

MARISE CONCEIÇÃO MARQUES

**ATRIBUTOS DO SOLO, QUALIDADE DO LIXIVIADO E
CRESCIMENTO DE PLANTAS DE MILHO SOB
APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DA MANDIOCA**

RECIFE - PE

2009

MARISE CONCEIÇÃO MARQUES

**ATRIBUTOS DO SOLO, QUALIDADE DO LIXIVIADO E
CRESCIMENTO DE PLANTAS DE MILHO SOB APLICAÇÃO
DE ÁGUA RESIDUÁRIA DA MANDIOCA**

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós - Graduação em ciência do Solo da
Universidade Federal Rural de Pernambuco,
como parte das exigências para obtenção do
título de Mestre.

Orientadora: D.Sc. Adriana Maria de Aguiar Accioly

Co-orientadores: Prof. D.Sc. Clístenes Williams Araújo do Nascimento

Prof^a. D. Sc. Maria Betânia Galvão dos Santos Freire

RECIFE - PE

2009

FICHA CATALOGRÁFICA

M357u Marques, Marise Conceição
 Atributos do solo, qualidade do lixiviado e crescimento
de plantas de milho sob aplicação de água residuária da man-
dioca / Marise Conceição Marques. -- 2009.
 92 f. : il.

 Orientadora : Adriana Maria de Aguiar Accioly
 Dissertação (Mestrado em Agronomia : Ciência do Solo)
Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento
de Agronomia.
 Inclui anexo e bibliografia.

CDD 631. 42

1. Solo - fertilidade
 2. Manipueira
 3. Adubação potássica
 4. Impacto ambiental
- I. Accioly, Adriana Maria de Aguiar
 - II. Título

MARISE CONCEIÇÃO MARQUES
ATRIBUTOS DO SOLO, QUALIDADE DO LIXIVIADO E
CRESCIMENTO DE PLANTAS DE MILHO SOB APLICAÇÃO
DE ÁGUA RESIDUÁRIA DA MANDIOCA

Dissertação aprovada em 26 de fevereiro de 2009 pela banca
examinadora:

Adriana Maria de Aguiar Accioly, D.Sc.
PRESIDENTE DA BANCA EXAMINADORA

Maria Betânia Galvão dos Santos Freire, D.Sc.
EXAMINADOR/DEPA-UFRPE

Carolina Etienne de Rosalia e Silva Santos, D.Sc.
EXAMINADOR/DEPA-UFRPE

Ralini Ferreira de Mélo, D.Sc.
EXAMINADOR/DEPA-UFRPE

“A sabedoria é uma força difícil de dominar, mas, quando dominada, materializa sonhos e edifica a alma.”

JAIR SANTOS

“O Solo encerra o começo de toda vida e recebe seus despojos finais. Sobrevive a todo trabalho do homem, transcende todo pensamento humano. Traça o progresso da história e ampara seu fim ignóbil. É mudo, mas fala eloquentemente. Ele é o depósito imperecível da humanidade”.

WILLIAM SHAKESPEARE

Dedico esta dissertação a minha mãe Vitória pelo amor, dedicação e por não ter medido esforços para que eu conseguisse alcançar meus objetivos. E ao meu pai pelo exemplo de coragem.

Ao meu tio e grande irmão Regi pelo ser a quem agradeço a minha vida acadêmica e às minhas irmãs pelo carinho e amor eterno.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a **Deus** que me deu o Dom da Vida e que representa o caminho através do qual tenho buscado força para vencer os obstáculos. Agradeço-te por estar sempre comigo, iluminando meus passos, permitindo que eu chegasse até aqui com vontade de seguir a jornada da vida.

Ao meu pai e à minha mãe, pois sou um pedaço da história de deles. Sem eles, hoje não estaria participando do espetáculo da vida, meu maior presente. Por isso já seria eternamente grata, mas eles foram além, revestiram minha existência de amor.

Ao meu namorado pelo amor, incentivo, dedicação e paciência.

Ao meu grande irmão Regi pela inspiração e incentivo à minha vida profissional, pela dedicação e amor à minha família. Às minhas nove irmãs, em especial a Evanise pelos ensinamentos sábios que sempre deixaram um pouco de perfume em minha vida, ao meu irmão, à Nady, ao meu primo Reinaldo, aos meus quatro sobrinhos pela alegria constante e à minha avó Viturina pelo carinho e momentos de muitas felicidades.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Ciência do Solo, ao CNPq e à Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical pela oportunidade. E a Coopatan (Cooperativa de Produtores Rurais de Presidente Tancredo Neves) pela receptividade.

À Dr Adriana Maria Aguiar Accioly pela confiança depositada, orientação e apoio durante o desenvolvimento dos experimentos. E “aos pepinos descascados”.

A Ralini Mélo pelo apoio, contribuindo significativamente para execução da proposta de trabalho, assim como, as amigas Marise Caribé e Felizarda.

Ao Dr Aldo Vilar Trindade e Dr Paulo Henrique Graziotti pelos ensinamentos na graduação sempre à disposição para transmitir conhecimentos.

Aos professores Clístenes Nascimento e Maria Betânia, pela excelente oportunidade de ter sido sua aluna, e orientação sempre que precisei.

Ao Dr Luciano Souza que apareceu como uma luz e ajudou sem medir esforços. Ao Dr Laércio Duarte pela receptividade no Laboratório de Física dos Solos da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical e Dr Carlos Ledo pela colaboração na estatística.

A Lúcia pela grande ajuda e companhia durante o desenvolvimento do trabalho. Ao estagiário Nielson e técnicos laboratoristas Seu João, Roque Francisco, Seu Val, Josimar e Nafez; e aos grandes amigos e companheiros Roque, Das Neves

e Priscila os quais fizeram do ambiente de trabalho momentos realmente agradáveis e pelo apoio e paciência.

A Dr Maurício, Dr Eugênio, Luciano, Mércia, Honorato, Evaneide, Torquatro, Tarcício, Laise, Tais e tantos outros funcionários e estagiários da Embrapa que contribuíram para o desenvolvimento dos experimentos.

Aos colegas e amigos de turma WelKa, Ailson, Rômulo, Carol, Patrick, Suzi, Terezinha, Laerte, Francisco, Carla, Edivan, Taís, Carla Regina, Guilherme, Luciana, Rozemberg, André pelo companheirismo e convivência prazerosa. A Leandra e Patrícia pelo apoio e atenção.

Aos funcionários da UFRPE, Socorro, Seu Noca, Cleto e Seu Josué pela paciência e atenção, sempre recebendo a todos com muita alegria. Bem como aos professores do PPGCSolo pelos ensinamentos transmitidos em sala de aula e aos funcionários que fazem desde curso o seu grande referencial.

Por fim gostaria de agradecer a Verena, Ádila, Marly, Vânia, Rizo, Elvira, Marilúcia, Celma, Eva, Roque, Tony, Fantony, Roselete, Rose e outros não menos importantes, a todos que particularmente chamo de “**Estrelas**”, pois apesar da distância e do tempo sempre deixarão um pouco de luz em minha vida. E em especial à **minha amiga e irmã Maria** uma estrela que tem acompanha a minha vida desde o desafio para entrar na graduação refletindo compreensão, apoio, incentivos, fé, serenidade, confiança, paciência e muitos momentos de alegria.

LISTAS DE TABELAS

CAPÍTULO I: Alterações nos atributos do solo e na qualidade do lixiviado sob aplicação de água residuária da mandioca	Pág.
Tabela 1. Propriedades químicas e físicas dos solos nas diferentes profundidades	16
Tabela 2. Caracterização do extrato da pasta saturada dos solos nas diferentes profundidades	17
Tabela 3. Caracterização química da manipueira	18
Tabela 4. Propriedades do lixiviado de colunas de solo com diferentes texturas	24
Tabela 5. Teores de potássio e magnésio trocáveis, e capacidade de troca de cátions total e efetiva no solo, em diferentes profundidades, após aplicação de manipueira e lâmina de lixiviação	25
Tabela 6. P disponível, pH, K^+ , Ca^{2+} ($Ca^{2+} + Mg^{2+}$), Na^+ e Al^{3+} trocáveis e $H+Al$ em solos de diferentes texturas e profundidades após aplicação de manipueira	27
Tabela 7. Soma de bases (S), saturação por bases (V), percentagem de sódio trocável (PST), carbono orgânico (CO) e grau de floculação (GF) de solos de diferentes texturas avaliados em diferentes profundidades após aplicação de manipueira	29
Tabela 8. Condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes), K^+ , Na^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} solúveis, Relação de Adsorção de K (RAK) e Relação de Adsorção de Sódio (RAS) de solos de diferentes texturas	31
Tabela 9. Condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes), pH, K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} solúveis e Relação de Adsorção de K (RAK) nas diferentes profundidades	31

CAPÍTULO II: Uso da manipueira na adubação potássica do milho

Tabela 1. Propriedades químicas e físicas dos solos profundidades	42
Tabela 2. Caracterização química da manipueira	43
Tabela 3. Volumes de manipueira e água aplicada nos solos, referentes aos respectivos teores de potássio	44
Tabela 4. Descrição dos tratamentos utilizados nos experimentos	46
Tabela 5: Estimativas dos contrastes para as os teores de P disponível, pH, K^+ e $Ca^{2+}+Mg^{2+}$ trocáveis e acidez potencial ($H+Al$) no RQo após coleta do ensaio	52
Tabela 6: Estimativas dos contrastes para as os teores de K^+ , Mg^{2+} e $Ca^{2+}+Mg^{2+}$ trocáveis, soma de bases (S), capacidade de troca de cátions (CTC), capacidade de troca de cátions efetiva (CTC_e), saturação por bases (V) e percentagem de sódio trocável (PST) no VXk após coleta do ensaio	53
Tabela 7. Teores de magnésio (Mg), cálcio (Ca), potássio (K), sódio (Na), fósforo (P), nitrogênio (N), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês(Mn), e zinco (Zn) na parte aérea das plantas cultivadas no RQo.	56
Tabela 8: Estimativas dos contrastes para altura e conteúdos de Ca, Mg, Na, Zn, Mn, Fe na parte aérea das plantas cultivadas no RQo	59
Tabela 9: Estimativas dos contrastes para as os teores de Na, Cu, Mn e Zn nas raízes das plantas cultivadas no RQo	60
Tabela 10. Teores de magnésio (Mg), cálcio (Ca), potássio (K), sódio (Na), fósforo (P), nitrogênio (N), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês(Mn), e zinco (Zn) na parte aérea das plantas cultivadas no VXk.	62
Tabela 11: Estimativas dos contrastes para altura (ALT) e conteúdos de N, P, Na, Ca, Mg, Cu e Fe na parte aérea das plantas cultivadas no VXk	64
Tabela 12: Estimativas dos contrastes para matéria seca da raiz (MSRA) e teores de N, Mg e Zn das plantas cultivadas no VXk	65

LISTAS DE FIGURAS

CAPÍTULO I: Alterações nos atributos do solo e na qualidade do lixiviado sob aplicação de água residuária da mandioca Pág.

Figura 1. Detalhes das colunas de PVC, e do preenchimento das mesmas	19
Figura 2. Saturação das colunas por ascensão da água e coleta do lixiviado	20

CAPÍTULO II: Uso da manipueira na adubação potássica do milho

Figura 1: Teores de fósforo disponível (P), potássio (K^+), sódio (Na^+) trocáveis, acidez potencial ($H+Al$), saturação por bases (V) e porcentagem de sódio trocável no RQo em função das doses de manipueira após 20 dias de incubação.	48
Figura 2: Teor de potássio (K^+) trocável, pH, acidez potencial ($H+Al$) e saturação por bases (V) no VXk em função das doses de manipueira após 20 dias de incubação.	50
Figura 3: Matéria seca da parte aérea (MSPA), conteúdo de nitrogênio (N), potássio (K) e cobre (Cu) na parte aérea das plantas de milho cultivadas no RQo. ** e ^{ns} significativo a 1% de probabilidade e não, respectivamente, pelo teste de F; A= manipueira com complementação da adubação x apenas manipueira; B= manipueira com complementação da adubação x adubação mineral; C= apenas manipueira x Adubação mineral.	55
Figura 4: Matéria seca da raiz (MSRA), teores de potássio (K) e zinco (Zn) nas raízes das plantas de milho cultivadas no RQo. ** e ^{ns} significativo a 1% de probabilidade e não, respectivamente, pelo teste de F; A= manipueira com complementação da adubação x apenas manipueira; B= manipueira com complementação da adubação x adubação mineral; C= apenas manipueira x Adubação mineral.	58

Figura 5: Conteúdo de K na parte aérea (PA), teor de potássio (K), sódio (Na), fósforo (P) e Cobre (Cu) na raiz das plantas cultivadas no VXk. ** e ^{ns} significativo a 1% de probabilidade e não, respectivamente, pelo teste de F; A= manipueira com complementação da adubação x apenas manipueira; B= manipueira com complementação da adubação x adubação mineral; C= apenas manipueira x Adubação mineral. 61

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	x
RESUMO GERAL	xiii
GENERAL ABSTRACT	xiv
INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS	7
CAPÍTULO I – ALTERAÇÕES NOS ATRIBUTOS DO SOLO E NA QUALIDADE DO EFLUENTE PERCOLADO EM SOLOS ADUBADOS COM ÁGUA RESIDUÁRIA DA MANDIOCA (MANIPUEIRA) 11	
RESUMO	11
ABSTRACT	12
INTRODUÇÃO	13
MATERIAL E MÉTODOS	15
RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
CONCLUSÕES	32
REFERÊNCIAS	33
CAPÍTULO II – USO DA MANIPUEIRA NA ADUBAÇÃO POTÁSSICA PARA MILHO 37	
RESUMO	37
ABSTRACT	38
INTRODUÇÃO	39
MATERIAL E MÉTODOS	41
RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
CONCLUSÕES	66
REFERÊNCIAS	67
ANEXO	70

RESUMO GERAL

A água residuária da mandioca (manipueira), efluente oriundo da industrialização do processamento da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), é produzida em grande volume. Quando soluções de baixo custo não são viáveis, os efluentes são usualmente despejados em rios ou no solo, causando impacto ambiental. A manipueira apresenta grande potencial fertilizante devido à sua composição em nutrientes principalmente o potássio, mas quando utilizado de forma indiscriminada constitui implicação no desequilíbrio dos cátions básicos no solo. Com objetivo de avaliar o potencial do reaproveitamento da manipueira, foram desenvolvidos dois ensaios. No primeiro foram acondicionados, em colunas de PVC com 15 x 80 cm (diâmetro x altura), amostras de solos com diferentes texturas (Vertissolo Háplico Carbonático (VXk), Latossolo Amarelo Distrocoeso (LAdx) e Neossolo Quartizarênico Órtico (RQo)) coletadas até 60 cm. E com base no teor de potássio da manipueira, foram estabelecidas lâminas baseadas na recomendação potássica para milho, no VXk e LAdx foram aplicadas $4,7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ e o RQo $9,6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, este estudo objetivou-se avaliar os atributos do solo e da qualidade do lixiviado em resposta a aplicação da manipueira. A manipueira promoveu elevação nos teores de potássio trocável na camada de 0-20 cm. A dose aplicada não apresentou risco a salinização e alteração no grau de floculação. No segundo ensaio, objetivou-se avaliar o potencial da manipueira na adubação potássica na cultura do milho e alterações nos atributos químicos do solo. Foram acondicionados, em vasos com capacidade para 3 kg de solo, amostras de solos com diferentes texturas (Vertissolo Háplico Carbonático (VXk) e Neossolo Quartizarênico (RQo)) coletadas na profundidade de 0-20 cm, aplicou-se doses de manipueira correspondente a 0, 1, 2, 3, 4 e 5 vezes a dose de adubação potássica recomendada para cultura do milho, que corresponderam a e 0, 9,6, 19,2, 28,8, 38,4, 48,1 $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ para o RQo e 0, 4,7, 9,4, 14,1, 18,8, 23,6 $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ para o VXk, que foram complementadas com N, P e micronutrientes. Para cada solo foram acrescentados dois tratamentos adicionais: apenas adubação com manipueira na dose recomendada para K e adubação mineral (NPK). A manipueira aplicada após correção da acidez não promoveu efeito no pH do solo. O reaproveitamento da manipueira como fonte potássica apresentou potencial fertilizante quando complementada com adubação mineral.

GENERAL ABSTRACT

Cassava wastewater, wastewater from cassava (*Manihot esculenta* Crantz) processing industrial, is produced in volume large. When low-cost solutions are not viable, usually dumped in rivers or in the soil, provide environmental impact. The cassava wastewater fertilizer has potential because great its nutrients composition of especially potassium, but when used indiscriminately provokes of basic cations imbalance in soil. To evaluate the potential of cassava wastewater, two study were developed. The study first aimed to evaluate soil characteristics and leachate quality as function of cassava wastewater rates applied to columns containig soils of different textures. PVC columns (15 x 80 cm) were used to simulate a 60 cm soil profile. The soils studied were: Cohesive Yellow latosol, Carbonatic Haplic Vertisol and Orthic Quartzarenic Neosol. Aiming to supply the K requirement to maize, $4.7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ of cassava wastewater was applied to the Vertisol and Latosol white the Neosol received $9.6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. The Wastewater promoted increase on the K contents for the 0-20 cm layer of soil. The results showed that the cassava wastewater dose applied is safe regarding salinization and changes in flocculation. In the second aimed to evaluate the potential of cassava wastewater as a potassium fertilizer to maize and the alteraions it provokes in soil chemical characteristic. Two soils (Carbonatic Haplic Vertisol and Orthic Quartzarenic Neosol) were put in 3 kg pots. These soils received wastewater doses equivalent to 0, 1, 2, 3, 4 and 5 times the amount of K recommended to maize. This was equivalent to 0, 4.7, 9.4, 14.1, 18.8, $23.6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ for the Vertisol and 0, 9.6, 19.2, 28.8, 38.5, $48.1 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ the Neosol. The results showed that the application of cassava wastewater improved soil chemical characteristics, but it did not change soil pH. Cassava wastewater along with mineral mineral fertilizers poses potencial. On the other hand, wastewater alone was not able to provide the K requeriment to plant.

INTRODUÇÃO GERAL

A Cultura da Mandioca

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma cultura bastante difundida e importante, principalmente por ser constituinte da base alimentar de populações carentes da América Latina, África e Ásia. Sendo, porém um alimento pobre em proteínas (1 a 2%) (Oliveira et al., 2001). Segundo dados do IBGE (2008), o Brasil, é o segundo maior produtor mundial, produziu no ano agrícola de 2007 mais de 26,5 milhões de toneladas de raízes tuberosas de mandioca. Dentre os principais estados produtores, destacam-se: Pará, Bahia, Paraná, Maranhão, Rio Grande do Sul e São Paulo, os quais são responsáveis por 64,9% da produção do País. Por ser encontrada nas mais diferentes regiões ecológicas, em que os fatores temperatura, precipitação pluvial, fotoperíodo, altitude e latitude são extremamente variáveis, denota a sua ampla adaptação a diferentes condições edafoclimáticas (Oliveira, et al., 2006).

O cultivo da mandioca é largamente empregado na agropecuária, tendo um importante papel no desenvolvimento econômico de diversas regiões brasileiras. Quando empregada na agroindústria para obtenção de fécula e/ou farinha gera diversos subprodutos, dentre eles a manipueira (Theodoro & Maringoni, 2001). Sendo que o descarte deste resíduo em cursos d'água é altamente poluente, devido não só as elevadas demanda biológica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO), mas também a uma substância de efeito tóxico, o ácido cianídrico, que diferencia esse dos demais resíduos agroindustriais (Fioretto, 2001).

Manipueira e Ambiente

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: 1) a saúde, a segurança e o bem estar da população; 2) as atividades sociais e econômicas; 3) o conjunto de seres vivos de um ecossistema; 4) a qualidade dos recursos ambientais. E atualmente os problemas ambientais tornam-se mais preocupantes em todo o mundo, devido à má utilização dos recursos naturais e a deficiência no processo de gestão ambiental (Silva et al., 2003).

A manipueira é um efluente de aspecto leitoso, de cor amarelo-claro oriunda das raízes da mandioca, decorrente da prensagem depois de lavada e triturada. Possui alto teor de matéria orgânica, e um glicosídeo chamado linamarina, que é facilmente hidrolisado a cianeto, composto altamente tóxico ao metabolismo (Cereda, 1994). Na maioria das vezes esse resíduo é descartado “*in natura*” nos cursos d’água acarretando problemas ambientais (Mélo, 2004). A magnitude dos problemas depende entre outros fatores, da capacidade de processamento e produtividade industrial, bem como do número de indústrias localizadas nas mesmas bacias hidrográficas (Cordeiro, 2006).

O fato das indústrias de processamento da mandioca se concentrarem numa certa região ou município potencializa a geração de resíduos e podem causar impacto ambiental, visto que o efluente extraído das raízes é considerado altamente poluente. Um exemplo prático é o setor de polvilho azedo no Extremo Sul de Santa Catarina, onde vinte e seis empresas estão situadas numa proximidade que não ultrapassa 20 km de uma para outra. 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 (nitrogênio e fósforo), gerando o fenômeno de eutrofização. Além de odores desagradáveis nestes ambientes produzidos por microrganismos anaeróbicos que geram ácidos sulfídricos (Cardoso, 2005). Outro exemplo, são as pequenas unidades de processamento de farinha no município de Vitória da Conquista-BA, no âmbito da Coopasub (Cooperativa dos Pequenos Agricultores da Região Sudoeste da Bahia), onde a falta de tratamento adequado da manipueira tem restringido a atividade econômica, por impor limites físicos de espaço destinado à industrialização, pois em determinadas épocas do ano, muitos produtores de farinha são obrigados a reduzir suas atividades pela impossibilidade de descarte destes resíduos nas proximidades das casas de farinha. O descarte da manipueira sem nenhum tipo de tratamento tem levado a poluição de uma das poucas fontes de água da região, a bacia do rio Santa Rita (Santos, 2008).

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. Campos et al. (2006), avaliando a eficiência na remoção da carga poluidora de um sistema de tratamento de águas residuárias geradas em fecularias por lagoas de estabilização, observaram que as lagoas anaeróbias promoveram redução nos valores de DQO e DBO, mostrando elevada conversão de matéria orgânica nos produtos finais. No entanto estes tratamentos por possuírem custo elevado, muitas vezes são pouco viáveis para agroindústrias de médio e pequeno porte e praticamente inviável para pequenas fecularias e casas de farinhas.

Cereda (2001) ressalta que além do aspecto agressivo ao ambiente, deve ser considerado também que o despejo indevido dos subprodutos da mandioca constitui em desperdício de rendimento para o produtor, quando consideradas as quantidades geradas e a sua composição química, devido à presença de macronutrientes e micronutrientes. Podendo ser aproveitado como fertilizante na agricultura, evitando impactos indesejáveis.

Atualmente, as alternativas de valorização de resíduos através do seu aproveitamento têm sido muito incentivadas, visto que podem contribuir para a redução da poluição ambiental, bem como agregar valor ao processo de agroindustrialização (Camili & Cabello, 2008).

Potencial de reutilização de água residuária como fertilizante

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).

Sua composição 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 potássio 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, de manipueira estocada em temperatura ambiente por 24 h. Cereda (1994) encontrou teores de P, K e Ca correspondente a 160, 1863,5

19,5 em mg L^{-1} . Mélo (2004) encontrou na água residuária de fecularia concentrações correspondente a 583 de K, 292 de Na, 39 de Ca, 66 de Mg e 311 de P em mg L^{-1} . Estes valores encontrados por Mélo (2004) 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).

Segundo Afonso (2006), o Brasil importa cerca de 90% do fertilizante potássico consumido, principalmente na forma de cloreto de potássio, possuindo este uma demanda elevada na agricultura. Dados da DNPM (2008) apontam como principais fornecedores em 2007, o Canadá (29,0%), a Rússia (19,0%), a Bielorrússia (18,0%), a Alemanha (18,0%) e Israel (12,0%). Analisando que o potássio é o nutriente que mais se destaca na composição da manipueira, seu aproveitamento na adubação potássica poderá contribuir na redução de custos com esse fertilizante, principalmente para produtores cujas propriedades agrícolas localizem-se próximas de áreas de processamento de mandioca.

Estudos com objetivo de avaliar o uso de águas residuárias de processamento industrial têm sido realizados abrangendo aspectos como o reaproveitamento destes como fertilizantes, bem como seu potencial poluidor e as alterações promovidas nos atributos do solo. Cavallet et al. (2006), avaliando o efeito da utilização de água residuária de indústria de enzimas na produtividade do milho, e também na modificação de atributos químicos do solo, observaram aumento da fertilidade do solo nos mesmos níveis que a adubação mineral, quando da aplicação das dosagens de 160 e 320 t ha^{-1} de água residuária de enzima. Também verificou correção da acidez, insolubilização dos teores de alumínio trocável no solo e disponibilização de fósforo, em consequência da incorporação de 320 t ha^{-1} . Outro resíduo que pode ser citado é a vinhaça, subproduto da indústria sucroalcooleira, que vem sendo bastante usada nas fertirrigações de regiões canavieiras, ao longo dos anos. Lyra et al. (2003) estudando o potencial poluidor da vinhaça, numa taxa de aplicação de 300 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ sobre a qualidade de água do lençol freático em poços de monitoramento com 3 m de profundidade, em áreas com três solos distintos (Espodossolo, Gleissolo textura argilosa e Gleissolo textura muito argilosa) cultivadas com cana-de-açúcar, verificou valores de CE (condutividade elétrica) de 0,35 a 1,0 dS m^{-1} , ressaltando o poder de remoção dos sais pelo solo. Brito & Rolim

(2005) estudando o efeito da aplicação da vinhaça em um Espodossolo Cárbico Órtico, reproduzido em colunas de PVC, até 1,00 m de profundidade nas características do efluente percolado e do solo observaram elevação nas concentrações de K, Ca, Mg e Na do efluente com o acréscimo da dose aplicada (0, 50, 100 m³ ha⁻¹).

Fioretto et al. (1997) estudando o efeito de doses crescentes (80, 120, 160, 200 m³ ha⁻¹) de manipueira na cultura da mandioca, aplicadas em diferentes épocas (no plantio, 30 e 60 dias após plantio) em um solo arenoso, não encontrou alteração no estande de mandioca para diferentes doses aplicadas. Observaram elevação nos teores de K⁺ trocável e P disponível no solo. Mas para o K⁺, devido a ocorrência de períodos chuvosos e o solo possuir baixa capacidade de retenção de cátions, ocorreu uma redução na disponibilidade aos 130 dias após a primeira aplicação, atingindo aos teores iniciais do solo.

Vieites (1998) avaliando a aplicação de doses de manipueira (54 m³ e 108 m³), com e sem complementação NPK (parcial ou total), na cultura do tomate, verificou que os tratamentos com utilização das maiores doses de manipueira apresentaram frutos maiores e de melhor qualidade comercial, no entanto, não foi observada diferença em relação ao número de frutos por planta.

Pinho (2007) avaliando o potencial da manipueira como fertilizante para a cultura da mandioca, em solos de texturas distintas (areno-argilosa, argilosa e arenosa), observou resposta positiva na produção de matéria seca da parte aérea. A produção de matéria seca foi diferenciada em função da textura do solo, sendo observada maior e menor produção nos solos areno-argiloso e arenoso respectivamente. Apesar de ter observado a elevação nos teores de Mg²⁺, K⁺, Na⁺ trocáveis e P disponível no solo, o resíduo não favoreceu a nutrição adequada à mandioca, que apresentou baixos teores de N, P e K na parte aérea.

Mélo et al. (2005) avaliando alterações químicas de diferentes solos (Neossolo Quartzarênico órtico, Latossolo Amarelo distrófico e Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico), em resposta à incubação com manipueira em doses crescentes (0, 85, 170, 340 e 510 m³ ha⁻¹) observaram aumento na condutividade elétrica dos solos. Os autores salientaram que esse efeito sugere cuidados especiais na incorporação da manipueira ao solo, para evitar riscos de salinização. Também verificaram a elevação dos cátions trocáveis K⁺, Na⁺, Mg²⁺ e Ca²⁺ no solo.

Pelo exposto, a manipueira apresenta potencial fertilizante, no entanto há necessidade de mais pesquisas sobre seu uso, potencializando seu aproveitamento

de forma sustentável. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar o uso da água residuária da mandioca como fertilizante potássico e seu efeito nos atributos do solo e na qualidade do lixiviado.

REFERÊNCIAS

AFONSO P. C. J. Colheita, Pós-colheita e Qualidade do Café. 2006. Disponível em: http://www.peabirus.com.br/redes/form/post?post_pub_id=1920

2. Acesso em: Dezembro de 2008.

BRITO, F. L.; R. M. M. Comportamento do efluente do solo fertirrigado com vinhaça. **Agropecuária Técnica**, Areias, Nota Técnica, 26:60-67, 2005.

CAMPOS, A. T.; DAGA, J.; RODRIGUES, E. E.; FRANZENER, G.; SUGIY, M. T. M. T.; SYPERRECK, V. L. G.; Tratamento de águas residuárias de fecularia por meio de lagoas de estabilização. **Engenharia Agrícola**. 26:235-242, 2006.

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**. 23: 32-45, 2008.

CARDOSO, E. **Uso de manipueira como biofertilizante no cultivo do milho: avaliação do efeito no solo, nas águas subterrâneas e na produtividade do milho**. 2005. 67f. Dissertação (Mestre em Ciências Ambientais), Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma.

CAVALLET L. E.; LUCCHESI L, A. C.; MORAES A. de; SCHIMIDT, E.; PERONDI, M. A.; FONSECA, R. A. da. Melhoria da fertilidade do solo decorrentes da adição de água residuária da indústria de enzimas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, 10:724-729, 2006.

CEREDA, M. P. Caracterização dos subprodutos da industrialização da mandioca. In: CEREDA, M. P (coord): **Manejo, Uso e Tratamento de Subprodutos da Industrialização da Mandioca**. v 4. São Paulo: Fundação CARGILL, 2001. p. 1 3–37.

CEREDA, M. P. Caracterização dos resíduos da industrialização da mandioca. In: CEREDA, M. P. **Resíduos da industrialização da mandioca**. São Paulo: Ed. Paulicéia, 1994. p-11-50.

CORDEIRO, G. Q. **Tratamento de manipueira em reator anaeróbio compartimentado**. 2006. 91f. Dissertação (Mestre em Engenharia e Ciência de Alimentos), Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto.

DNPM. Departamento Nacional de Produção Mineral. Sumário mineral 2008. 2008. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=68&IDPagina=1165>. Acesso em: Dezembro de 2008.

FEIDEN, A. Avaliação da eficiência de lagoas de tratamento de resíduos líquidos. In: CEREDA, M. P (coord): **Manejo, Uso e Tratamento de Subprodutos da Industrialização da Mandioca**. v. 4. São Paulo: Fundação CARGILL, 2001. p. 187-201.

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.

FIORETTO, R.A., SANTOS, J. R., BICUDO, S. J. **Manipueira na fertirrigação: Efeito sobre a produção de mandioca (Manihot esculenta Crantz)**. Revista Brasileira de Mandioca. Cruz das Almas (BA), 16:149 -156, 1997.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Lavoura temporária, Mandioca. 2008. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: Dezembro, 2008.

LEONEL, M.; CEREDA, M. P. Manipueira como substrato na biossíntese de ácido cítrico por *Aspergillus niger*. **Scientia Agricola**, Piracicaba, 52:299-304, 1995.

LYRA, M. R. C. C.; ROLIM M. M.; SILVA, J. A. A. Topossequência de solos fertirrigados com vinhaça: contribuição para a qualidade das águas do lençol

freático. **R. Bras. Eng. Agric. Ambiental**, Campina Grande, V. 7 n. 3 pg. 525-532, 2003.

MELO, R. F. de; FERREIRA, P. A.; RUIZ, H. A.; MATOS, A. T. de; OLIVEIRA, L. B. de.. Alterações física e química em três solos tratados com água residuária de mandioca. In: **Irriga**, Botucatu, 10:383-392, 2005.

MELO, R. F. de. **Avaliação das alterações físicas e químicas, distribuição e mobilidade dos íons em três solos tratados com manipueira**. 2004. 59 f. Dissertação (mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal Viçosa, Viçosa.

OLIVEIRA A. J. de; ALCARDE V. E.; CANOILAS, L. M.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Cultivo de microrganismos em mandioca e subprodutos da industrialização. In: CEREDA, M. P (coord): **Manejo, Uso e Tratamento de Subprodutos da Industrialização da Mandioca**. v. 4. São Paulo: Fundação CARGILL, 2001. p. 269 – 279.

OLIVEIRA, S. L.; COELHO, E. F.; NOGUEIRA, C. C. P. Irrigação. In: SOUZA, L. da S.; FARIAS A.R.N.; MATTOS, P.L.P. de; FUKUDA, W.M.G. (Ed.). **Aspectos socioeconômicos e agrônômicos da mandioca**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006. p. 291-299.

PANTAROTO S.; CEREDA, M. P. Linamarina e sua decomposição no ambiente. In: CEREDA, M. P (coord): **Manejo, Uso e Tratamento de Subprodutos da Industrialização da Mandioca**. V. 4. São Paulo: Fundação CARGILL, 2001. p. 39 – 47.

PINHO, M. M. C. A. **Reaproveitamento de resíduo do processamento da mandioca (manipueira): avaliação de impactos químicos e microbiológicos no solo e utilização como fertilizante**. 2007. 65 f. Dissertação (mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

SANTOS, A. Usos e Impactos Ambientais Causados pela Manipueira na Microrregião Sudoeste da Bahia-Brasil. 2008. Disponível em:<<https://cid2d9bb>

876d2f05fb3.skydrive.live.com/self.aspx/Documentos/Projeto%20mandiocultura%20BA|_2005.doc>. Acesso em: janeiro 2009.

SILVA, F. R. de; SANTOS, M. de L. F. dos; KATO, M. T. Impacto ambiental produzido por casas de farinha no município de Pombos – PE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 22, 2003, Joinville. [Anais eletrônicos...]. Joinville: ABES, 2003. CD-ROM. Disponível em: www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes22/dcxi.pdf. Acesso em: novembro de 2008.

THEODORO, G. F.; MARINGONI, A. C. Sobrevivência de *Xanthomonas Axonopodis* Pv. *Manihotis* em manipueira. In: CEREDA, M. P (coord): **Manejo, Uso e Tratamento de Subprodutos da Industrialização da Mandioca**. v. 4. São Paulo: Fundação CARGILL, 2001. p. 107-113.

VIEITES, R. L. Efeitos da adubação com manipueira sobre o rendimento e qualidade dos frutos de tomate. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 33:45-47, 1998.

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**. V. 4. São Paulo: Fundação CARGILL, 2001. p. 117 – 185.

CAPÍTULO I

ALTERAÇÕES NOS ATRIBUTOS DO SOLO E NA QUALIDADE DO LIXIVIADO SOB APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DA MANDIOCA

RESUMO

Neste estudo, objetivou-se avaliar os atributos do solo e da qualidade do lixiviado em resposta a aplicação da água residuária da mandioca (manipueira) em colunas de solos de diferentes texturas. Para isto, foram acondicionando os solos (Vertissolo Háptico Carbonático (VXk), Latossolo Amarelo Distrocoeso (LAdx) e Neossolo Quartzarênico Órtico (RQo)) em colunas de PVC com 15 x 80 cm (diâmetro x altura) formados por seguimentos (anéis), nas quais foram reproduzidos os perfis dos solos até 60cm de profundidade. Baseado na recomendação da adubação potássica para milho, aplicou-se 4,7 m³ ha⁻¹ de manipueira para o VXk e LAdx e 9,6 m³ ha⁻¹ para o RQo. Após dois dias aplicou-se uma lâmina de lixiviação de 25 mm e coletou-se o lixiviado para determinações da CE, pH, Ca, Mg, Na, K, NH₄⁺, NO₃⁻ e SO₄⁻². Subamostras de solo foram coletadas na parte central de cada anel para determinações de pH em água, P disponível, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺ e Al³⁺ trocáveis, acidez potencial (H+Al) e carbono orgânico. Também foram analisados CEes, pH e teores de Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ e Na⁺ solúveis no extrato da pasta saturação. Não foi verificado efeito da aplicação da manipueira na qualidade do lixiviado independente do tipo de solo. Não foi observado alteração do lixiviado em função da dose de manipueira aplicada independente do tipo do solo. A manipueira promoveu elevação nos teores de potássio trocável na camada de 0-20 cm. Não foram observadas diferenças nos teores de cátions solúveis, assim como CEes, RAS e RAK e PST, logo a dose aplicada não apresentou risco a salinização e alteração no grau de floculação.

Palavras chave: manipueira, solo, lixiviado

CHANGES IN SOIL CHARACTERISTICS AND LEACHATE QUALITY IN SOILS TREATED WITH CASSAVA WASTEWATER

ABSTRACT

The study aimed to evaluate soil characteristics and leachate quality as function of cassava wastewater rates applied to columns containing soils of different textures. PVC columns (15 x 80 cm) were used to simulate a 60 cm soil profile. The soils studied were: Cohesive Yellow latosol, Carbonatic Haplic Vertisol and Orthic Quartzarenic Neosol. Aiming to supply the K requirement to maize, $4.7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ of cassava wastewater was applied to the Vertisol and Latosol while the Neosol received $9.6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Two days after that, 25 mm of Water was applied and the leachate collected and analyzed to EC, pH, Ca, Mg, Na, K, NH_4^+ , NO_3^- and SO_4^{2-} . Soil samples were collected from the inner of each soil segment in columns and analyzed to: pH, available P, Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ , Na^+ , Al^{+3} , potencial acidity (H+Al) and organic carbon. EC, pH, Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ and Na^+ were also determined in a saturation extract. Regardless soil type, there was no effect of applying cassava wastewater on the leachate quality. The Wastewater promoted increase on the K contents for the 0-20 cm layer of soil. There were no effects on the content of soluble ions as well as on EC, SAR, KAR and ESP. The results showed that the cassava wastewater dose applied is safe regarding salinization and changes in flocculation.

Key words: cassava wastewater, soil, leachate

1. INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é cultivada nas mais diversas regiões do Brasil e sua produção tem sido dirigida tanto para consumo direto quanto para indústria de transformação, onde é utilizada na elaboração de diversos produtos como fécula, farinha de mesa, raspa, farinha de raspa e polvilho azedo (Leonel, 2001). Atualmente a demanda de amido de mandioca (fécula) tem crescido de forma substancial, principalmente pelo setor industrial, a exemplo do uso de xaropes de glicose produzidos a partir da fécula, muito utilizados na indústria alimentícia para fabricação de doces e bebidas, bem como o uso da fécula na mistura de farinha de trigo para fabricação de pães, objetivando reduzir as importações de trigo (Cardoso, et al., 2006).

Os resíduos líquidos gerados no processamento da mandioca, derivados exclusivamente das raízes compreendem a água de lavagem e a água de constituição vegetal (manipueira) extraída na prensagem (Wosiacki et al., 2001).

A disposição no ambiente de resíduos gerados em atividades agroindustriais tem resultado em diversos problemas, como poluição de rios e do lençol freático, mortandade de peixes, abortos em vacas e gastrite em humanos (Mélo, 2004). Segundo a MPPE (2007) as casas de farinha têm importante papel econômico e social no município de Pombos, zona da mata do estado de Pernambuco. No entanto, o despejo de 30 mil L dia⁻¹ de manipueira no Rio Pombos estava causando diversos transtornos ao ambiente e à saúde da população. A otimização da utilização da manipueira, como fertilizante foi uma alternativa possibilitando o não fechamento dos estabelecimentos de grande importância local.

Dessa forma, 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 e Melo et al., 2006).

A manipueira caracteriza-se como um extrato líquido, com aspecto leitoso, contendo fécula, glicose, ácido cianídrico, bem como outras substâncias orgânicas

(carboidratos, proteínas e lipídeos) e nutrientes minerais (Fioretto, 2001). Sua composição é bastante variável, em função das variedades utilizadas, da época de colheita, da adubação aplicada à cultura, e outros fatores relacionados às condições edafoclimáticas do local onde é cultivada. Entre os nutrientes destacam-se os teores de potássio. Leonel & Cereda (1995) encontraram teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) correspondentes (em mg L⁻¹) a 1.414, 297, 2.570, 220, 330, respectivamente. Pinho (2007) encontrou 1.140 de K, 130 de Ca, 330 de Mg em mg L⁻¹.

A predominância do íon potássio entre os constituintes minerais da manipueira tem implicação direta no desequilíbrio dos cátions básicos no solo, devido ao aumento de saturação desse elemento e da predisposição à lixiviação de cálcio e magnésio. 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. Em uma dosagem de 80 m³ ha⁻¹ e precipitação acumulada de 333 mm, foi observado um efeito residual até 60 dias. Com o dobro da dose, esse efeito interferiu por mais de 90 dias, podendo causar uma indisponibilidade de magnésio para as plantas, induzida pelo excesso de potássio (Fioretto, 2001).

Mélo et al. (2005), estudando aplicação de doses de manipueira em três diferentes tipos de solo: Neossolo Quartzarênico órtico, Latossolo Amarelo distrófico e em um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico observaram a elevação do pH do solo em resposta à incorporação e incubação com manipueira, verificando que as doses de manipueira aplicadas, que tomaram como referência o K, de forma a acrescentar 50, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹ deste nutriente levaram, em geral, a incrementos na disponibilidade K⁺, Na⁺, Mg²⁺, Ca²⁺.

Diante do exposto, o trabalho teve como objetivo avaliar atributos do solo e da qualidade do lixiviado em resposta a aplicação da água residuária da mandioca (manipueira) em colunas de solos de diferentes texturas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Coleta e caracterização do solo

Foram coletadas três amostras de solo de diferentes texturas nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm. O solo de textura argilosa foi coletado no município de Santo Amaro da Purificação – Bahia, sendo classificado como um Vertissolo Háptico Carbonático (VXk). A amostra de um Latossolo Amarelo Distrocoeso (LAdx), textura média, foi coletada na Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Cruz das Almas – Bahia. A amostra de textura arenosa foi coletada no município de Jaguaripe – Bahia, de um Neossolo Quartzarênico Órtico (RQo).

Os solos foram secos ao ar, destorroados e peneirados em malha 4 mm. Foram retiradas subamostras peneirados em malha 2 mm para caracterização química e física (Tabela 1 e 2). Todas as análises foram realizadas no Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas e no Laboratório de Física do Solo da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. As análises químicas incluíram as determinações de cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}) e alumínio (Al^{3+}) trocáveis, extraídos em solução de cloreto de potássio 1 mol L^{-1} e H^+Al extraído em solução de acetato de cálcio $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ dosados por titulometria; fósforo disponível por calorimetria; sódio (Na^+), e potássio (K^+) trocáveis extraídos em solução de Mehlich 1 dosados por fotometria de chama, Manganês (Mn), zinco (Zn), ferro (Fe) e cobre (Cu) extraídos em solução de Mehlich 1 dosados por espectrofotometria de absorção atômica; carbono orgânico, pH em água e pH em CaCl_2 . A caracterização física incluiu análise granulométrica pelo método do densímetro, densidade do solo pelo método do anel volumétrico e das partículas pelo método do balão volumétrico, porosidade total, macro e microporosidade e retenção de umidade a 0,1 e 15 atm pelo método da câmara de Richards. Foram calculadas a capacidade de troca de cátions potencial (CTC), capacidade de troca de cátions efetiva (CTC_e) do solo, saturação por bases (V) e porcentagem de sódio trocável (PST). Todas as análises foram realizadas conforme Embrapa (1999) e Embrapa (1997). Também foi preparado extrato de saturação do solo para determinações da condutividade elétrica (CEes) e pH, assim como determinação de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Na^+ solúveis e calculadas a relação de adsorção de sódio (RAS) e a relação de adsorção de potássio (RAK), conforme Richards (1954).

Tabela 1. Propriedades químicas e físicas dos solos nas diferentes profundidades

Propriedades	Solo								
	VXk ⁽¹⁾			LAdx ⁽²⁾			RQo ⁽³⁾		
	Prof. ⁽⁴⁾ (cm)			Prof. (cm)			Prof. (cm)		
	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60
pH (em água)	5,63	5,20	5,10	5,10	4,70	4,63	5,10	5,20	5,13
pH (em CaCl ₂)	5,04	4,29	3,93	4,11	3,84	3,83	4,20	4,33	4,41
P (mg dm ⁻³)	2,33	0,96	2,33	2,67	1,30	0,90	3,00	2,00	2,00
K ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,25	0,06	0,04	0,29	0,13	0,07	0,04	0,02	0,01
Na ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,16	0,17	0,23	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	18,83	11,50	8,17	1,27	0,73	0,80	0,30	0,27	0,30
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	5,67	5,70	5,53	0,87	0,67	0,47	0,10	0,10	0,10
Ca ²⁺ + Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	24,50	17,20	13,70	2,13	1,40	1,27	0,40	0,37	0,40
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,00	1,43	7,43	0,30	0,70	1,00	0,30	0,30	0,30
H+Al ⁽⁵⁾ (cmol _c dm ⁻³)	5,35	6,49	10,93	3,15	3,45	3,59	2,64	2,93	5,68
S ⁽⁶⁾ (cmol _c dm ⁻³)	24,91	17,42	13,97	2,45	1,55	5,60	0,45	0,39	0,43
CTC ⁽⁷⁾ (cmol _c dm ⁻³)	30,26	23,91	24,90	5,60	5,00	4,96	3,09	3,33	6,11
CTCe ⁽⁸⁾ (cmol _c dm ⁻³)	24,91	18,86	21,41	2,75	2,25	2,36	0,75	0,69	0,73
C.O ⁽⁹⁾ (g kg ⁻¹)	25,84	7,84	5,60	9,75	7,87	5,95	5,67	4,94	9,63
V ⁽¹⁰⁾ (%)	82,33	73,00	56,00	43,67	31,00	27,33	15,00	12,00	7,00
PST ⁽¹¹⁾ (%)	0,54	0,70	0,92	0,36	0,40	0,40	0,32	0,30	0,16
m (%)	0,00	7,58	34,70	10,91	31,11	42,37	40,00	43,48	41,10
Mn (mg kg ⁻¹)	15,07	16,56	34,40	6,06	1,91	0,34	2,37	0,15	0,00
Zn (mg kg ⁻¹)	5,62	2,32	1,26	1,00	0,43	0,38	4,66	2,62	0,30
Fe (mg kg ⁻¹)	34,91	20,08	24,42	58,43	55,16	38,80	22,63	27,24	9,32
Cu (mg kg ⁻¹)	2,11	2,39	1,97	0,49	0,38	0,37	0,04	0,00	0,00
Areia (g kg ⁻¹)	152	165	126	596	481	449	889	912	851
Silte (g kg ⁻¹)	308	328	266	95	87	76	91	68	87
Argila (g kg ⁻¹)	540	507	608	309	432	475	20	20	62
Porosidade total (%)	49,57	50,82	56,42	34,17	37,03	33,86	42,27	43,56	49,76
Macroporo (%)	4,07	15,50	12,24	11,44	12,62	5,48	25,97	25,97	24,08
Microporo (%)	45,50	35,32	44,18	22,73	24,41	28,38	16,3	17,59	25,68
Ds ⁽¹²⁾ (kg dm ⁻³)	1,24	1,25	1,14	1,53	1,51	1,56	1,4	1,49	1,25
Dp ⁽¹³⁾ (kg dm ⁻³)	2,47	2,54	2,61	2,33	2,40	2,35	2,43	2,64	2,49
Retenção de água – UG									
0,1 atm (%)	36,01	28,78	36,17	15,00	15,83	17,70	9,33	7,57	16,70
15 atm (%)	34,07	26,57	32,89	12,32	13,06	14,45	6,03	5,19	12,27
Água disponível(%)	1,93	2,20	3,28	2,68	2,77	3,25	3,30	2,38	4,43

VXk⁽¹⁾ = Vertissolo Háplico Carbonático; LAdx⁽²⁾ = Latossolo Amarelo Distrocoeso; RQo⁽³⁾ Neossolo Quartzarênico Órtico; Prof. ⁽⁴⁾ = profundidade; H+Al⁽⁵⁾ = Ácidez potencial; S⁽⁶⁾ = soma de base; CTC⁽⁷⁾ = capacidade de troca de cátions potencial; CTCe⁽⁸⁾ = capacidade de troca de cátions efetiva; C.O⁽⁹⁾ = carbono orgânico; V⁽¹⁰⁾ = saturação por bases; PST⁽¹¹⁾ = porcentagem de sódio trocável; Ds⁽¹²⁾ = densidade do solo; Dp⁽¹³⁾ = densidade das partículas.

Tabela 2. Caracterização do extrato da pasta saturada dos solos nas diferentes profundidades

Características	VXk ⁽¹⁾			Solo LAdx ⁽²⁾			RQd ⁽³⁾		
	<u>Prof. ⁽⁴⁾ (cm)</u>			<u>Prof. (cm)</u>			<u>Prof. (cm)</u>		
	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60
pH	6,94	7,25	7,65	7,39	7,20	7,42	6,77	6,90	7,15
CEes ⁽⁵⁾ (dS m ⁻¹ à 25C°)	0,33	0,11	0,07	0,15	0,13	0,09	0,23	0,14	0,14
Na ⁺ (mmol _c L ⁻¹)	0,51	0,35	0,28	0,28	0,22	0,22	0,46	0,30	0,32
K ⁺ (mmol _c L ⁻¹)	0,12	0,07	0,07	0,23	0,13	0,08	0,55	0,23	0,19
Ca ²⁺ (mmol _c L ⁻¹)	2,74	1,38	1,28	1,68	1,74	1,63	1,85	1,56	1,70
Mg ²⁺ (mmol _c L ⁻¹)	1,47	0,57	0,32	0,69	0,65	0,47	0,73	0,46	0,51
RAS ⁽⁶⁾ (mmol _c L ⁻¹)	0,35	0,35	0,31	0,26	0,20	0,21	0,41	0,30	0,31
RAK ⁽⁷⁾ (mmol _c L ⁻¹)	0,09	0,07	0,07	0,21	0,12	0,08	0,48	0,23	0,18

VXk⁽¹⁾ = Vertissolo Háplico Carbonático; LAdx⁽²⁾ = Latossolo Amarelo Distrocoeso; RQd⁽³⁾ Neossolo Quartzarênico Órtico; Prof. ⁽⁴⁾ = profundidade; CEes⁽⁵⁾ = Condutividade elétrica do extrato de saturação; RAS⁽⁶⁾ = relação de adsorção de sódio; RAK⁽⁷⁾ = relação de adsorção de potássio.

2.2 Coleta e caracterização da água residuária

A manipueira utilizada no experimento foi coletada na casa de farinha da Coopatan (Cooperativa de Produtores Rurais de Presidente Tancredo Neves), localizada no município de Tancredo Neves (BA) no momento de prensagem da mandioca. A água residuária coletada foi levada à Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, onde foi armazenada em condições de refrigeração (câmara fria) para caracterização da composição química (Tabela 3) no Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas. Mediu-se a condutividade elétrica (CE) e potencial hidrogeniônico (pH), determinando-se as concentrações de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), ferro (Fe), zinco (Zn), cobre (Cu) e manganês (Mn). Para a determinação do N procedeu-se a digestão sulfúrica, e para os demais elementos a digestão nitroperclórica. Todas as análises foram realizadas conforme APHA (1995).

Tabela 3. Caracterização química da manipueira

Características	Valor
Nitrogênio (mg L ⁻¹)	1626,7
Fósforo (mg L ⁻¹)	327,7
Potássio (mg L ⁻¹)	3456,26
Sódio (mg L ⁻¹)	22,06
Cálcio (mg L ⁻¹)	278,29
Magnésio (mg L ⁻¹)	617,18
Ferro (mg L ⁻¹)	7,13
Zinco (mg L ⁻¹)	4,89
Cobre (mg L ⁻¹)	0,64
Manganês (mg L ⁻¹)	1,07
pH	4,73
Condutividade elétrica (mS cm ⁻¹ à 25 °C)	9,93

2.3 Ensaio

O ensaio foi realizado em casa de vegetação, acondicionando os solos de diferentes texturas (arenosa, média e argilosa) em colunas de solo, nas quais foi reproduzida a densidade do solo nas condições de campo, nas diferentes profundidades da coluna até 60 cm de profundidade. As colunas eram de PVC com 15 cm de diâmetro por 80 cm de altura, formados por segmentos (anéis) de 20 cm (Figura 1), que foram presos com fita impermeabilizante para evitar vazamento pelas laterais.

Antes do preenchimento das colunas, houve necessidade de calagem nos solos de textura média e arenosa, nos quais foram utilizadas 1,03 t ha⁻¹ e 1,7 t ha⁻¹ de calcário dolomítico, respectivamente, para elevar os teores de Ca²⁺+Mg²⁺ trocáveis e neutralizar o Al³⁺ trocável, em seguida incubando-os por 30 dias.

As colunas foram inicialmente preenchidas com uma camada de 10 cm de brita fina lavada, e acima desta uma tela de diâmetro semelhante ao da coluna, para evitar passagem de sedimentos para o lixiviado. Com uso de um funil com bico prolongado, para proporcionar uniformidade, o solo foi adicionado em camadas de aproximadamente 5 cm de espessura que foram compactadas por leve pressão com

um disco de madeira de diâmetro pouco inferior ao diâmetro interno do cilindro e escarificada antes de ser sobreposta para evitar compactação entre camadas.

Com base no teor de potássio da manipueira, foram estabelecidas lâminas de manipueira a serem aplicadas ao solo. Estas corresponderam à dose de adubação potássica recomendada para a cultura do milho, baseada na análise de solo para aplicação anual segundo recomendação de IPA (1998). Para os solos de textura argilosa e média $20 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$ e para o solo de textura arenosa $40 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$, correspondendo a $4,7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (lâmina de 0,47 mm) para os solos de textura argilosa e textura média e $9,6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, (lâmina de 0,96 mm) para a arenosa.



Figura 1. Detalhes das colunas de PVC, e do preenchimento das mesmas.

Antes da aplicação da manipueira, as colunas foram saturadas por meio de ascensão da água (Figura 2) pela parte inferior (local da instalação dos drenos), com objetivo de minimizar a formação de caminhos preferenciais, e posteriormente foram liberadas, permitindo-se escoar o excesso de água. Posteriormente, foi fechada a parte superior com plástico, evitando a perda por evaporação, e a parte inferior das colunas.

Cinco dias após foram aplicadas as lâminas de manipueira, e para uniformizar o volume aplicado foi acrescido água destilada em todas as colunas. Para avaliar o efeito da água, sem a interferência do fornecimento de nutrientes, outro tratamento recebeu água destilada em volume idêntico ao da aplicação da manipueira. Após

dois dias foi aplicada uma lâmina de água de 25 mm correspondente à média mensal de chuva no mês de junho para a região de Cruz das Almas – BA e coletou-se o lixiviado.

O lixiviado coletado foi armazenado em refrigeração (câmara fria). Foram determinados a CE e pH por potenciometria, Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica, K e Na por fotometria de chama, e NH_4^+ , NO_3^- por titulometria e SO_4^{2-} por turbidimetria, todas segundo método descritos pela APHA (1995).



Figura 2. Saturação das colunas por ascensão da água e coleta do lixiviado

O ensaio foi coletado, separando as camadas pelos anéis da coluna e retirando uma subamostra de solo na parte central de cada anel. As amostras foram secas em estufa a 28 °C, destorroadas e peneiradas em malha de 2 mm. Determinou-se o P disponível, Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ e Al^{3+} trocáveis, acidez potencial (H+Al), carbono orgânico e pH em água. Foi preparado extrato de saturação do solo para a medida de CEes e pH bem como determinação de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Na^+ solúveis. Também foi realizada análise da argila dispersa em água. Foram calculadas a capacidade de troca de cátions potencial (CTC), capacidade de troca de cátions efetiva (CTC_e), saturação por bases (V) , porcentagem de sódio trocável

(PST), relação de adsorção de sódio (RAS), relação de adsorção de potássio (RAK) e grau de floculação (GF). Todas as análises foram realizadas conforme Embrapa (1999) e Embrapa (1997), descritas anteriormente.

2.4 Delineamento experimental e análises estatísticas

Para avaliação das variáveis do lixiviado o experimento foi definido em delineamento em blocos ao acaso, em esquema fatorial 3 x 2 (três tipos de solo e dois tratamentos, sem e com manipueira), com 4 repetições. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e Teste de Tukey a 5 % de significância para comparação das médias.

Para avaliação das variáveis do solo o experimento foi conduzido em delineamento em parcela subdividida no espaço, cada parcela foi composta por um esquema fatorial 3 x 2 (três tipos de solo e dois tratamentos, com e sem manipueira) e na subparcela as profundidades. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e Teste de Tukey a 5 % de significância para comparação das médias.

As análises foram realizadas no software Statistical Analyses System – SAS (SAS, 2003).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação da manipueira não promoveu alterações nas características avaliadas do lixiviado, independente do tipo de solo. Verificou-se diferenças apenas quanto ao tipo de solo, maiores teores de Na, K, Ca e Mg foram observados no lixiviado do LAdx, (Tabela 4). Verificou-se uma ordem decrescente destes cátions na seqüência LAdx > RQo > VXk, para o lixiviado dos respectivos solos. O VXk, devido a algumas características inerentes a esse tipo de solo, como elevado poder tampão, grande área superficial específica e uma elevada CTC, podem ter proporcionado uma maior capacidade de retenção dos cátions K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} no perfil do solo, obtendo menores teores destes cátions no lixiviado. Brito et al. (2007) observaram baixos teores de cátions e baixa CE no lixiviado, quando aplicaram doses, de vinhaça (0, 350 e 700 $m^3 ha^{-1}$) em um Nitossolo Háplico eutrófico, relacionando este efeito ao poder de retenção de cátions no perfil do solo. Bebé (2007), estudando áreas que receberam aplicação da vinhaça ao longo dos anos, não observou lixiviação do potássio no perfil do solo, apesar do K^+ possuir alta mobilidade e os solos em estudo possuírem alta permeabilidade, ressaltando que, do ponto de vista ambiental, a não lixiviação é um fator importante, pois minimiza a elevação de sais nas águas do lençol freático.

O LAdx, apesar de possuir um aumento gradativo do teor de argila em profundidade, promovendo uma maior retenção de cátions, apresentou maiores concentrações de cátions no lixiviado em relação ao RQo (Tabela 4). Esse comportamento está relacionado com os baixos teores de cátions encontrados inicialmente no RQo, solo caracterizado como de baixa fertilidade, ressaltado pelo baixo valor da saturação por bases de 15% (Tabela 1). A condutividade elétrica (CE) também apresentou maiores valores no LAdx (Tabela 4). Lyra et al. (2003), estudando o potencial poluidor da vinhaça, numa aplicação de 300 $m^3 ha^{-1} ano^{-1}$ também não observaram elevação da CE da água do lençol freático em poços de monitoramento em três solos distintos.

Tabela 4. Propriedades do lixiviado de colunas de solo com diferentes texturas

Propriedades	Solo		
	VXk ⁽¹⁾	LAdx ⁽²⁾	RQo ⁽³⁾
pH	7,5 a	7,6 a	7,6a
CE ⁽⁴⁾ (dS cm ⁻¹ à 25 °C)	0,24 c	0,34 a	0,29 b
Na (MG L ⁻¹)	1,43 c	2,19 a	1,98 b
K (mmol _c L ⁻¹)	0,08 c	0,19 a	0,18 b
Ca (mmol _c L ⁻¹)	1,75 b	2,38 a	1,75 b
Mg (mmol _c L ⁻¹)	0,40 c	0,72 a	0,56 b
SO ₄ ⁻² (mmol _c L ⁻¹)	0,50 b	1,23 a	1,36 a
NH ₄ ⁺ (mmol _c L ⁻¹)	2,81 a	3,01 a	2,81 a
NO ₃ ⁻ (mmol _c L ⁻¹)	0,99 a	0,93 a	1,04 a

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; VXk⁽¹⁾ = Vertissolo Háplico Carbonático; LAdx⁽²⁾ = Latossolo Amarelo Distrocoeso; RQo⁽³⁾ Neossolo Quartzarênico Órtico; CE⁽⁴⁾ = Condutividade elétrica.

Os teores de NH₄⁺ e NO₃⁻ do lixiviado não diferiram entre os tipos de solo (Tabela 4). Matos et al. (2005) relatam que um dos riscos de contaminação de águas subterrâneas com nitrato é a ocorrência de excessivas aplicações de lâminas de águas residuárias em solos com alta permeabilidade. O NO₃⁻ apresenta grande mobilidade no solo, podendo chegar às águas superficiais e ao lençol freático, com potencial de se tornar um contaminante ambiental (Cantarella, 2007). De acordo com os limites adotados pela United States Environmental Protection Agency (Usepa) a concentração de nitrato na água potável não deve exceder 10 mg L⁻¹ de N-NO₃⁻ ou 44 mg L⁻¹ de NO₃⁻ (Resende, 2006). Observando-se que não houve efeito da aplicação da manipueira, possivelmente os valores encontrados no lixiviado em média de 0,97 mmol_c L⁻¹ podem ser efeito da contribuição da água utilizada para saturação das colunas com valor médio de 1,13 mmol_c L⁻¹.

Para o SO₄⁻² verificaram-se menores teores no efluente do VXk, mesmo comportamento apresentado para os cátions. Este comportamento pode ser referente ao maior teor de argila no VXk. Os maiores teores encontrados no RQo e LAdx podem ser resultante da aplicação da adubação de correção, segundo Alvarez et al. (2007), a calagem favorece a formação de cargas negativas nas superfícies dos óxidos de Fe e Al e nas argilas silicatadas, diminuindo a adsorção de SO₄⁻² e

aumentando a movimentação deste ânion para camadas mais profundas do solo, podendo resultar em maior perda por lixiviação.

Foram observadas interações significativas para tratamento x profundidade apenas para os teores de K^+ e Mg^{2+} trocáveis, CTC e CTC_e (Tabela 5). Observou-se elevação dos teores de K^+ na camada de 0-20 cm no tratamento que recebeu manipueira. Este resultado ressalta que a aplicação da manipueira em função da recomendação potássica, promove a elevação da concentração do potássio próximo da zona de aproveitamento pelas raízes, visto que o processo predominante de transporte de absorção do K em milho é a difusão. Resultados semelhantes sobre a elevação dos teores de potássio decorrentes da aplicação da manipueira são citados por Pinho (2007), Saraiva et al. (2007) e Mélo (2004). Os resultados encontrados na interação tratamento x profundidade indicam que a dose aplicada não implicou em deslocamento de nutrientes no perfil do solo, nas condições anotadas neste estudo. Logo, se a manipueira apresentar potencial fertilizante na dose recomendada em função da adubação potássica para milho, suprimindo fornecimento adequado deste nutriente, não implicaria em impacto indesejável.

Para o Mg^{2+} trocável foi observado efeito inverso ao K^+ , pois as menores concentrações ocorreram no tratamento com aplicação da manipueira na profundidade de 0-20 cm. O aumento da concentração de um íon na solução do solo pode provocar o deslocamento de íons adsorvidos, pelo princípio da ação das massas. Um íon de menor valência pode deslocar outro, dependendo da sua concentração. Essa perda do Mg^{2+} provavelmente contribuiu também, para uma menor CTC encontrada nesta profundidade. Porém não foi observado elevação no lixiviado, possivelmente, foi deslocado acumulando-se nas profundidades 20-40 e 40-60 cm.

Tabela 5. Teores de potássio e magnésio trocáveis, e capacidade de troca de cátions total e efetiva no solo, em diferentes profundidades, após aplicação de manipueira e lâmina de lixiviação

Tratamento	Profundidade (cm)		
	0-20	20-40	40-60
K⁺			
cmolc dm ⁻³			
Água	0,22 bA	0,10 aB	0,10 aB
Manipueira	0,24 aB	0,10 aB	0,10 aB
Mg⁺²			
-----cmolc dm ⁻³ -----			
Água	2,98 aA	2,07 aB	1,70 aB
Manipueira	2,33 bA	2,21 aA	2,04 aA
CTC⁽¹⁾			
cmolc dm ⁻³			
Água	15,42 aA	12,28 aC	13,95 aB
Manipueira	14,89 bA	12,49 aC	14,31 aB
CTCe⁽²⁾			
cmolc dm ⁻³			
Água	11,64 aA	8,25 aC	9,25 aB
Manipueira	11,17 aA	8,40 aC	9,62 aB

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CTC⁽¹⁾ = capacidade de troca de cátions; CTCe⁽²⁾ = capacidade de troca de cátions efetiva.

Verificou-se efeito significativo da interação solo x profundidade sobre os teores de P disponível, K⁺, Ca²⁺, (Ca²⁺+Mg²⁺), Na⁺ e Al³⁺ trocáveis, (H+Al), C.O e os valores de pH, S, V, PST e GF dos solos. Nos três solos estudados foram observados maiores valores de pH e teores P disponível, K⁺, Ca²⁺ e Ca²⁺+Mg²⁺ trocáveis, na profundidade de 0-20 cm (Tabela 6).

Para o Na⁺ trocável, verificou-se maiores concentrações na profundidade de 40-60 cm, independente do tipo de solo, comportamento já observado na caracterização do VXk, antes da aplicação da lâmina de lixiviação. Esse

comportamento está relacionado ao fato do Na^+ ser facilmente retirado dos sítios de troca por cátions mono e bivalentes, assim como, por ser facilmente lixiviado no perfil do solo. Como consequência, foi observada também uma maior PST nessa profundidade (Tabela 6).

Tabela 6. P disponível, pH, K^+ , Ca^{2+} ($Ca^{2+} + Mg^{2+}$), Na^+ e Al^{3+} trocáveis e H+Al em solos de diferentes texturas e profundidades após aplicação de manipueira

Solo	Profundidade (cm)		
	0-20	20-40	40-60
pH			
VXk ⁽¹⁾	5,59 bA	5,13 bB	5,05 bB
LAdx ⁽²⁾	5,25 cA	4,96 cB	4,83 cC
RQo ⁽³⁾	6,14 aA	5,39 aC	5,73 aB
P -----mg dm ⁻³ -----			
VXk	4,13bA	1,48 bC	3,13 aB
LAdx	1,70 cA	1,15 bAB	0,84 bB
RQo	5,63 aA	2,75 aB	3,25 aB
K⁺ -----cmolc dm ⁻³ -----			
VXk	0,31 aA	0,14 aC	0,19 aB
LAdx	0,32 aA	0,14 aB	0,09 bC
RQo	0,06 bA	0,03 bB	0,03 cB
Ca²⁺ -----cmolc dm ⁻³ -----			
VXk	27,87 aA	14,88 aB	12,00 aC
LAdx	2,14 bA	0,90 bB	0,81 bB
RQo	1,13 cA	0,29 cB	0,21 bB
Ca²⁺ + Mg²⁺ -----cmolc dm ⁻³ -----			
VXk	28,06 aA	20,56 aB	17,00 aC
LAdx	3,20 bA	1,51 bB	1,32 bB
RQo	1,83 cA	0,40 cB	0,31 cB
Na⁺ -----cmolc dm ⁻³ -----			
VXk	0,20 aC	0,23 aB	0,44 aA
LAdx	0,04 bB	0,05 bB	0,09 bA
RQo	0,03 bC	0,06 bB	0,10 bA
Al³⁺ -----cmolc dm ⁻³ -----			
VXk	0,050 aC	0,950 aB	7,113 aA
LAdx	0,100 aC	0,625 bB	1,025 bA
RQo	0,012 aC	0,375 cB	0,612 cA
H+Al -----cmolc dm ⁻³ -----			
VXk	6,22 aC	7,31 aB	12,28 aA
LAdx	3,41 bC	3,92 bB	4,22 cA
RQo	1,80 cC	2,82 cB	6,33 bA

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ; VXk⁽¹⁾ = Vertissolo Háplico Carbonático; LAdx⁽²⁾ = Latossolo Amarelo Distrocoeso; RQo⁽³⁾ Neossolo Quartzarênico Órtico.

Os menores teores de Al^{3+} trocáveis e H+Al, foram encontrados na camada de 0-20 cm, não diferindo entre os solos (Tabela 6), resultado já esperado, devido a

neutralização os teores Al^{3+} trocáveis no LAdx e RQo, antes da aplicação da manipueira. As camadas mais profundas do solo geralmente apresentam maior acidez em relação às camadas superficiais, devido à aplicação de corretivos (calcário) (Maia & Ribeiro, 2004).

Os valores da soma de bases (S) e porcentagem da saturação por bases (V) demonstraram que a aplicação da manipueira, bem como a lâmina de lixiviação, não alteraram a movimentação dos cátions no perfil do solo (Tabela 7), predominando maior concentração de cátions do complexo de troca na profundidade de 0–20 cm. Mélo et al. (2006), estudando a mobilidade dos íons sódio, potássio, cálcio e magnésio, simuladas com auxílio de programa computacional em função da aplicação da manipueira, no período de simulação de cinco horas, em colunas de solos, verificaram que os íons avançaram mais no solo de baixa capacidade de adsorção, ou seja, baixo fator de retardamento, e relataram a possibilidade do riscos de contaminação do lençol freático. Estudo semelhante, realizado por Ferreira et al. (2006) com água residuária da lavagem e despolpa de frutos do cafeeiro, verificaram comportamento semelhante, encontrando traços dos solutos até 100 cm de profundidade em solo aluvial. Nota-se que doses de água residuária acima do poder de retenção do solo poderá promover impactos nas águas subterrâneas, logo a dose utilizada não apresentou esse comportamento.

O RQo apresentou maiores teores de carbono orgânico (C.O) na profundidade de 40–60 cm, característica observada anteriormente na caracterização do solo, diferindo-o do LAdx e VXk, nos quais os maiores teores foram encontrados na camada de 0-20 cm. Também foi observado, maior grau de floculação (GF) nesta profundidade para o RQo, não diferindo do VXk (Tabela 7). Este efeito de floculação em profundidade está relacionado ao efeito cimentante da matéria orgânica presente, assim como da elevação nos teores de argila. Não foi verificado efeito da manipueira no GF, essa resposta indica que a argila dispersa em água manteve-se em teores semelhantes, logo estes resultados ressaltam que a manipueira não promoveu elevação dos teores de sódio trocável, e a elevação do teor de potássio em função da dose aplicada, não foi indicativo de dispersão.

Tabela 7. Soma de bases (S), saturação por bases (V), percentagem de sódio trocável (PST), carbono orgânico (CO) e grau de floculação (GF) de solos de diferentes texturas avaliados em diferentes profundidades após aplicação de manipueira

Solo	Profundidade (cm)		
	0-20	20-40	40-60
S -----cmolc dm ⁻³ -----			
VXk ⁽¹⁾	28,57 aA	20,93 aB	17,63 aC
LAdx ⁽²⁾	3,55 bA	1,70 bB	1,50 bB
RQo ⁽³⁾	1,91 cA	0,49 cB	0,43 cB
V -----%-----			
VXk	81,88 aA	74,00 aB	59,00 aC
LAdx	51,13 bA	30,38 bB	26,13 bC
RQo	51,75 bA	14,88 cB	6,50 cC
PST -----%-----			
VXk	0,58 aB	0,80 bB	1,47 aA
LAdx	0,49 aB	0,80 bB	1,55 aA
RQo	0,83 aB	1,42 aA	1,78 aA
C.O -----g kg ⁻¹ -----			
VXk	27,60 aA	9,72 aB	5,88 bC
LAdx	10,23 bA	7,04 bB	5,61 bC
RQo	5,45 cB	4,43 cB	9,86 aA
GF -----%-----			
VXk	27,79 aB	15,79 bC	64,51 aA
LAdx	22,97 aB	37,90 aA	28,39 bB
RQo	27,79 aB	15,79 bC	64,51 aA

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. VXk⁽¹⁾ = Vertissolo Háplico Carbonático; LAdx⁽²⁾ = Latossolo Amarelo Distrocoeso; RQo⁽³⁾ Neossolo Quartzarênico Órtico.

Para os teores dos cátions solúveis, não foram observadas interações, significativas, apenas verificou-se efeito dos fatores isolados tipo de solo e profundidade. Foram observadas maiores concentrações dos cátions solúveis K⁺, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, assim como maior condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes), razão de adsorção de sódio (RAS) e razão de adsorção de potássio (RAK) no RQo (Tabela 8), este resultado demonstra a baixa capacidade de troca de cátions neste solo, deixando-os disponíveis na solução do solo. Os maiores teores de K⁺,

Ca^{2+} , Mg^{2+} foram observados na profundidade de 0-20 cm (Tabela 9). Observando-se que não foi verificado efeito em função da manipueira na RAS e RAK pode-se ressaltar que não foi verificado efeito sobre a dispersão da argila na dose recomendada, confirmando resultado encontrado para o grau de GF. Segundo Freire & Freire (2007), o Na é um cátion que promove a expansão da dupla camada difusa e, conseqüentemente, acarreta a dispersão dos colóides do solo, seguida de sua movimentação ao longo do perfil do solo. Uma vez dispersos e em movimento, os colóides podem obstruir os poros, o que interfere sobre as propriedades físicas (condutividade hidráulica, infiltração e aeração) e, desta forma, sobre a capacidade produtiva dos solos. Segundo Richards (1954) o K também pode promover comportamento dispersivo dos colóides.

A manipueira não promoveu elevação na CEes, RAS, RAK, pH e PST, verificando que o uso da manipueira na dose recomendada para cultura do milho, para os solos em estudo não implicou risco de salinização. Os resultados encontrados estão abaixo dos valores considerados para solos salinos segundo Richards (1954). Mélo et al. (2005) verificaram elevação na CEes ao aplicar doses crescentes de manipueira, até $510 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ e ressaltaram que o reaproveitamento deste como fertilizante, deve seguir critérios técnicos, evitando assim riscos de salinização, pois doses acima do poder de retenção do solo poderá elevar os teores de sais solúveis. Matos et al. (2005) ressaltam a importância do monitoramento do solo após aplicação de águas residuárias, para que se possa atentar para os riscos de salinização ou contaminação de águas subterrâneas. Medeiros et al. (2005), estudando as alterações químicas do solo, em resposta à aplicação de água residuária filtrada de origem doméstica observaram incremento nas concentrações de Na^+ trocável, aumento da CEes, RAS e PST, apesar desse aumento não constatarem problemas de salinização no solo.

Tabela 8. Condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes), K^+ , Na^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} solúveis, Relação de Adsorção de K (RAK) e Relação de Adsorção de Sódio (RAS) de solos de diferentes texturas

Solo	CEes	K^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	RAK	RAS
	dS m^{-1} à 25 °C	-----mmol $_c$ L $^{-1}$ -----					
VXk ⁽¹⁾	0,185 b	0,15 c	0,51 b	1,14 b	0,67 b	0,159 c	0,52 b
LAdx ⁽²⁾	0,281 b	0,31 b	0,85 b	1,35 ab	1,17 a	0,27 b	0,74 b
RQo ⁽³⁾	0,387 a	0,46 a	1,45 a	1,51 a	1,16 a	0,39 a	1,29 a

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. VXk⁽¹⁾ = Vertissolo Háplico Carbonático; LAdx⁽²⁾ = Latossolo Amarelo Distrocoeso; RQo⁽³⁾ Neossolo Quartzarênico Órtico.

Tabela 9. Condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes), pH, K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} solúveis e Relação de Adsorção de K (RAK) nas diferentes profundidades

Prof. ⁽¹⁾ (cm)	CEes	pH	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	RAK
	dS m^{-1} à 25 °C	-----mmol $_c$ L $^{-1}$ -----				
0-20	0,346 a	6,62a	0,43 a	1,68 a	0,66 a	0,34 a
20-40	0,303 a	6,47ab	0,30 b	1,31 b	1,17 b	0,28 ab
40-60	0,205 b	6,33b	0,19 b	1,00 c	1,28 b	0,20 b

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Prof⁽¹⁾ = profundidade.

Não houve efeito significativo na qualidade do lixiviado após a aplicação da manipueira e lâmina de lixiviação, não promovendo elevação nos teores de cátions, assim como no pH, CE, NO_3^- e SO_4^{2-} no lixiviado. Também não foi verificado risco de salinização dos solos estudados, avaliado pelas concentrações de sais solúveis, CEes, RAS, RAK e PST, para os solos em estudo. Assim, conclui-se que a dose de manipueira aplicada, baseada na recomendação potássica para cultura do milho, não resultaria em riscos ambientais.

4. CONCLUSÕES

A dose de manipueira utilizada não promoveu alterações no lixiviado, dos três solos estudados. Os resultados encontrados indicam que a dose aplicada não implicaria em contaminação de águas subterrâneas.

A dose de manipueira aplicada elevou os teores de K^+ trocável na camada de 0-20 cm.

A manipueira na dose aplicada não demonstrou risco de salinização dos solos.

Não houve efeito no grau de floculação em função da manipueira aplicada.

5. REFERÊNCIAS

ALCANTARA, 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**, 25:209-216, 2001.

ALVAREZ, V. V. H.; ROSCOE, R. KURIHARA, C. H.; PEREIRA, N. F. Enxofre. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p. 596-635.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Ed. 21. New York: APHA, WWA, WPCR, 1995.

BEBÉ, F. V. **Avaliação de solos sob diferentes períodos de fertilirrigação com vinhaça e alteração na qualidade do efluente**. 2007. 57f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)- Universidade Federal Rural de Recife, Recife.

BRITO, F. L.; R. M. M.; SILVA, J. A. A.; PEDROSA, E. M. R. Qualidade do percolado de solos que receberam vinhaça em diferentes doses e tempos de incubação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, 11: 318-323, 2007.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p.376-449.

CARDOSO, C. E.; SOUZA, J. S.; GAMEIRO, A. H. Aspectos econômicos e mercado In: SOUZA, L. da S.; FARIAS A.R.N.; MATTOS, P.L.P. de; FUKUDA, W.M.G. (Ed.). **Aspectos socioeconômicos e agrônômicos da mandioca**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006. p. 4-299.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de análises de solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de análises química de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: EMBRAPA, 1999. 370p.

FERREIRA, P. A.; GARCIA, G. O.; MATOS, A. T.; RUIZ, H. A.; BORGES, J. C. F. J. Transporte no solo de solutos presentes na água residuária de café conilon. **Acta Science Agronomy**, Maringá, 28:29-35, 2006

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.

FREIRE, M. B. G. S.; FREIRE, J. F., Fertilidade do solo e seu manejo em solos afetados por sais. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p.929-951.

INSTITUTO DE PESQUISAS AGRONÔMICAS, 1998. **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco** (2a aproximação). Recife: IPA.198p.

LEONEL, M. O. Farelo, subproduto da extração de fécula de mandiocas. In: CEREDA, M. P (coord): **Manejo, Uso e Tratamento de Subprodutos da Industrialização da Mandioca**. V. 4. São Paulo: Fundação CARGILL, 2001. p. 211 – 216.

LEONEL, M.; CEREDA, M. P. Manipueira como substrato na biossíntese de ácido cítrico por *Aspergillus niger*. **Scientia Agricola**, Piracicaba, 52:299-304, 1995.

LYRA, M. R. C. C.; ROLIM M. M.; SILVA, J. A. A. Topossequência de solos fertirrigados com vinhaça: contribuição para a qualidade das águas do lençol freático. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, 7: 525-532, 2003.

MAIA, J. L. T.; RIBEIRO, M. R. Cultivo contínuo da cana-de-açúcar e modificações química de um Argissolo Amarelo fragipânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 39:1127-1132, 2004.

MATOS, A. T. de; PINTO, A. B.; PEREIRA, O. G.; BARROS, F. M. Alteração de atributos químicos no solo de rampas utilizadas no tratamento de águas residuárias. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, 9:406-412, 2005.

MEDEIROS, S. S.; SOARES, A. A.; FERREIRA, P. A.; NEVES, J. C. L.; MATOS, A. T.; SOUZA, J. A. A. Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: estudo das alterações químicas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, 9:603-612, 2005.

MELO, R. F. de. **Avaliação das alterações e químicas, distribuição e mobilidade dos íons em três solos tratados com manipueira**. 2004. 74 f. Dissertação (mestrado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal Viçosa, Viçosa.

MELO, R. F. de; FERREIRA, P. A.; RUIZ, H. A.; MATOS, A. T. de; OLIVEIRA, L. B. de.. Alterações física e química em três solos tratados com água residuária de mandioca. In: **Irriga**, Botucatu, 10:383-392, 2005.

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**, Campina Grande, 10:456-465, 2006.

MPPE. Ministério Público de Pernambuco. Combate a poluição das casas de farinha de Pombos. 2007. Disponível em: <http://www.mp.pe.gov.br/index.pl/20071506_pombos>. Acesso em: Novembro de 2008

PEREIRA O. C. N.; ALTAIR BERTONHA, A. Célula eletrolítica para monitoramento iônico de água residuária de indústrias de mandioca. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** (Suplemento), p.375-378, 2005.

PINHO, M. M. C. A. **Reaproveitamento de resíduo do processamento da mandioca (manipueira): avaliação de impactos químicos e microbiológicos no solo e utilização como fertilizante**. 2007. 65 f. Dissertação (mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

RESENDE, A. V. Contaminantes e poluentes do solo e do ambiente. In: COSTA, C. N.; MEURER, E. J. BSSANI, C. A.; SELBACH, P. A. In: MEURER, E. J. (ed.): **Fundamentos de Química do Solo**. V. 3. Porto Alegre: Evangraf, 2006. p.213-249.

RICHARDS, L.A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: US Departament of Agriculture, 1954. 160 p. (USDA Agricultural Handbook, 60).

SARAIVA, F. Z; SAMPAIO, S. C.; SILVESTRE, M. G.; QUEIRO, M. M. F. de; 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**, Campina,11:30-36, 2007.

SAS INSTITUTE. **The SAS-system for windows: release 9.1 (software)**. Cary:Statistical Analysis System Institute, 2003.

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**. V.

CAPÍTULO II

USO DA MANIPUEIRA NA ADUBAÇÃO POTÁSSICA DO MILHO

RESUMO

Neste estudo, objetivou-se avaliar o potencial da água residuária da mandioca (manipueira) na adubação potássica na cultura do milho e alterações nos atributos químicos do solo. Para isto, foram utilizados dois solos de diferentes texturas (Vertissolo Háptico Carbonático (VXk) e Neossolo Quartzarênico Órtico (RQo)) acondicionados em vasos de 3 kg. Aplicou-se doses de manipueira correspondente a zero, uma, duas, três, quatro e cinco vezes a dose de adubação potássica recomendada, que corresponderam a 0, 9,6, 19,2, 28,8, 38,4, 48,1 m³ ha⁻¹ para o RQo e 0, 4,7, 9,4, 14,1, 18,8, 23,6 m³ ha⁻¹ para o VXk, que foram complementadas com N, P e micronutrientes. Para cada solo foram acrescentados dois tratamentos adicionais: apenas adubação com manipueira na dose recomendada para K e adubação mineral (NPK) recomendada. Foi avaliado o efeito da manipueira após período de incubação nos atributos químico do solo, e após coleta do ensaio avaliou-se os atributos do solo e na planta a altura, matéria seca da parte aérea e da raiz, e determinação do conteúdo de P, K, Na, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn e Mn. Observou-se melhoria nos atributos do solo após período de incubação. A manipueira aplicada após correção da acidez não promoveu efeito no pH do solo. O reaproveitamento da manipueira como fonte potássica apresentou potencial fertilizante quando complementada com adubação mineral. Apenas o uso da manipueira na dose recomendada para K, não atendeu a demanda nutricional da planta.

Palavras chave: manipueira, atributos do solo, complementação

POTENTIAL OF CASSAVA WASTEWATER AS A POTASSIUM FERTILIZER TO MAIZE

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the potential of cassava wastewater as a potassium fertilizer to maize and the alterations characteristic. Two soils (Carbonatic Haplic Vertisol and Orthic Quartzarenic Neosol) were put in 3 kg pots. These soils received wastewater doses equivalent to 0, 1, 2, 3, 4 and 5 times the amount of K recommended to maize. This was equivalent to 0, 4.7, 9.4, 14.1, 18.8, 23.6 m³ ha⁻¹ for the Vertisol and 0, 9.6, 19.2, 28.8, 38.5, 48.1 m³ ha⁻¹ the Neosol. The soils were also supplied with N, P and micronutrients. Each soil received two additional treatments: cassava wastewater applied to supply the K requirement and mineral fertilizer (NPK) as recommended to maize. After an incubation period, soil chemical attributes and height of the plants, dry mass of shoot and root, its also determination of P, K, Na, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn and Mn contents of the were analyzed. The results showed that the application of cassava wastewater improved soil chemical characteristics, but it did not change soil pH. Cassava wastewater along with mineral fertilizers poses potencial. On the other hand, wastewater alone was not able to provide the K requeriment to plants.

Key words: cassava wastewater, doses, supply

1. INTRODUÇÃO

Os problemas gerados pelos distintos efluentes oriundos da industrialização, como as do processamento da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), requerem soluções envolvendo questões sociais e econômicas. Quando soluções de baixo custo não são viáveis, os efluentes são usualmente despejados em rios ou no solo, causando impactos ambientais (Barana, 2000 citada por Ribas & Barana, 2003).

Alguns dos resíduos agroindustriais, tais como os dos laticínios, usinas de açúcar e álcool, fecularias e casas de farinhas, apesar do seu alto potencial poluente, podem ser utilizados como fertilizantes, pois apresentam nutrientes que podem promover a disponibilidade de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, nitrogênio bem como micronutrientes (Mélo, 2004). Segundo Cardoso (2005), a utilização da manipueira como fertilizante é uma alternativa para o seu reaproveitamento agrícola pela possibilidade de transformar um resíduo problemático em um insumo orgânico, pela economia na composição de solução fertilizante e pela redução de impactos ambientais, desde que respeitadas as doses para solos e culturas.

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de mandioca, e produziu no ano agrícola de 2008, 26,5 milhões de toneladas de raízes tuberosas (IBGE 2008). Conforme Fioretto (2001), uma tonelada de raízes pode conter em média 600 litros de água (60% de umidade) como constituinte do suco celular, onde, na operação da prensagem, durante os processos de fabricação de farinha, 20 a 30% dessa água é eliminada. Portanto, essa produção resultaria em média 7,95 bilhões de m³ de manipueira, para fabricação de farinha.

A composição química da manipueira depende de vários aspectos, como a variedade utilizada que, por sua vez, está correlacionada com as condições edafoclimáticas do local onde é cultivada. Caso não haja decantação ou uso de tecidos na prensa, podem conter de 5 a 7% de fécula (parte sedimentável, parte em suspensão coloidal), proteínas, glicose, restos de células, ácidos cianídricos, bem como outras substâncias orgânicas e nutrientes. A composição de nutrientes da manipueira é bastante variável, sendo o potássio o elemento encontrado em predominância (Fioretto, 2001). Pereira & Bertonha, (2005) encontraram na água residuária de feculária concentrações correspondentes a 11 de P, 319 de K, 9,69 de Ca e 27,40 de Mg em mg L⁻¹. Fioretto (2001) encontrou teores de P, K e Ca correspondentes a 110, 2850 e 2200, em mg L⁻¹, respectivamente de manipueira proveniente de casa de farinha.

A manipueira apresenta atributos favoráveis, do ponto de vista do uso agrícola, como fonte de nutrientes às plantas; todavia, pode causar danos ao solo e às plantas, caso seja utilizada sem critérios técnicos. Sendo o íon potássio o constituinte de maior concentração na manipueira, um excesso deste íon no solo tanto pode afetá-lo negativamente, como às plantas, caso provoque a dispersão das argilas e/ou desequilíbrio nutricional (Melo et al., 2006).

Aragão & Ponte (1995), estudando a viabilidade do aproveitamento do resíduo de manipueira na adubação foliar na cultura do quiabeiro, ressaltaram sua eficácia como fertilizante, na qual as plantas tratadas com esse resíduo obtiveram maior rendimento na quantidade e peso dos frutos. O uso desta água residuária demonstrou, também, ser economicamente vantajoso por tratar-se de um produto de baixo custo e abundante em todas as regiões de cultivo e industrialização da mandioca.

Saraiva et al. (2007), avaliando o uso da manipueira tratada na fertirrigação da cultura do milho, 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%. Não foram observados acréscimos nos teores de cálcio e magnésio. Na avaliação do tecido foliar e da raiz das plantas de milho submetidas a tratamentos de fertirrigação, os teores de fósforo e zinco apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos, demonstrando o potencial de uso.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar o uso da água residuária da mandioca (manipueira) na adubação potássica para a cultura do milho (*Zea mays* L.) e alterações nos atributos químicos do solo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Coleta e caracterização do solo

Foram coletadas amostras de dois solos de diferentes texturas na profundidade 0-20 cm. Um solo de textura arenosa, coletado no município de Jaguaripe – Bahia, classificado como Neossolo Quartzarênico Órtico (RQo). E um solo de textura argilosa, que foi coletado no município de Santo Amaro da Purificação – Bahia, classificado como Vertissolo Háplico Carbonático (VXk). As amostras dos solos foram secas ao ar, destorroadas e peneiradas em malha de 4 mm. Foram retiradas sub-amostras, peneiradas em malha de 2mm para caracterização química e física (Tabela 1). As análises químicas incluíram as determinações de cálcio (Ca^{+2}), magnésio (Mg^{+2}) e alumínio (Al^{+3}) trocáveis extraídos em solução de cloreto de potássio 1 mol L^{-1} e H+Al extraídos em solução de acetato de cálcio $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ dosados por titulometria; fósforo disponível por colorimetria; sódio (Na^{+}) e potássio (K^{+}) trocáveis extraídos em solução de Mehlich 1 e dosados por fotometria de chama; manganês (Mn), zinco (Zn), ferro (Fe) e cobre (Cu) extraídos em solução de Mehlich 1 e dosados por espectrofotometria de absorção atômica; carbono orgânico, pH em água e pH em CaCl_2 . A caracterização física incluiu análise granulométrica pelo método do densímetro, densidade do solo pelo método do anel volumétrico e das partículas pelo método do balão volumétrico, porosidade total, macro e microporosidade, retenção de umidade a 0,1 e 15 atm método da câmara de Richards. Foram calculadas a capacidade de troca de cátions potencial (CTC), capacidade de troca de cátions efetiva (CTCe), saturação por bases (V) e percentagem de sódio trocável (PST). Todas as análises foram realizadas no Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas e no Laboratório de Física do Solo da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Cruz das Almas - Bahia. Todas as análises foram realizadas conforme Embrapa (1999) e Embrapa (1997).

Tabela 1. Propriedades químicas e físicas dos solos

Propriedades	Solo	
	RQo ⁽¹⁾	VXk ⁽²⁾
pH (em água)	5,10	5,63
pH (em CaCl ₂)	4,20	5,04
P (mg dm ⁻³)	3,00	2,33
K ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,04	0,25
Na ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,01	0,16
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,30	18,83
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,10	5,67
Ca ²⁺ + Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,40	24,50
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,30	0,00
H+Al ⁽³⁾ (cmol _c dm ⁻³)	2,64	5,35
S ⁽⁴⁾ (cmol _c dm ⁻³)	0,45	24,91
CTC ⁽⁵⁾ (cmol _c dm ⁻³)	3,09	30,26
CTC _e ⁽⁶⁾ (cmol _c dm ⁻³)	0,75	24,91
C.O ⁽⁷⁾ (g kg ⁻¹)	5,67	25,84
V ⁽⁸⁾ (%)	15,00	82,33
PST ⁽⁹⁾	0,32	0,54
Mn (mg kg ⁻¹)	2,37	15,07
Zn (mg kg ⁻¹)	4,66	5,62
Fe (mg kg ⁻¹)	22,63	34,91
Cu (mg kg ⁻¹)	0,04	2,11
Areia (g kg ⁻¹)	889	152
Silte (g kg ⁻¹)	91	308
Argila (g kg ⁻¹)	20	540
Porosidade total (%)	42,27	49,57
Macroporo (%)	25,97	4,07
Microporo (%)	16,3	45,50
Densidade do solo (kg dm ⁻³)	1,4	1,24
Densidade das partículas (kg dm ⁻³)	2,43	2,47
Retenção de água - UG		
0,1 atm (%)	9,33	36,01
15 atm (%)	6,03	34,07
AD ⁽¹⁰⁾ (%)	3,30	1,93

RQo⁽¹⁾ = Neossolo Quartzarênico Órtico; VXk⁽²⁾ = Vertissolo Háplico Carbonático; S⁽⁴⁾ = soma de base; CTC⁽⁵⁾ = capacidade de troca de cátions do solo; CTC_e⁽⁶⁾ = capacidade de troca de cátions efetiva do solo; C.O⁽⁷⁾ = carbono orgânico; V⁽⁸⁾ = saturação por bases; PST⁽⁹⁾ = percentagem de sódio trocável; AD⁽¹⁰⁾ = Água disponível.

2.2 Coleta e caracterização da água residuária

A manipueira utilizada no experimento foi coletada na casa de farinha da Coopatan (Cooperativa de Produtores Rurais de Presidente Tancredo Neves), localizada no município de Tancredo Neves – Bahia no momento de prensagem da

mandioca. A água residuária coletada foi levada à Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, onde foi armazenada em condições de refrigeração (câmara fria), e posteriormente caracterizada a composição química (Tabela 2) no Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas. Determinou-se a condutividade elétrica (CE), potencial hidrogeniônico (pH), as concentrações de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), ferro (Fe), zinco (Zn), cobre (Cu) e manganês (Mn). Para a determinação do N procedeu-se a digestão sulfúrica, e para os demais elementos a digestão nitroperclórica. Todas as análises foram realizadas conforme APHA (1995).

Tabela 2. Caracterização química da manipueira

Características	Valor
Nitrogênio total (mg L ⁻¹)	1626,7
Fósforo (mg L ⁻¹)	327,7
Potássio (mg L ⁻¹)	3456,26
Sódio (mg L ⁻¹)	22,06
Cálcio (mg L ⁻¹)	278,29
Magnésio (mg L ⁻¹)	617,18
Ferro (mg L ⁻¹)	7,13
Zinco (mg L ⁻¹)	4,89
Cobre (mg L ⁻¹)	0,64
Manganês (mg L ⁻¹)	1,07
pH	4,73
Condutividade elétrica (mS cm ⁻¹ à 25 °C)	9,93

2.3 Ensaio

Com base na análise da manipueira, considerando a predominância do íon potássio entre os constituintes minerais, foram estabelecidas as doses de manipueira a serem aplicadas ao solo. As doses corresponderam a zero, uma, duas, três, quatro e cinco vezes a dose de adubação potássica recomendada para a cultura do milho, com base na análise do solo segundo recomendação do IPA (1998). As doses corresponderam a 0, 40, 80, 120, 160 e 200 kg ha⁻¹ de K₂O para o solo de textura arenosa e 0, 20, 40, 60, 80 e 100 kg ha⁻¹ de K₂O para o solo de

textura argilosa, que corresponderam a 0, 9,6, 19,2, 28,8, 38,4, 48,1 m³ ha⁻¹ para o RQo e 0, 4,7, 9,4, 14,1, 18,8, 23,6 m³ ha⁻¹ para o VXk. Em ambos os solos foram acrescentados dois tratamentos adicionais: T1 (apenas manipueira na dose recomendada para K) e T2 (adubação mineral NPK).

O ensaio foi realizado em casa de vegetação em vasos com capacidade para 3 kg de solo. Antes da aplicação da manipueira foi realizada calagem no solo de textura arenosa, utilizando-se o correspondente a 1,7 t ha⁻¹ de calcário dolomítico, que depois foi incubado por 30 dias com a umidade em 80% da capacidade de campo. Após esse período foram aplicadas as doses de manipueira, que foram acrescidas de água destilada nas menores dosagens, em relação à maior dose, visando a uniformização do volume de líquido aplicado em todos os vasos (Tabela 3), permanecendo incubado por 20 dias.

Tabela 3. Volumes de manipueira e água aplicada nos solos, referentes aos respectivos teores de potássio

-----RQo ⁽¹⁾ -----				-----VXk ⁽²⁾ -----			
Dose de K kg ha ⁻¹	Manipueira m ³ ha ⁻¹ mL vaso ⁻¹		Água m ³ ha ⁻¹	Dose de K kg ha ⁻¹	Manipueira m ³ ha ⁻¹ mL vaso ⁻¹		Água m ³ ha ⁻¹
0	0	0	336,0	0	0	0	719,2
33,6	9,6	10,3	326,4	16,5	4,7	5,7	714,5
67,2	19,2	20,6	316,8	33,1	9,4	11,4	709,8
100,8	28,8	30,9	307,2	49,6	14,1	17,1	705,1
134,4	38,5	41,2	297,5	66,1	18,8	22,8	700,4
168,0	48,1	51,5	287,9	82,7	23,6	28,5	695,6

RQo⁽¹⁾ = Neossolo Quartzarênico Ôrtico; VXk⁽²⁾ = Vertissolo Háplico Carbonático.

Após esse período foram coletadas amostras do solo para determinação de pH em água, P disponível, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺ e Al³⁺ trocáveis, acidez potencial (H+Al) e carbono orgânico, conforme EMBRAPA (1999) e semeadas cinco sementes de milho (*Zea mays* L.). Doze dias após a germinação foi realizado o desbaste, deixando-se duas plantas por vaso. Cada vaso foi complementado com adubação parcelada em duas vezes (após desbaste e oito dias depois), que foram aplicadas em solução sobre a superfície do solo nas seguintes doses de nutrientes: 60 kg ha⁻¹ de N (NH₄NO₃), 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (NH₄H₂PO₄ e H₃PO₄), 4 mg kg⁻¹ de Zn

($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), $1,3 \text{ mg kg}^{-1}$ de Mo ($(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), $0,15 \text{ mg kg}^{-1}$ de Cu ($\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$), $3,6 \text{ mg kg}^{-1}$ de Mn ($\text{MnCl}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) e $0,8 \text{ mg kg}^{-1}$ de B (H_3BO_3). No solo de textura argilosa não foi aplicada solução contendo Mn, pois o teor desse micronutriente no solo já era suficiente para o cultivo do milho.

Durante o cultivo, os vasos foram irrigados diariamente, com água destilada, mantendo os solos a aproximadamente 80 % da capacidade de campo. Trinta e três dias após o desbaste foi medida a altura das plantas, a partir da superfície do solo até a folha mais desenvolvida, e depois as plantas foram cortadas rente ao solo. Parte aérea e raízes foram lavadas abundantemente em água corrente e depois em água destilada. Em seguida, foram secas em estufa com circulação forçada de ar a 65°C até peso constante. Foram obtidas as massas da matéria seca da parte aérea e da raiz, as quais foram, em seguida, trituradas em moinho tipo Wiley e submetidas à digestão sulfúrica para determinação de N; e digestão nitro-perclórica para determinação de P, K, Na, Ca, Mg e os micronutrientes Fe, Cu, Zn e Mn, conforme EMBRAPA (1999). A partir dos teores dos elementos e da massa seca da parte aérea foram calculados os conteúdos dos elementos.

Foram coletadas amostras de solo para determinações de pH em água, P disponível, Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ e Al^{3+} trocáveis, acidez potencial (H+Al) e carbono orgânico, conforme métodos descritos anteriormente.

2.4 Delineamento experimental e análises estatísticas

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos ao acaso com oito tratamentos, que constaram de seis doses de maniqueira e dois tratamentos adicionais, em dois diferentes tipos de solo, conforme descrito na Tabela 4.

Tabela 4. Descrição dos tratamentos utilizados nos experimentos

Tratamentos	Solo Arenoso (RQo)	Solo Argiloso (VXk)
1	0 m ³ ha ⁻¹ de manipueira	0 m ³ ha ⁻¹ de manipueira
2	9,6 m ³ ha ⁻¹ de manipueira	4,7 m ³ ha ⁻¹ de manipueira
3	19,2 m ³ ha ⁻¹ de manipueira	9,4 m ³ ha ⁻¹ de manipueira
4	28,8 m ³ ha ⁻¹ de manipueira	14,1 m ³ ha ⁻¹ de manipueira
5	38,4 m ³ ha ⁻¹ de manipueira	18,8 m ³ ha ⁻¹ de manipueira
6	48,1 m ³ ha ⁻¹ de manipueira	23,6 m ³ ha ⁻¹ de manipueira
7	Apenas manipueira	Apenas manipueira
8	Adubação mineral	Adubação mineral

Contraste A – manipueira com complementação da adubação x apenas manipueira ($Y = 1T2 + 1T3 + 1T4 + 1T5 + 1T6 - 6T7 + 0T8$).

Contraste B - manipueira com complementação da adubação x adubação mineral ($Y = 1T2 + 1T3 + 1T4 + 1T5 + 1T6 + 0T7 - 6T8$).

Contraste C – apenas manipueira x Adubação mineral ($Y = 0T2 + 0T3 + 0T4 + 0T5 + 0T6 + 1T7 - 1T8$).

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do Software SISVAR (Ferreira, 2000). Os experimentos em cada tipo de solo foram analisados separadamente.

Os resultados referentes ao efeito da manipueira em função das doses, após período de incubação e da coleta do ensaio também foram submetidos à análise de variância e análise de regressão.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Avaliação dos solos após período de incubação

3.1.1 Avaliação do solo arenoso

Para o RQo as doses de manipueira após período de incubação promoveram incrementos nos teores de P disponível, K^+ e Na^+ trocáveis e na porcentagem de sódio trocável (PST), verificados pelo efeito linear positivo (Figura 1). Mélo et al. (2005), Cardoso (2005) e Pinho (2007) encontraram resultados semelhantes.

O incremento verificado nos teores de K^+ e Na^+ trocáveis possivelmente contribuíram para elevação da saturação por bases (V) e decréscimo na acidez potencial ($H+Al$), ajustadas por modelos quadráticos (Figura 1). Cavallet et al. (2006) verificaram efeito positivo ao aplicar água residuária da indústria de enzimas, na saturação por bases e insolubilização dos teores de alumínio trocável, ressaltaram, ainda, a possibilidade da utilização deste resíduo na substituição ou complementação da aplicação de calcário ao solo, por possuir predominância de Ca (2470 mg L^{-1}) em sua composição. A elevação nos teores de Na^+ trocável em função das doses aplicadas de manipueira promoveu elevação da PST.

Não foram observados efeitos significativos no pH, teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} , e Al^{3+} trocáveis, resultado já esperado devido a adubação de correção da acidez antes da aplicação da manipueira. Esse comportamento demonstrou o efeito tampão após correção da acidez, pois dados referentes ao uso da manipueira ressaltam a elevação no pH após aplicação da manipueira, como resultados citados por Mélo et al. (2005) e Pinho (2007).

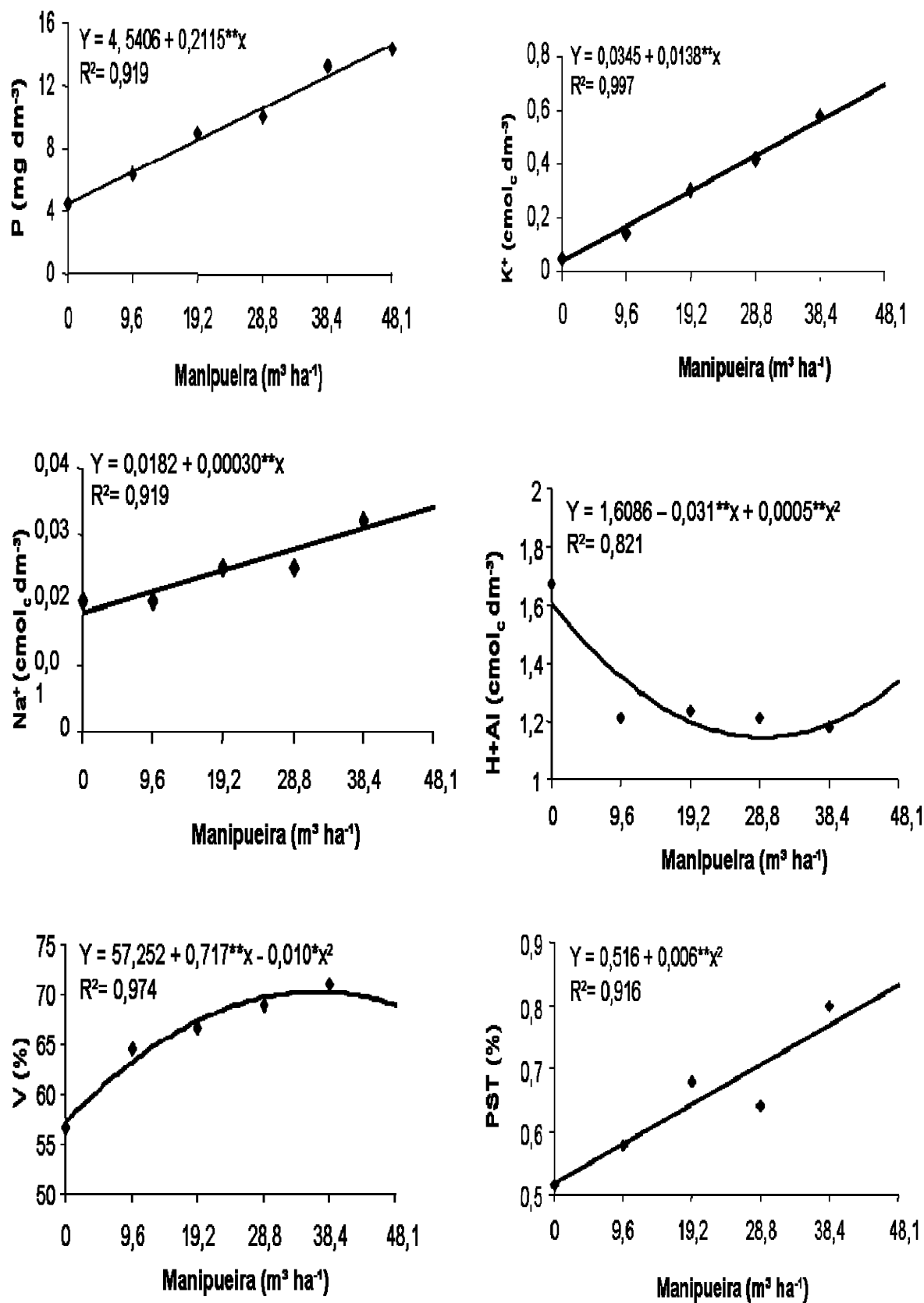


Figura 1: Teores de fósforo disponível (P), potássio (K⁺), sódio (Na⁺) trocáveis, acidez potencial (H+Al), saturação por bases (V) e porcentagem de sódio trocável no RQo em função das doses de manipueira após 20 dias de incubação.

3.1.2 Avaliação do solo argiloso

Para o VXk o teor de K^+ trocável apresentou efeito linear positivo (Figura 2), comportamento semelhante ao encontrado no RQo, apesar dos solos apresentarem características distintas quanto sua textura, poder tampão, teores de carbono e CTC. Pinho (2007) também observou comportamento semelhante no incremento de potássio (K). Esse comportamento demonstra o potencial da manipueira em fornecer K ao solo.

Observou-se elevação do pH em resposta à aplicação da manipueira após o período de incubação (Figura 2). Esse comportamento é verificado ao aplicar água residuária no solo, pelo aumento das bases trocáveis. Bebé (2007), estudando as alterações física-químicas do solo, sob diferentes períodos de fertirrigação com vinhaça encontrou correlação positiva entre o pH do solo e os teores de K^+ , Na^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis. Mélo et al. (2005) também atribuem esse efeito à mineralização da matéria orgânica e liberação de cátions associados aos ácidos orgânicos.

Foi verificada elevação na saturação por bases (V) e decréscimo na acidez potencial (H+Al) (Figura 2), comportamento semelhante ao observado no RQo. Para o VXk a saturação por bases obteve um aumento de 0,9% da dose 0 à $18,8 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ e para o RQo 24% da dose 0 à $38,4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, demonstrando maior efeito na alteração do solo de textura arenosa, devido ao menor poder tampão. Esse incremento está relacionado, principalmente, à elevação no teor de K trocável e a manipueira apresentar atributos favoráveis como fertilizantes em sua composição.

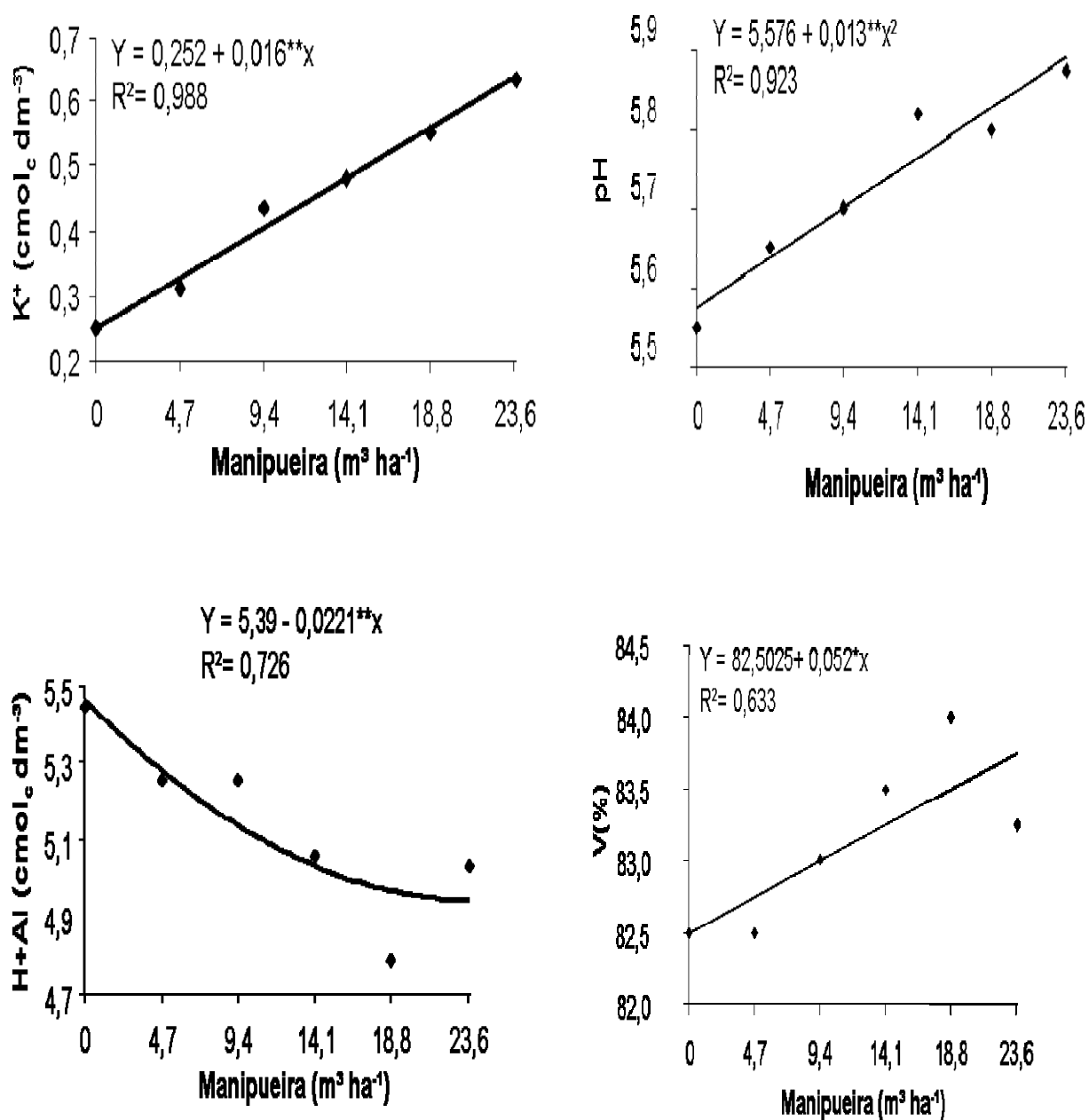


Figura 2: Teor de potássio (K^+) trocável, pH, acidez potencial (H+Al) e saturação por bases (V) no VXk em função das doses de manipueira após 20 dias de incubação.

3.2 Avaliação após coleta do ensaio

3.2.1 Avaliação dos solos

Não foram verificados efeitos significativos para as características avaliadas em função das doses crescentes de manipueira, para os solos após coleta do

ensaio. Esse comportamento pode ser referente ao efeito da aplicação da adubação complementar com N, P e micronutrientes, assim como absorção pelas plantas.

Para avaliação dos contrastes foram observados efeitos significativos no teor de P disponível, pH, $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ e $\text{H} + \text{Al}$ no RQo (Tabela 5). Para o K^+ trocável (Tabela 5) não foi observado diferença significativa entre os tratamentos, demonstrando que as doses de manipueira aplicada como fonte potássica, não promoveram efeito residual de K.

Para o teor de P disponível foram significativos os contrastes manipueira com complementação da adubação x apenas manipueira e apenas manipueira x adubação mineral. No tratamento manipueira com complementação da adubação x apenas manipueira, observou-se que a manipueira quando complementada apresentou maior teor P disponível, resultado devido ao fornecimento do P em função da manipueira, pois apresentava entre seus constituintes $327,7 \text{ mg L}^{-1}$, adicionado ao efeito da adubação mineral. E quando comparado ao tratamento apenas manipueira x adubação mineral, verificou-se também o efeito da manipueira no fornecimento do P, devido ao baixo poder de adsorção neste tipo de solo. As plantas cultivadas no solo que foram adubadas apenas com manipueira obtiveram menor produção de matéria seca e conteúdo de P na parte aérea, resultando em maior teor de P no solo após coleta do ensaio.

Para o pH foram observados efeito significativo nos contrastes que compararam os tratamentos manipueira com complementação da adubação x apenas manipueira e apenas manipueira x adubação mineral, verificando maior pH para o solo que recebeu apenas manipueira, possivelmente devido a menor absorção pelas plantas, verificado pelo baixo conteúdo de Mg, Ca, Na e K correspondente a 0,017, 0,03, 0,001 e 0,019 g planta⁻¹, respectivamente, na parte aérea. Para o teor de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ observou-se o mesmo comportamento, quando comparado o tratamento manipueira com complementação da adubação x apenas manipueira, provavelmente resultante da menor absorção pelas plantas.

Para a acidez potencial observou-se efeito significativo para o tratamento manipueira com complementação da adubação x adubação mineral, verificando menor acidez no tratamento com apenas manipueira, promovido pela elevação nos teores de cátions trocáveis no solo, principalmente K.

Tabela 5: Estimativas dos contrastes para os teores de P disponível, pH, K^+ e $Ca^{2+}+Mg^{2+}$ trocáveis e acidez potencial (H+Al) no RQo após coleta do ensaio

Contraste	Estimativas				
	P	pH	K^+	$Ca^{2+}+Mg^{2+}$	H+Al
Manipueira adub. x manipueira	12,17**	-0,28**	0,003 ^{ns}	-0,14**	-0,07 ^{ns}
Manipueira adub. x adub mineral	0,42 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,001 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	-0,015*
Manipueira x adub. mineral	11,75**	0,35**	0,005 ^{ns}	0,13 ^{ns}	-0,08 ^{ns}

^{ns}, ** e * não significativo e significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de F.

Para o VXk foram observados efeitos significativos no teor de Mg^{2+} e $Ca^{2+}+Mg^{2+}$ trocáveis, soma de bases, capacidade de troca de cátions potencial, capacidade de troca de cátions efetiva e porcentagem de sódio trocável (Tabela 6). O K^+ trocável (Tabela 6) apresentou mesmo comportamento verificado no RQo.

Para os teores de Mg^{2+} e $Ca^{2+}+Mg^{2+}$ trocáveis, os contrastes que avaliaram os tratamentos manipueira com complementação da adubação x apenas manipueira e apenas manipueira x adubação mineral, observou-se efeitos significativos. Ao comparar o tratamento manipueira com complementação da adubação x apenas manipueira observou-se o efeito da manipueira no fornecimento desses nutrientes, pois apresentavam entre seus constituintes 278,29 de Ca e 617,18 de Mg em $mg\ L^{-1}$.

A soma de bases, capacidade de troca de cátions potencial e capacidade de troca de cátions efetiva apresentaram comportamento semelhante ao verificado para os teores de Mg^{2+} e $Ca^{2+}+Mg^{2+}$ trocáveis, observando efeitos significativos para os contrastes que comparam os tratamentos manipueira com complementação da adubação x apenas manipueira e apenas manipueira x adubação mineral. E para saturação por bases e porcentagem de sódio trocável, apenas o tratamento manipueira com complementação da adubação x apenas manipueira apresentou efeito significativo. Para a saturação por bases a manipueira com complementação, obteve maior porcentagem, devido ao efeito da complementação com adubação mineral. Para porcentagem de sódio trocável a adubação com apenas manipueira promoveu maior porcentagem, devido ao efeito da adição de Na^+ com aplicação da manipueira.

Tabela 6: Estimativas dos contrastes para as os teores de K^+ , Mg^{2+} e $Ca^{2+}+Mg^{2+}$ trocáveis, soma de bases (S), capacidade de troca de cátions (CTC), capacidade de troca de cátions efetiva (CTC_e), saturação por bases (V) e percentagem de sódio trocável (PST) no VXk após coleta do ensaio

Contraste	Estimativas							
	K^+	Mg^{2+}	$Ca^{2+}+Mg^{2+}$	S	CTC	CTC_e	V	PST
Manipueira adub. x manipueira	0,01 ^{ns}	4,27**	4,80**	4,79**	4,97**	4,79**	2,95**	-0,01**
Manipueira adub. x adub mineral	0,01 ^{ns}	1,52 ^{ns}	1,675 ^{ns}	1,67 ^{ns}	1,58 ^{ns}	1,67 ^{ns}	1,45 ^{ns}	-0,04 ^{ns}
Manipueira x adub. mineral	0,00 ^{ns}	-2,75*	-3,125*	-3,12*	-3,39**	-3,12*	-1,50 ^{ns}	0,06 ^{ns}

^{ns}, ** e * não significativo e significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de F.

3.2.2 Avaliação das plantas cultivadas no RQo

Verificou-se efeito significativo em função das doses crescentes de manipueira para matéria seca da parte aérea (MSPA), conteúdo de potássio (K), nitrogênio (N) e cobre (Cu) (Figura 3), na matéria seca da raiz e teores de K e Zn nas raízes (Figura 4).

O incremento observado na matéria seca da parte aérea (Figura 3) demonstrou o potencial da manipueira em fornecer nutrientes à planta, principalmente o potássio, nutriente predominante entre os constituintes da manipueira (3456,26 mg L⁻¹). Silva et al. (2008) observaram elevação na produção da matéria verde de aveia forrageira, ao aplicar água residuária de fecularia de mandioca correspondente a 80 mm, combinada a 30 t ha⁻¹ cinza de casca de arroz, resultando em uma produção, equivalente a 23.941,7 Kg ha⁻¹. Pinho (2007) também verificou efeito da aplicação de doses crescentes de manipueira sobre a produção de matéria seca na parte aérea da mandioca. Na avaliação dos contrastes (Figura 3), observou-se efeito significativo para os tratamentos manipueira com complementação da adubação x apenas manipueira, manipueira com complementação da adubação x adubação mineral e apenas manipueira x adubação mineral, verificando-se que a adubação da manipueira com complementação promoveu maior incremento na matéria seca da parte aérea (5,57 g planta⁻¹). Também foi observado que o tratamento com apenas manipueira na dose

recomendada para K promoveu menor desenvolvimento das plantas ($3,25\text{g planta}^{-1}$), indicando que a dose aplicada não supriu a demanda nutricional das plantas.

O conteúdo de potássio na parte aérea corroborou ao teor de K^+ trocável encontrado no solo em função da aplicação da manipueira (Figura 3). O resultado demonstra o potencial da manipueira fornecer potássio, favorecendo teor (Tabela 7) adequado na parte aérea ($10\text{-}30\text{ g kg}^{-1}$) segundo Malavolta (1997), no entanto, nota-se o efeito concentração quando avaliado resultados dos teores, acentuados principalmente nas plantas que foram adubadas apenas manipueira. O K é um dos elementos essenciais que se encontra, na forma disponível, em pequenos teores nos solos tropicais muito intemperizados, limitando o rendimento dos cultivos, e o uso da manipueira poderá contribuir no fornecimento de K, reduzindo custos com KCl. Segundo Dechen & Nachtigall o K é o cátion mais abundante nas células, com concentração superior a 100 mmol L^{-1} . Altas concentrações de K são necessárias para a atividade de muitas enzimas que participam do metabolismo da planta.

Para os contrastes observou-se efeito significativo para os tratamentos manipueira com complementação da adubação x apenas manipueira e manipueira com complementação da adubação x adubação mineral (Figura 3), verificando-se que a manipueira com complementação promoveu maior conteúdo de K na matéria seca da parte aérea, demonstrando o potencial da manipueira em fornecer K. E quando comparado o tratamento apenas manipueira x adubação mineral, não foi verificado diferença significativa, logo não existiu distinção entre as fontes utilizadas para adubação potássica.

O conteúdo de N (Figura 3) elevou na parte aérea em função das doses. Este comportamento está relacionado a uma maior absorção de K. Segundo Cantarella (2007) esses são os dois nutrientes absorvidos em maior quantidade em quase todas as plantas e a interação entre ambos é do tipo não-competitiva, logo a absorção de um eleva a demanda do outro. Assim houve contribuição da manipueira, na nutrição nitrogenada da planta, pois apresentou $1626,7\text{ mg L}^{-1}$ de N. Pinho (2007) também observou elevação nos teores de N na parte aérea da mandioca cultivada em solo arenoso após aplicação da manipueira. No entanto o teor de N não atingiu nível considerado adequado. Para os contrastes, observou-se efeito significativo para os tratamentos manipueira com complementação da adubação x apenas manipueira, manipueira com complementação da adubação x adubação mineral e apenas manipueira x Adubação mineral (Figura 3), verificou-se

que a manipueira com complementação promoveu maior conteúdo de N na parte aérea, demonstrando contribuição da manipueira no fornecimento de N.

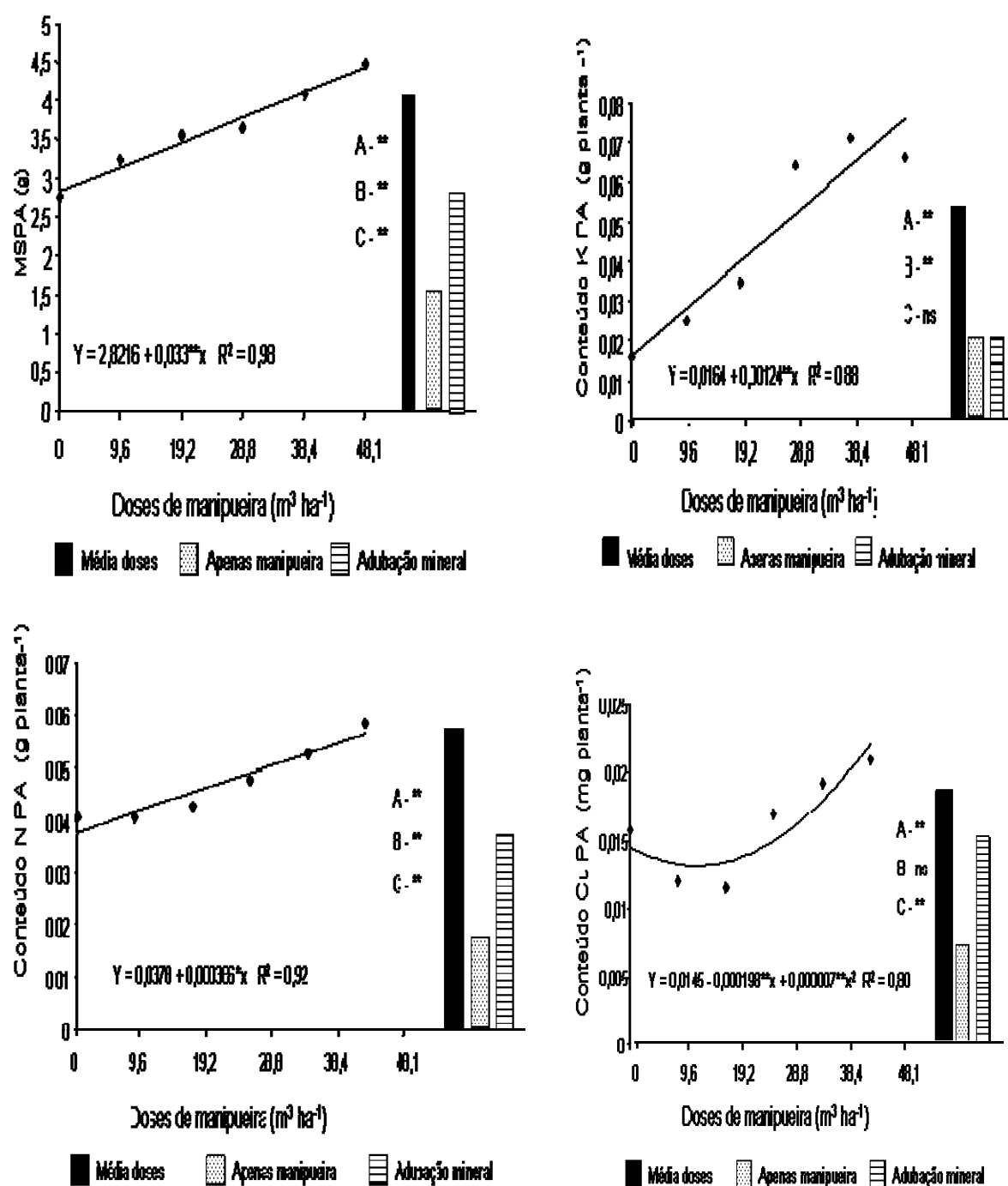


Figura 3: Matéria seca da parte aérea (MSPA), conteúdo de nitrogênio (N), potássio (K) e cobre (Cu) na parte aérea das plantas de milho cultivadas no RQo. ** e ^{ns} significativo a 1% de probabilidade e não, respectivamente, pelo teste de F; A= manipueira com complementação da adubação x apenas manipueira; B= manipueira com complementação da adubação x adubação mineral; C= apenas manipueira x Adubação mineral.

A aplicação da manipueira promoveu elevação no conteúdo de Cu na parte aérea (Figura 3), possivelmente esse incremento foi referente à presença do Cu na composição da manipueira (0,64 mg L⁻¹).

Tabela 7. Teores de magnésio (Mg), cálcio (Ca), potássio (K), sódio (Na), fósforo (P), nitrogênio (N), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês(Mn), e zinco (Zn) na parte aérea das plantas cultivadas no RQo.

Dose de manipueira (m ³ ha ⁻¹)	Teores									
	Mg	Ca	K	Na	P	N	Cu	Fe	Mn	Zn
	-----g kg ⁻¹ -----							mg kg ⁻¹		
0	13,92	18,24	5,78	0,06	4,35	14,73	5,75	64,48	135,54	86,86
9,6	11,45	15,54	7,77	0,06	3,18	12,65	3,81	56,44	101,84	56,39
19,2	9,53	15,32	9,90	0,04	3,12	11,98	3,33	48,36	113,56	57,86
28,8	8,27	15,16	17,63	0,08	3,34	13,58	4,79	54,13	102,73	53,80
38,4	8,61	15,09	17,18	0,08	3,15	12,95	4,79	52,98	95,51	55,03
48,1	6,84	15,43	14,79	0,03	2,96	13,10	4,79	59,87	78,03	43,36
Apenas manipueira	11,45	17,51	12,48	0,05	2,08	13,36	3,81	51,83	30,18	48,66
Adubação mineral (NPK)	11,35	17,61	7,71	0,07	3,17	12,58	5,22	46,06	121,38	60,70

A matéria seca das raízes e o teor de K nas raízes apresentaram efeito linear positivo (Figura 4). Essa elevação no teor de K na raiz demonstra maior gradiente de concentração próximo à zona de absorção, em função das doses aplicadas. Avaliando os contrastes houve efeito significativo para matéria seca e teor de K da raiz (Figura 4) para os tratamentos manipueira com complementação da adubação x apenas manipueira e apenas manipueira x Adubação mineral. Observou-se maior matéria seca da raiz, na adubação da manipueira com complementação. Analisando os tratamentos manipueira com complementação da adubação x apenas manipueira para o teor de potássio (K) na raiz, foi verificado maior teor, quando adubada apenas com manipueira. Este resultado demonstra o efeito concentração no teor de K das raízes, já que este tratamento promoveu uma menor massa de matéria seca da raiz. Ao comparar o tratamento manipueira com complementação da adubação x adubação mineral, não foi verificada diferenças significativas na matéria seca e no teor de potássio (K) da raiz, demonstrando que as fontes potássica utilizada na adubação não diferiram.

Foi observado efeito linear negativo, das doses sobre o teor de Zn nas raízes, com baixo coeficiente de determinação ($R^2 = 0,44$) (Figura 4). Esse efeito pode estar

relacionado à elevação da absorção de cobre pelas plantas, pois a elevação na absorção de um interfere a absorção do outro (Bowen (1969) citado por Dechen & Nachtigall (2007)). Para os contrastes houve efeito significativo para os tratamentos manipueira com complementação da adubação x apenas manipueira e apenas manipueira x adubação mineral, verificando incremento no teor de Zn na raiz, quando foi realizada adubação com manipueira e complementação mineral. Avaliando o contraste dos tratamentos apenas manipueira x Adubação mineral, observou-se que a adubação mineral (NPK) promoveu maior teor em relação à adubação com apenas manipueira, possivelmente devido a um melhor desenvolvimento das raízes e absorção de Zn. Segundo Dechen & Nachtigall (2007) a mobilidade e redistribuição do Zn na planta é muito pequena, de forma que se encontra concentrado em grande parte na raiz.

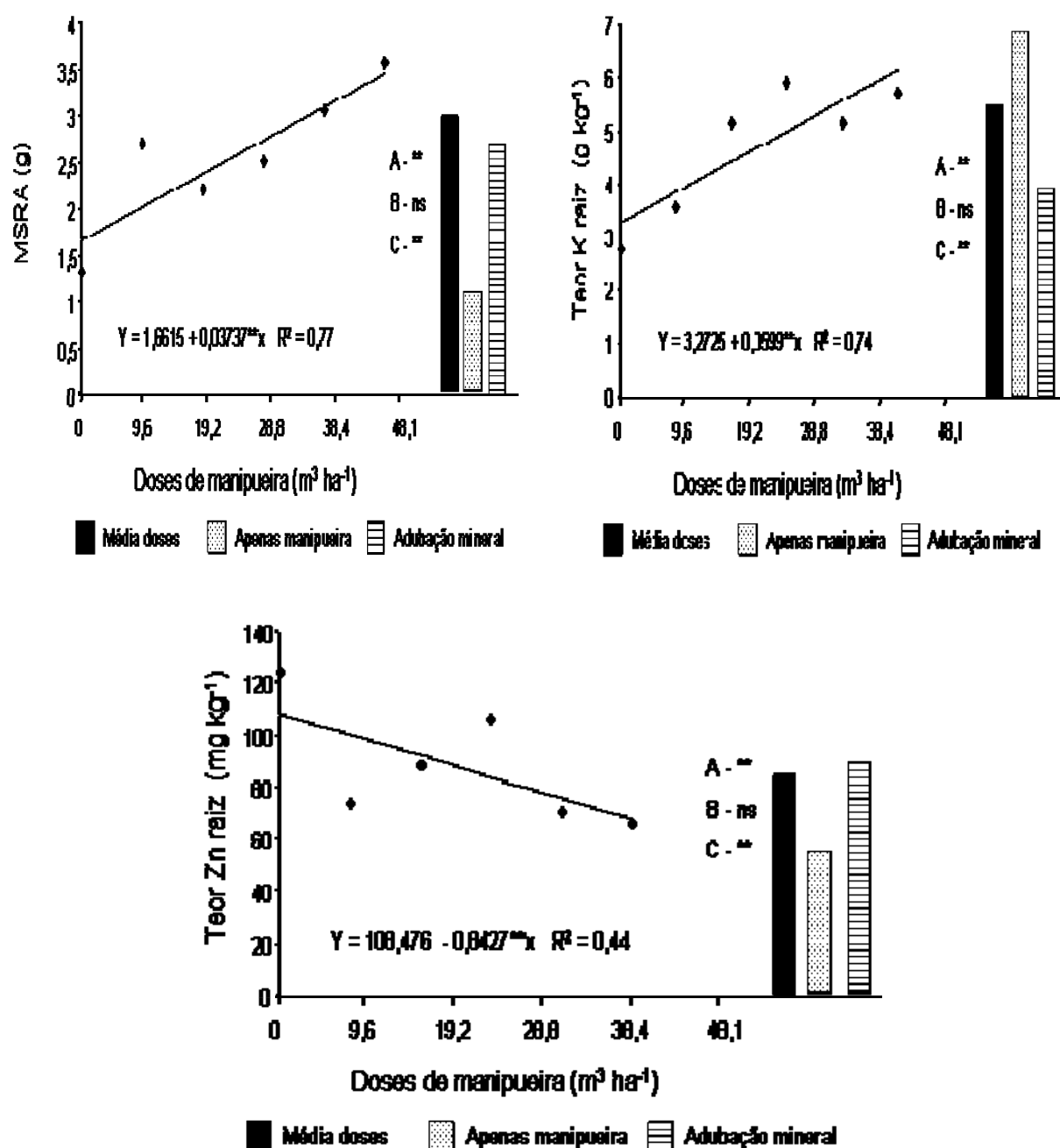


Figura 4: Matéria seca da raiz (MSRA), teores de potássio (K) e zinco (Zn) nas raízes das plantas de milho cultivadas no RQo. ** e ^{ns} significativo a 1% de probabilidade e não, respectivamente, pelo teste de F; A= manipueira com complementação da adubação x apenas manipueira; B= manipueira com complementação da adubação x adubação mineral; C= apenas manipueira x Adubação mineral.

Foram observados efeitos significativos dos contrastes sobre a altura e os conteúdos de Ca, Mg, Na, Zn, Mn e Fe na parte aérea (Tabela 8) e para os teores de Mn e Cu nas raízes (Tabela 9).

Para os conteúdos de Ca, Mg, Zn e Mn foram observados efeitos significativos dos tratamentos manipueira com complementação da adubação x apenas manipueira e apenas manipueira x adubação mineral. A manipueira com complementação mineral promoveu elevação no conteúdo destes nutrientes na parte aérea da planta, devido ao melhor desenvolvimento das plantas e consequentemente maior acúmulo de nutrientes, assim como o efeito da adubação com micronutrientes. Observou-se que a manipueira aplicada sem complementação, não supriu a demanda das plantas, observado pelo baixo conteúdo de nutrientes na parte aérea (0,017 de Mg, 0,026 de Ca, 0,019 de K, 0,034 de P, 0,018 de N em g planta⁻¹, 0,005 de Cu, 0,076 de Fe, 0,043 de Mn e 0,066 de Zn em mg planta⁻¹). Para o conteúdo de Fe foi observado efeito significativo dos contrastes para os tratamentos manipueira com complementação da adubação x apenas manipueira e manipueira com complementação da adubação x adubação mineral, verificando-se maior conteúdo nas plantas que receberam complementação mineral. O efeito observado foi promovido pela aplicação da adubação de micronutrientes às plantas.

Tabela 8: Estimativas dos contrastes para altura e conteúdos de Ca, Mg, Na, Zn, Mn, Fe na parte aérea das plantas cultivadas no RQo

Contraste	Estimativas						
	Altura	Ca	Mg	Na	Zn	Mn	Fe
Manipueira adub. x manipueira	27,15**	0,03**	0,02**	0,001*	0,13**	0,32**	0,13**
Manipueira adub. x adub mineral	14,71**	0,01 ^{ns}	0,00ns	0,00 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,08**
Manipueira x adub. mineral	-12,43*	-0,02**	-0,02**	0,00 ^{ns}	-0,11**	-0,29**	-0,05 ^{ns}

^{ns}, ** e * não significativo e significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de F.

Tabela 9: Estimativas dos contrastes para as os teores de Na, Cu, Mn e Zn nas raízes das plantas cultivadas no RQo

Contraste	Estimativas			
	Na	Cu	Mn	Zn
Manipueira adub. x manipueira	-0,34*	7,18**	32,88*	24,70**
Manipueira adub. x adub mineral	0,22 ^{ns}	0,70 ^{ns}	13,16 ^{ns}	-3,68 ^{ns}
Manipueira x adub. mineral	0,55**	-6,49**	-19,72 ^{ns}	-28,38*

^{ns}, ** e * não significativo e significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de F.

3.2.3 Avaliação das plantas cultivadas no VXk

Verificou-se efeito significativo em função das doses crescentes de manipueira, na parte aérea, apenas para o conteúdo de potássio (K), e na raiz para os teores de potássio (K), sódio (Na), e cobre (Cu) e fósforo (P) (Figura 5). Também foram observados efeitos significativos para os contrastes, exceto para o teor de K na raiz (Figura 5).

O conteúdo de K apresentou comportamento semelhante ao encontrado no RQo, observou-se que a elevação no teor de K⁺ trocável no solo após período de incubação, promoveu incremento na parte aérea, assim como maior teor encontrado nas raízes. Verificou-se também efeito concentração quando observado os resultados dos teores (Tabela 10). Os contrastes que avaliaram manipueira com complementação da adubação x apenas manipueira e apenas manipueira x adubação mineral foram significativos para o conteúdo de K na parte aérea, observando-se maior conteúdo para o tratamento manipueira com complementação, comportamento semelhante também foi observado no RQo. Para o teor de K na raiz não foi verificado diferença significativa nos contrastes, possivelmente devido o K ser um nutriente bastante móvel, quanto à sua redistribuição na planta. Quando comparado o tratamento manipueira com complementação da adubação x adubação mineral não foi verificado diferença significativa, demonstrando que não houve distinção entre as fontes utilizadas para adubação potássica.

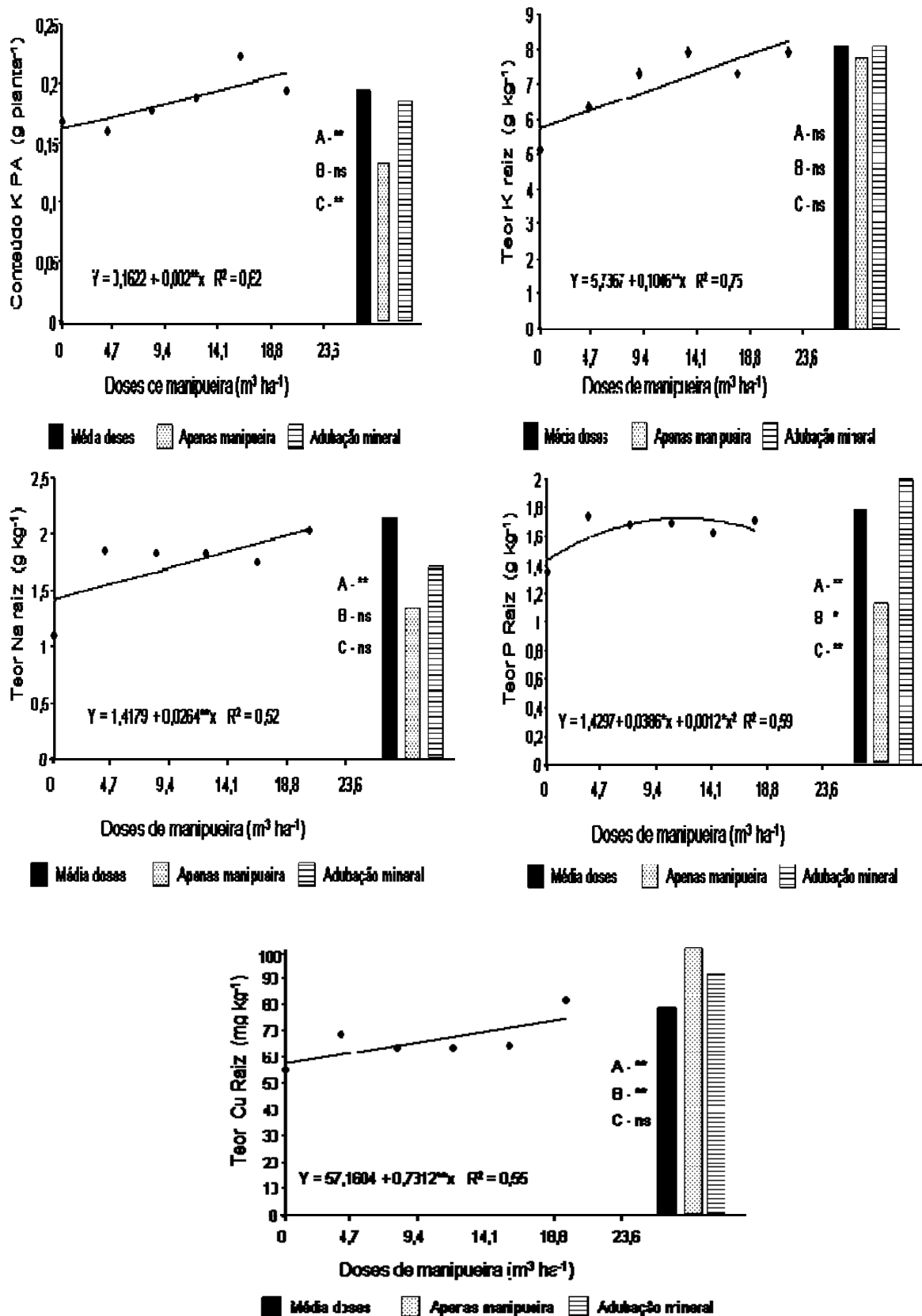


Figura 5: Conteúdo de K na parte aérea (PA), teor de potássio (K), sódio (Na), fósforo (P) e Cobre (Cu) na raiz das plantas cultivadas no VXK. ** e ^{ns} significativo a 1% de probabilidade e não, respectivamente, pelo teste de F; A= manureira com complementação da adubação x apenas manureira; B= manureira com complementação da adubação x adubação mineral; C= apenas manureira x Adubação mineral.

Tabela 10. Teores de magnésio (Mg), cálcio (Ca), potássio (K), sódio (Na), fósforo (P), nitrogênio (N), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), e zinco (Zn) na parte aérea das plantas cultivadas no VXk.

Dose de manipueira (m ³ ha ⁻¹)	Mg	Ca	K	Na	P	N	Cu	Fe	Mn	Zn
	-----g kg ⁻¹ -----							mg kg ⁻¹		
0	6,68	17,42	29,74	0,07	4,12	23,50	9,15	78,30	81,35	59,49
4,7	7,41	16,89	30,26	0,07	4,22	25,01	9,15	79,47	77,44	57,60
9,4	7,05	16,81	31,67	0,05	4,21	24,04	9,17	72,55	82,55	53,26
14,1	6,60	17,13	33,99	0,07	4,29	23,67	9,65	71,40	83,15	58,00
18,8	7,22	17,29	39,02	0,03	4,28	23,48	9,15	62,20	87,99	52,59
23,6	6,95	16,86	34,39	0,07	4,07	23,74	9,65	59,89	81,37	54,35
Apenas manipueira	6,93	18,83	43,91	0,03	3,18	24,82	9,15	72,55	91,59	81,17
Adubação mineral (NPK)	7,33	17,74	33,61	0,07	4,50	24,19	9,65	65,65	72,33	51,91

A manipueira não promoveu elevação nos teores de Na⁺ trocável e P disponível após período de incubação, no entanto foi verificada elevação nos teores de sódio (Na) e fósforo (P) nas raízes em função da aplicação da manipueira. Os valores do coeficiente de determinação $R^2 = 0,52$ e $R^2 = 0,59$ para os teores de Na e P, respectivamente, demonstram a interferência de outros fatores como homogeneidade da amostragem e dinâmica do sódio (Na) em substituir o potássio (K) como soluto ativo. Para o teor de Cu a elevação ajustada pelo modelo linear demonstrou efeito da manipueira no fornecimento deste nutriente, mas também apresentou coeficiente de determinação baixo $R^2 = 0,55$.

Foram observados efeitos dos contrastes sobre o teor de P na raiz. A manipueira complementada com adubação mineral promoveu maior teor de P nas raízes, no entanto, quando comparada apenas manipueira x adubação mineral observou-se que a dose de manipueira não influenciou no teor de P das raízes, confirmado os dados encontrados para o teor de P disponível após incubação com manipueira.

Para o teor de sódio houve efeito significativo para o contraste, manipueira com complementação da adubação x apenas manipueira observando que a adubação complementar promoveu maior incremento no teor de sódio nas raízes. Provavelmente esse comportamento está relacionado ao incremento promovido pela manipueira no teor de Na⁺ trocável no solo. E para o teor de Cu houve efeito

significativo para os contrastes manipueira com complementação da adubação x apenas manipueira e manipueira com complementação da adubação x adubação mineral. Ao comparar o tratamento manipueira com complementação da adubação x apenas manipueira observou-se maior teor nas raízes das plantas que receberam apenas adubação com manipueira. E comparando o tratamento manipueira com complementação da adubação x adubação mineral observou-se maior teor de Cu nas raízes que receberam apenas adubação mineral, possivelmente pode ter ocorrido efeito concentração.

Cardoso (2005) estudando o uso da manipueira como biofertilizante observou significativa melhora na fertilidade do solo, com incremento de fósforo e potássio, causando um aumento significativo na produtividade e produção de matéria seca da parte aérea de milho com aplicação $4800 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de manipueira diluída em uma área utilizada para descarte deste resíduo há dez anos. Foram observados riscos de contaminação das águas subterrâneas em poços de monitoramento com profundidade de 3 a 4 m.

As doses crescentes de manipueira, em função da recomendação potássica com complementação, implicaram em incremento no conteúdo de K na parte aérea, pode-se inferir que após caracterização da manipueira, esta poderá ser uma fonte viável de potássio desde que complementada com adubação mineral, pois para atender a demanda dos demais nutrientes poderá necessitar de doses mais elevadas, podendo causar desequilíbrio de nutrientes no solo, assim como afetar negativamente as plantas. A vinhaça, que também possui entre seus constituintes o predomínio do K, tem seu uso mais indicado como fonte potássica, principalmente em lavouras canavieiras próximas aos locais de produção do resíduo. Paula et al. (1999), estudando o potencial da vinhaça como fonte de potássio para o abacaxizeiro, ressaltaram o potencial de reaproveitamento da vinhaça em substituição da adubação de KCl, promovendo aumento no rendimento de frutos.

Foram observados efeitos significativos dos contrastes, para altura, matéria seca parte aérea e os conteúdos de N, P, Na, Ca, Mg, Cu e Fe na parte aérea (Tabela 11) e para matéria seca da raiz (MSRA) e teores de N e Zn (Tabela 12).

Houve efeito significativo do contraste que compararam os tratamentos manipueira com complementação da adubação x apenas manipueira, para altura e conteúdos de N, P, Na, Ca, Mg, Cu e Fe na parte aérea, notando-se incremento com aplicação da manipueira quando complementada. Avaliando os tratamentos manipueira com complementação da adubação x adubação mineral, não foi

verificado efeito significativo para os conteúdos N, P, Na, Ca, Mg, Cu e Fe na parte aérea, demonstrando que a manipueira não contribui na elevação dos teores destes nutrientes no solo, corroborando aos teores de P disponível, Na^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis observados no solo após coleta do ensaio. E para a avaliação dos tratamentos que compararam apenas manipueira x adubação mineral observou-se efeito na altura e conteúdos de N, P, Ca, Mg, Cu e Fe na parte aérea, verificando-se que a adubação com apenas manipueira, obteve menor conteúdo destes nutrientes, provavelmente devido a dose aplicada não ter promovido alterações no solo, como observado nos teores de P disponível e Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis após incubação.

Tabela 11: Estimativas dos contrastes para altura (ALT) e conteúdos de N, P, Na, Ca, Mg, Cu e Fe na parte aérea das plantas cultivadas no VXk

Contraste	Estimativas							
	ALT	N	P	Na	Ca	Mg	Cu	Fe
Manipueira adub. x manipueira	13,26**	0,05**	0,01**	0,0002*	0,03**	0,02**	0,02**	0,14**
Manipueira adub. x adub mineral	-0,35 ^{ns}	0,00 ^{ns}	-0,00 ^{ns}	-0,00 ^{ns}	-0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,03 ^{ns}
Manipueira x adub. Mineral	-13,61**	-0,04**	-0,01**	-0,00 ^{ns}	-0,03**	-0,02**	-0,02**	-0,11**

^{ns}, ** e * não significativo e significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de F.

Foram observados efeitos significativos para matéria seca da raiz e teores de N e Zn (Tabela 12) nos tratamentos manipueira complementada com adubação mineral x apenas manipueira e apenas manipueira x adubação mineral, verificando-se ao comparar manipueira complementada com adubação mineral x apenas manipueira o efeito da adubação mineral melhorando o desenvolvimento das raízes e conseqüentemente melhor absorção de N e Zn.

Tabela 12: Estimativas dos contrastes para matéria seca da raiz (MSRA) e teores de N, Mg e Zn das plantas cultivadas no VXk

Contraste	Estimativas		
	MSRA	N	Zn
Manipueira adub. x manipueira	0,35*	1,45*	24,70**
Manipueira adub. x adub mineral	0,03 ^{ns}	-0,70 ^{ns}	-3,68 ^{ns}
Manipueira x adub. mineral	-0,32**	-2,15**	-28,38*

^{ns}, ** e * não significativo e significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de F.

O uso de resíduos na agricultura, de maneira geral, deve envolver questões de sustentabilidade, e seu uso de forma indiscriminada tem promovido impacto ambiental. O reaproveitamento da água residuária da mandioca como fonte potássica, além de promover redução do impacto ambiental causado pelo descarte inadequado, possibilitaria redução de custo com adubação mineral potássica, que tem como fonte mais utilizada o cloreto de potássio, para produtores cuja propriedade esteja localizada próxima à áreas de produção de fécula e farinha.

4. CONCLUSÕES

A manipueira promoveu melhoria nos atributos do solo após período de incubação.

A manipueira aplicada após correção da acidez não proveu efeito no pH do solo.

O reaproveitamento da manipueira como fonte potássica apresentou potencial fertilizante quando complementada com adubação mineral.

Apenas o uso da manipueira na dose recomendada para K, não atendeu a demanda nutricional da planta.

5. REFERÊNCIAS

ARAGÃO, M. L.; PONTE, J. J. Uso da manipueira extrato líquido das raízes da mandioca como adubo foliar. **Ciência Agronômica** 26:45-48, 1995.

BEBÉ, F. V. **Avaliação de solos sob diferentes períodos de fertilirrigação com vinhaça e alteração na qualidade do efluente**.57f, 2007. Dissertação (Mestre em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

CARDOSO, E. **Uso de manipueira como biofertilizante no cultivo do milho: avaliação do efeito no solo, nas águas subterrâneas e na produtividade do milho**.67f, 2005. Dissertação (Mestre em Ciências Ambientais)- Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p. 376-449.

CAVALLET, L. E.; LUCCHESI, L. A. C.; MORAES, A.; SCHIMIDT, D.; PERONDI, M. A.; FONSECA R. A. Melhoria da fertilidade do solo decorrentes da adição de água residuária da indústria de enzimas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e ambiental**.10:724-729, 2006.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p. 376-449.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de análises química de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: EMBRAPA, 1999. 370p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de análises de solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212p.

FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL

DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos, SP. **Programa e resumos...** São Carlos: Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria, p. 255-258, 2000.

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.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Lavoura temporária, Mandioca. 2008. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>> Acesso em: Dezembro, 2008.

INSTITUTO DE PESQUISAS AGRONÔMICAS, 1998. **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco** (2a aproximação). Recife: IPA.198p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do Estado Nutricional de Plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997, 319p.

MELO, R. F de. **Avaliação das alterações e químicas, distribuição e mobilidade dos íons em três solos tratados com manipueira**. 2004. 74 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal Viçosa, Viçosa.

MELO, R. F. de; FERREIRA, P. A.; RUIZ, H. A.; MATOS, A. T. de; OLIVEIRA, L. B. de.. Alterações física e química em três solos tratados com água residuária de mandioca. In: **Irriga**, Botucatu, 10:383-392, 2005.

MELO, R. F. de; FERREIRA, P. A.; MATOS, A. T. de; RUIZ, H. A.; OLIVEIRA, L. B. de. Deslocamento miscível de cátions básicos provenientes da água residuária de mandioca em colunas de solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, 10:456-465, 2006.

PAULA, M.B. de; HOLANDA, F.S.R.; MESQUITA, H.A.; CARVALHO, V.D. de. Uso da vinhaça no abacaxizeiro em solo de baixo potencial de produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 34:1217-1222, 1999.

PEREIRA, O. C. N.; BERTONHA, A. Célula eletrolítica para monitoramento iônico de água residuária de indústrias de mandioca. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, Suplemento, p.375-378, 2005.

PINHO, M. M. C. A. **Reaproveitamento de resíduo do processamento da mandioca (manipueira): avaliação de impactos químicos e microbiológicos no solo e utilização como fertilizante**. 2007. 65 f. Dissertação (mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

ROSOLEM, C. A.; MATEUS, G. P.; GODOY, L. J. G.; FELTRAN J. C.; BRANCALIÃO, S. R. Morfologia radicular e suprimento de potássio às raízes de milho de acordo com a disponibilidade de água e potássio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 27:875-884, 2003

RIBAS, M. M. F.; BARANA, A. C. Start-up adjustment of a plug-flow digester for cassava wastewater (manipueira) treatment. **Scientia Agricola**, Piracicaba, 60:223-229, 2003.

SARAIVA, F. Z.; SAMPAIO, S. C.; SILVESTRE, M. G.; QUEIROZ, M. M. F. de; 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**, Campina, 11:30-36, 2007.

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 da aveia. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, 1: 25-36, 2008.

ANEXO

ANEXO CAPÍTULO I:

Tabela 1. Caracterização da água utilizada para saturação das colunas: sódio (Na), potássio (K), amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-) da água utilizada para saturação das colunas

Característica	Valor
Na^+ (mmolc L^{-1})	0,08
K^+ (mmolc L^{-1})	0,15
NH_4^+ (mmolc L^{-1})	2,33
NO_3^- (mmolc L^{-1})	1,13

Tabela 2. Resumo da análise de variância para as variáveis do lixiviado: Condutividade elétrica (CE), sódio (Na), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), sulfato (SO_4^{2-}), amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-)

FV	GL	pH	Condutividade	QM						
				Na	K	Ca	Mg	SO ₄ ⁻²	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻
				μS cm ⁻¹ à 25 °C			-----mg L ⁻¹ -----			
Bloco	3	0,1342**	1222,9633	131,4327**	0,2254	73,3487	1,3640	53,2726	242,2778	285,8333
Tratamento	1	0,0417	361,6161	0,3700	0,0425	4,2084	0,2440	4,5153	0,0000	8,1667
Solo	2	0,0392	20041,0386**	649,7135**	42,8170**	417,1258**	29,2626**	3971,4685**	32,6667	98,0000
Tratamento x Solo	2	0,0017	437,9653	8,0185	0,1040	38,5349	1,0501	0,6765	24,5000	106,1667
Erro	15	0,0141	1126,4958	7,3515	0,1521	61,1703	1,6230	37,6896	100,1778	119,2333
CV (%)		1,56	11,41	6,32	6,67	19,94	18,56	12,38	19,28	17,83
Média Geral		7,5950	294,2208	42,9058	5,8446	39,2196	6,8625	49,6013	51,9167	61,2500

** significativo a 1 % de probabilidade, pelo teste de F.

Tabela 3. Resumo da análise de variância para as variáveis: pH em água, fósforo disponível (P), potássio (K^+), cálcio (Ca^{+2}), magnésio (Mg^{+2}), alumínio (Al^{+3}) e sódio (Na^+) trocáveis, e H+Al dos diferentes solos

FV	GL	QM								
		pH	P	K^+	Ca^{+2}	Mg^{+2}	$Ca^{+2}+Mg^{+2}$	Na^+	Al^{+3}	H+Al
		mg dm ⁻³			-----cmolc dm ⁻³ -----					
Bloco	3	0,0107	1,0672	0,0003	0,9476	0,755	0,4781	0,0036*	0,0379	0,1189
Tratamento	1	0,0089	1,3613	0,0004	0,1089	0,0556	0,0089	0,0001	0,0068	0,0015
Solo	2	3,3926**	43,0179**	0,2057**	1885,2117**	209,8443**	3352,4235**	0,4249	40,7251**	188,7151**
Tratamento*Solo	2	0,0018	0,8679	0,0003	0,0422	0,056	0,0060	0,0002	0,0026	0,2153
Erro 1	15	0,013	1,5436	0,0001	0,4477	0,5603	0,4659	0,0006	0,0229	0,1066
Profundidade	2	1,8472**	25,8838**	0,1246**	105,9088**	3,7635**	149,4018**	0,0968**	54,7468**	95,0158**
Tratamento*Profundidade	2	0,0039	0,0504	0,0006**	0,1043	1,6501*	1,0401	0,0001	0,0301	0,0489
Solo*Profundidade	4	0,1678**	4,4217**	0,0276**	53,4560**	0,3537	59,9956**	0,0270**	32,9628**	17,4386**
Tratamento*Solo*Profundidade	4	0,0074	0,6533	0,0001	0,0958	1,4649**	0,9060*	0,0001	0,0491**	0,0086
Erro 2	36	0,0079	0,4198	0,0001	0,1424	0,2096	0,3077	0,0004	0,0101	0,0468
CV (%) =		1,66	24,26	7,02	6,26	20,63	6,73	14,29	8,34	4,03
Média geral		5,3389	2,6708	0,1447	6,025	2,2194	8,2444	0,1355	1,2694	5,3671

** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de F.

Tabela 4. Resumo da análise de variância para as variáveis: capacidade de troca de cátions (CTC), capacidade de troca de cátions efetiva (CTCe) do solo, soma de bases (S), saturação por bases (V), carbono orgânica (C.O), grau de floculação (GF) e porcentagem de sódio trocável (PST)

FV	GL	QM						
		CTC	CTCe	S	C.O	V	GF	PST
		-----cmolc dm ⁻³ -----			g kg ⁻¹	-----%-----		
Bloco	3	1,0022	0,5887	0,5245	2,9349	5,4583	123,1709	0,3659
Tratamento	1	0,0042	0,0064	0,0108	0,4656	11,6806	3,7083	0,0258
Solo	2	5269,6021**	4242,9425**	3464,0946**	1285,1949**	14571,5**	315,3398**	1,2366**
Tratamento*Solo	2	0,2667	0,0182	0,0078	3,2901	5,5556	34,9169	0,0109
Erro 1	15	0,4662	0,5159	0,4677	2,6319	6,0917	41,8618	0,1174
Profundidade	2	46,9286**	58,4926**	151,7023**	1280,3583**	6100,2917**	6236,232**	4,3298**
Tratamento*Profundidade	2	1,3618**	1,1471**	0,9928	1,1378	2,3472	0,8833	0,0013
Solo*Profundidade	4	39,307	21,155	58,1082**	1123,6640**	524,1042**	2264,6377**	0,7915**
Tratamento*Solo*Profundidade	4	0,8823*	1,0650*	0,9205*	0,5997	3,9097	8,6456	0,0404
Erro 2	36	0,3245	0,3042	0,3061	2,3686	4,4444	47,1862	0,1265
CV (%) =		4,1	5,67	6,49	9,36	4,8	20,24	32,94
Média geral		13,8913	9,7242	8,5242	16,4387	43,9583	33,9372	1,08

** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de F.

Tabela 5. Resumo da análise de variância para as variáveis determinadas no extrato de saturação do solo: Condutividade elétrica (CEes) , pH e Na⁺, K⁺, Ca⁺², Mg⁺² solúveis, relação de adsorção de sódio (RAS) e a relação de adsorção de potássio (RAK)

FV	GL	CEes	pH	Na ⁺	QM				
					K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	RAS	RAK
		μS cm ⁻¹ à 25 °C			-----mmol _e L ⁻¹ -----				
Bloco	3	61102,36975*	5,151748**	2,087546*	0,0570	0,554809*	0,1568	1,1754**	0,0232
T	1	781,7058	0,3121	0,1019	0,0000	0,0030	0,2299	0,0290	0,0004
Solo	2	246234,471272**	0,9945	5,408985**	0,57562**	0,834787**	1,717232**	3,737774**	0,319834**
Tratamento*Solo	2	6969,7156	0,0190	0,5425	0,0320	0,0710	0,1055	0,2202	0,0241
Erro 1	15	16457,7917	0,3161	0,433	0,0311	0,1111	0,2025	0,2695	0,0194
Profundidade	2	125353,047439**	0,510772*	0,1948	0,349617**	2,735357**	2,382192**	0,2005	0,11344**
Tratamento*Profundidade	2	3466,7448	0,0498	0,1627	0,0273	0,1133	0,0658	0,0479	0,0145
Solo*Profundidade	4	16092,7159	0,1255	0,166	0,0829	0,0651	0,4904	0,0953	0,0323
Tratamento*Solo*Profundidade	4	5798,5817	0,0311	0,3489	0,0100	0,0405	0,1767	0,1472	0,0047
Erro 2	36	11757,4102	0,1132	0,3737	0,0335	0,1450	0,2828	0,2131	0,0142
CV (%) =		38,08	5,2	65,41	59,23	28,56	54,41	54,37	43,48
Média geral		284,7769	6,4711	0,9345	0,3898	1,3335	0,9773	0,8490	0,2740

** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de F.

ANEXO CAPÍTULO II:

Tabela 6. Estimativas dos contrastes para pH, teores de P disponível, K^+ , Ca^{2+} , $Ca^{2+}+Mg^{2+}$ e Al^{3+} trocáveis, acidez potencial (H+Al), soma de bases (S), capacidade de troca de cátions potencial (CTC), capacidade de troca de cátions efetiva (CTCe), carbono orgânica (CO), saturação por bases (V), e porcentagem de sódio trocável (PST) no RQo após coleta do ensaio

Contraste	Estimativas														
	pH	P	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	$Ca^{2+}+Mg^{2+}$	Al^{3+}	Na^+	H+Al	S	CTC	CTCE	CO	V	PST
Manipueira adub. x manipueira	-0,27**	12,30**	0,00	-0,05	0,09	-0,14**	0,00	0,00	-0,07	-0,14	-0,20	-0,20	0,05	-1,10	0,03
Manipueira adub. x adub mineral	0,08	0,55	0,00	-0,03	0,01	-0,02	0,00	0,00	-0,15*	0,02	-0,17	-0,17	-0,007	2,15	0,03
Manipueira x adub. mineral	0,35**	-11,75**	-0,01**	0,03	0,10	-0,125**	0,00	0,00	-0,08	0,12	0,04	0,04	-0,12	3,25	0,00

** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de F.

Tabela 7. Estimativas dos contrastes para altura (ALT), matéria seca da parte aérea (MSPA), conteúdo de nitrogênio (N), potássio (K), sódio (Na), cálcio (Ca), magnésio (Mg), cobre (Cu), ferro (Fe), zinco(Zn) e manganês (Mn) na parte aérea das plantas cultivadas no RQo

Contraste	Estimativas										
	ALT	MSPA	N	K	Na	Ca	Mg	Cu	Fe	Zn	Mn
Manipueira adub. x manipueira	27,15**	2,29**	0,03**	0,03**	0,00*	0,03**	0,016**	0,01**	0,13**	0,13**	0,32**
Manipueira adub. x adub mineral	14,71**	0,97**	0,01**	0,03**	0,00	0,01	0,00	0,00	0,08**	0,03	0,03
Manipueira x adub. mineral	-12,43	-1,32**	-0,02**	-0,00	0,00	-0,02**	-0,01**	-0,01	-0,05	-0,11	-0,30**

** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de F.

Tabela 8. Estimativas dos contrastes para matéria seca da raiz (MSRA), teores de fósforo (P), potássio (K), sódio (Na), cálcio (Ca), magnésio (Mg), cobre (Cu), ferro (Fe), zinco(Zn) e manganês (Mn) na raiz das plantas cultivadas no RQo

Contraste	Estimativas									
	MSRA	P	K	Na	Ca	Mg	Cu	Fe	Zn	Mn
Manipueira adub. x manipueira	1,66**	0,04	-1,99**	-0,34*	-0,05	0,81	7,18**	1424,32	24,71**	32,88*
Manipueira adub. x adub mineral	0,20**	-0,09	1,14	0,21	0,38	0,73	0,70	857,48	-3,68	13,16
Manipueira x adub. Mineral	-1,45**	-0,12	3,14**	0,55**	0,43	-0,08	-6,49	-566,84	-28,39*	-19,72

** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de F.

Tabela 9. Estimativas dos contrastes para pH, teores de P disponível, K^+ , Ca^{2+} , $Ca^{2+}+Mg^{2+}$ e Al^{3+} trocáveis, acidez potencial (H+Al), soma de bases (S), capacidade de troca de cátions potencial (CTC), capacidade de troca de cátions efetiva (CTCe), carbono orgânica (CO), saturação por bases (V), e porcentagem de sódio trocável (PST) no VXk após coleta do ensaio

Contraste	Estimativas														
	pH	P	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	$Ca^{2+}+Mg^{2+}$	Al^{3+}	Na^+	H+Al	S	CTC	CTCe	CO	V	PST
Manipueira adub. x manipueira	0,06	0,60	-0,00	0,52	4,27**	4,80**	0,00	0,00	0,19	4,79**	4,99**	4,79**	1,65	2,95**	-0,10**
Manipueira adub. x adub mineral	-0,01	-0,40	-0,00	0,15	1,52	1,67	0,00	0,00	-0,088	1,67	1,58	1,67	0,91	1,45	-0,04
Manipueira x adub. Mineral	-0,07	-1,00	0,002	-0,37	-2,75	-3,13*	0,00	0,00	-0,27	-3,12*	-3,39**	-3,12*	-0,74	-1,50	0,06

** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de F.

Tabela 10. Estimativas dos contrastes para altura (ALT), conteúdo de nitrogênio (N), potássio (K), sódio (Na), cálcio (Ca), magnésio (Mg), cobre (Cu), ferro (Fe), zinco(Zn) e manganês (Mn) na parte aérea das plantas cultivadas noVXk

Contraste	Estimativas										
	ALT	N	P	K	Na	Ca	Mg	Cu	Fe	Zn	Mn
Manipueira adub. x manipueira	13,26**	0,05**	0,01**	0,04**	0,00**	0,03**	0,06**	0,02**	0,14**	0,04	0,16**
Manipueira adub. x adub mineral	-0,35	0,00,01	-0,00	0,010	-0,00	-0,00	0,07*	0,00	0,03	0,03	0,07*
Manipueira x adub. Mineral	-13,61*	-0,04**	-0,01**	-0,03**	-0,00	-0,03**	-0,08*	-0,02**	-0,11*	-0,01	-0,08*

** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de F.

Tabela 11. Estimativas dos contrastes para matéria seca da raiz (MSRA), teores de potássio (K) sódio (Na), cálcio (Ca), magnésio (Mg), cobre (Cu), ferro (Fe), zinco(Zn) e manganês (Mn) na raiz das plantas cultivadas no VXk

Contraste	Estimativas										
	MSRA	N	P	K	Na	Ca	Mg	Cu	Fe	Zn	Mn
Manipueira adub. x manipueira	0,35*	1,45*	0,55**	0,43	0,59*	0,33	-0,37	-32,60**	212,92	14,27*	-140,17
Manipueira adub. x adub mineral	0,028	-0,70	-0,012	-0,035	0,28	-0,06	0,355	-19,65**	132,56	8,53	-266,75**
Manipueira x adub. Mineral	-0,32	-2,15**	-0,67**	-0,78	-0,27	-0,39	0,73	12,95	-80,36	-5,74	-126,59

** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de F.