Figura 5A) apresentou comportamento quadrático durante o período estudado. Aos 20 DAG o maior acúmulo de nutriente ocorreu na dose $12,6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$,

apresentando decréscimo nas demais doses. Aos 40 DAG apresentou maior concentração de Mg nas folhas, no entanto os teores de Mg, apresentam-se abaixo dos teores foliares de 2,5 a 4,0 g kg⁻¹, considerados adequados para a cultura (Malavolta, 2006). Aos 52 DAG, as folhas não apresentaram diferenças significativas nas doses estudadas.

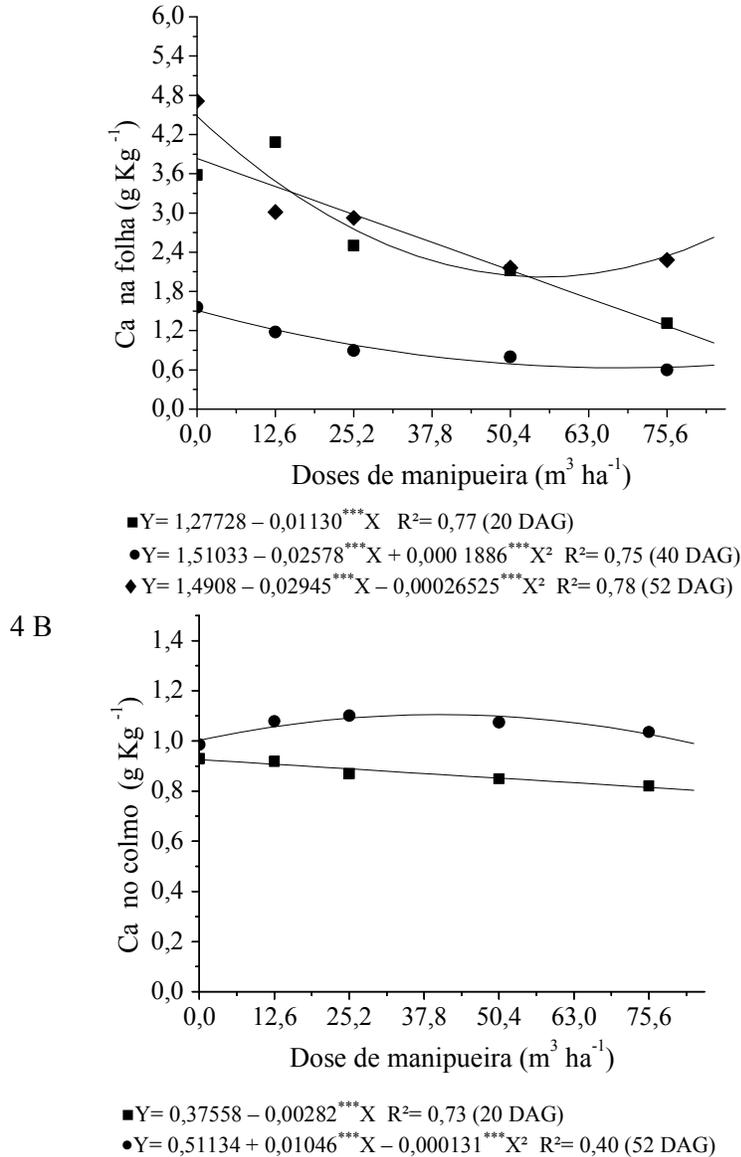


Figura 4. Acúmulo de cálcio nas folhas aos 20, 40 e 52 (A) e no colmo aos 20 e 52 (B) dias após a germinação do milho em função das doses de manueira aplicadas

Na análise do colmo aos 20 DAG constatou-se acréscimo a partir da dose 50,4 m³ ha⁻¹, (Figura 5B). Aos 40 e 52 DAG não ocorreram diferenças entre as doses de manueira nos teores de absorção de magnésio no colmo.

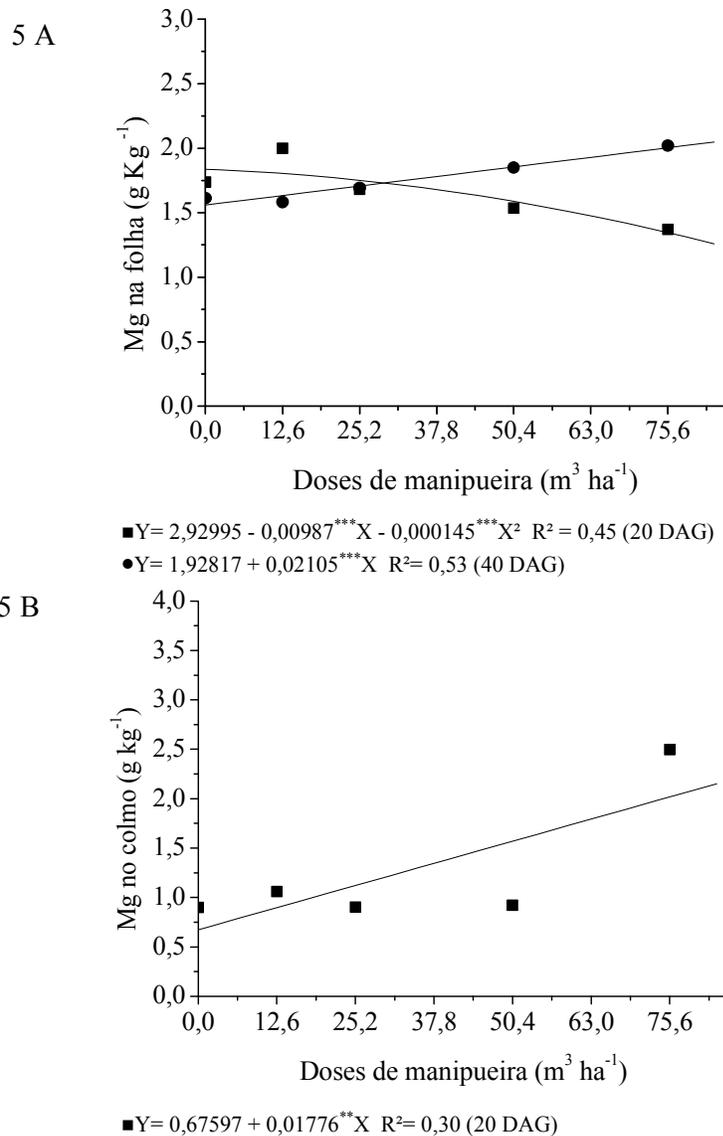


Figura 5. Teor de magnésio nas folhas aos 20 e 40 (A) e do colmo 20 (B) dias após a germinação do milho em função das doses de manipueira aplicadas

Resultados de competição entre Ca e Mg, foram encontrados na pesquisa de Salvador et al. (2011), que na absorção do Mg e do Ca pela planta há competição e o excesso de um desses elementos resulta na diminuição na absorção do outro, corroborando o trabalho, no qual o resíduo de manipueira utilizada apresenta alto teor de magnésio (1.588,20 mg L⁻¹) e baixo teor de cálcio (241,90 mg L⁻¹), induzindo uma competição entre estes nutrientes.

Von Pinho et al (2009), determinando a marcha de absorção de macronutrientes em plantas de milho, obtiveram como resposta no acúmulo de Mg um comportamento linear durante o ciclo da cultura, não sendo constatadas diferenças significativas entre os híbridos

avaliados. As quantidades totais de Mg acumuladas nos estádios iniciais foram pequenas, e ocorreu um pequeno incremento do estágio fenológico 2 (44 DAE) até o estágio 5 (final do florescimento).

Simonete et al. (2003), avaliando o efeito do lodo de esgoto nos atributos de um Argissolo e no crescimento e nutrição de milho, apresentam em seus relatarem que as quantidades de Ca e Mg acumuladas pelas plantas aumentaram significativamente com a aplicação das doses de lodo de esgoto. Entretanto, a complementação do lodo de esgoto com K diminuiu o acúmulo de Ca e Mg nas plantas. Segundo Malavolta et al. (1997), essas respostas podem ser explicadas devido aos solos com elevadas concentrações de potássio inibiram a competitividade da absorção de Ca e, principalmente, a de Mg pelas raízes das plantas.

O teor de S nas folhas, Figura 6A, apresentou comportamento semelhante ao K e N aos 20 DAG. A medida que ocorreu acréscimo das doses de manípueira, o acúmulo de S nas plantas apresentou-se superior ao tratamento testemunha, apresentando um decréscimo na dose 55 m³ ha⁻¹. Aos 40 DAG às folhas não apresentam diferenças significativas entre as doses aplicadas. Aos 52 DAG (Figura 6A), as folhas apresentam acréscimo a partir da dose 25,2 m³ ha⁻¹, neste período as plantas apresentam redistribuição dos nutrientes para o desenvolvimento da floração. O acúmulo de enxofre no colmo aos 20, 40 e 52 DAG, não apresentaram diferenças significativas em relação às doses estudadas.

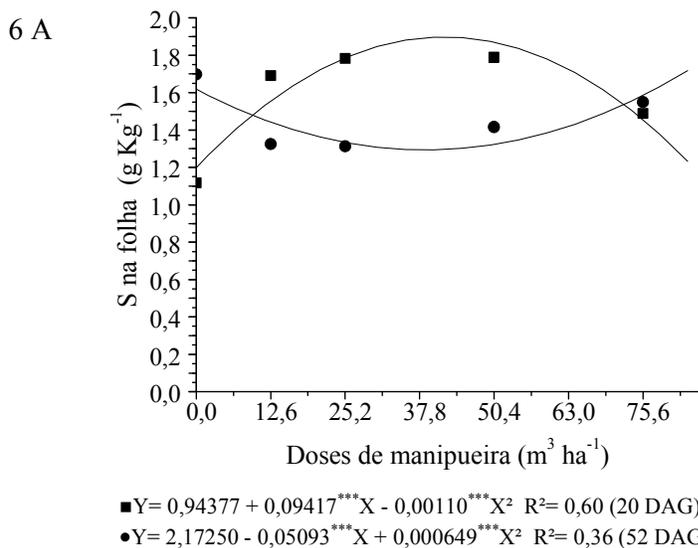


Figura 6. Acúmulo de enxofre nas folhas aos 20 e 52 (A) dias após a germinação do milho em função das doses de manípueira aplicadas

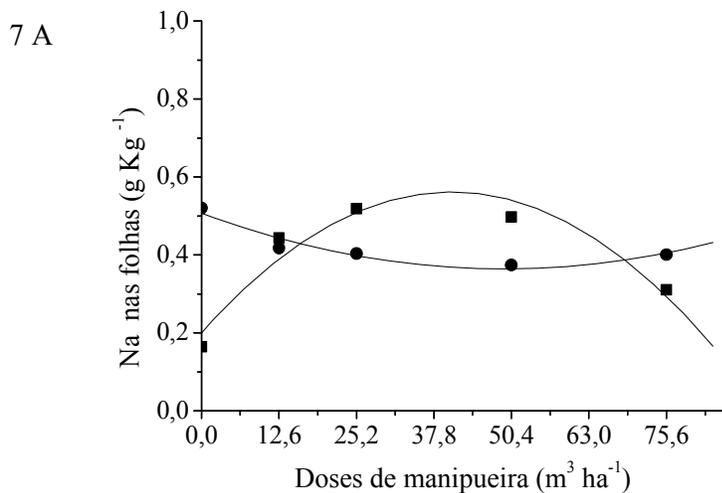
Avaliando a produção de fitomassa seca e os teores de N, P, Ca, Mg e S presentes na biomassa do milho, Marcante et al. (2011), verificaram que a mobilidade do S é considerada baixa no interior da planta, ou seja, é um nutriente pouco móvel. Esta consideração foi verificada em seus resultados que apresentaram concentração de S na cultura do milho de $1,55 \text{ g kg}^{-1}$, corroborando com as concentrações encontradas por Cazetta et al. (2005) e Teixeira et al. (2005) que variaram entre 1,5 a $1,6 \text{ g kg}^{-1}$. No entanto Von Pinho et al. (2009), estudando a marcha de absorção de macronutrientes e o acúmulo de matéria seca em milho, observaram comportamento linear durante o ciclo da cultura no acúmulo de S, verificando que até o final do estágio fisiológico 5 (71 dias), as plantas absorveram pouco nutriente.

Em relação ao teor de Na nas folhas, observou-se interação entre a dose de manureira e o tempo. Aos 20 DAG, a análise foliar apresentou comportamento semelhante ao N, P e K neste período de crescimento. O aumento nos teores de Na promovidos pela aplicação de manureira foi descrito pelo modelo quadrático aos 20 e 52 DAG (Figura 7A). Aos 40 DAG não houve diferença significativa nas doses estudadas.

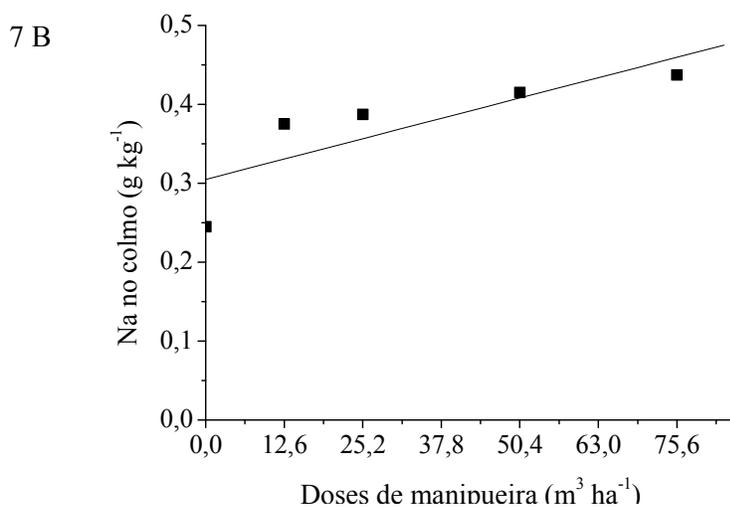
Quanto ao sódio no colmo (Figura 7B), verificou-se que a aplicação de doses crescentes de manureira apresentou um acréscimo significativo nas plantas, independente do tempo de avaliação. Observou-se que a dose $75,6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ apresentou diferença significativa em relação as doses testemunha e $12,6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, não diferindo das demais doses.

A manureira utilizada neste trabalho, não apresentou teor de sódio elevado, no entanto o teor neste tipo de resíduo depende, da cultivar de mandioca, do solo, da adubação e de outros fatores. Estudos têm demonstrado que o aumento da concentração de sódio na parte aérea de plantas de milho ocasiona redução dos teores de cálcio, magnésio e potássio ao longo do ciclo da cultura refletindo o desequilíbrio nutricional.

Garcia et al. (2007); Oliveira et al. (2009) verificaram aumento da concentração de sódio na parte aérea de plantas de milho cultivado em ambientes salinos. Este nutriente restringe o crescimento, seja da parte aérea como do sistema radicular das plantas, em decorrência de efeitos osmóticos, passíveis de acarretar déficit hídrico e efeitos específicos de íons, que resultam em toxidez ou desordens nutricionais.



■ $Y = 0,20111 + 0,01775^{**}X - 0,0002186^{**}X^2$ $R^2 = 0,55$ (20 DAG)
 ● $Y = 0,50689 - 0,00579^{**}X + 0,0000589^{**}X^2$ $R^2 = 0,37$ (52 DAG)



■ $Y = 0,30563 + 0,00204^{***}X^2$ $R^2 = 0,29$

Figura 7. Teor de sódio nas folhas aos 20 e 52 (A) e no colmo dias após a germinação do milho em função das doses de manureira aplicadas

CONCLUSÃO

- 1 - Aos 20 dias após a germinação as doses de manureira aplicadas promoveram deficiência no desenvolvimento das plantas e decréscimo nutricional.
- 2 - Aos 40 e 52 dias após a germinação as plantas responderam positivamente as doses estudadas.
- 3 - As plantas requerem pouco nutrientes no estágio inicial de desenvolvimento, passando a exigir aumento nutricional no decorrer dos estádios de desenvolvimento.

LITERATURA CITADA

- APHA - American Public Health Association, AWWA - American Water Works Association, WPCF - Washington Press Club Foundation. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington: American Public Health Association, 17.ed. 1995. 2198p.
- Araújo, L. A. N.; Ferreira, M. E.; Cruz, M. C. P. Adubação nitrogenada na cultura do milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.39, p.771-777, 2004.
- Bezerra Neto, E.; Barreto, L. P. Análises químicas e bioquímicas em plantas. Recife: UFRPE, 2011. 148p.
- Borin, A. L. D. C.; Lana, R. M. Q.; Pereira, H. S.; Absorção, acúmulo e exportação de macronutrientes no milho doce cultivado em condições de campo. *Revista Ciência e Agrotecnologia, Edição Especial*, v.34, p.1591-1597, 2010.
- Cazetta, D. A.; Fornasieri Filho, D.; Giroto, F. Composição, produção de matéria seca e cobertura do solo em cultivo exclusivo e consorciado de milheto e crotalária. *Acta Scientiarum Agronomy, Maringa*, v. 27, p.575-580, 2005.
- Costa, M. S.; Costa, Z. V. B.; Alves, S. M. C.; Ferreira Neto, M.; Marinho, M. J. C. Avaliação nutricional do milho cultivado com diferentes doses de efluente doméstico tratado. *Irriga, Edição Especial*, p.12-26, 2012.
- Damasceno, A. P. A. B. Produção, crescimento e marcha de absorção de nutrientes do melão cantaloupe tipo “Harper” fertirrigado com doses de N e K. 2011. Mossoró: UFERSA, 2011. 118p. Dissertação de Mestrado.
- 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 manípueira 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, 2009. 627p.
- Fancelli, A. L.; Dourado Neto, D. Produção de milho. Guaíba: Agropecuária, 2000, 360p.
- Garcia, G. O.; Ferreira, P. A.; Miranda, G. V.; Neves, J. C. L.; Moraes, W. B.; Santos, D. B. Teores foliares dos macronutrientes catiônicos e suas relações com o sódio em plantas de milho sob estresse salino. *IDESIA*, v.25, p.93-106, 2007.

- Gomes, S. B. V.; Nascimento, W. A.; Biondi, C. M. Produtividade e composição mineral de plantas de milho em solo adubado com lodo de esgoto. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.11, p.459-465, 2007.
- Goto, R.; Guimarães, V. F.; Echer, M. M. Aspectos fisiológicos e nutricionais no crescimento e desenvolvimento de plantas hortícolas. In: Folegatti, M. V.; Casarini, E.; Blanco, F. F.; Brasil, R. P. C.; Resende, R. S. (Coord.) *Fertirrigação: flores, frutas e hortaliças*. Guaíba: Agropecuária, v.2, p.241-268, 2001.
- 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 com biofertilizantes, obtidos na digestão anaeróbia da maniveira. *Revista Engenharia na agricultura*. v.19, p.236-243, 2011.
- IPA - Instituto Agrônomo de Pernambuco. *Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco*. Recife: IPA, 2008. 64p.
- Magalhães, P. C.; Durães, F. O. M. Cultivo do milho. *Embrapa Milho e Sorgo Sistemas de Produção*, 2. Disponível em: http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho_4ed/ecofisiologia.htm. Acesso em: 28 de novembro de 2012.
- Malavolta, E.; Vitti, G.C.; Oliveira, S.A. *Avaliação do estado nutricional de plantas: Princípios e aplicações*. Piracicaba, Potafos, 1997. 308p.
- Malavolta, E. *Manual de nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006. 638p.
- Marcante, N. C.; Camacho, M. A.; Paredes, F. P. J. Teores de nutrientes no milheto como cobertura de solo. *Bioscience. Journal*, v.27, p.196-204, 2011.
- Morrill, W. B. B., Rolim, M. M.; Bezerra Neto, E.; Pedrosa, E. M. R.; Oliveira, V. S.; Almeida, G. L. P. Produção e nutrientes minerais de milheto forrageiro e sorgo sudão adubado com soro de leite. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, p.182-188, 2012.
- Oliveira, F. A.; Medeiros, J. F.; Oliveira, M. K. T.; Lima, C. J. G. S.; Almeida Júnior, A. B.; Amâncio, M. G. Desenvolvimento inicial do milho-pipoca irrigado com água de diferentes níveis de salinidade. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.4, p.149-155, 2009.
- Prado, R. M.; Vidal, A. A. Efeitos da omissão de macronutrientes em solução nutritiva sobre o crescimento e a nutrição do milheto. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.38, p.208-214, 2008.

- Salvador, J. T.; Carvalho, T. C.; Lucchesi, L. A. C. Relações cálcio e magnésio presentes no solo e teores foliares de macronutrientes. *Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais*, Curitiba, v. 9, p.27-32, 2011.
- Saraiva, F. Z.; Sampaio, S. C.; Silvestre, M. G.; Queiro, M. M. F.; Nobrega, 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.
- Sangoi, L.; Ernani, P. R.; Bianchet, P. Vargas, V. P.; Picoli, 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
- Simonete, M. A.; Kiehl, J. C.; Andrade, C. A.; Teixeira, C. F. A. Efeito do lodo de esgoto em um Argissolo e no crescimento e nutrição de milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.38, p.1187-1195, 2003.
- Teixeira, C. M.; Carvalho, G. J.; Neto, A. E. F.; Andrade, M. J. B.; Marques, E. L. S. Produção de biomassa e teor de macronutrientes do milheto, feijão-de-porco e guandanao em cultivo solteiro e consorciado. *Ciência e Agrotecnologia*, v.29, p.93-99, 2005.
- Ueno, R. K.; Neumann, M.; Marafon, F.; Basi, S.; Rosário, J. G. Dinâmica dos nutrientes do solo em áreas destinadas à produção de milho para forragem. *Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias*, v.4, p.182-203, 2011.
- Von Pinho, R. G.; Borges, I. D.; Pereira, J. L. A. R.; Reis, M. C. Marcha de absorção de macronutrientes e acúmulo de matéria seca em milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.8, p.157-173, 2009.

CAPÍTULO III

DESENVOLVIMENTO DO MILHO SUBMETIDO À ADUBAÇÃO COM MANIPUEIRA

Desenvolvimento do milho submetido à adubação com manipueira

Resumo: Objetivou-se, neste estudo, verificar o efeito da adubação utilizando manipueira no desenvolvimento do milho. O experimento foi conduzido em ambiente protegido no período de 09 de novembro de 2011 a 28 de janeiro de 2012. Para isto, foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos compostos das seguintes doses: 0, 12,6, 25,2, 50,4, 75,6 m³ ha⁻¹, épocas de coleta aos 20, 40 e aos 52 dias após a germinação (DAG) e quatro repetições, totalizando 60 unidades experimentais. Utilizou-se um híbrido de milho forrageiro denominado AG 1051, dispendo uma planta por vaso de 20 L. Foram avaliadas, em função das doses aplicadas, altura de planta, diâmetro de colmos, número de folhas, matéria fresca e matéria seca das folhas e colmos do milho. Constatou-se pela equação que a dose 63 m³ ha⁻¹ propiciou maior ganho de diâmetro de colmo, número de folhas, massa fresca e massa seca de folhas, enquanto a dose igual 75,63 m³ ha⁻¹ incremento significativo nos demais parâmetros fenológicos avaliados. Assim, o uso da manipueira serviu como fonte de adubação para a cultura do milho, sendo que as respostas positivas dependem da utilização de doses adequadas de manipueira.

Palavras-chave: parâmetros fenológicos, matéria seca, *Zea mays* L.

Maize growth under cassava wastewater fertilization

Abstract: It was aimed with this study to verify the effect of cassava wastewater fertilization on maize growth. The experiment was carried out under greenhouse conditions from November, 9th of 2011 to January, 28th of 2012. In this regard, it was used a completely randomized design, with five treatments composed of the following dosages: 0, 12.6, 25.2, 50.4, 75.6 m³.ha⁻¹, harvesting periods at 20, 40, and 52 days after germination (DAG) and four replications, totalizing 60 experimental units. A hybrid of green maize (AG 1051) was used, arranged as one plant per 20-liter pot. According to the applied dosage, it was evaluated: plant height, stalk diameter, number of leaves, dry and fresh matter of leaves and stalks. It was determined that 63 m³.ha⁻¹ dosage has provided a greater gain of stalk diameter, number of leaves, dry and fresh matter of leaves, whilst a 75,63 m³.ha⁻¹ dose has provided significant increase of the other evaluated phenological parameters. Therefore, cassava wastewater use was suited as a fertilization source for maize, but positive responses depend on proper cassava wastewater dosages.

Key-words: phenological parameters, dry matter, *Zea mays*

INTRODUÇÃO

Devido ao desenvolvimento da agroindústria, a quantidade de resíduos gerada tem se tornado motivo de preocupação, pois, geralmente, os resíduos são de difícil gestão. Diante das dificuldades encontradas no tocante à gestão dos resíduos agroindustriais, o reaproveitamento destes vem sendo considerado um instrumento de gestão inovador cuja característica principal é proteger os recursos naturais existentes.

O reúso de efluentes e resíduos advindos de atividades agroindustriais vem sendo encorajado como forma de diminuir a poluição ambiental causada pelo descarte indiscriminado e, entre as medidas propostas para o gerenciamento adequado de tais efluentes e resíduos, está a sua reutilização em substituição à adubação mineral na produção agrícola (Damasceno et al., 2003).

A reutilização de alguns resíduos líquidos gerados na atividade agroindustrial há muito tempo é empregada, porém, nas últimas décadas, o seu reaproveitamento vem sendo estudado com mais ênfase, principalmente, na atividade agrícola, cujo objetivo principal é substituir parcial ou totalmente a adubação mineral das culturas.

Respostas positivas, em relação ao reaproveitamento de resíduos agroindustriais na agricultura, principalmente, vêm sendo obtidas por diversos autores, Sandri et al. (2007); Ribas et al. (2010), Inoue et al. (2011) e Barros et al. (2011). Entretanto, quando os resíduos são aplicados em doses inadequadas podem ser prejudiciais ao solo e às culturas, bem como contaminar as águas subterrâneas e superficiais devido à alta carga orgânica e excesso de nutrientes e sais presentes.

A utilização de água residuária aplicada como fertilizante na agricultura pode trazer benefícios ao desenvolvimento da cultura. Plantas de algodoeiro obtiveram máximos valores de crescimento e desenvolvimento, quando foram irrigadas com água residuária de lodo de esgoto doméstico, evidenciando a importância da utilização de resíduo na agricultura (Bezerra et al., 2005). Em estudos recentes, Duarte et al. (2012) e Salvador et al. (2012) afirmaram que o uso da manipueira propiciou melhor desenvolvimento da alface e das mudas de eucalipto cultivadas, respectivamente.

Avaliando a aplicação de doses crescentes de manipueira, via foliar, no desenvolvimento do milho, Araújo et al. (2012), constataram que a maior dose 75% (750 ml de manipueira + 250 ml de água) foi eficaz como fonte de adubação foliar para o milho, pois garantiu um ganho significativo de massa fresca, altura de planta e número de folhas. Entretanto, os autores enfatizaram que, apesar da dose igual a 75% de manipueira ter

garantido melhor desenvolvimento das plantas, a aplicação de manipueira via foliar só é recomendável até a dosagem de 50% (500 ml de manipueira + 500 ml de água), pois, acima desta dosagem, houve injúrias severas nas folhas do milho.

Durante o período de crescimento, os estádios fenológicos do milho podem ser estabelecidos a fim de detalhar as etapas de desenvolvimento das plantas e conseqüentemente planejar tanto as melhores épocas para semeaduras, averiguar a adaptação da cultivar, auxiliar nos períodos de maior demanda de água, na elaboração dos zoneamentos agrícolas, bem como a definição das épocas para aplicação de fertilizantes (Matzenauer, 1997; Wagner et al. 2011).

Embora as plantas de milho sigam o mesmo padrão de desenvolvimento, fatores como cultivares diferentes, solo, adubação, clima, práticas culturais, pragas, moléstias, ano agrícola e época de plantio são capazes de interferir nos estádios fenológicos, número total de folhas desenvolvidas, na produtividade e na qualidade do milho (Okumura et al. 2011).

Tendo em vista os riscos que o descarte indiscriminado dos resíduos agroindustriais pode trazer ao meio ambiente, bem como a potencialidade que tais resíduos, sobretudo, a manipueira, têm em substituir ou complementar a adubação mineral, o objetivo deste estudo foi avaliar efeito ocasionado pela aplicação de doses crescentes de manipueira no desenvolvimento do milho.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de 09 de novembro de 2011 a 28 de janeiro de 2012, em uma casa de vegetação pertencente ao Departamento de Tecnologia Rural da UFRPE, Recife, PE, cujas coordenadas geográficas são: 08° 01' 01' de latitude Sul e 34° 56' 47' de longitude oeste.

O solo foi coletado na Estação Experimental do IPA, no município de Itambé-PE, a uma profundidade de 0 a 20 cm e caracterizado como franco argilosa. Para a caracterização física e química do solo, foram retiradas três amostras do solo, as quais foram secas ao ar, destorroadas e peneiradas em malha de 2 mm, para posterior determinação das características antes (Tabela 1) da incorporação de manipueira, conforme metodologia proposta pela EMBRAPA (1997).

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

Parâmetros	Teor
Areia (g kg^{-1})	660
Silte (g kg^{-1})	36,8
Argila (g kg^{-1})	303,2
CEes (dS m^{-1})	0,30
pH em água	5,50
Fósforo (mg dm^{-3})	12,68
Potássio ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	0,27
Cálcio ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	1,65
Magnésio ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	1,25
Sódio ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	0,03

Os vasos foram preenchidos com 500 g de brita nº 0, para permitir a drenagem da água; manta bidim, para evitar a perda de material solo e 20 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 dos testes, obteve-se o peso médio dos três vasos com solo em capacidade de campo e, como todos os vasos utilizados para o plantio no experimento foram preenchidos da mesma forma, o volume de água necessário para cada planta foi obtido pela diferença do peso médio com o solo em capacidade de campo e o peso de cada um destes vasos contendo uma planta, os quais eram medidos diariamente. A irrigação foi feita levando-se em consideração a capacidade de recipiente e, para tanto, foram realizados testes de pesagem dos vasos.

A cultura teste 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 semiprecoce, 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 dia após a aplicação da manípueira no solo, tempo necessário para estabilização de seus nutrientes e evaporação do ácido cianídrico. Em cada vaso foram dispostas três sementes a cerca de um centímetro de profundidade e após a germinação foi realizado o desbaste, mantendo apenas uma planta por vaso, visando-se homogeneidade entre as parcelas. O cultivo durou 52 dias, período em que a planta apresenta oito pares de folhas totalmente desdobradas e antecede a emissão do pendão, segundo Fancelli (1986).

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) da UFPE e no Laboratório de Mecânica dos Solos e Aproveitamento de Efluentes da UFRPE, respectivamente. Os parâmetros físicos e químicos foram determinados de acordo com a metodologia proposta por APHA (1995).

Tabela 2. Características físicas e químicas da manipueira

Parâmetros	Teor
DQO (mg L ⁻¹)	119.220,4
Condutividade elétrica (dS m ⁻¹)	9,61
pH	6,83
Potássio (mg L ⁻¹)	4.793,9
Fósforo (mg L ⁻¹)	286,4
Magnésio (mg L ⁻¹)	1.588,2
Sódio (mg L ⁻¹)	742,0
Cálcio (mg L ⁻¹)	241,9

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 5 × 3; com quatro repetições, totalizando 60 parcelas experimentais. Os fatores de estudo da pesquisa foram: doses de manipueira 0, 12,6; 25,2; 50,4; 75,6 m³ ha⁻¹ e; épocas de corte, aos 20, 40 e 52 dias após a germinação (DAG). As doses de manipueira foram determinadas levando-se em consideração a concentração de potássio nela existente e na análise do solo, bem como a exigência dos nutrientes pela cultura do milho: 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 leituras realizadas a cada dez dias após a germinação.

Aos 20, 40 e 52 DAG, as plantas foram colhidas determinando a massa verde das folhas (MVF) e massa verde do colmo (MVC), em seguida as amostras foram colocadas em sacos de papel, identificadas e levadas à estufa com circulação forçada de ar a 65°C até peso constante. Após o período de 72 horas determinou-se a massa seca das folhas (MSF) e massa seca do colmo (MSC), conforme metodologia proposta por Benincasa (2003).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e regressão utilizando o software estatístico SAS, com níveis de significância de 5% para o teste F. Alguns parâmetros não apresentaram modelos ajustáveis para regressão (linear e quadrática), sendo utilizado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

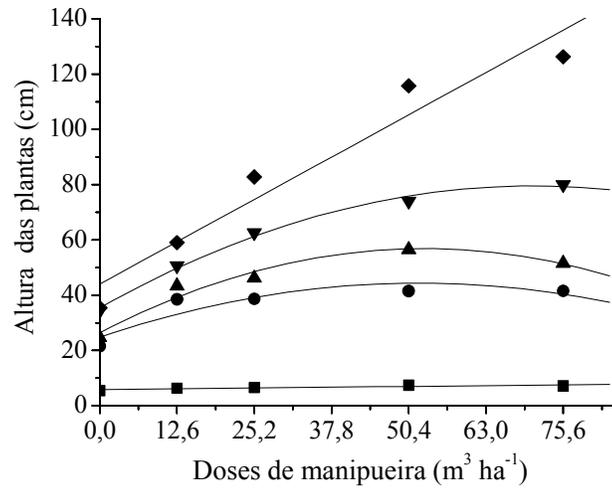
RESULTADOS E DISCUSSÃO

As interações obtidas pela análise de variância dos dados mostraram que todos os parâmetros de crescimento avaliados foram significativamente alterados pelo uso de doses crescentes de manipueira.

Para as variáveis alturas de planta, diâmetro de colmo e número de folhas, observa-se que a manipueira promoveu efeito quadrático (Figuras 1A, B e C) em todas as épocas avaliadas, exceto aos 10 DAG, neste período as plantas encontravam-se em fase de adaptação ao local de cultivo. Corroborando os dados obtidos neste trabalho, em que as plantas apresentam em média altura de 6,6 cm, diâmetro de 0,45 cm e 4 folhas completamente desenvolvida, Magalhães (2006), avaliando a fisiologia da produção do milho, observou que as plantas apresentam três folhas desenvolvidas, ponto de crescimento abaixo da superfície do solo e possui pouco caule formado. Apresentam pêlos radiculares do sistema radicular nodal em período de crescimento e a paralisação do desenvolvimento das raízes seminais. Este estágio de desenvolvimento ocorre duas semanas após o plantio.

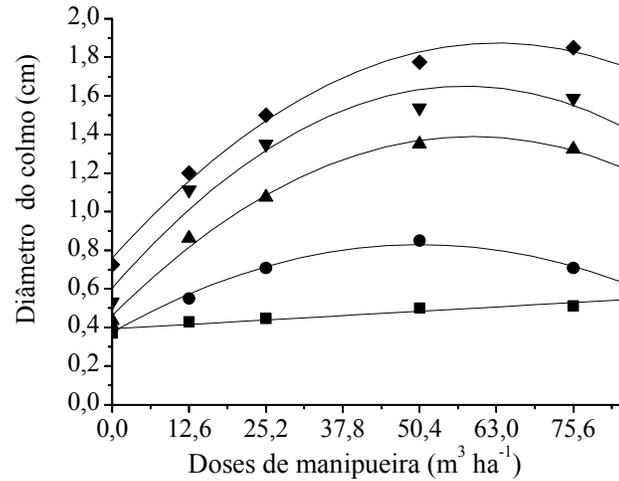
As plantas cultivadas no solo que recebeu a maior dose de manipueira ($75,6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) apresentaram maior altura, entretanto o maior diâmetro de colmo e maior número de folhas foram obtidos para as plantas que receberam dose igual a $63 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Quando se utilizou a dose igual a $75,6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, a altura média de planta foi de 126,3 cm, sendo significativamente superior às plantas cultivadas no tratamento testemunha ($0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) cuja altura média foi igual a 35,4 cm. Para a dose igual a $63 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, o diâmetro médio de colmo e o número médio de folhas foram iguais a 1,85 cm e 12, na testemunha ($0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), os valores médios foram iguais a 0,72 cm e 5 para as variáveis diâmetro de colmo e número de folhas, respectivamente.

1 A



■ $Y = 5,62996 + 0,02793^{**}X$ $R^2 = 0,42$ (10 DAG)
 ● $Y = 21,47934 + 1,02439^{***}X - 0,01049^{***}X^2$ $R^2 = 0,67$ (20 DAG)
 ▲ $Y = 25,24200 + 1,15443^{***}X - 0,01079^{***}X^2$ $R^2 = 0,80$ (30 DAG)
 ▼ $Y = 30,44211 + 1,56370^{***}X - 0,01271^{***}X^2$ $R^2 = 0,92$ (40 DAG)
 ◆ $Y = 44,02198 + 1,21514^{***}X$ $R^2 = 0,89$ (52 DAG)

1 B



■ $Y = 0,38071 + 0,00183^{***}X$ $R^2 = 0,46$ (10 DAG)
 ● $Y = 0,32364 + 0,01771^{***}X - 0,00016779^{***}X^2$ $R^2 = 0,74$ (20 DAG)
 ▲ $Y = 0,46772 + 0,03076^{***}X - 0,00025442^{***}X^2$ $R^2 = 0,91$ (30 DAG)
 ▼ $Y = 0,61902 + 0,03460^{***}X - 0,00030944^{***}X^2$ $R^2 = 0,85$ (40 DAG)
 ◆ $Y = 0,75954 + 0,03530^{***}X - 0,00027952^{***}X^2$ $R^2 = 0,81$ (52 DAG)

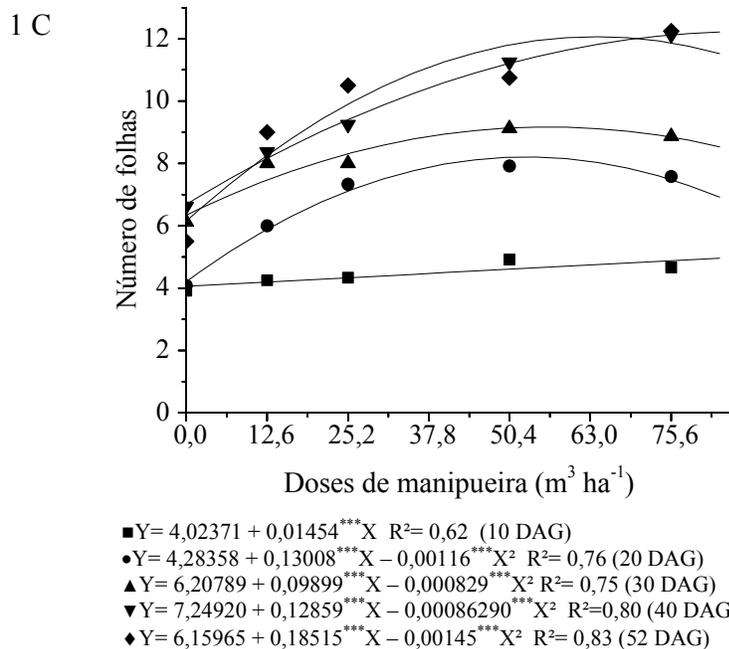


Figura 1. Altura de planta (A), diâmetro de colmo (B) e número de folhas (C) do milho em função das doses de manipueira aplicadas

No período de 20 DAG (Figuras 1A, B e C), as plantas apresentam-se em seu estágio vegetativo, absorvendo do solo os nutrientes necessários para o seu desenvolvimento; Enquanto aos 30 a 40 DAG, as plantas apresentam seis a oito folhas expandidas, nesse estágio ocorre o crescimento do colmo em diâmetro e comprimento, devido à formação da inflorescência masculina. Segundo Fancelli & Dourado-Neto (2000), o colmo armazena os nutrientes, que disponibiliza para a formação das folhas, após o desenvolvimento vegetativo, ocorre a translocação dos nutrientes para o enchimento dos grãos.

Observou-se nos resultados (Figuras 1A, B e C), que aos 52 DAG, as plantas apresentaram de 8 a 12 folhas expandidas, com 85% da área foliar definida, o caule apresentou-se alongado e neste estágio as plantas apresentaram início de pendoamento, sendo efetuado neste período o corte das plantas. De acordo com Magalhães (2013), as plantas apresentam-se no estágio III de desenvolvimento, que ocorre a partir dos quarenta dias após o semeio, no qual a planta de milho inicia um rápido e contínuo crescimento, com acumulação de nutrientes e peso seco, os quais continuarão até os estádios reprodutivos. Ocorrendo grande demanda no suprimento de água e nutrientes para satisfazer as necessidades da planta, pois a produção e produtividade da cultura estão associadas ao número de grãos por fileira definidos por espiga. Resposta semelhante foi obtida por Ribas et al. (2010), quando estudaram o desenvolvimento das plantas de milho

submetidas à doses crescentes de efluente de fecularia tratado em substituição à adubação mineral.

Apesar das respostas obtidas terem sido positivas com relação ao uso de manipueira como fonte de nutrientes, verifica-se a maior dose utilizada ($75,6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), apresentou decréscimo da altura e do diâmetro de colmo das plantas, evidenciando que, possivelmente, tenha ocorrido efeito antagônico de algum nutriente contido no resíduo utilizado, sobretudo, o íon potássio, que se encontrava em maior concentração.

A deficiência de potássio diminui a síntese de proteínas e o acúmulo de compostos nitrogenados solúveis, ocasionando decréscimos na produção. Porém, seu excesso compromete a absorção de outros nutrientes essenciais às plantas, como o cálcio, magnésio, zinco e manganês (Malavolta, 1997).

Uchôa et al. (2011) observaram redução da produtividade de aquênios do girassol com o aumento das doses de potássio; os autores afirmaram que as altas doses de potássio aplicadas foram prejudiciais ao desenvolvimento do girassol, possivelmente, porque o seu excesso inibiu a absorção de Ca^{2+} e Mg^{2+} e diminuiu a assimilação do fósforo.

Corroborando com os dados obtidos nesta pesquisa, Salvador et al. (2012), utilizando efluente de fecularia (manipueira) diluído como fonte de fertilizante para a produção de mudas de eucalipto, verificaram que o crescimento das plantas foram influenciadas com o aumento das doses do efluente de fecularia.

Os dados obtidos das variáveis matéria fresca e matéria seca das folhas e do colmo do milho foram significativos nas interações entre os fatores isolados doses e tempo. Observa-se que as plantas que receberam as maiores doses de manipueira, apresentaram, também, maior conteúdo de massa fresca de folhas e de colmos (Figuras 2A e B) quando comparadas à testemunha ($0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) em todas as épocas de avaliação, sendo que as plantas que receberam dose igual a $75,6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ produziram significativamente mais matéria fresca de colmos do que as plantas cultivadas nos demais tratamentos. Entretanto, quanto à matéria fresca das folhas, percebe-se que a melhor produção obtida foi para a dose igual $63 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, sendo que doses superiores a esta ocasionaram uma diminuição deste parâmetro.

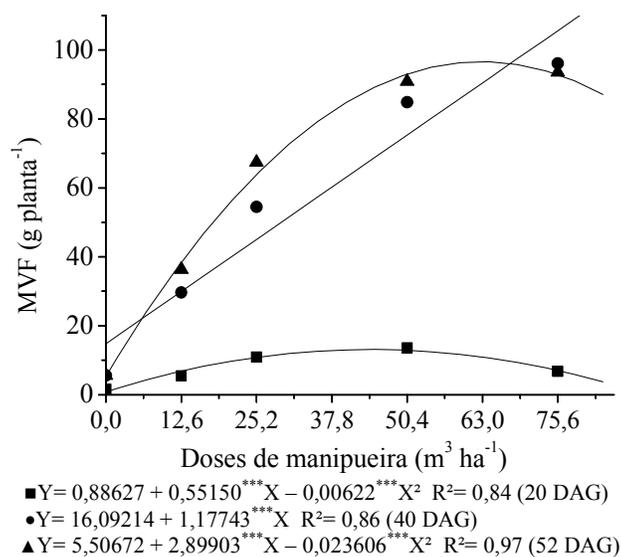
No período de 20 DAG, observou-se baixa produção de massa verde das folhas e colmo, assim como a massa seca das folhas e colmo. Neste período as plantas encontram-se em desenvolvimento fisiológico, segundo Fancelli & Dourado Neto (2000) (I) estágio 0 (da semeadura à emergência); (II) estágio 1 (planta com quatro folhas totalmente desdobradas); (III) estágio 2 (planta com oito folhas).

Os valores máximos obtidos pelas equações de regressão para massa fresca de folhas e de colmo foram, respectivamente, iguais a 94,5 e 143,5 g planta⁻¹, indicando o efeito quadrático do acréscimo das doses de manipueira.

Corroborando com os dados obtidos neste estudo, Duarte et al. (2012), cultivando alface em vasos com solo biofertilizado com doses crescentes de manipueira, confirmaram que a manipueira serviu como fonte de nutrientes, sobretudo potássio e nitrogênio, sendo que a maior produtividade foi alcançada para dose 45 m³ ha⁻¹ e doses acima deste valor contribuiu para o decréscimo da produção da matéria fresca e seca da alface. Avaliando a aplicação de cinza de casca de arroz e manipueira maturada como adubo orgânico na cultura da aveia, Silva et al. (2008) afirmaram que a aplicação de 80 mm de manipueira maturada associados a 30 t ha⁻¹ resultaram em uma produção de massa fresca equivalente a 23.941,7 kg ha⁻¹, se igualando as maiores produções de aveia obtida no cultivo convencional brasileiro.

Cultivando milho em área adubada com manipueira, Cardoso et al. (2009), observaram que o seu uso foi responsável pelo maior acúmulo de matéria fresca da parte aérea das plantas, sendo o aumento creditado ao poder fertilizante da manipueira, principalmente, devido à alta concentração de potássio e nitrogênio existente no resíduo.

2A



2B

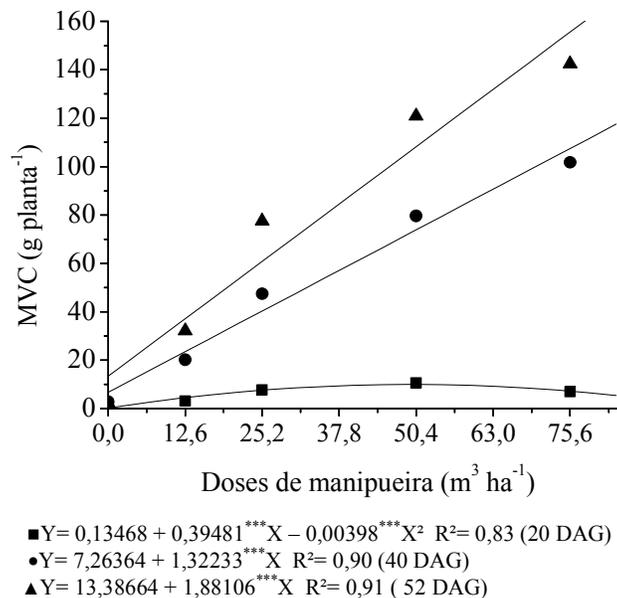


Figura 2. Massa verde das folhas (A) e massa verde do colmo (B) do milho em função das doses de manipueira aplicada

Observa-se que a tendência apresentada pelas variáveis massa seca das folhas e massa seca do colmo (Figuras 3A e B) foi semelhante à apresentada pelos demais parâmetros analisados anteriormente, isto é, à medida que as doses de manipueira aplicadas ao solo aumentaram, os valores obtidos de massa seca das folhas e do colmo das plantas foram significativamente superiores aos valores obtidos para as plantas cultivadas no tratamento testemunha ($0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$). Verifica-se, ainda, que os valores máximos estimados pelas equações de regressão de massa seca das folhas e de colmos foram iguais a $20,04$ e $23,38 \text{ g. planta}^{-1}$, sendo que os respectivos valores foram obtidos para dose de manipueira igual a $63 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ e $76,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, respectivamente.

Aos 40 e 52 DAG, verificou-se (Figura 2A e B; e Figura 3A e B), que as plantas apresentam-se em fase de desenvolvimento reprodutivo, iniciando rápido e contínuo crescimento, com acumulação de nutrientes e peso seco, os quais continuarão até os estádios reprodutivos. Segundo Von Pinho et al. (2009), o crescimento da planta de milho é função linear do tempo, já o acúmulo de MS segue uma curva ligeiramente sigmoide, sendo linear na maior parte do período vegetativo e tornando-se decrescente no período final, quando inicia ligeira diminuição do peso da planta, provavelmente devido à queda de folhas senescentes.

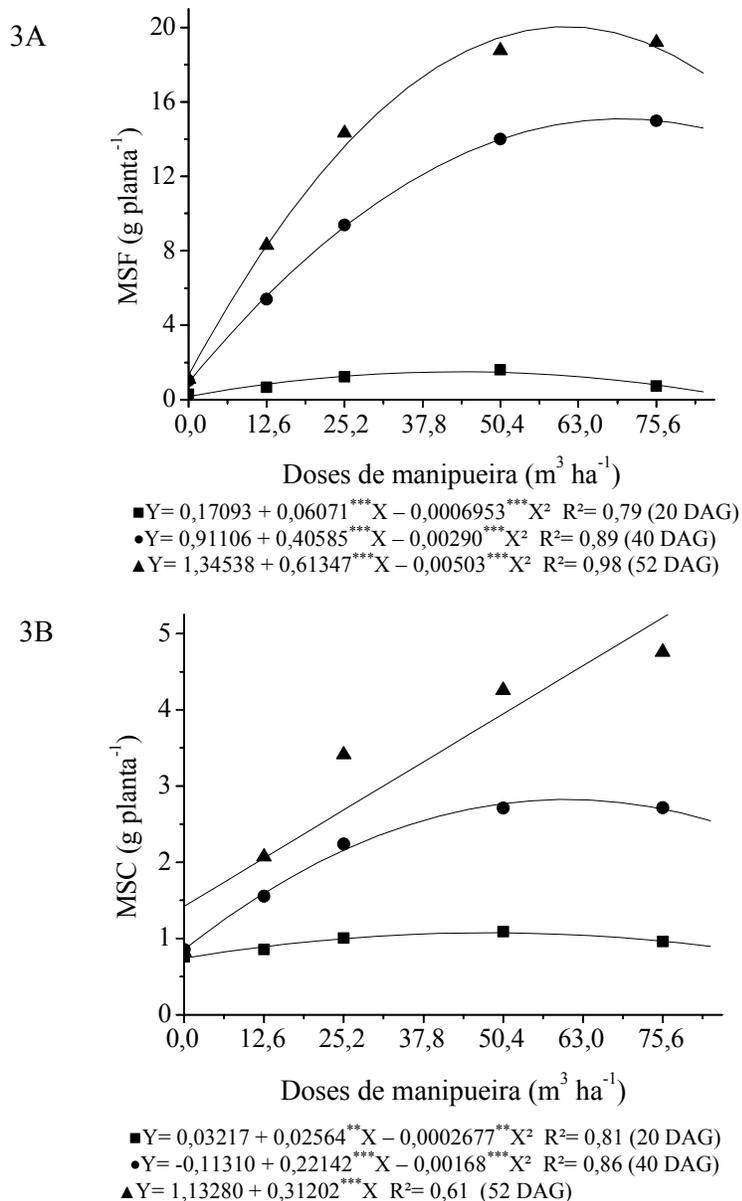


Figura 3. Massa seca das folhas (A) e massa seca de colmos (B) do milho em função das doses de manureira aplicada

Ribas et al. (2010), trabalhando com a incorporação de manureira tratada no solo, afirmam que as características agrônomicas do milho (altura de planta, diâmetro do caule e massa fresca) avaliadas no estudo não foram afetadas negativamente pelo uso do efluente. Assim como Cardoso et al. (2009) afirmam que o milho cultivado em área biofertilizada com manureira apresentou maior produtividade e massa fresca da parte aérea que o milho cultivado em solo adubado com fertilizante mineral, sendo este aumento creditado ao poder fertilizante da manureira, principalmente aos elementos potássio e nitrogênio.

Cultivo da aveia preta utilizando efluente de fecularia, foram estudadas por Cabral et al. (2010), que observaram o efeito quadrático positivo das doses aplicadas do efluente no conteúdo de matéria seca das plantas. Os autores relataram que a utilização de uma dose de manipueira igual a $376 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ foi a que mais rendeu maior teor de massa seca ($212 \text{ g planta}^{-1}$), em virtude, principalmente, do alto teor de potássio e nitrogênio existe no resíduo utilizado corroborando os resultados encontrados nesta pesquisa. As respostas aqui obtidas divergem às encontradas por Inoue et al. (2011) e Marini & Marinho (2011).

Estudos realizados por Silva Júnior et al. (2012), não apresentaram correlação positiva entre o uso de manipueira e os parâmetros altura, diâmetro e número de folhas da bananeira, afirmaram que o uso de tal resíduo promoveu aumento da produtividade, sendo esta foi significativamente maior quando se utilizou a manipueira e a adubação mineral.

Nesta pesquisa, o conteúdo de matéria seca das folhas e de colmo ficou bem aquém do obtido por Soares (2012) quando estudou a influência da adubação mineral (nitrogênio, zinco e boro) no desempenho do milho para silagem. Na ocasião, foram obtidas 200 e $175 \text{ g planta}^{-1}$ de matéria seca de colmo e de folhas, respectivamente, corroborando a tese de que, geralmente, a adubação orgânica dificilmente prescinde da adubação química para que produções satisfatórias sejam atingidas (Resende et al., 2009); no entanto, a utilização de adubos orgânicos como adubação complementar das culturas é uma prática que pode viabilizar o aumento da produção agrícola e diminuir o uso de insumos agrícolas, os quais, muitas vezes, são agressivos ao meio ambiente (Fontanétti et al., 2006).

Concordando com a premissa acima, Silva et al. (2012) concluíram que a quantidade de matéria seca do milho aumentou em função do uso de fertilizante nitrogenado e fosfatado aliado ao uso de esterco bovino, sendo conseguido um conteúdo de matéria seca das folhas igual a $102,7 \text{ g planta}^{-1}$. Resposta semelhante é apresentada em um trabalho desenvolvido por Tiritan et al. (2010).

Diante do exposto acima e mediante os dados expostos neste trabalho, tem-se que as plantas submetidas às doses crescentes de manipueira se desenvolveram melhor, uma vez que todos os parâmetros fonológicos estudados foram significativamente maiores dos que as plantas que não receberam o resíduo, evidenciando que a manipueira tem um aporte de nutrientes que pode ser aproveitado na produção agrícola. No entanto, observando-se os resultados obtidos neste estudo, caso a manipueira não for utilizada em taxas adequadas poderá causar danos, às culturas, já que o excesso de nutrientes no solo, sobretudo o potássio, nitrogênio e sódio, poderá provocar o desequilíbrio nutricional das plantas, conforme assinala Inoue et al. (2011).

CONCLUSÃO

1. A manipueira apresenta aporte de macronutrientes, o que mostra a sua aptidão em ser utilizada como fonte de adubação na cultura do milho, desde que em doses adequadas.
2. A utilização da manipueira proporcionou desenvolvimento nas plantas, principalmente no diâmetro de colmo, número de folhas, massa fresca e massa seca de folhas

LITERATURA CITADA

- APHA - American Public Health Association, AWWA - American Water Works Association, WPCF - Washington Press Club Foundation. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington: American Public Health Association, 17.ed. 1995. 2198p.
- Araújo, N. C.; Ferreira, T. C.; Oliveira, S. J. C.; Gonçalves, C. P.; de Araújo, F. A. C. Avaliação do uso de efluente de casas de farinha como fertilizante foliar na cultura foliar na cultura do milho (*Zea mays* L.). Revista Engenharia na agricultura, v.20, p.340-349, 2012.
- Barros, I. T.; Andreoli, C. V.; Souza Junior, I. G.; Costa, A. C. S. Avaliação agrônômica de biossólidos tratados por diferentes métodos químicos para aplicação na cultura do milho. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.15, p.630-638, 2011.
- Benincasa, M. M. P. Análise de crescimento de plantas: Noções básicas. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p.
- Bezerra, L. J. D.; Lima, V. L. A.; Andrade, A. R. S.; Alves, V. W.; Azevedo, C. A. V.; Guerra, H. O. C. Análise de crescimento do algodão colorido sob os efeitos da aplicação de água residuária e biossólidos. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Suplemento, Suplemento, p.333-338, 2005
- Cabral, J. R.; Freitas, P. S. L.; Bertonha, A.; Muniz, A. S. Effects of wastewater from a cassava industry on soil chemistry and crop Yield of lopsided oats (*Avena strigosa* Schreb). Brazilian Archives of Biology and Technology, v.53, p.19-26. 2010.
- 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.

- Damasceno, S.; Cereda M. P.; Pastore, G. M.; Oliveira, J. G. Production of volatile compounds by *Geotrichum fragans* using cassava wastewater as substrate. *Process Biochemistry*, v.39, p.411-414, 2003.
- 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 métodos de análises de solo. 2.ed. Rio de Janeiro: CNPS, 1997. 212p.
- Fancelli, A. L. Plantas Alimentícias: guia para aula, estudos e discussão. Piracicaba: ESALQ, 1986. 131p. Dissertação de mestrado.
- Fancelli, A. L.; Dourado-Neto, D. Produção de milho. Guaíba: Agropecuária, 2000.360p
- Fontanétti, A.; Carvalho, G. C.; Gomes, L. A. A.; Almeida, K.; Moraes, S. R. G.; Teixeira, C. M. Adubação verde na produção orgânica de alface americana e repolho. *Horticultura Brasileira*, v.24, p.146-150, 2006
- 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.
- IPA - Instituto Agrônomo de Pernambuco. Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco. Recife: IPA, 2008. 64p.
- Magalhães, P. C.; Durães, F. O. M. Fisiologia da produção do milho. Sete Lagoas: EMBRAPA MILHO E SORGO, 2006. 10 p. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica, 76). Disponível em: http://WWW.cnpms.embrapa.br/publicações/publica/2006/circular/Circ_76.pdf. Acesso em: 11 de fevereiro de 2013.
- 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.
- Matzenauer, R. Caracterização fenológica de cultivares de milho em avaliação no Estado do Rio Grande do Sul. In: Anais da Reunião Técnica Anual do Milho, 42 e Reunião Técnica do Sorgo, 25, Erechim., p.334-341, 1997.

- Okumura, R. S.; Mariano, D. C.; Zaccheo, P. V. C.. Uso de fertilizante nitrogenado na cultura do milho: uma revisão. *Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias*, v.4, p.226-244, 2011.
- Resende, G. M.; Alvarenga, M. A. R.; Yuri, J. E.; Souza, R. J.; Mota, J. H.; de Carvalho, J. G. Rodrigues Júnior, J. C. Rendimento e teores de macronutrientes em alface tipo americana em função de doses de nitrogênio e molibdênio em cultivo de verão. *Ciência e Agrotecnologia*, v.33, p.153-163, 2009.
- 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.
- Sandri, D.; Matsura, E. E.; Testezlaf, R. Desenvolvimento da alface Elisa em diferentes sistemas de irrigação com água residuária. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.11, p.17-29, 2007.
- Salvador, M. A.; José, J. V.; Rezende, R.; Oliveira, H. V.; Gava, R. A aplicação de efluente líquido de fecularia em substratos e solos para produção de mudas de eucalipto. *Revista em Agronegócios e Meio Ambiente*, v.5, p.175-188, 2012.
- Silva, E. C.; Muraoka, T.; Franzini, V. I.; Villanueva, F. C. A.; Buzetti, S.; Moreti, S. Phosphorus utilization by corn as affected by green manure, nitrogen and phosphorus fertilizers. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.47, p.1150-1157, 2012.
- Silva Júnior, J. J.; Coelho, E. F.; Santa'ana, A. V.; Santana Júnior, E. B.; Pamponet, A. J. M. Uso da manipueira na bananeira 'Terra Maranhão' e seus efeitos no solo e na produtividade. *Revista Irriga*, v.17, p.353-363, 2012.
- Silva, F. F.; Bertonha, A.; Freitas, P. S. L.; Muniz, A. S.; Ferreira, R. C. Aplicação de cinza da casca de arroz e de água residuária de fecularia de mandioca na cultura de aveia. *Revista em Agronegócios e Meio ambiente*, v.1, 25-36, 2008.
- Soares, M. A. Influência de nitrogênio, zinco e boro e de suas respectivas interações no desempenho da cultura do milho (*Zea mays* L.). Piracicaba: ESALQ. 2003. 92p. Dissertação de Mestrado.
- Tiritan, C. S.; Santos, D. H.; Foloni, J. S. S.; Alves Júnior, R. Adubação fosfatada mineral e organomineral no desenvolvimento do milho. *Colloquium Agrariae*, v.6, p.8-14, 2010.
- Uchôa, S. C. P.; Ivanoff, M. E. A.; ALVES, J. M. A.; SedyamaA, T.; Martins, S. A. Adubação de potássio em cobertura nos componentes de produção em cultivares de girassol. *Revista Ciência Agronômica*, v.41, p.8-15, 2011.

Von Pinho, R. G.; Borges, I. D.; Pereira, J. L. A. R.; Reis, M. C. Marcha de absorção de macronutrientes e acúmulo de matéria seca em milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.8, p.157-173, 2009.

Wagner, M. V. ; Jadoski, S. O.; Lima, A. S. ; Maggi, M. F. ; Pott, C. A. ; Suchoronczek, A. Avaliação do ciclo Fenológico da cultura do milho em função da soma térmica em Guarapuava, Sul do Brasil. *Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia*, v.4, p.135-149, 2011.

CAPÍTULO IV

ATRIBUTOS QUÍMICOS DE UM SOLO ADUBADO COM RESÍDUO PROVENIENTE DA FABRICAÇÃO DE FARINHA DE MESA PARA O CULTIVO DO MILHO

Atributos químicos de um solo adubado com resíduo proveniente da fabricação de farinha de mesa para o cultivo do milho

Resumo: A manipueira é um resíduo líquido rico em matéria orgânica e nutrientes, mas se descartada de forma indiscriminada pode causar degradação ambiental. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da adubação com manipueira em um solo cultivado com milho em diferentes tempos de incubação. O experimento foi conduzido em casa de vegetação no período de 09 de novembro de 2011 a 28 de janeiro de 2012. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com 5 tratamentos compostos das seguintes doses: 0; 12,6; 25,2; 50,4 e 75,6 m³ ha⁻¹; três tempos de incubação: 20, 40 e 52 dias e quatro repetições. Foram determinados, ao longo do experimento, os seguintes parâmetros do solo: pH, condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CE_{es}), teores de P, K⁺, Na⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ solúveis. Ao final do experimento, constatou-se que o uso da manipueira como fonte de adubação promoveu incremento no pH, na CE_{es} e nos teores de P, K⁺, Mg²⁺ e Na⁺ solúveis do solo, sendo que o tempo de incubação afetou significativamente apenas o pH, a CE_{es} e o teor de K⁺ solúvel do solo.

Palavras-chave: manipueira, nutrientes, adubação orgânica, *Zea mays* L.

Chemical attributes of a soil fertilized with wastewater from cassava flour manufacturing cultivated with maize

Abstract: Cassava waste water is a liquid residue rich in organic matter and nutrients; nonetheless if disposed indiscriminately, it may cause environmental degradation. Therefore, it was aimed with this study to evaluate the effect of cassava wastewater fertilization in a soil cultivated with maize in different incubation times. The experiment was carried out under greenhouse conditions from November, 9th of 2011 to January, 28th of 2012. It was used a completely randomized design, with 5 treatments composed of the following dosages: 0; 12.6; 25.2; 50.4 and 75.6 m³ ha⁻¹; three incubation times: 20, 40, and 52 days and four replications. Throughout the experiment, it was determined the following soil parameters: pH, electrical conductivity of the saturation extract (CE_{es}), and soluble P, K⁺, Na⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ content. At the end of the experiment, it was determined that cassava wastewater use as a fertilization source increased pH, CE_{es} and soluble P, K⁺, Mg²⁺ and Na⁺ content, while incubation time has significantly affected just pH, CE_{es} and soluble K⁺ soil content.

Key-words: cassava wastewater, nutrients, organic fertilization, *Zea mays* L.

INTRODUÇÃO

Após o milho e o arroz, a mandioca é a terceira maior fonte de alimentação utilizada nas regiões tropicais e subtropicais, sendo consumida por, aproximadamente, 600 milhões de pessoas, em particular, por aquelas que vivem em países em desenvolvimento (Silva Júnior et al., 2012; Nhassico et al., 2008). Sua utilização é feita de forma direta, pelo consumo das raízes, ou de forma industrial, no qual se faz a farinha de mesa e a extração da fécula da mandioca.

Dos resíduos são gerados no processamento da mandioca, Cardoso et al. (2009), os sólidos (terra, casca e massa fibrosa) e os líquidos (a água de lavagem e a água resultante da prensagem das raízes), sendo todos ricos em nutrientes e, portanto, de interesse do ponto de vista agrícola, uma vez que os resíduos podem se constituir uma alternativa ao uso da adubação mineral, diminuindo os gastos com aquisição de insumos.

Por outro lado, a água da prensagem das raízes, também denominada de manipueira, é um líquido leitoso amarelo claro que contém açúcares, amido, proteínas, linamarina, sais e outras substâncias (Ribas et al. 2010). Devido à sua composição química, a manipueira apresenta alto poder poluidor e elevada toxidez ao meio ambiente, se descartada sem tratamento prévio (Wosiacki & Cereda, 2002); entretanto, tal resíduo apresenta potencial de uso como fertilizante, por conter alta concentração de macro e micronutrientes, os quais podem ser aproveitados pelas plantas (Saraiva et al., 2007; Silva et al., 2004).

Estudos mostram que o uso de manipueira como fonte de nutrientes para as plantas e sobre os efeitos ocasionados no solo vêm sendo desenvolvidos. Em trabalho pioneiro, os resultados obtidos por Fioretto (1987) mostraram que a aplicação de manipueira provocou aumentos significativos nos teores de potássio trocável e de fósforo no solo cultivado com mandioca em comparação com áreas testemunhas. Esse fato evidencia a viabilidade do uso agrícola do resíduo, porém segundo o referido autor, os cátions básicos do solo devem ser monitorados a fim de se evitar efeitos deletérios às culturas. Respostas semelhantes foram obtidas por Mélo et al. (2005), quando avaliaram o possível uso da manipueira como insumo agrícola e concluíram que a concentração de cálcio, potássio, sódio e magnésio trocáveis aumentaram linearmente em três diferentes solos tratados com manipueira.

Avaliando o efeito do uso da manipueira nas características químicas, físicas e microbiológicas de um Latossolo Amarelo distrófico típico dos tabuleiros costeiros do Recôncavo da Bahia, Silva Júnior et al. (2012) constataram que a aplicação de manipueira não afetou indicadores biológicos avaliados no solo, possibilitando um bom incremento de

Mg²⁺, Ca²⁺, Na⁺, CTC, V% e baixo incremento de K⁺, P, H+Al e Al³⁺. Segundo os autores, o baixo incremento de K⁺, P, H + Al e Al³⁺ está relacionado à extração destes nutrientes pela cultura cultivada (banana).

Por outro lado, Inoue et al. (2010) afirmam que o uso da manipueira tratada não alterou os teores dos elementos químicos avaliados no solo para os tratamentos em que estava associado às menores doses. Resposta semelhante foi obtida por Cabral et al. (2010), quando utilizaram doses crescentes de manipueira no cultivo de aveia preta e concluíram que somente o potássio apresentou acréscimos nas camadas do solo, sendo que os demais elementos apresentaram redução de seus teores.

Assim, devido ao grande volume gerado de manipueira que, na maioria das vezes, é descartado no meio ambiente de forma indiscriminada, e ao grande aporte nutricional que este resíduo apresenta, objetivou-se neste trabalho avaliar o efeito da adubação com manipueira em um solo cultivado com milho em diferentes tempos de incubação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de 09 de novembro de 2011 a 28 de janeiro de 2012, 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 solo foi coletado na Estação Experimental do IPA, no município de Itambé-PE, a uma profundidade de 0 a 20 cm e classificado como franco argiloso. Para a caracterização física e química do solo, foram retiradas três amostras do 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) da incorporação de manipueira, conforme metodologia proposta pela EMBRAPA (1997).

Os vasos foram preenchidos da seguinte forma: 500 g de brita número 0, que permitia a drenagem da água; manta bidim, para evitar a perda de material solo e 20 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.

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

Parâmetros	Teor
Areia (g kg ⁻¹)	660
Silte (g kg ⁻¹)	36,8
Argila (g kg ⁻¹)	303,2
CE _{es} (dS m ⁻¹)	0,30
pH em água	5,50
Fósforo (mg dm ⁻³)	12,68
Potássio (cmol _c dm ⁻³)	0,27
Sódio (cmol _c dm ⁻³)	0,03

A partir dos testes, obteve-se o peso médio dos três vasos com solo em capacidade de campo e, como todos os vasos utilizados para o plantio no experimento foram preenchidos da mesma forma, 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. A irrigação foi feita levando-se em consideração a capacidade de recipiente, para tanto, foram realizados testes de pesagem dos vasos.

A cultura teste 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 semiprecoce, em média 115 dias para ensilagem e 144 dias para colheita de grãos; alta produção de grãos e de matéria fresca de boa digestibilidade.

No experimento, a semeadura do milho foi realizada no vigésimo dia após a aplicação da manipueira no solo, tempo necessário para estabilização de seus nutrientes e evaporação do ácido cianídrico. Em cada vaso foram dispostas três sementes a cerca de um centímetro de profundidade e após a germinação foi realizado o desbaste, mantendo apenas uma planta por vaso, visando-se homogeneidade entre as parcelas. O cultivo durou 52 dias, período em que a planta apresenta oito pares de folhas totalmente desdobradas e antecede a emissão do pendão, segundo Fancelli (1986).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 5 × 3; com quatro repetições, totalizando 60 parcelas experimentais. Os fatores de estudo da pesquisa foram: doses de manipueira 0, 12,6; 25,2; 50,4; 75,6 m³ ha⁻¹ e; tempos de incubação, aos 20, 40 e aos 52 dias. 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.

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 Efluentes da UFPE e UFRPE, respectivamente. Os parâmetros físicos e químicos foram determinados de acordo com a metodologia proposta por APHA (1995).

Tabela 2. Características físicas e químicas da manipueira

Parâmetros	Teor
DQO (mg L ⁻¹)	119.220,4
Condutividade elétrica (dS m ⁻¹)	9,61
pH	6,83
Potássio (mg L ⁻¹)	4.793,9
Fósforo (mg L ⁻¹)	286,4
Magnésio (mg L ⁻¹)	1.588,2
Sódio (mg L ⁻¹)	742,0
Cálcio (mg L ⁻¹)	241,9

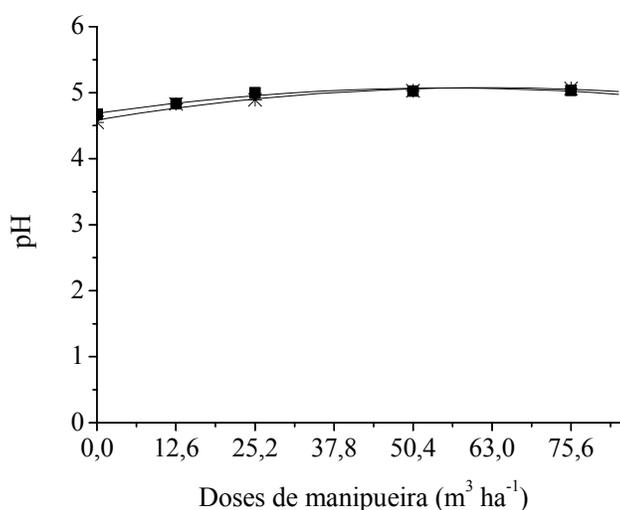
A caracterização dos atributos químicos do solo foi feita, segundo a metodologia indicada por EMBRAPA (1997), determinando-se os seguintes parâmetros: condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) pelo método eletrométrico e pH em água no extrato de saturação pelo método potenciométrico e; concentrações de P, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ e Na⁺ trocáveis 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 chamas, respectivamente.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste de F, desdobrando a análise quando a interação foi significativa. O fator quantitativo relativo às doses de manipueira foi analisado estatisticamente por meio da regressão, ajustando as equações com objetivo de correlacionar as doses de manipueira utilizadas e as variáveis analisadas. O teste Tukey foi utilizado nas variáveis que não apresentaram modelos ajustáveis para regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As respostas obtidas pela análise de variância dos dados mostraram que as variáveis estudadas foram significativamente influenciadas pela aplicação de doses crescentes de manureira ao solo, sendo que apenas o pH, a CEes e o K^+ sofreram influencia significativa dos tempos de incubação.

De acordo com os dados obtidos, Figuras 1, percebe-se que em todos os tempos após a germinação, exceto aos 20 DAG, não apresentaram diferenças significativas, o acréscimo das doses de manureira promoveu um aumento do pH do solo.



$$\blacksquare Y = 4,68464 + 0,01387^{***}X - 0,00012454^{***}X^2 \quad R^2 = 0,85 \quad (40 \text{ DAG})$$

$$* Y = 4,58639 + 0,01584^{***}X - 0,00012838^{***}X^2 \quad R^2 = 0,89 \quad (52 \text{ DAG})$$

Figura 1. Variação do pH em função das doses de manureira aplicadas no solo aos 40 e 52 dias após a germinação

Observa-se que houve interação significativa, Figura 1, entre os fatores isolados Doses e Tempo de Incubação, sendo que aos 40 e aos 52 dias após a semeadura, o aumento das doses de manureira provocou um efeito quadrático positivo no pH do solo cultivado, obtendo-se valor máximo de pH igual a 5,07 quando se utilizaram doses de manureira iguais 55 e 70 $m^3 \text{ ha}^{-1}$, aos 40 DAG e aos 52 DAG, respectivamente. Na ausência de manureira, o pH do solo foram iguais a 4,68 (40 DAG) e 4,59 (52 DAG), representando uma aumento de 41% em relação à dose máxima obtida por meio das equações de regressão (Figura 1).

O pH do solo é um dos fatores que mais influencia a disponibilidade de nutrientes às plantas e, segundo Malavolta et al. (1997), os valores de pH considerados adequados para o melhor desenvolvimento das plantas variam entre 6,0 e 6,5, pois é neste intervalo onde ocorre maior disponibilidade de macronutrientes, melhor utilização da matéria orgânica mineralizada, redução da acidez do solo e da disponibilidade de micronutrientes (Cu, Fe, Mn e Zn), que em excesso, prejudicam o desenvolvimento das plantas.

O aumento do pH do solo está associado à utilização de manipueira, pois o resíduo é rico em cátions (Tabela 2), sobretudo K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} , contribuindo para o aumento da CTC e do pH do solo, corroborando a afirmação realizada por Fageria (2001), quando diz que elevação do pH é fortemente correlacionada com o aumento da saturação por bases do solo.

Corroborando com as observações feitas por Fageria (2001), Mélo et al. (2005) verificaram que o pH dos três tipos de solos estudados, Neossolo Quartzarênico órtico espódico A moderado, Latossolo Amarelo distrófico típico textura média A moderado e Latossolo Vermelho-amarelo distrófico típico textura muito argilosa A moderado álico mesoférrico, aumentou significativamente em função da aplicação de manipueira afirmando que o aumento ocorreu em consequência da mineralização da matéria orgânica e da liberação de cátions dos metais alcalinos e alcalino-terrosos associados aos ácidos orgânicos. Por outro lado, Silva Júnior et al. (2012) e Cabral et al. (2010) constataram que a aplicação de manipueira não alterou o pH do solo, quando cultivaram banana e aveia, respectivamente.

Com relação à condutividade elétrica (Figuras 2), pode-se observar que adição de manipueira propiciou efeito significativo apenas para o tempo de incubação de 20 dias, não sendo obtidas diferenças significativas para demais tempos de incubação analisados. Aos 20 DAS, a CE_{es} aumentou linearmente de 0,37 dS m⁻¹ para 0,60 dS m⁻¹, valores encontrados para as doses iguais a 0 e 75,6 m³ha⁻¹, respectivamente. Para os demais tempos de incubação (40 e 52 DAS), o valor médio encontrados para a CE_{es} foi de 0,25 dS m⁻¹, decaindo, portanto, com o aumento do tempo de incubação (Figuras 2).

A condutividade elétrica fornece a medida indireta do teor de íons presentes na solução do solo e como a manipueira é um efluente rico em cátions, sobretudo, K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} e Na^+ , e quando esta é adicionada ao solo, espera-se que a CE_{es} se eleve. Neste estudo, a tendência foi observada apenas para a CE_{es} aos 20 DAG, sendo observado um leve decréscimo na CE_{es} nos outros dois períodos de incubação, ocasionado, possivelmente, pela retirada dos nutrientes advindos da manipueira pelas plantas. O aumento da CE_{es} em

decorrência da utilização de resíduos provenientes do beneficiamento da mandioca como fonte de adubação foi relatada por Inoue et al. (2010) quando cultivaram milho em um Cambissolo Háplico Tb distrófico latossólico e registraram uma CE_{es} de $0,8 \text{ dS m}^{-1}$ para a maior dose de resíduo utilizada.

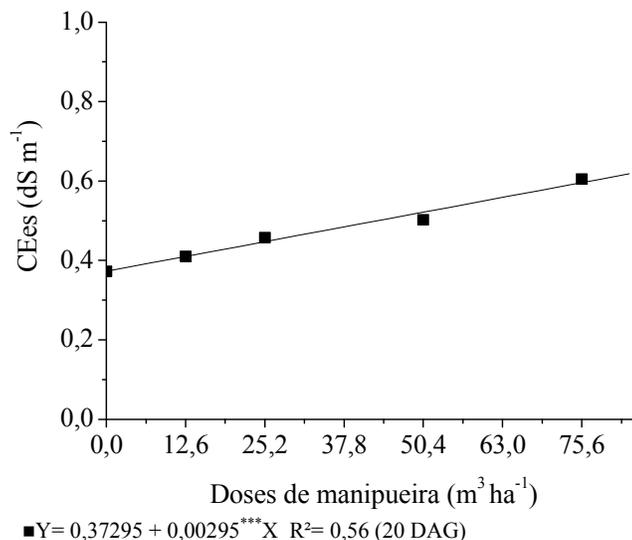


Figura 2. Variação da CE_{es} em função das doses de manipueira aplicadas no solo aos 20 dias após a germinação

Quanto ao potássio trocável do solo (Figura 3), verifica-se que a aplicação de doses crescentes de manipueira provocou um acréscimo significativo no solo, independente do tempo de avaliação, sendo que o teor no solo decresceu significativamente entre 20 e 52 DAG, para todas as dose utilizadas de manipueira. Aos 20 DAG, os teores de potássio no solo foram iguais a $0,08$ e $0,54 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ para as doses 0 e $75,6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, respectivamente, e aos 52 DAG, o teor de potássio foi de $0,19 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ quando se aplicou a maior dose de manipueira ($75,6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), evidenciando um decréscimo do teor de potássio igual a 65%.

Utilizando manipueira na cultura do milho, Cardoso et al. (2009) afirmam que houve um incremento significativo de potássio no solo e o incremento foi semelhante ao da área onde se utilizou adubação mineral. Saraiva et al. (2007), quando aplicou uma dose de manipueira tratada igual a $632 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ na cultura do milho, obtiveram teor de potássio no solo igual a $1,80 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, sendo considerado adequado, pois Malavolta et al. (1997) afirmam que teores de potássio no solo acima $0,2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ são considerados altos ou adequados.

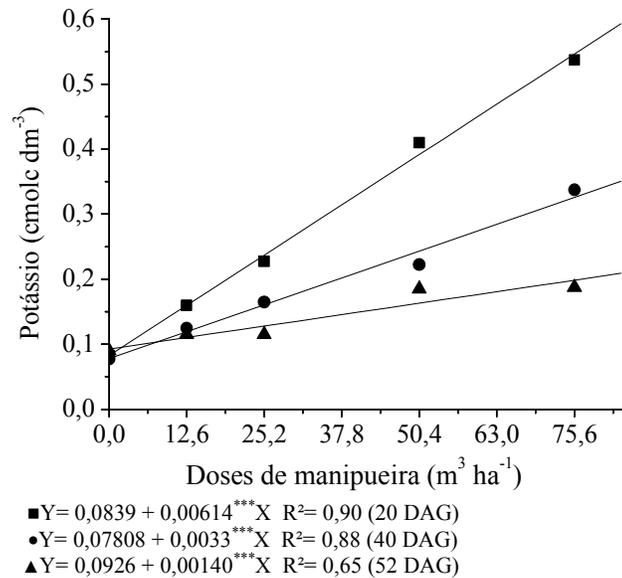
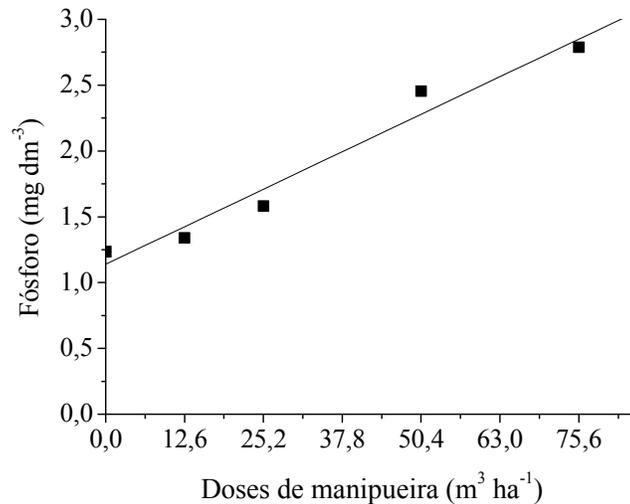


Figura 3. Teor de potássio solúvel em função das doses de manipueira aplicadas no solo dias após a germinação

Desta forma, pode-se afirmar que os teores de potássio no solo, para todos os tempos de semeadura, exceto aos 52 DAG, foram adequados para o desenvolvimento da cultura do milho, demonstrando que a manipueira utilizada serviu como fonte de adubação potássica, mesmo com o decréscimo ao final dos 52 DAG. Acredita-se a diminuição dos teores de potássio para no referido período (52 DAG) esteja associada à absorção pelas plantas. Silva et al. (2004), ao analisarem o íon potássio, também, verificaram que houve diminuição deste elemento no solo com o aumento de $150 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ para $450 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de manipueira. De acordo com os referidos autores, a diminuição foi favorecida pela lixiviação causada pelas intensas precipitações no período experimental (549,9 mm) e retirada deste íon pelas plantas.

A análise de regressão mostrou efeito altamente significativo da concentração de fósforo disponível em função da aplicação de doses crescentes de manipueira no solo, porém a interação entre os fatores isolados Doses e Tempo de incubação não foi significativa (Figura 4).



$$\blacksquare Y = 1,139666 + 0,0226^{***} X \quad R^2 = 0,60$$

Figura 4. Teor de fósforo em função das doses de manipueira aplicadas no solo

Observa-se que houve um aumento de 60% no teor de fósforo disponível do solo (Figura 4) provocado pela utilização da maior dose de manipueira (75,6 m³ ha⁻¹) como fonte de adubação em relação ao teor de fósforo encontrado no solo que não recebeu manipueira (0 m³ ha⁻¹). Para as doses 0 e 75,6 m³ ha⁻¹, os teores de fósforo disponível do solo foram iguais a 1,14 e 2,85 mg dm⁻³, respectivamente. Apesar do acréscimo de fósforo no solo ter sido significativo, não foi suficiente para elevar os teores deste nutriente considerado adequado por Malavolta et al. (1997), os quais variam de 21 a 30 mg dm⁻³, entretanto as plantas não demonstraram sintomas de deficiência de fósforo durante o período experimental.

Concordando com os resultados obtidos neste estudo, Saraiva et al. (2007) constataram que o uso de manipueira tratada, como fonte de adubação para o milho, proporcionou um aumento da disponibilidade de fósforo no solo, exceto nos tratamentos em que se utilizou a manipueira diluída em água. Mélo et al. (2005), quando estudou as modificações decorrentes da aplicação de manipueira ocorridas em três solos típicos do estado de Minas Gerais, observaram um efeito positivo do fósforo disponível do solo em função da elevação das doses de tal resíduo, sendo que o teor de fósforo foi maior no solo arenoso do que no solo argiloso. Silva Júnior et al. (2012), quando utilizaram manipueira como fonte de fertilizantes na cultura da banana, não constaram aumento significativo no teor de fósforo disponível do solo. Por outro lado, Silva et al. (2004), cultivando sorgo adubado

com efluente tratado proveniente de fecularia de mandioca, constataram diminuição do fósforo disponível no solo com o aumento das doses de manipueira.

Quanto ao magnésio e sódio, constata-se que os teores no solo foram afetados apenas pelas doses e com relação ao elemento cálcio, não foi observado efeito significativo ocasionado pelos fatores isolados, bem da interação de ambos fatores (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da ANOVA para os teores de Mg^{2+} , Na^+ e Ca^{2+} solúvel no solo

Fontes de variação	GL	Quadrado médio		
		Mg^{2+}	Na^+	Ca^{2+}
Doses	4	0,124**	0,0006***	0,9877 ^{ns}
Tempo de incubação	2	0,831 ^{ns}	0,0940 ^{ns}	0,0518 ^{ns}
Doses x Tempo	8	0,710 ^{ns}	0,1255 ^{ns}	0,6163 ^{ns}
CV (%)		13,3	9,5	10,1

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

Observa-se que a aplicação de doses crescentes de manipueira provocou um baixo incremento, porém significativo, nos teores de magnésio e sódio do solo, como pode ser verificado (Figuras 5A e B); entretanto, quanto ao cálcio, não foi verificado acúmulo significativo em função do aumento das doses do resíduo.

O maior teor de magnésio (Tabela 4) solúvel no solo ($1,75 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) foi obtido quando se aplicou dose igual a $12,6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, sendo que tal teor não diferiu estatisticamente dos teores obtidos quando se aplicaram as doses iguais a $50,4$ e $75,6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, porém foi significativamente superior ao teor de magnésio no solo obtido na ausência de manipueira ($1,07 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$). Observa-se, também, que os teores de sódio solúvel no solo (Tabela 4) não diferiram estatisticamente entre si quando se utilizaram doses iguais a $25,2$, $50,4$ e $75,6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, mas estes foram significativamente maiores do que o teor de sódio obtido quando se aplicou uma dose igual a $0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Já para o cálcio solúvel, os teores deste elemento no solo não diferiram entre si, independentemente das doses aplicadas.

Tabela 4. Teor de Mg e Na no colmo do milho em função das doses de manipueira

Doses de manipueira ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$)	Mg ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	Na ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)
0	1,067 b	0,088 b
12,6	1,752 a	0,099 ab
25,2	0,983 b	0,100 a
50,4	1,258 ab	0,105 a
75,6	1,221 ab	0,104 a

As respostas apresentadas, com relação aos teores de Mg^{2+} solúvel, corroboram as observações de Ribas et al. (2010), quando utilizaram efluente de fecularia tratado e estabilizado com NaOH para adubação do milho, e conseguiram teores de magnésio solúvel semelhantes aos encontrados aqui. Quanto aos teores de cálcio no solo, Saraiva et al. (2007) afirmam que apenas o uso da manipueira como fonte de adubação para a cultura do milho não foi suficiente para elevar significativamente os teores de tal elemento no solo.

Silva Júnior et al. (2012) testaram a manipueira como fonte de fertilizantes na cultura da banana e concluíram que o uso deste resíduo propiciou um aumento significativo nos teores de K^+ solúvel do solo, porém não constataram efeitos significativos nos teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} e Na^+ solúveis do solo. Resposta semelhante foi obtida por Cabral et al. (2010), quando aplicaram doses iguais a 0, 150, 300, 450 e 600 $m^3 ha^{-1}$ de efluente de fecularia na cultura da aveia, e não encontraram acúmulo significativo de Mg^{2+} e Ca^{2+} solúveis no solo em função do acréscimo das doses, bem como não houve diferenças significativa entre os teores destes dois elementos entre os tratamentos aplicados.

CONCLUSÕES

1. O uso da manipueira como alternativa ao uso de fertilizantes mineral promove aumento no pH, CEEs e nos teores de P, K^+ , Mg^{2+} e Na^+ solúveis do solo.
2. O tempo de incubação da manipueira afeta significativamente o pH, a CEEs e o teor de K^+ solúvel do solo.
3. Os teores de P, Mg^{2+} e Na^+ solúveis do solo são influenciados pelo acréscimo das doses de manipueira.

LITERATURA CITADA

APHA - American Public Health Association, AWWA - American Water Works Association, WPCF - Washington Press Club Foundation. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington: APHA, 17.ed. 1995. 2198p.

- Cabral, J. R.; Freitas, P. S. L.; Bertonha, A.; Muniz, A. S. Effects of wastewater from a cassava industry on soil chemistry and crop Yield of lopsided oats (*Avena strigosa* Schreb). *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v.53, p.19-26, 2010.
- 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.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análises de solo. 2.ed. Rio de Janeiro: CNPS, 1997. 212p.
- Fageria, N. K. Nutrient interactions in crop plants. *Journal of Plant Nutrition*, v.24, p.1269-1290, 2001.
- Fancelli, A. L. Plantas Alimentícias: guia para aula, estudos e discussão. Piracicaba: ESALQ, 1986. 131p. Dissertação de mestrado.
- 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.
- Inoue, K. R. A.; Souza, C. F.; Matos, A. T.; Santos, N. T.; Alves, E. E. N. Características do solo submetido a tratamentos com biofertilizantes obtidos na digestão da manipueira. *Tecnologia & Ciência Agropecuária*, v.4, p.47-52, 2010.
- IPA - Instituto Agrônomo de Pernambuco. Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco. Recife: IPA, 2008. 64p.
- 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.
- Nhassico, D.; Muquingue, H.; Cliff, J.; Cumbana, A.; Bradbury, J.H. Rising African cassava production, diseases due to high cyanide intake and control measures. *Journal of Science and Food Agriculture*. v.88, p.2043-2049, 2008.
- 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.
- 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 Júnior, J. J.; Coelho, E. F.; Santa'ana, A. V.; Santana Júnior, E. B.; Pamponet, A. J. M. Uso da manipueira na bananeira 'Terra Maranhão' e seus efeitos no solo e na produtividade. *Revista Irriga*, v.17, p.353-363, 2012.
- 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.
- Wosiacki, G.; Cereda, M. P. Valorização de resíduos de processamento da mandioca. *Publicatio UEPG*, v.8, p.27-43, 2002.

CAPÍTULO V

EFEITO DA MANIPUEIRA NA NUTRIÇÃO E NA EXPRESSÃO

ENZIMÁTICA DE PLANTAS DE MILHO

Efeito da manipueira na nutrição e na expressão enzimática de plantas de milho

Resumo: Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da manipueira na nutrição e na expressão dos sistemas enzimáticos catalase (CAT), peroxidase do ascorbato (APX) e proteínas em plantas de milho, em condições de campo. O experimento foi conduzido em campo, no período de março a julho de 2012, no IPA de Vitória de Santo Antão, PE. Foi utilizado o delineamento em blocos casualizado, constituídos por cinco tratamentos, 0; 8; 16; 32; 64 m³ ha⁻¹ (doses de manipueira) e seis repetições. Aos 40 dias após o semeio procedeu-se a coleta de folhas para análise de parâmetros bioquímicos e a coleta de três plantas para a avaliação nutricional. A manipueira apresentou diferentes teores nutricionais, proporcionando a cultura do milho fontes adequadas de fósforo e potássio na parte aérea da planta. As plantas apresentaram baixo teor de nitrogênio, sendo necessária adubação complementar deste nutriente, e alto teor de potássio e magnésio, ocasionando a diminuição da absorção de cálcio. Nas condições em que foram desenvolvidas o experimento, não foram verificadas diferença significativa nas enzimas analisadas.

Palavras-chave: parâmetros bioquímicos, catalase, proteínas

Cassava wastewater effect on plant nutrition and enzymatic expression

Abstract: This study had as its objective to evaluate cassava wastewater effect on nutrition and expression of enzymatic systems of catalase (CAT), ascorbate peroxidase (APX) and maize plants proteins, under field conditions. The experiment was carried out under field conditions, from March to July of 2012, IPA of Vitória de Santo Antão, PE. It was used a randomized blocks design, composed of five treatments, 0; 8; 16; 32; 64 m³.ha⁻¹ (cassava wastewater dosages) and six replications. At 40 days after sowing, leaf harvesting was performed to analyze biochemical parameters and three plants harvesting for nutritional determination. The results showed that cassava wastewater presented different nutritional contents, providing maize crop proper contents of phosphorus and potassium on the aerial part of the plant. The plants showed low nitrogen content, being necessary complementary fertilization of this nutrient, and high potassium and magnesium contents, bringing about calcium absorption decrease. On the experiment conditions, it was not verified significant difference on the studied enzymes.

Key-words: biochemical parameters, catalase, proteins

INTRODUÇÃO

O aproveitamento de efluentes na agricultura, seja este industrial ou doméstico, tem em vista dar uma destinação final de forma adequada aos resíduos gerados pelas atividades antrópicas, servindo de nutrientes para as culturas, aumentando, assim, sua produtividade (Araújo, 2012).

As alternativas de valorização de resíduos através de reuso agrícola têm sido muito incentivadas, já que podem contribuir para a diminuição da poluição ambiental, bem como permitir a valorização econômica desses resíduos, agregando valor ao processo de agroindustrial (Camili & Cabello, 2008). A produção de culturas com água residuária tem se mostrado uma alternativa sustentável de modo social, econômico e ambiental (Costa et al., 2012). Entre as diversas águas residuárias aplicadas ao solo, destaca-se a manipueira, que é originária das indústrias de feculárias e casas de farinha de mandioca (Mélo, 2006).

Atualmente, a estimativa da produção da mandioca no Brasil apresentaram variações positivas, com um aumento de 1,2% em maio de 2012, em relação à produção obtida em 2011, no mesmo período (IBGE, 2012). Segundo Cereda (1994), no processamento de mandioca são gerados resíduos sólidos e líquidos, com qualidade e quantidade dependente de muitos fatores (cultivar, idade da planta, tempo de armazenamento, tipo de processamento etc.).

A manipueira é o resíduo líquido, considerada um subproduto derivado de processo industrial da mandioca, que descartado de forma imprópria, consiste em sério problema ambiental. Várias pesquisas científicas tem sido realizado utilizando resíduos líquidos industrial da mandioca no cultivo de milho (Saraiva et al., 2007) avaliaram o desenvolvimento vegetativo do milho fertirrigado com o efluente; Cardoso et al. (2009) utilizaram a manipueira como biofertilizante em cultura do milho; Ribas et al. (2010) aproveitaram água residuária da mandioca (manipueira) tratada anaerobicamente com adição de agentes alcalinos como fertilizante para o milho.

As necessidades nutricionais de qualquer planta são determinadas pela quantidade de nutrientes que esta extrai durante o ciclo. O estresse nutricional decorrente da deficiência ou do excesso de nutrientes interfere no metabolismo vegetal, acionando sistemas antioxidativos de defesa (não enzimáticos e enzimáticos). A ação das enzimas antioxidantes é de fundamental importância para evitar danos a nível celular. Segundo Bray et al. (2000) os sistemas antioxidativos de defesa (não enzimáticos e enzimáticos) estão presentes em diversos compartimentos subcelulares que, frequentemente, são

suficientes para evitar o dano oxidativo durante períodos de crescimento sob condições normais. Esses compostos antioxidantes interagem entre si formando um sistema de resposta antioxidativa, que minimiza as consequências do estresse e mantém o equilíbrio pró-oxidante/antioxidante. Logo, as enzimas catalase, peroxidase do ascorbato e peroxidase do guaiacol são especializadas na remoção de H₂O₂ (Moller et al., 2007).

No presente trabalho objetivou-se avaliar o efeito da manipueira na nutrição e na expressão dos sistemas enzimáticos catalase (CAT), peroxidase do ascorbato (APX) e proteínas em plantas de milho.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de março a julho de 2012, na Estação Experimental Luís Jorge da Gama Wanderley (IPA), no município de Vitória de Santo Antão/PE. A estação apresenta como coordenadas geográficas 08°08'00" S de latitude e 35°22'00" W Gr. de longitude, precipitação pluviométrica anual de 1.025 mm, umidade relativa do ar média de 67% e temperatura média de 25,4°C. (IPA, 1994).

O solo foi coletado na área do experimento, a uma profundidade de 0 a 20 cm e classificado como franco argilosa. Para a caracterização física e química do solo, foram retiradas três amostras do 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) da incorporação de manipueira, conforme metodologia proposta pela EMBRAPA (1997).

A área experimental tinha área de 203 m² de área total, sendo constituída por 6 blocos com 11 linhas de cultivo, tendo 5 linhas destinadas a área útil, que foram cultivadas com 12 plantas, com espaçamento de 0,80 m entre linhas e 0,40 m entre plantas e, 0,40 m entre blocos.

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

Parâmetros	Teor
Areia (g kg ⁻¹)	642,3
Silte (g kg ⁻¹)	75,7
Argila (g kg ⁻¹)	282
CEes (dS m ⁻¹)	0,50
pH em água	5,70
Potássio (cmolc dm ³)	0,25
Fósforo (mg dm ³)	49
Sódio (cmolc dm ³)	0,06

O delineamento experimental foi em blocos casualizado, constituídos por cinco tratamentos: 0, 8, 16, 32 e 64 m³ ha⁻¹ (doses de manipueira) e seis repetições. A dose inicial foi calculada com base na concentração de potássio existente na manipueira e no teor existente do solo, indicada para a cultura de milho em solos de fertilidade baixa, segundo IPA (2008). As demais doses corresponderam a duas, quatro e oito vezes a dose inicial.

A manipueira utilizada foi proveniente de uma casa de farinha localizada no município de Pombos, PE. A determinação da composição química da manipueira (Tabela 2) foi realizada no Laboratório de Engenharia Ambiental e da Qualidade (LEAQ) da UFPE. Os parâmetros físicos e químicos foram determinados de acordo com a metodologia proposta por APHA (1995).

Tabela 2. Características físico-químicas da manipueira

Parâmetros	Teor
Demanda química de oxigênio - DQO (mg L ⁻¹)	119.220,40
Condutividade elétrica (dS m ⁻¹)	8,25
pH	4,60
Potássio (mg L ⁻¹)	4.793,90
Sódio (mg L ⁻¹)	742,10
Fósforo (mg L ⁻¹)	286,40
Magnésio (mg L ⁻¹)	1.588,20
Cálcio (mg L ⁻¹)	241,90

A irrigação foi realizada por gotejamento, com gotejadores auto-compensantes, com espaçamento de 0,30 m entre gotejos. No período do cultivo, a irrigação foi feita de acordo com os dados da evapotranspiração de referência (ET_o), estimada pelo método Hargreaves & Samani (HARGREAVES & SAMANI, 1985).

Equação 1.,

$$E_{to}(HS) = 0,0023 \cdot R_{a(dia)} \cdot (T_{max} - T_{min})^{0,5} \cdot (T + 17,8)$$

em que:

ET_o(HS) – evapotranspiração de referência, por Hargreaves-Samani (mm dia⁻¹)

R_{a(dia)} - radiação solar extraterrestre (mm dia⁻¹)

T_{max} – temperatura máxima diária do ar (°C)

T_{min} – temperatura mínima diária do ar (°C)

T – temperatura média diária do ar (°C)

A cultura utilizada foi o milho forrageiro híbrido AG 1051 da Agrocere, com a semeadura realizada no vigésimo primeiro dia após a aplicação da manipueira no solo,

tempo necessário para estabilização de seus nutrientes. Em cada cova foram dispostas cinco sementes, após a germinação foi realizado o desbaste, mantendo apenas três plantas por cova. Após a semeadura, foram adotados os tratamentos culturais necessários ao bom desenvolvimento da cultura, como capinas e controle de pragas com inseticida biológico de princípio ativo *Bacillus thuringiensis*. Esta medida foi adotada, devido a área de experimento ser destinada ao cultivo orgânico.

Aos 40 dias após o semeio procedeu-se a coleta de folhas para análise de parâmetros bioquímicos e a coleta de três plantas para a determinação nutricional. Para a análise bioquímica realizou-se a coleta da terceira folha, de três plantas de todos os blocos, completamente expandida a contar do ápice para o colo da planta. No momento da coleta as amostras foram imersas em nitrogênio líquido para congelamento rápido e posteriormente armazenadas em freezer a -20 °C até o momento da determinação da atividade enzimática e de proteína solúvel total.

As análises foram realizadas no Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais do Departamento de Química da Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE, em Recife. O extrato para as análises foi obtido pela maceração de 0,2 g das folhas, em seguida a ressuspensão do material vegetal em 4,0 mL do tampão fosfato de potássio 0,1 M (pH 7,0). Após centrifugação por 10 minutos a 10.000 rpm, a 4°C, o sobrenadante foi coletado e armazenado em -80 °C.

Para determinação da atividade das enzimas CAT, foi empregada a metodologia descrita por Havir (1987) e os resultados foram expressos em U. min⁻¹. mg⁻¹ proteína g⁻¹ massa fresca. A atividade de APX foi determinada pela metodologia descrita por Nakano (1981), os valores foram expressos em U. min⁻¹. mg⁻¹ proteína. g⁻¹ massa fresca. Para a quantificação das proteínas solúveis totais, empregou-se a metodologia descrita por Bradford (1976), o teor protéico da amostra foi expresso em mg de proteína.g⁻¹ de massa fresca.

Para análise nutricional, realizou-se a coleta de três plantas de quatro blocos, devido a dois blocos não apresentarem plantas suficientes. Após a coleta as plantas foram divididas em folhas e colmo. Colocadas em sacos de papel, previamente identificadas e levadas à estufa com circulação forçada de ar a 65 °C por um período de 72 horas. As amostras secas foram trituradas em moinho tipo Wiley e submetidas à digestão sulfúrica para determinação de N; e digestão nitro-perclórica para determinação de P, K, Ca, Mg S, conforme Bezerra Neto & Barreto (2011).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e análise de regressão utilizando o software estatístico SAS, com níveis de significância de 5% para o teste F. Quando os parâmetros avaliados não apresentaram modelos ajustáveis para regressão (linear e quadrática), foi utilizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância (Tabela 3) para os elementos N, Ca, Mg e S nas folhas e N e S no colmo. Os teores médios de nitrogênio, na folha e colmo sob aplicação de diferentes doses de manipueira, não apresentaram diferenças significativas.

Tabela 3. Resumo da ANOVA para os teores de N, Ca, Mg e S nas folhas e N e S no colmo de plantas de milho.

Fontes de variação	Quadrado médio					
	Folhas				Colmo	
	N	Ca	Mg	S	N	S
Bloco	0,4083 ^{ns}	0,1205 ^{ns}	0,3690 ^{ns}	0,6352 ^{ns}	0,5788 ^{ns}	0,8182 ^{ns}
Dose	0,3501 ^{ns}	0,2743 ^{ns}	0,3689 ^{ns}	0,3648 ^{ns}	0,6585 ^{ns}	0,8113 ^{ns}
CV(%)	11,23	10,86	22,03	18,38	13,78	24,50

ns - Não significativo até 5%; CV: Coeficiente de Variação

Não houve diferença significativa ($P > 5\%$) entre as doses de manipueira, para a concentração de nitrogênio nas folhas e colmo. O teor médio de N nas folhas estava abaixo do teor considerado adequado a cultura (27,5 a 32,5 g kg⁻¹), embora as plantas não apresentassem deficiência visual, devido ao baixo acúmulo do nutriente (IPA, 2008)

A concentração de nutrientes em plantas de milho, adubadas com biofertilizantes (casca mais manipueira), obtidos na digestão anaeróbia da manipueira foi avaliada por Inoue et al. (2011). Esses autores evidenciaram que a aplicação do biofertilizante não alterou as concentrações de nitrogênio na planta. Gomes et al. (2007) relatam que a produção de milho com doses crescentes de lodo proporcionou maior absorção de nitrogênio nas plantas, contudo não se mostraram suficientes para boa condição nutricional das plantas.

No trabalho realizado por Costa et al. (2012), foram utilizadas doses de efluente doméstico tratado em plantas de milho, e avaliando-se os teores de N na folha diagnose, observou-se que os teores de nitrogênio em 100% de adição de água residuária apresentou a média de 52,59 g kg⁻¹ de N, estando assim, acima da faixa indicada para uma nutrição adequada, porém sem apresentar toxidez.

Tabela 4. Teores de fósforo, potássio e sódio nas folhas e colmo e teor de magnésio na folha do milho em função das doses de manipueira

Doses de manipueira (m ³ ha ⁻¹)	P (g kg ⁻¹)		K (g kg ⁻¹)		Mg (g kg ⁻¹)	Na (g kg ⁻¹)	
	Folha	Colmo	Folha	Colmo	Folha	Folha	Colmo
0	4,578 a	5,313 ab	32,005 b	65,463 ab	4,205 ab	0,623 c	0,648 ab
8	4,690 a	5,685 a	30,989 b	68,036 a	4,741 a	0,633 bc	0,652 ab
16	4,426 ab	5,134 ab	31,739 b	57,653 b	4,347 ab	0,642 bc	0,621 b
32	4,368 ab	5,813 a	32,829 ab	60,172 ab	3,821 ab	0,667 ab	0,670 a
64	4,089 b	4,768 b	34,994 a	58,692 ab	3,218 b	0,687 a	0,634 ab

O acúmulo de P no tecido foliar das plantas cultivadas sob o efeito das doses (0 m³ ha⁻¹) e na dose de 8 m³ ha⁻¹, diferiram da maior dose avaliada (64 m³ ha⁻¹) na folha (Tabela 4). No colmo, as doses 8 e 32 m³ ha⁻¹, diferiram da dose 64 m³ ha⁻¹. A adsorção e a disponibilidade deste nutriente às plantas, além do teor de cátions do solo, está correlacionada com a matéria orgânica e pH dos solos (Trindade et al., 2011).

As plantas foram beneficiadas devido ao teor de fósforo no solo (49 mg dm³), apresentando-se acima do nível considerado adequado, que variam de 21 a 30 mg dm⁻³ (Malavolta, 1997). Este nível de nutriente elevado pode ser considerado devido à área utilizada neste trabalho ser destinada ao cultivo orgânico. No entanto as plantas cultivadas com doses crescente de manipueira, não apresentaram sintomas de toxidez.

Variedades de milho cultivados em solo do cerrado sem receber adubações fosfatadas, foram estudadas por Fernandes & Muraoka (2002), sendo observada concentração de até 2,41 g kg⁻¹ de fósforo na planta. Costa et al. (2012), que observaram em seus resultados teor de P de 2,69 g kg⁻¹ em plantas adubadas com efluente doméstico, apresentando diferença em relação ao solo com e sem adubação fosfatada.

O acúmulo de K nas folhas na dose 64 m³ ha⁻¹ (Tabela 4), apresentando concentração de 35 g kg⁻¹, diferindo das doses 0, 8 e 16 m³ ha⁻¹ com concentrações entre 31,7 a 32 g kg⁻¹. Mesmo apresentando diferenças as doses permaneceram próximas aos teores considerados adequados (17 a 35 g kg⁻¹).

Avaliando-se a produtividade e a composição mineral das plantas de milho, em solo adubado com lodo de esgoto, Gomes et al. (2007) observaram que a concentração de K permaneceu próxima dos teores considerados adequados (17 a 35 g kg⁻¹) para a cultura do milho, conforme EMBRAPA (1999), em todos os tratamentos (0,0; 7,7; 15,4; 29,7; 45,1 e 60,5 t ha⁻¹).

Inoue et al. (2011) obtiveram em seus resultados concentrações médias de potássio altas propiciadas pela aplicação do biofertilizante (manipueira e casca de mandioca). No entanto, mesmo tendo apresentado concentrações de potássio total mais elevada, não houve diferença entre a que foi obtida na testemunha, em relação aos demais tratamentos.

A absorção de K apresenta um padrão diferente em relação ao N e ao P, com a máxima absorção ocorrendo no período de desenvolvimento vegetativo, com elevada taxa de acúmulo nos primeiros 30 a 40 dias de desenvolvimento, com taxa de absorção superior ao de nitrogênio e fósforo sugerindo maior necessidade de potássio na fase inicial (Costa et al., 2012).

Não houve diferença significativa entre tratamentos, para a concentração de cálcio, magnésio e enxofre nas folhas e cálcio e enxofre no colmo, a 5% de probabilidade. A aplicação de diferentes doses do resíduo não alterou as concentrações destes nutrientes na planta. Os teores de Ca e Mg nas folhas e Ca e S no colmo, estão abaixo dos teores foliares considerados adequados para a cultura, no caso do Ca e Mg (2,5 a 4,0 g kg⁻¹) (IPA, 2008). Em relação ao magnésio no colmo, a dose 8 m³ ha⁻¹ apresentou acúmulo de 4,7 g kg⁻¹, diferindo da maior dose estudada 64 m³ ha⁻¹, com acúmulo de 3,2 g kg⁻¹.

A manipueira utilizada neste trabalho apresentava alta concentração de K (4.793,90 mg L⁻¹) e Mg (1.588,20 mg L⁻¹). Resíduos com teores elevados de K e Mg, afetam a absorção de outros nutrientes. Segundo Malavolta et al. (2006), os fatores externos podem afetar a absorção do Ca, além da sua concentração externa, que seria a presença de outros íons em concentração alta (NH₄⁺, K⁺, Mg⁺², Al⁺³, Mn⁺²), que diminui a absorção do Ca, podendo provocar deficiência.

Simonete et al. (2003), estudando o uso do lodo de esgoto, no crescimento e nutrição de milho, observaram que a quantidade de Ca e Mg aumentaram significativamente, a complementação do lodo de esgoto com potássio diminuiu o acúmulo de Ca e Mg nas plantas.

Barros et al. (2011) avaliaram a aplicação de biossólidos, tratados quimicamente, em um Latossolo Vermelho distrófico, na produção de matéria seca e na absorção de nutrientes pela cultura de milho e afirmaram, que a concentração de Ca+Mg na parte aérea foi maior naqueles tratamentos que receberam cal em pequenas doses para neutralização, mostrando que houve translocação dos elementos para a parte aérea.

Nas folhas (Tabela 4) a dose 64 m³ ha⁻¹ apresentou maior acúmulo de sódio, diferindo das doses testemunha, 8 e 16 m³ ha⁻¹. No colmo (Tabela 4), o maior acúmulo apresentou-se na dose 32 m³ ha⁻¹, diferindo da dose 16 m³ ha⁻¹.

Na tabela 5, apresentam-se as análises dos seguintes parâmetros bioquímicos: proteína, catalase APX. Verificou-se que as enzimas estudadas não apresentaram diferenças significativas em função do uso das doses crescentes de manipueira.

Tabela 5. Resumo da ANOVA para parâmetros bioquímicos em folhas de plantas de milho.

Fontes de variação	Quadrado médio		
	Proteína	Catalase	APX
Bloco	0,1175 ^{ns}	0,8978 ^{ns}	0,5054 ^{ns}
Dose	0,3504 ^{ns}	0,6630 ^{ns}	0,4702 ^{ns}
CV(%)	11,34	21,11	14,97

A ausência de ativação do sistema enzimático antioxidativo evidenciou que as plantas não foram submetidas a estresse por deficiência ou excesso nutricional. No entanto, estudos têm demonstrado o papel dos mecanismos antioxidantes enzimáticos na proteção contra o estresse oxidativo secundário induzido pela salinidade (Rubio et al. 2009). Em raízes de arroz (Lin & Kao 2001), milho (Azevedo-Neto et al., 2006) e feijão caupi (Cavalcanti et al., 2007), o aumento da atividade de enzimas como SOD, APX, CAT e POX está associado com a manutenção dos níveis de peroxidação de lipídios sob estresse salino.

O estresse nutricional em plantas sob estresse salino pode estar associado ao acúmulo excessivo de determinados íons e à redução na aquisição de outros, em virtude das alterações na disponibilidade de nutrientes, da competição no processo de absorção e à inibição do transporte na planta (Blanco et al., 2008). Ferreira et al. (2005) avaliando os efeitos da salinidade do solo sobre a nutrição mineral da cultura do milho, constataram um decréscimo na extração de Ca, Mg e K (Sousa, 2010).

Verificando as relações entre a inibição do crescimento e a modulação oxidativa induzida por estresse salino, Maia et al. (2012), observaram que a salinidade não causou aumento da peroxidação de lipídios nas raízes, indicando que a morte celular se deve mais a danos nas membranas do que ao estresse oxidativo. O estresse salino reduziu a atividade das enzimas SOD, CAT e APX e causou intenso aumento da atividade de POX, demonstrando que essa última exerce algum papel na proteção oxidativa das raízes sob salinidade.

CONCLUSÃO

- 1- A manipueira proporciona a cultura do milho fonte adequada de fósforo e potássio para a planta.
- 2- Apresentou alto teor de potássio, ocasionando a diminuição da absorção de cálcio.
- 3- A ausência de ativação do sistema enzimático antioxidativo evidenciou que as plantas não foram submetidas a estresse por deficiência ou excesso nutricional.

LITERATURA CITADA

- APHA - American Public Health Association, AWWA - American Water Works Association, WPCF - Washington Press Club Foundation. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington: American Public Health Association, 17.ed. 2198p. 1995.
- Araújo, N. C.; Ferreira, T.C.; Oliveira, s. J. C.; Gonçalves, C. P.; Araújo, F. A. C. Avaliação do uso de efluente de casas de farinha como fertilizante foliar na cultura do milho (*Zea mays L.*). Revista Engenharia na Agricultura, v.20, p.340-349, 2012.
- Azevedo-Neto, A. D. D.; Prisco, J. T.; Eneas-Filho, J.; Abreu, C. E. B.; Gomes-Filho, E. 2006. Effect of salt stress on antioxidative enzymes and lipid peroxidation in leaves and roots of salt-tolerant and salt-sensitive maize genotypes. Environmental and Experimental Botany, v.56, p.87-94.
- Bezerra Neto, E.; Barreto, L. P. Análises químicas e bioquímicas em plantas. Recife: Imprensa Universitária da UFRPE, 2011, 165p.
- Blanco, F. F.; Folegatti, M. V.; Henriques Neto, D. Doses de N e K no tomateiro sob estresse salino: I. Concentração de nutrientes no solo e na planta. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.12, p.26-33, 2008.
- Bray, E. A. Plant responses to water deficit. Trends Plant Science. v.2, p.48-54, 2000.
- Camili, E. A.; Cabello, C. Avaliação do processo de flotação no tratamento da manipueira originada da fabricação de farinha de mandioca. Revista Energia na Agricultura, v.23, p.32-45, 2008.
- 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.

- Cavalcanti, F. R.; Lima, J. P. M. S.; Ferreira-Silva, S. L.; Viegas, R. A.; Silveira, J. A. G..
Roots and leaves display contrasting oxidative response during salt stress and recovery
in cowpea. *Journal of Plant Physiology*, v.164, p.591-600, 2007.
- Cereda, M. P. Resíduos da industrialização da mandioca no Brasil. São Paulo, Editora
Paulicéia, 174 p. 1994.
- Costa, M. S.; Costa, Z. V. B.; Alves, S. M. C.; Ferreira Neto, M.; Marinho, M. J. C.
Avaliação nutricional do milho cultivado com diferentes doses de efluente doméstico
tratado. *Revista Irriga, Edição especial*, p.12-26, 2012.
- Ferreira, P. A. Garcia, G. O.; Santos, D. B.; Oliveira, F. G.; Neves, C. L. Estresse salino
em plantas de milho: II – Macronutrientes aniônicos e suas relações com o sódio.
Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, p.11-15, 2005.
- Gomes, S. B. V.; Nascimento, C. W. A.; Biondi, C. M. Produtividade e composição
mineral de plantas de milho em solo adubado com lodo de esgoto. *Revista Brasileira de
Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.11, p.459-465, 2007.
- Hargraves, G. H.; Samani, Z. A. Reference crop evapotranspiration from temperature.
Applied Engineering Agriculture, v.1, p.96-99, 1985.
- Havir, E. A.; Mchale, N. A. Biochemical and development characterization of multiples
forms of catalase in tobacco leaves. *Plant Physiology* v.84, p.450-455, 1987.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Indicadores IBGE, Estatística da
Produção Agrícola Maio/2012. 84p. 2012.
- IPA - Instituto Agrônomo de Pernambuco. Recomendações de adubação para o Estado
de Pernambuco. Recife: IPA, 64p. 2008.
- IPA - Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (Recife, PE). Bancos de dados
meteorológicos. Recife, 137p, 1994.
- Kang, H. M.; Saltveit, M. E. Activity of enzymatic antioxidant defense systems in chilled
and heat shocked cucumber seedling radicles. *Physiologia Plantarum*, v.113, p.548-556,
2001.
- Lin, C. C.; Kao, C. H. Cell wall peroxidase activity, hydrogen peroxide level and NaCl-
inhibited root growth of rice seedlings. *Plant and Soil*, v.230, p.135-143. 2001
- Maia, J. M.; Silva, S. L. F.; Voigt, E. L.; Macedo, C. E. C.; Ponte, L. F. A.; Silveira, J. A.
G. Atividade de enzimas antioxidantes e inibição do crescimento radicular de feijão
caupi sob diferentes níveis de salinidade. *Acta Botânica Brasileira* v.26, p 342-349.
2012.

- Malavolta, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006. 638p.
- Melo, R. F.; Ferreira, P. A.; Matos, A. T.; Ruiz, H. A.; Oliveira, L. B. 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.
- Mittova, V.; Guy, M.; Tal, M. & Volokita, M. Salinity up-regulates the antioxidative system in root mitochondria and peroxisomes of the wild salt-tolerant tomato species *Lycopersicon pennellii*. *Journal of Experimental Botany*, v. 55, p.1105-1113, 2004.
- Moller, I. M.; Jensen, P. E.; Hansson, A. Oxidative modifications to cellular components in plants. *Annual Review of Plant Biology*, v.58, p.459-481, 2007.
- Nakano, Y.; Asada, K. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. *Plant Cell Physiology*, v.22, p.1068-1072, 1981.
- 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.
- Rubio, M. C.; Bustos-Sanmamed, P.; Clemente, M. R. & Becana, M. Effects of salt stress on the expression of antioxidant genes and proteins in the model legume *Lotus japonicus*. *New Phytologist*, v.4,p.851-859. 2009.
- 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.
- Simonete, M. A.; Kiehl, J. C.; Andrade, C. A.; Teixeira, C. F. A. Efeito do lodo de esgoto em um Argissolo e no crescimento e nutrição de milho Pesquisa. *Agropecuária Brasileira*, v. 38, p. 1187-1195, 2003.
- Sousa, G. G.; Lacerda, C. F.; Cavalcante, L. F.; Guimarães, F. V. A.; Bezerra, M. E. J.; Silva, G. L. Nutrição mineral e extração de nutrientes de planta de milho irrigada com água salina. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.14, p.1143-1151, 2010.
- 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.

Ueno, R. K.; Neumann, M.; Marafon, F.; Basi, S.; Rosário, J. G. Dinâmica dos nutrientes do solo em áreas destinadas à produção de milho para forragem. Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias, v.4, p.182-203, 2011.