

**DAIANE DE CINQUE MARIANO**

**ANÁLISE DE DESEMPENHO DA PRODUTIVIDADE NA APLICAÇÃO  
DA ÁGUA RESIDUÁRIA DE INDÚSTRIA DE MANDIOCA EM  
CULTIVO *BRACHIARIA BRIZANTHA* CV. MG-5**

**MARINGÁ  
PARANÁ – BRASIL  
MARÇO – 2009**

**DAIANE DE CINQUE MARIANO**

**ANÁLISE DE DESEMPENHO DA PRODUTIVIDADE NA APLICAÇÃO  
DA ÁGUA RESIDUÁRIA DE INDÚSTRIA DE MANDIOCA EM  
CULTIVO *BRACHIARIA BRIZANTHA* CV. MG-5**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre.

**MARINGÁ  
PARANÁ – BRASIL  
MARÇO – 2009**

### Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

M337 Mariano, Daiane de Cinque  
Análise de desempenho da produtividade na aplicação da água residuária de indústria de mandioca em cultivo *Brachiaria Brizantha* CV. MG-5 /Daiane de Cinque Mariano. -- Maringá: [s.n.],2009. 63 f. : il.

Orientador : Profº Drº Altair Bertonha.  
Dissertação (mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Estadual de Maringá.

1. Água residuária. 2. Irrigação. 3. Massa seca. 4. Indústria de mandioca. 5. Fertirrigação. 6. *Brachiaria Brizantha*. I. TÍTULO

CDD 21. ed. 631.4

DAIANE DE CINQUE MARIANO

**EFEITO DA APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE INDÚSTRIA DE  
MANDIOCA NO SOLO E NA PRODUÇÃO DE *Brachiaria brizantha* cv. MG-5**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 30 de março de 2009.

  
Prof. Dr. Paulo Sérgio Lourenço de Freitas

  
Prof. Dr. Silvio César Sampaio

  
Prof. Dr. Altair Bertonha  
(Orientador)

Dedico este trabalho

À minha família: Ademir Mariano (pai), Nair de Cinque (mãe) e Ariane de Cinque Mariano (irmã), por todo carinho nas horas mais difíceis.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, a quem sou eternamente grata por mais esta jornada vencida;

aos meus pais, por estarem do meu lado nos momentos de dificuldade, por me ensinarem a importância do estudo, da dedicação, da compreensão, da amizade, em todos os momentos de minha vida;

à Universidade Estadual de Maringá (UEM), pela oportunidade oferecida para a realização do curso;

à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da Bolsa de Estudo;

ao grande mestre Prof. Dr. Altair Bertonha, pela sua dedicação, orientação e paciência no decorrer deste trabalho;

aos Professores do Programa de Pós-graduação em Agronomia (PGA-UEM) pela contribuição oferecida;

aos alunos de Graduação em Agronomia e Eng. Agrícola da UEM, Anderson C. Silva, Fatima de Lourdes Collar Silva, Adriano Catossi Tinos, pela ajuda e amizade;

aos funcionários do campus de Cidade Gaúcha, Juarez Rogério Cabral, Vladimir José Ferrari José, Profa. Dra. Maria Magdalena Ferreira Ribas, e outros;

aos funcionários do CTI-UEM e do campus de Cidade Gaúcha que além de conhecimento, transmitiram-me amizade e respeito;

ao Sr. Dorvan Westphal, pela área experimental cedida, apoio e companheirismo;

a Alimentos Fecamid Ltda, localizada em Cidade Gaúcha-PR, por toda a infraestrutura e apoio oferecidos para a realização do experimento;

a todos os colegas desta caminhada: Doralice Aparecida Fávaro Soares, Paulo Fernando Soares, Roney Berti, Cacea Furlan Maggi, Adonai Pinheiro de Ulhôa Cintra, e principalmente a Luzia Rossi Fávaro, pelos maravilhosos pães quentinhos ao longo da desta jornada.

## **BIOGRAFIA**

DAIANE DE CINQUE MARIANO, filha de Ademir Mariano e Nair de Cinque, nasceu em Adamantina, Estado de São Paulo, no dia 26 de março de 1984. Em 2006, graduou-se em Agronomia na Universidade Estadual de Maringá (UEM). Em 2007, iniciou o curso de Mestrado em Agronomia pelo Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Maringá.

# ÍNDICE

<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	vii
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	viii
<b>RESUMO</b> .....	x
<b>ABSTRACT</b> .....	xi
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	2
2.1 REUSO DE ÁGUA NA AGRICULTURA .....	2
2.1.1 Água residuária de indústria de mandioca .....	2
2.2 ASPECTOS FÍSICO-QUÍMICOS DAS ÁGUAS RESIDUÁRIAS .....	5
2.3 ASPECTOS EDAFOLÓGICOS .....	5
2.3.1 Classificação do solo .....	5
2.3.2 Lixiviação .....	6
2.3.3 Salinidade do solo e irrigação .....	7
2.4 O SOLO .....	7
2.4.1 Nitrogênio .....	8
2.4.2 Fósforo .....	8
2.4.3 Potássio .....	9
2.4.4 Cálcio e Magnésio no solo .....	10
2.5 A PLANTA: BRACHIARIA BRIZANTHA CV. MG-5 .....	11
2.5.1 Morfologia da planta .....	11
2.5.2 Características .....	12
2.5.3 Macronutrientes e micronutrientes na planta .....	13
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	17
3.1 DETERMINAÇÃO DA ÁGUA RESIDUAL UTILIZADA NA IRRIGAÇÃO .....	17
3.2 CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DO LOCAL DURANTE O EXPERIMENTO .....	19



3.3 ESTUDO DO SOLO DURANTE O EXPERIMENTO .....	20
<b>3.3.1 Classificação do solo</b> .....	20
<b>3.3.2 Determinação da fertilidade do solo</b> .....	21
<b>3.3.3 Massa seca (MS) e altura da planta</b> .....	21
<b>3.3.4 Análise de nutrientes da planta</b> .....	22
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	24
4.1 DETERMINAÇÃO DA ÁGUA RESIDUAL UTILIZADA NA IRRIGAÇÃO .....	24
4.2 INFLUÊNCIA DA LÂMINA DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE INDÚSTRIA DE MANDIOCA APLICADA NO SOLO .....	26
4.3 ALTURA DA BRACHIARIA BRIZANTHA CV MG-5 AO LONGO DO EXPERIMENTO EM FUNÇÃO DA LÂMINA MÉDIA DE IRRIGAÇÃO APLICADA .....	29
4.4 ANÁLISE FOLIAR DO CAPIM BRACHIARIA BRIZANTHA CV. MG-5 EM FUNÇÃO DA LÂMINA DE IRRIGAÇÃO .....	30
<b>5. CONCLUSÕES</b> .....	39
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	40
<b>APÊNDICES</b> .....	48
APÊNDICE A – AFERIÇÃO DOS BOCAIS .....	49
APÊNDICE B – RESULTADOS DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA RESIDUÁRIA, SOLO E PLANTA .....	57
APÊNDICE C – RESULTADOS DAS ANÁLISES VARIÂNCIA PARA AS RELAÇÕES AVALIADAS .....	62

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Vazões obtidas em cada bocal, em função da pressão e do seu diâmetro .....	17
Tabela 2	Resultado da análise da água residuária de indústria de mandioca junto ao canhão. Data da coleta: 30/1/2009. Data da análise: 5/2/2009 .....	19
Tabela 3	Algumas características físico-químicas do solo presente na área experimental .....	21
Tabela 4	Eficiência de aproveitamento relativa dos nutrientes pela planta ...	31
Tabela 5	Equações de regressão da Ear dos elementos .....	31
Tabela 6	Teores foliares de cálcio na planta em função da água residuária aplicada durante o período experimental .....	32
Tabela 1B	Condutividade elétrica média da água residuária de indústria de mandioca ( $\mu\text{s cm}^{-1}$ ) .....	57
Tabela 2B	Demanda química de oxigênio média da água residuária de indústria de mandioca .....	57
Tabela 3B	Resultado da análise da água residuária efluente da indústria de mandioca junto ao canhão. Data da coleta: 30/1/2009. Data da análise: 5/2/2009 .....	57
Tabela 4B	Análise foliar inicial. Data da coleta 1/10/2008 e data da análise: 29/11/2008 .....	58
Tabela 5B	Resultado da análise de solo. Data da coleta: 18/12/2008. Data da análise: 19/12/2008 .....	58
Tabela 6B	Resultado da análise de solo. Data da coleta: 30/1/2009. Data da análise: 5/2/2009 .....	59
Tabela 7B	Resultado da análise da trincheira testemunha feita no solo. Data da coleta: 30/1/2009. Data da análise: 5/2/2009 .....	60
Tabela 8B	Resultado da análise foliar. Data da coleta: 30/1/2009. Data da análise: 5/2/2009 .....	60

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Disposição dos coletores ao longo dos três raios .....	18
Figura 2	Temperaturas registradas no município de Cidade Gaúcha- PR, durante o período de 14/11/2008 a 11/2/2009 .....	19
Figura 3	Precipitação pluviométrica ocorridas no município de Cidade Gaúcha- PR, durante o período de 14/11/2008 a 11/2/2009 .....	20
Figura 4	Relação entre a DQO, água residuária aplicada e MS em função da distância percorrida pela AR ao longo canhão .....	24
Figura 5	Relação entre DQO e MS em função da água residuária aplicada na área experimental durante o período estudado .....	25
Figura 6	Teores de Al, Ca, Mg, K, H no solo até 20 cm de profundidade, em função água residuária aplicada na área experimental .....	26
Figura 7	Teores de Al, Ca, Mg, K, H no solo entre 20 e 40 m de profundidade, em água residuária aplicada na área experimental ...	27
Figura 8	Carbono no solo nas camadas de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm, coletadas em 31 de janeiro de 2009 .....	28
Figura 9	Relação entre a altura média das plantas e os valores médios de água residuária aplicados na área durante o período experimental .....	30
Figura 10	Teores foliares de Nitrogênio na planta em função da água residuária total aplicada ao longo do experimento .....	32
Figura 11	Teores foliares de Magnésio na planta em função da água residuária total aplicada no período experimental .....	33
Figura 12	Teores foliares de Ferro na planta em função água residuária total aplicada ao longo do experimento .....	34
Figura 13	Teores foliares de zinco na planta em função da água residuária aplicada ao longo do experimento .....	35

Figura 1A	Lâmina para o bocal de 18 mm sujeito a pressão de 1,5 Kgf cm <sup>-2</sup> ....	49
Figura 2A	Lâmina para o bocal de 18 mm sujeito a pressão de 2,5 Kgf cm <sup>-2</sup> ....	49
Figura 3A	Lâmina para o bocal de 18 mm sujeito a pressão de 3,5 Kgf cm <sup>-2</sup> ....	50
Figura 4A	Lâmina para o bocal de 18 mm sujeito a pressão de 4,5 Kgf cm <sup>-2</sup> ....	50
Figura 5A	Lâmina para o bocal de 20 mm sujeito a pressão de 1,5 Kgf cm <sup>-2</sup> ....	51
Figura 6A	Lâmina para o bocal de 20 mm sujeito a pressão de 2,5 Kgf cm <sup>-2</sup> ....	51
Figura 7A	Lâmina para o bocal de 20 mm sujeito a pressão de 3,5 Kgf cm <sup>-2</sup> ....	52
Figura 8A	Lâmina para o bocal de 22 mm sujeito a pressão de 1,5 Kgf cm <sup>-2</sup> ....	52
Figura 9A	Lâmina para o bocal de 22 mm sujeito a pressão de 2,5 Kgf cm <sup>-2</sup> ....	53
Figura 10A	Lâmina para o bocal de 22 mm sujeito a pressão de 3,5 Kgf cm <sup>-2</sup> ....	53
Figura 11A	Lâmina para o bocal de 24 mm sujeito a pressão de 1,5 Kgf cm <sup>-2</sup> ....	54
Figura 12A	Lâmina para o bocal de 24 mm sujeito a pressão de 2,5 Kgf cm <sup>-2</sup> ....	54
Figura 13A	Lâmina para o bocal de 24 mm sujeito a pressão de 3,5 Kgf cm <sup>-2</sup> ....	55
Figura 14A	Lâmina para o bocal de 26 mm sujeito a pressão de 1,5 Kgf cm <sup>-2</sup> ....	55
Figura 15A	Lâmina para o bocal de 26 mm sujeito a pressão de 2,5 Kgf cm <sup>-2</sup> ....	56
Figura 16A	Lâmina para o bocal de 26 mm sujeito a pressão de 3,5 Kgf cm <sup>-2</sup> ....	56

## RESUMO

MARIANO, Daiane de Cinque, MS, Universidade Estadual de Maringá, março de 2009. **Análise de desempenho da produtividade na aplicação da água residuária de indústria de mandioca em cultivo *Brachiaria brizantha* cv. Mg-5.** Orientador: Prof. Dr. Altair Bertonha.

A reutilização de águas de indústrias alimentícias de origem vegetal, como fonte de água, nutrientes e matéria orgânica para o solo e plantas é uma prática tradicionalmente empregada na agricultura, pela sua analogia com a fertirrigação. Dentre as diversas águas residuárias (AR) aplicadas ao solo, tem-se a água oriunda das indústrias de mandioca, entretanto, sua aplicação, como da maioria das águas residuais, ainda requer determinação de parâmetros e padronização para sistematizar suas aplicações tanto para fins agrícolas quanto ambientais. No presente trabalho, avaliaram-se os efeitos da aplicação de água residuária de indústria de mandioca em *Brachiaria brizantha* cv. MG-5, com o emprego de um canhão hidráulico, tendo como tratamentos as lâminas de AR totais aplicadas a 5, 10, 20, 25, 30 e 35 m de distância do canhão. Na área experimental, foi aplicada AR de indústria de mandioca durante dez semanas durante 4 h contínuas por semana, por aplicação, totalizando 40 h de irrigação, durante os dias 20 de novembro de 2008 a 30 de janeiro de 2009, quando a pastagem foi cortada a 1 cm de altura do solo, pesada a biomassa, e retiradas amostras para avaliar sua massa seca e teor de nutrientes nas folhas. Os teores de nutrientes encontrados no solo e na planta de cada tratamento, bem como as análises da água residuária mostraram que existe correlação entre DQO e lâmina com a distância de aplicação da água residuária pelo canhão hidráulico. Para a massa seca, o coeficiente angular da curva obtido foi positivo demonstrando que esta aumenta com as lâminas crescentes de AR de indústria de mandioca. Todas as amostras de solo analisadas para a profundidade de 0 a 0,20 e 0,20 a 0,40 m apresentaram teores baixos de cálcio, magnésio, potássio, fósforo, nitrogênio. Na avaliação dos teores de nutrientes na planta apenas o potássio obteve teores acima da faixa recomendada para gramíneas.

Palavras-chave: água residuária, irrigação, massa seca.

## ABSTRACT

MARIANO, Daiane de Cinque, MS, State University of Maringá, March, 2009. **Productivity performance analysis in the application of wastewater from cassava industry in *Brachiaria brizantha* cv MG-5 cultivation.** Advisor: Prof. Dr. Altair Bertonha.

The reuse of water from food industries of vegetable origin, as a source of water, nutrients and organic matter for soil and plants is a practice traditionally used in the agriculture due to its analogy with the fertirrigation. Among the several waste water applied to the soil, there is the water from the cassava industries. However, its application, as most of the waste water still requests parameters determination and standardization to systematize both agricultural and environmental applications. In this research it was evaluated the effects of the waste water application from cassava industry in *Brachiaria brizantha* cv. MG-5, with use of a hydraulic sprinkler, having as treatments the total sheets of waste water applied at 5, 10, 20, 25, 30 and 35 meters of distance from the sprinkler. It was applied cassava waste water in the experimental area during 10 weeks, for 4 continuous hours a week, each application, totaling 40 hours of irrigation, from November 20, 2008 to January 30, 2009, when the pasture was cut to 1 cm of height from the soil, weighed its biomass, and collected samples to evaluate its dry mass and content of nutrients in the leaves. The contents of nutrients found in the soil and in the plant of each treatment, as well as the effluent analyses showed that exists correlation between DQO and sheet with the application distance of the waste water by the hydraulic sprinkler. For the dry mass, the angular coefficient of the curve obtained was positive, showing that it increases with the growing sheets of waste water from cassava industry. All of the soil samples analyzed for the depth from 0 to 0.20 and 0.20 to 0.40 m showed low contents of calcium, magnesium, potassium, phosphorus and nitrogen. In the assessment of the plants nutrients contents, only the potassium was with contents above the recommended for grassy.

Key-words: waste water, irrigation, dry mass.

# 1. INTRODUÇÃO

Conforme a Constituição Brasileira, o uso da água deve priorizar o consumo humano, seguida da utilização industrial e posteriormente para a irrigação. Não obstante, a agricultura é a atividade que notoriamente mais consome água com 70% do volume captado (CHRISTOFIDIS, 2001).

Apesar de não se tratar de uma prática comum no Brasil, a aplicação de águas residuárias no solo, via irrigação, pode ser uma maneira de reduzir a derivação direta dos corpos de água, aproveitando o potencial hídrico e nutricional presente. Desta forma, a natureza atua como potencial receptora de resíduos e geradora de riquezas, sobretudo ao explorar o sistema solo-planta.

A aplicação de águas residuárias, via água de irrigação, certamente é o sistema natural mais eficiente e de maior aproveitamento pela sua maior área superficial. Entretanto, a prática de reuso da água atua de forma positiva e negativa, dos quais se pode citar a racionalização de uso da água e de fertilizantes, formação de húmus e redução da poluição ambiental, e de forma negativa por meio do aumento das concentrações de sais e a presença de íons como cloretos, boro e principalmente sódio, além de aumentar o risco de contaminação dos produtos irrigados.

A matéria orgânica presente nas águas residuárias, quando em contato com o solo, pode humificá-lo ou mineralizá-lo pelas alterações químicas e biológicas. As alterações químicas e biológicas aumentam a CTC do solo e disponibilizam os minerais para as plantas, podendo atuar na recuperação nutricional dos solos agrícolas.

As consequências de se utilizar as diversas águas residuárias de matéria prima vegetal no solo, é que estas podem causar dispersão das argilas, desequilíbrio nutricional nas plantas, lixiviação de íons móveis como o potássio e contaminação dos corpos de águas superficiais e subterrâneos. As indústrias de mandioca geram grandes quantidades de resíduos líquidos, que segundo a

ABAM (2005) aumentou a produção de amido de 170.000 toneladas em 1990 para 546.500 toneladas em 2005, fato que acarreta um problema de produção de resíduos, cujo destino, na maioria das vezes, é em um corpo da água.

Apesar da distância da indústria até a área onde a água residuária será aplicada, ser um fator limitante, sabe-se que as pastagens cultivadas com *Braquiaria spp.*, no Brasil, totalizam cerca 40 milhões de hectares cultivados e na maioria das vezes nunca recebem ou receberão o mínimo de tratamentos culturais. Portanto, tem-se monocultura associada a um modelo de pecuária apoiada em solos com baixa disponibilidade de fósforo e nitrogênio, que resultam em degradação de grande parte dessas áreas. Esta planta caracteriza-se pela sua adaptabilidade às mais variadas condições de solos, desenvolvendo-se em solos pobres de cerrado sujeitos a secas estacionais. Tratam-se de espécies estoloníferas, e geralmente não apresentam limitações a doenças, seu crescimento é bem distribuído durante a maior parte do ano e são plantas tolerantes à toxidez por alumínio (Al). Portanto, pela utilização da água residuária de indústria de mandioca, pode-se colaborar positivamente com a planta e com o destino do líquido irrigante seguido de nutrientes.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da aplicação de água residuária de indústria de mandioca em *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 com o propósito de melhorar o rendimento da cultura. No decorrer do experimento, foram determinadas as características físico-químicas da água residuária utilizada; as características nutricionais e possíveis desequilíbrios no solo antes e após as irrigações; o efeito das aplicações e suas implicações no estado nutricional das plantas, na produção de matéria seca e no rendimento da cultura.



## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 REUSO DE ÁGUA NA AGRICULTURA

No Brasil, cerca de 5% da área total cultivada é irrigada (aproximadamente 3 milhões de hectares), sendo responsável por 16% da produção agrícola e representando 35% do valor total da produção (BRITO et al., 2002).

A irrigação de espécies forrageiras possui alto custo de investimento e operação do sistema, por esta razão na maioria das vezes, esta é utilizada na última etapa de um sistema agropecuário (VIANA et al., 2005). Quando se pretende implantar um sistema de reuso para fins agrícolas, torna-se essencial considerar muitos aspectos que englobam o interesse agrícola e sanitário, como por exemplo: necessidade de aplicação da espécie, resposta da forrageira à irrigação, os riscos de salinidade, contaminação por metais pesados, contaminação biológica, a potencialidade de lixiviação de elementos até os lençóis subsuperficiais e, leis ambientais (PAGANINI, 2003). Porém, as informações sobre a utilização das águas residuárias na agricultura, ainda são insuficientes, atuando de forma negativa no processo de elaboração de propostas eficazes para seu tratamento e utilização (PINTO et al., 2000).

#### 2.1.1 Água residuária de indústria de mandioca

Sabe-se que o processo de industrialização de mandioca gera um montante considerável de água residuária, de maneira que, uma tonelada de amido produzida geram aproximadamente 6,2 m<sup>3</sup> de águas residuárias (CEREDA, 2001). Já na década de 50, alguns pesquisadores alertavam do problema da poluição dos mananciais causados pelos despejos de resíduos de indústrias de mandioca (SILVA et al., 2003).

Os principais nutrientes presentes na composição destas águas são: o potássio seguido do nitrogênio e fósforo (SARAIVA et al., 2007). Para Silva et al. (2003), a composição química da manipueira, sustenta um potencial composto que pode ser utilizado como adubo, pela sua riqueza em fósforo, nitrogênio e, principalmente, potássio. Baseado nessa riqueza nutricional, Filho (1999) reutilizou água residuária tratada de modo planejado, para diversas finalidades, caracterizando-a para verificar os resíduos nelas existentes. Para Fioretto (2003), a composição química da manipueira é variável, e está correlacionada com as condições edafoclimáticas do local onde é cultivada. Conforme o autor, uma estimativa média da quantidade de macronutrientes e micronutrientes, na porção líquida originada na industrialização da mandioca, encontra-se na faixa de nitrogênio (N) com 150; fósforo (P) com 255,80; K 2002,70; cálcio (Ca) 252,4; magnésio (Mg) 442,25; ferro (Fe) 16,6; manganês (Mn) 5,65; zinco (Zn) 3,7; cobre (Cu) 0,90 e matéria orgânica (M.O) de 40.500 mg L<sup>-1</sup>.

Pela utilização da prática de irrigação, o período de utilização de uma pastagem pode ser aumentado. Ghelfi Filho (1972), estudando capim-elefante irrigado com quatro níveis de irrigação, citou a dificuldade de equilibrar a produção das pastagens no período de primavera/verão com as de outono/inverno e assim solucionar o problema da estacionalidade de produção e carências nutricionais.

O emprego da manipueira como adubo pode induzir a redução ou mesmo eliminar o seu despejo sem controle ao ambiente, possibilitando ao produtor aumento da produtividade semelhantes às aquelas alcançadas com adubação (FERREIRA et al., 2001). Estudos realizados por Vieites e Brinholi (1994) obtiveram respostas positivas na utilização da manipueira, nas doses de 60 e 120 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> associadas à adubação mineral, na cultura da mandioca, com aumento do comprimento e diâmetro das raízes e elevação da produtividade. Porém, os resultados obtidos por Fioretto (1994), ao estudar o efeito de cinco doses de manipueira na produção final na cultura da mandioca, apresentaram aumento na M.O., P e K no solo e reduziram a produtividade em relação à testemunha. Estes resultados negativos de produtividade ocorreram provavelmente pela presença de alta concentração de elementos fitotóxicos,

corroborando com Branco (1967), ao afirmar que a manipueira pode comportar-se como poluente com elevadas taxas de M.O. e concentração de compostos cianogênicos, merecendo maior atenção na sua utilização. Saraiva et al. (2007) obtiveram, a partir da utilização de manipueira, aumento médio de 11% nos teores de M.O. do solo, que indicaram elevação do nível de C, N e P no solo.

## 2.2 ASPECTOS FÍSICO-QUÍMICOS DAS ÁGUAS RESIDUÁRIAS

A demanda bioquímica de oxigênio (DQO) é um parâmetro utilizado para medir a quantidade de M.O. das águas naturais e residuais. No caso de resíduos, Hespanhol (2003) comenta que as águas residuárias para fins agrícolas devem possuir pH entre os limites 6,0 e 8,5, valores de DBO de até 30 mg L<sup>-1</sup> para irrigação de culturas consumidas cozidas e 10 mg L<sup>-1</sup> para plantas consumidas cruas, para não afetar a absorção de água pelas raízes das plantas.

Com relação à legislação, torna-se essencial ressaltar que esta não estabelece padrões para parâmetros, como demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), sólidos solúveis totais (SST) e coliformes fecais no corpo receptor, porém, determina que os lançamentos não devem alterar o seu enquadramento (TRENTIN, 2006).

## 2.3 ASPECTOS EDAFOLÓGICOS

### 2.3.1 Classificação do solo

A cor é, entre todas as características do solo, a de mais fácil visualização, conferindo-lhe importância muito grande, quer na identificação e delimitação de horizontes de um perfil, quer na distinção entre solos, por refletir diferenças constitucionais entre eles. Para fins de uniformização e maior objetividade na identificação das cores, usam-se escalas de padrões comparativos, sendo a mais empregada a Escala Munsell de cores para solos (VIEIRA; VIEIRA, 1983).

Sabe-se que as propriedades físicas do solo que influenciam diretamente no crescimento e desenvolvimento das plantas são: a temperatura, o potencial matricial da água no solo (água disponível), a aeração e a resistência do solo à penetração. O estudo destas interações torna-se essencial, pois o manejo do solo dependerá exclusivamente de suas propriedades (LETEY, 1985).

Os argissolos são solos comumente encontrados na topossequência no Paraná e caracterizam-se por constituição mineral, apresentando horizonte B textural com argila de atividade baixa logo abaixo do horizonte A. Os argissolos vermelho-amarelo possuem o matiz 5YR ou mais vermelho e mais amarelo que 2,5 YR na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B. O caráter distrófico ocorre quando o solo possui saturação por bases (V%) < 50%, na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B. Em geral, tratam-se de solos com pouca capacidade de reter água (EMBRAPA, 1999).

### **2.3.2 Lixiviação**

Existem três tipos de movimentos no solo, sendo eles: fluxo não-saturado, fluxo saturado e equalização de vapores. Os fluxos saturado e não-saturado abrangem a água no estado líquido, que é de importância fundamental para se entender como ocorre este movimento no solo. O fluxo de água em estado líquido se processa em função de um gradiente no potencial de água do solo. Portanto, o fluxo dirige-se da zona com potencial de umidade mais elevado para aquela com potencial mais reduzido, ocorrendo quando os poros na porção mais úmida dos solos estão completamente saturados de água. O fluxo não-saturado quando os poros estão parcialmente cheios de água, mesmo nas zonas mais molhadas. Desta forma, o fluxo de umidade é função das relações entre energia e água do solo (BRADY, 1989).

Alguns íons como o cloreto ( $\text{Cl}^-$ ), nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e boratos ( $\text{H}_3\text{BO}_3^-$ ), K, possuem facilidade em lixiviar rapidamente, causando perdas generosas em solos arenosos e com alta concentração pluviométrica. Elementos como o P ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ), Mo ( $\text{MoO}_4^-$ ), Fe, Mn, Cu, Zn, e Ni geralmente são retidos fortemente ou formam compostos de baixa solubilidade (SERRAT; MOTTA, 2006).

As perdas por lixiviação são importantes quando os elementos químicos ficam em grande proporção na solução do solo, podendo mover-se com água até profundidades fora do alcance das raízes das plantas. Sempre que existir diferenças de potencial hidráulico, a água no estado líquido, move-se de pontos de maior potencial para pontos de menor potencial (REICHART; TIMM, 2004).

### **2.3.3 Salinidade do solo e irrigação**

Solos salinos são solos que contêm uma concentração de sais neutros solúveis, em quantidades suficientes para interferir o pleno desenvolvimento da maioria dos vegetais (BRADY, 1989). Este processo depende da qualidade da água utilizada na irrigação, do seu manejo, da existência e do nível de drenagem natural e, ou, artificial do solo, da profundidade do lençol freático e da concentração original de sais no perfil do solo. Portanto, deve-se ter atenção especial nestes casos, pois, quanto maior a frequência de irrigação, menor será o efeito sobre a cultura, porém tem-se maior lixiviação, que acarreta maiores perdas de nutrientes essenciais. Portanto, torna-se imprescindível estudar o efeito da aplicação de nutrientes via água de irrigação (BERNARDO, 1996).

Paganini (2003) ressaltou que a salinidade da água proveniente de reuso, pode ser medida pela condutividade elétrica (CE), sendo relacionada de forma direta com a concentração de sais solúveis. Por esta razão, o autor determinou que, índices de salinidade e salinidade médias encontram-se nas faixas de 0 a 270 e 270 a 780  $\mu\text{S cm}^{-1}$ ; salinidades alta e muito alta estão entre 780 a 2340  $\mu\text{S cm}^{-1}$  e 2340 a 5470  $\mu\text{S cm}^{-1}$ ; valores acima destes são descritos como águas salinas extremamente altas.

## **2.4 O SOLO**

É de extrema importância o estudo das funções dos nutrientes na planta, para se conhecer como a planta transforma a luz em produtos orgânicos e/ou qual a participação dos elementos químicos neste processo. Este estudo pode atuar de forma positiva na avaliação do estado nutricional da planta e as suas implicações

nas características agrônômicas da cultura. Geralmente, é C (carbono), H (hidrogênio) e O (oxigênio), os quais constituem maior parte do peso da planta verde (PV) ou da matéria seca (MS) (MALAVOLTA et al., 1997).

Os macro e micronutrientes exercem funções específicas na vida da planta, classificadas como: função estrutural, em que o elemento faz parte da molécula de um ou mais compostos orgânicos; constituinte de enzima, os elementos fazem parte do grupo prostético de enzimas; e ativador enzimático, em que faz parte do grupo prostético o elemento, dissociável da fração proteica da enzima, que é necessário à sua atividade.

Serrat e Motta (2006) citam que dos elementos químicos que a planta absorve, 17 são essenciais, ou seja, na ausência de um ou mais destes a planta não completa seu ciclo. Sabe-se que é por meio da análise do solo que se determina o grau de suficiência ou deficiência dos nutrientes no solo ou condições adversas como, acidez e salinidade, que eventualmente podem prejudicar as plantas (MARQUES, 2006).

#### **2.4.1 Nitrogênio**

O N encontra-se no solo predominantemente em forma orgânica. Uma fração muito variável do teor total encontra-se nas formas inorgânicas de amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) e, principalmente nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). Este N inorgânico é resultante dos processos de mineralização da M.O., atuando em sentido favorável e desfavorável com a imobilização. A deficiência de N pode causar efeitos repentinos na limitação do crescimento, por exemplo, a ocorrência de estresse hídrico (RAIJ, 1991).

#### **2.4.2 Fósforo**

O P é um elemento de baixa mobilidade no solo e, na fase sólida do solo encontra-se combinado em compostos de Fe, Al e Ca e na M.O. A importância relativa dos compostos inorgânicos de P do solo é condicionada pelo pH, tipo e

quantidade de minerais existentes na fração argila. Sabe-se que o fosfato adicionado ao solo dissolve-se passando para a solução do solo, a maior parte do P passa para a fase sólida, onde se forma fosfato lábil, que gradativamente passa a fosfato não-lábil. O fosfato lábil pode redissolver caso haja queda do teor em solução para a manutenção do equilíbrio. A redução do teor em solução ocorre principalmente pela absorção das plantas (RAIJ, 1991).

As características físicas do solo são influenciadoras no teor de P-disponível. Conforme Comissão RS/SC (1995), os solos com 11 a 25% de argila, como os argissolos, apresentam faixas de teores de P no solo de 6,1 a 12,0% como baixo; 12,1 a 18,0% valores médios; > 18,0% suficiente e > 24,0% alto.

### **2.4.3 Potássio**

Entre os macronutrientes, depois do N, o K é o segundo elemento exigido pela maioria das plantas cultivadas (NACHTIGALL; RAIJ, 2005).

No Estado do Rio Grande do Sul, a disponibilidade de K em 14 solos apresentou dispersão na relação rendimento de matéria seca (MS) e a concentração de K no solo quando reunidos todos os solos, sendo somente 59% da variação explicada pela variação nos teores de K trocável dos solos.

A absorção do íon K pelas raízes das plantas é influenciada diretamente por outros cátions presentes na solução do solo, sendo, o Ca e o Mg. Uma observação importante evidenciou que aplicações leves de K e com maior frequência proporcionam, em geral, melhores resultados do que aquelas mais abundantes e menos frequentes (NACHTIGALL; RAIJ, 2005).

A Comissão de Fertilidade do Solo – RS/SC (1995) estabeleceu como nível de suficiência o teor de 61 a 80 mg L<sup>-1</sup> de K no solo estimado pelo extrator de Mehlich-1. Caso o teor no solo for inferior, define-se a classe de disponibilidade e indica-se a dose de adubação correspondente, mas se o teor for igual ou maior, indica-se uma dose de reposição para cada cultura específica. Conforme Serrat et al. (2006), sugerem-se parâmetros gerais médios para interpretação preliminar de K, em que: muito baixo teores < 0,10 cmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup>; baixo

0,10 a 0,15  $\text{cmol}_c \text{L}^{-1}$ ; médio 0,15 a 0,30  $\text{cmol}_c \text{L}^{-1}$ ; alto 0,30 a 0,40  $\text{cmol}_c \text{L}^{-1}$ ; e muito alto  $> 0,40 \text{cmol}_c \text{L}^{-1}$ .

Fioretto (2003), avaliando o efeito da manipueira sobre a produção final da cultura da mandioca, observou que doses muito elevadas de manipueira (maior que  $800 \text{Kg K}_2\text{O ha}^{-1}$ ) podem reduzir o conteúdo de carboidratos dos tubérculos, pela correlação negativa entre K e de MS dos tubérculos. Esta relação também depende da idade fisiológica dos tubérculos, já que, os tubérculos jovens contêm elevados teores de K, baixos de amido e elevados conteúdos de água.

Werner et al. (1986) destacaram que o K atua no processo de transformação de energia luminosa em energia química, elevando a assimilação de  $\text{CO}_2$ ; aumentando a translocação de carboidratos produzidos nas folhas para outros órgãos da planta; maior síntese de sacarose, amido, lipídeos, aminoácidos e proteínas; e a eficiência no uso da água, pelo melhor controle na abertura e fechamento dos estômatos; aumento da eficiência enzimática pelo aumento no suprimento de proteínas.

#### **2.4.4 Cálcio e Magnésio no solo**

O Ca possui efeitos no crescimento e desenvolvimento da planta, atrasando o amadurecimento, a senescência e a abscisão, altera as respostas geotrópicas, a fotossíntese e outros processos como a divisão celular, movimentos citoplasmáticos, aumentos do volume celular, desordens fisiológicas etc. O Ca é essencial para manter a integridade estrutural das membranas e das paredes celulares. Estímulos externos (luz, gravidade, mecânicos) e internos (hormônios) atuam sobre os mecanismos transportadores de Ca e modificam seu nível do citoplasma (MALAVOLTA et al., 1997).

A necessidade de Ca para a maioria das culturas não são elevadas e os teores existentes no solo em geral seriam suficientes. O limite mínimo de Ca no solo encontra-se bem abaixo de 2 ou 1  $\text{meq } 100 \text{cm}^{-3}$  (RAIJ, 1991). Para a Comissão – RS/SC (1995), os teores baixos compreendem valores  $\leq 2,0$ ; médios entre 2,1 a 4,0; alto  $> 4,0 \text{cmol}_c \text{L}^{-1}$ . Já Serrat et al. (2006) sugerem parâmetros



gerais médios para interpretação preliminar de Mg, em que: muito baixo teores < 1,0  $\text{cmol}_c \text{L}^{-1}$ ; baixo 1,0 a 2,0  $\text{cmol}_c \text{L}^{-1}$ ; médio 2,0 a 4,0  $\text{cmol}_c \text{L}^{-1}$ ; alto 4 a 6  $\text{cmol}_c \text{L}^{-1}$ ; e muito alto > 6,0  $\text{cmol}_c \text{L}^{-1}$ .

Os teores absolutos dos nutrientes seriam o fator principal a determinar a disponibilidade, podendo a relação com os demais cátions afetar esta disponibilidade, portanto, teores muito altos de Ca e Mg diminuem a disponibilidade de K e teores altos de K podem agravar a deficiência de Mg. O Mg pode ser ou não fornecido pela calagem, assim, para a maioria das culturas é possível que teores de 0,4 meq  $100 \text{cm}^{-3}$  sejam suficientes (RAIJ, 1991). Para a Comissão – RS/SC (1995), os teores baixo compreende valores  $\leq 0,5$ ; médios entre 0,6 a 1,0; alto > 1,0  $\text{cmol}_c \text{L}^{-1}$ .

Serrat et al. (2006) sugerem parâmetros gerais médios para interpretação preliminar de Mg, em que: muito baixo teores < 0,3; baixo 0,3 a 0,4; médio 0,4 a 0,8; alto 0,8 a 1,0; e muito alto > 1,0.

De maneira geral, faz-se necessário o monitoramento da fertilidade do solo antes e após a aplicação do efluente, já que, Fioretto (2004), estudando a avaliação do efeito da aplicação de duas doses de manureira sobre um solo tipo TE (distrófico, textura argilosa), observou acréscimo do íon K, que implicou em desequilíbrio de cátions básicos no solo. Isto principalmente pelo aumento de saturação desse elemento e a predisposição à lixiviação do Ca e Mg. Em outro trabalho, Fioretto (2003) observou que para uma dosagem de 80  $\text{m}^3 \text{ha}$  de manureira e precipitação acumulada de 333 mm, o efeito residual da aplicação foi observado até 60 dias e, com o dobro da dose este efeito interferiu por mais 90 dias, o que pode causar indisponibilidade de Mg para as plantas, induzida pelo excesso de potássio.

## 2.5 A PLANTA: *BRACHIARIA BRIZANTHA* CV. MG-5

### 2.5.1 Morfologia da planta

A *Brachiaria brizantha* (Hochst ex A. Rich) Stapf. trata-se de uma espécie originária da África Tropical, que apresenta os seguintes caracteres

vegetativos: planta perene, subereta, ligeiramente geniculada, pouco radicante nos nós inferiores, 1,0 a 1,5 m de altura. Rizomas curtos, de 3 a 5 cm de comprimento, coberto de escamas amareladas e brilhantes; nós glabos, salientes. Folhas glabas ou pouco pilosas. Agronomicamente, trata-se de uma planta que suporta solos secos e úmidos, possui produtividade de 8 a 10 t MS ha ano<sup>-1</sup> e possui proteína bruta (MS) de 10,7% (MITIDIERI, 1983).

A *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 é considerada a mais resistente à seca e ao frio, vegeta tanto em solos úmidos quanto secos, e não exige muita fertilidade (SALERNO et al., 1990; ALCÂNTARA; BUFARAH, 1992).

### 2.5.2 Características

O gênero *Brachiaria* spp. é uma planta indispensável para o pasto, pois após sofrer o corte raso, rebrota, o que a torna conhecida como plantas pratenses, pela sua capacidade de diversas vezes, durante um ano, de acumular em suas raízes (e nas bases dos seus talos) reservas suficientes que permitirão um novo rebrote depois de cada corte (VOISIN, 1974).

O clima exerce influência fundamental sobre a distribuição e o crescimento das plantas forrageiras (SÓRIA, 2005). O exame do clima de uma região é fundamental para conhecer as suas oscilações, intensidade e distribuição durante o ano, para assegurar se apresenta ou não boas condições para o crescimento de uma boa forrageira. O solo, em conjunto com o clima e seus fatores, é um dos principais responsáveis pela abundância e qualidade das forragens (CORRÊA, 1996).

Para as *Brachiaria* spp., a média de precipitação anual exigida é de aproximadamente 1.000 mm, sendo considerada uma espécie bastante tolerante. Portanto, a irrigação de pastagem pode atuar como uma prática de manejo, com o objetivo de eliminar o déficit hídrico, durante os veranicos de verão, proporcionando economia, quando associada ao uso de fertilizantes (VIANA, 2005).

Para realizar a estimativa da produção das gramíneas, remove-se a água de uma amostra de forragem por meio da secagem, permanecendo somente uma fração sólida, que pode ser convertida em nutrientes. Esta fração é denominada de MS, e as comparações de produção entre plantas forrageiras são sempre feitas com base neste parâmetro (EMBRAPA, 2009).

As pastagens alcançam produção máxima na primavera e no início do verão. Logo, segue um período de baixa produção e um pequeno aumento no outono, seguindo por um período latente no inverno. Os pastos tropicais possuem conteúdo baixo de proteína bruta (PB) e alto de fibras, em comparação com os pastos das zonas temperadas. Entretanto, o rendimento de MS das espécies tropicais ultrapassa consideravelmente a dos pastos de zonas temperadas (McILROY, 1976). Costa (1995), trabalhando com capim-Marandu, concluiu que a melhor idade de corte que visa conciliar melhor produção de MS e teores de PB situa-se entre 56 e 70 dias de crescimento vegetativo. Para melhor intervalo de corte da *Brachiaria brizantha* para pastejo varia entre 30 e 35 dias (CORRÊA, 1999).

Outra forma de avaliar a quantidade de forragem é pela altura do dossel, que determina a quantidade da forragem de uma área. Hodgson (1990) cita que a altura de dossel é uma das medidas que melhor fornece indicação da produção de forragem relacionada com o desempenho do animal em circunstâncias particulares, e padrões mais consistentes de respostas em variadas condições.

### **2.5.3 Macronutrientes e micronutrientes na planta**

Conforme Malavolta et al. (1997), a diagnose foliar é um método de avaliação do estado nutricional das plantas. Os elementos podem mostrar mobilidade diferente na planta, onde são classificados em móveis (N, P, K, Mg, Cl, Mo), pouco móveis (S, Cu, Fe, Mn, Zn) e imóveis (Ca, B). Essa mobilidade maior ou menor tem relevância prática, pois quando ocorre diminuição no suprimento de nutrientes, começam a aparecer os sinais de carência dos

elementos móveis e pouco móveis nas folhas velhas e dos elementos imóveis nas folhas e nos órgãos mais novos.

Malavolta (1979) discutiu a importância dos macronutrientes e suas respectivas funções, nas quais, o íon N atua no metabolismo da planta e compostos; o P atua no armazenamento e transferência de energia estrutural; K relaciona-se na abertura e fechamento de estômatos, síntese e estabilidade de proteínas e carboidratos e, relações osmóticas; o Ca atua na ativação enzimática, parede celular, permeabilidade; o Mg está envolvido com a ativação enzimática, estabilidade de ribossomos e fotossíntese.

Os teores de macronutrientes considerados adequados por Werner et al. (1996) e Silva (1999), são: N de 13 a 20 g Kg<sup>-1</sup>; P de 0,8 a 3 g Kg<sup>-1</sup>; K de 12 a 30 g Kg<sup>-1</sup>; Ca de 3 a 6 g Kg<sup>-1</sup>; e Mg de 1,5 a 4,0 g Kg<sup>-1</sup>.

Para o íon K, Pearson e Ison (1997) afirmam que sua recuperação é maior quando aplicado sobre pastagens constituídas por gramíneas do que quando em sistemas de produção em que o solo é arado; para o caso de gramíneas, a quantidade de K recuperado pelas plantas pode chegar a 90% da quantidade aplicada g Kg<sup>-1</sup>. Manter os íons em teores adequados é muito importante para a produtividade, pois, Mattos e Monteiro (1998) mostraram os efeitos positivos das doses do íon K na produção de MS e afirmaram que os valores máximos de produção de MS são atingidos com doses de K entre 365 e 399 mg L<sup>-1</sup>. Freire et. al (2005), no entanto, concluíram que, para a *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, a deficiência de K não está relacionada com a redução do crescimento desta gramínea, no que diz respeito à produção de MS e ao número de perfilhos. Guimarães (2000), verificou que os teores de K na MS das folhas de *Echinochloa pyramidalis* Hitchcock & Chase, *E. polystachya* Rojas, *Brachiaria mutica* (Forsk.) Stapf. e *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick. diminuíram com o aumento das saturações por bases de 0%, 30%, 50%, 70% e 90%.

Em seus estudos, Costa (2007) não obteve efeito significativo da aplicação da manipueira sobre os teores de K e Mg na área foliar da cultura da mandioca, em solos de classe textural arenosa, areno-argilosa e argilosa. Porém,

obteve resultados significativos do teor de N das plantas cultivadas em solo de textura arenosa a partir da dose 260 mL Kg<sup>-1</sup> de solo de manipueira.

Foloni et al. (2008) verificaram que a *Braquiaria brizantha* apresentou alto desempenho em absorver P mesmo na ausência de adubação fosfatada, e foi a única espécie estudada que apresentou teores de P na fitomassa dentro dos limites considerados de suficiência nutricional.

Os micronutrientes conhecidos como elementos-traço ou minerais-traço, também são essenciais para a cultura, de forma que, mesmo que requeridos em quantidades extremamente pequenas por culturas, podem atuar como limitante da produção (GUPTA, 2001).

A duração do período de crescimento que afeta a maturidade da planta pode influenciar na concentração de micronutrientes nas forrageiras, desta forma, Castro et. al (1998) avaliaram os micronutrientes B, Cu, Fe, Mn e Zn em função da idade de corte das plantas de *Cynodon nlemfuensis* cv. Florico (dos 20 aos 70 dias) e obtiveram significativas reduções somente nas concentrações de Fe, Mn e de Zn com o avanço da idade do capim.

Conforme Motta et al. (2007) e Malavolta (1979), as funções dos micronutrientes são: as funções do Fe vão desde a síntese de clorofila e proteínas até atuações no crescimento apical das raízes. Trata-se de um constituinte de sistemas enzimáticos, como: transporte eletrônico, citocromo, redução do nitrato e do sulfato, fixação simbiótica do N; já o cobre é absorvido pelas plantas na forma de Cu<sup>+2</sup> e como quelatos solúveis. Participa do processo fotossintético e no transporte de elétrons. Suas funções abrangem, além da lignificação da parede celular, os metabolismos de proteínas, carboidratos e de fixação simbiótica do nitrogênio, fotossíntese (polifenoloxidase) e em enzimas (plastocianina, azurina, estelacianina, umecianina); o Zn é absorvido pelas raízes como Zn<sup>+2</sup>. Entre o Zn e o Cu existe uma concorrência iônica, em que ao aumentar o suprimento de Zn, o teor de Cu no tecido pode cair, e a absorção de Fe e seu transporte pode ser fortemente inibidos. É essencial para a síntese do triptofano, inibe a RNA-se, ativa a anidrase carbônica e, participa da estrutura da dismutase de superóxido; o Mn atua no processo fotossintético e no metabolismo de ácidos orgânicos.

Motta et al. (2007) citaram que um indicativo da diferença de absorção de micronutrientes, em pasto, está na ordem de 35 a 571 mg Kg<sup>-1</sup> de Fe; 35 a 793 mg Kg<sup>-1</sup> de Mn; 9,5 a 67,5 mg Kg<sup>-1</sup> de Zn; 1,5 a 17,1 mg Kg<sup>-1</sup> de Cu. Porém, para Werner et al. (1996) e Silva (1999), os teores considerados adequados para as forrageiras são: 50 a 250 mg Kg<sup>-1</sup> de Fe; 4 a 12 mg Kg<sup>-1</sup> de Cu; 20 a 50 de Zn; 40 a 250 mg Kg<sup>-1</sup> de Mn.

Variações nos teores foliares entre 152 a 280,5 mg Kg<sup>-1</sup> de Fe, 81,9 a 170,5 mg Kg<sup>-1</sup> de Mn, 11,9 a 15,5 mg Kg<sup>-1</sup> de Cu e 60,5 a 139,3 mg Kg<sup>-1</sup> de Zn foram observadas para 15 cultivares de bermudagrass [*Cynodon dactylon* (L.) Pers.] pela adição de altas dose de N e K (McCRIMMON, 2000).

Estudos apresentados por Morikawa (1993) revelam que as limitações nutricionais de B, Cu e de Zn em um latossolo para *Brachiaria brizantha* e *Andropogon gayanus*, que antes apresentava (0 a 0,20 m) teor de B de 0,3 mg dm<sup>-3</sup>, e teores de Cu e Zn de 1,9 e 1,1 mg dm<sup>-3</sup>, não apresentaram variações significativas nas concentrações destes três micronutrientes na porção aérea das gramíneas. Entretanto, Costa et al. (2007) concluíram que as concentrações de K, Ca, Mg, S, Zn e Mn na MS, avaliadas durante os 15, 20, 30 e 60 dias, não foram influenciadas pelos intervalos de corte estudados, porém, para o P e o Cu obtiveram resultados significativos conforme aumentaram-se os intervalos de cortes para 30 e 60 dias.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho avaliou a aplicação de água residuária de indústria de mandioca e as possíveis alterações nas propriedades químicas do solo e da planta, bem como na produtividade de matéria seca (MS) da *Brachiaria brizantha* cv. MG-5, implantada em fevereiro de 2007, com pastoreio até agosto de 2008, sem adubação de reposição. A aplicação da água residuária se deu entre os dias 20/11/2008 a 30/1/2009.

#### 3.1 DETERMINAÇÃO DA ÁGUA RESIDUAL UTILIZADA NA IRRIGAÇÃO

A água residuária utilizada foi derivada da primeira lagoa de um sistema de tratamento da indústria de mandioca e recalçada por um conjunto moto-bomba e uma rede de tubos de PVC azul de 100 mm PN 80.

A aplicação de água residuária de indústria de mandioca (AR) foi realizada com um canhão hidráulico fixo cujas características de pressão vazão e raio molhado encontram-se na Tabela 1 e no Apêndice A. Optou-se pelo bocal de 18 mm de diâmetro, operando com pressão de 4,5 Kgf cm<sup>-2</sup> por ser a relação pressão vazão que, mantendo um raio de 30 m de aplicação apresentou maior desuniformidade de aplicação e o número de tratamentos desejado.

Tabela 1 – Vazões obtidas em cada bocal, em função da pressão e do seu diâmetro.

Pressão (Kgf cm <sup>-2</sup> )	Vazão (L s <sup>-1</sup> )				
	Bocal (mm)				
	18	20	22	24	26
0,50	1,4	1,7	2,8	3,3	4,2
1,00	2,0	3,0	4,1	4,6	6,7
1,50	2,5	3,7	5,0	5,9	8,2
2,00	3,0	4,5	5,7	6,8	9,5
2,50	3,3	5,1	6,3	7,4	10,8
3,00	3,6	5,8	7,1	8,0	11,6
3,50	4,0	6,2	7,5	8,8	
4,00	4,4	6,6	8,1	9,7	
4,50	4,7	6,9	8,6	10,3	
5,00	5,0	7,1	9,0		

A área experimental foi irrigada durante dez semanas, 4 h semanais, totalizando 40 h de irrigação, no período de 20 de novembro de 2008 a 23 de janeiro de 2009.

Antes da instalação do experimento (1/10/2008), coletaram-se amostras da parte aérea das plantas, aleatoriamente, formando uma amostra composta de aproximadamente 200 g de material fresco da gramínea para a análise química, conforme Oliveira et al. (1991).

As coletas da água residuária, para fins de determinação da lâmina aplicada e DQO, foram realizadas com o auxílio de coletores, dispostos em três raios com 45° entre si, espaçados a 5, 10, 15, 20, 25 e 30 m de distância do canhão ao longo de cada raio (Figura 1). As coletas realizadas para a determinação nutricional da gramínea e do solo antes e após a aplicação da AR, foram realizadas nos mesmos raios e espaçamento utilizados para a coleta do efluente.

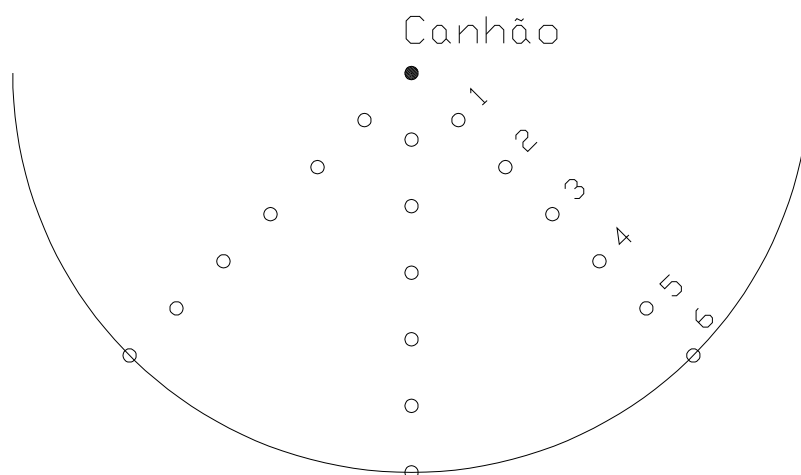


Figura 1 – Disposição dos coletores ao longo dos três raios.

Com o objetivo de se conhecer a composição química da AR utilizada no experimento, foi realizada a análise química da amostra coletada junto ao canhão, cujo resultado se encontra na Tabela 2.



Tabela 2 – Resultado da análise da água residuária de indústria de mandioca junto ao canhão. Data da coleta: 30/1/2009. Data da análise: 5/2/2009.

N	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	C	Cu	Fe	Mn	Zn	pH
mg L <sup>-1</sup>										
168,00	13,30	91,80	21,35	13,23	3500,00	0,06	4,94	0,37	0,11	5,61

Comparando-se a AR utilizada na área experimental e a manipueira avaliada por Fioretto (2003), tem-se que a AR encontra-se mais diluída que a manipueira. Isso aconteceu porque a água utilizada não era composta apenas da manipueira proveniente do processo de prensagem das raízes da mandioca, mas da água do processo completo de industrialização da fécula de mandioca como: lavagem das raízes, prensagem, lavagem dos equipamentos etc.

Os valores de DQO encontrados nos tratamentos dispostos ao longo dos três raios encontram-se no Apêndice B.

### 3.2 CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DO LOCAL DURANTE O EXPERIMENTO

Os dados climáticos locais, no decorrer do experimento, foram registrados pela estação Automática de Cidade Gaúcha - PR (INMET), conforme mostrado nas Figuras 2 e 3.

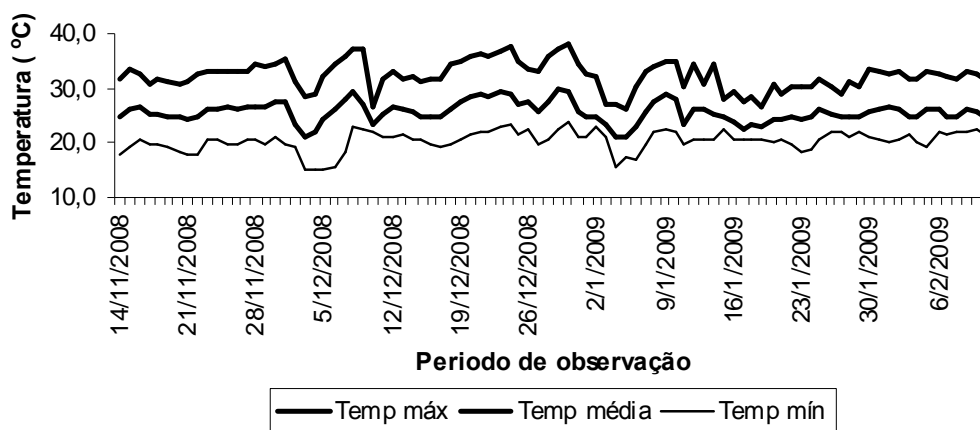


Figura 2 – Temperaturas registradas no município de Cidade Gaúcha- PR, durante o período de 14/11/2008 a 11/2/2009.

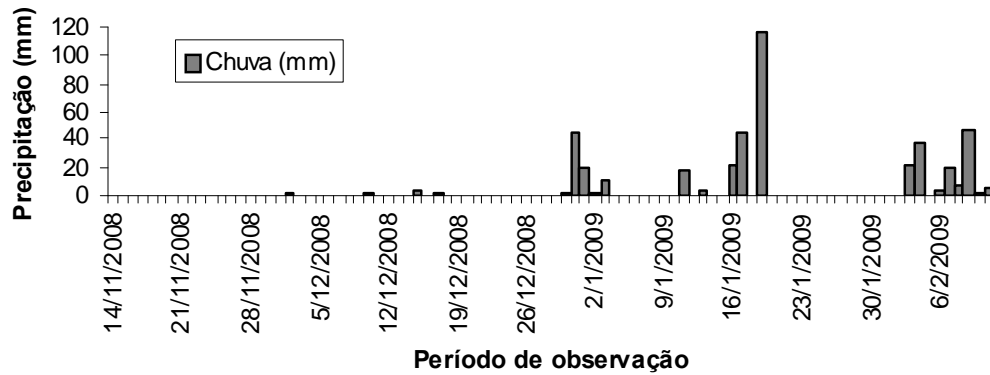


Figura 3 – Precipitação pluviométrica ocorridas no município de Cidade Gaúcha-PR, durante o período de 14/11/2008 a 11/2/2009.

### 3.3 ESTUDO DO SOLO DURANTE O EXPERIMENTO

#### 3.3.1 Classificação do solo

Primeiramente, realizou-se a amostragem para fins de classificação, que compreendeu a retirada de amostras na área do experimento, observando o perfil do solo, nos intervalos de 0 a 20 cm, 20 a 40 cm e a 100 cm (horizonte diagnóstico B) em uma trincheira testemunha. As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Agroquímica e Meio-Ambiente do Departamento de Química da Universidade Estadual de Maringá (Maringá-PR) e as análises granulométrica no Laboratório de Mecânica dos Solos no Departamento de Engenharia Civil (UEM, Maringá-PR). A Tabela 3 mostra algumas das características físico-químicas do solo da área experimental.

O solo foi caracterizado como Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, de acordo com a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (EMBRAPA, 1999). A cor foi avaliada pela Escala Munsell de Cores (MUNSELL SOIL COLOR CHARTS, 2000).

Tabela 3 – Algumas características físico-químicas do solo presente na área experimental.

Horiz	Prof. (cm)	Composição Granulométrica da Terra Fina (%)				Complexo Sortivo (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )					%		
		Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	H <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	S	T	V
Ap	0-20	49,76	41,55	2,12	6,58	0,72	0,21	0,06	3,01	0,25	0,99	4,25	23,27
Bt2	100	41,82	40,39	0,89	16,90	1,04	0,11	0,00	2,01	0,20	1,15	3,36	34,19

### 3.3.2 Determinação da fertilidade do solo

Para a determinação da fertilidade do solo foram coletadas amostras simples, padronizadas com a ajuda de um trado Holandês, em 19 pontos na camada arável de 0 a 20 cm e mais 19 pontos na profundidade de 20 a 40 cm. As análises das amostras retiradas no início do experimento foram realizadas pelo Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá (Maringá-PR); as análises finais foram realizadas no Laboratório de Agroquímica e Meio-Ambiente do Departamento de Química da Universidade Estadual de Maringá (Maringá-PR). Os resultados das análises físico-químicas, dos pontos avaliados, para fins de fertilidade e classificação, encontram-se no Apêndice B.

### 3.3.3 Massa seca (MS) e altura da planta

A área experimental foi uniformizada com um corte de nivelamento no dia 20 de novembro de 2008. No período de 20 de novembro de 2008 a 7 de fevereiro de 2009, observou-se a altura de planta em função das aplicações de AR. A quantificação da produção MS foi realizada no dia 30/1/2009, utilizando-se de amostras do capim cortado a 1 cm do solo em uma área de 0,16 m<sup>2</sup> com tesouras de poda. As amostras foram colocadas em sacos de papel e levadas para uma estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 65°C, onde permaneceram até obter massa constante. Em seguida, foram pesadas para avaliação da produtividade de MS. Durante o período de crescimento vegetativo

foi medida a altura das plantas com uma trena nos dias 18/12/2008, 8/1/2009, 24/1/2009 e 30/1/2009 respectivamente.

A MS foi obtida segundo Toledo, (1982), por meio da seguinte equação:

$$MS = \frac{PF \times ps}{pf} \quad (1)$$

em que:

*MS* - produção de massa seca;

*PF* - peso da amostra fresca total;

*ps* - peso da subamostra seca;

*pf* - Peso da subamostra fresca.

Os resultados da avaliação da MS foram expressos foram transformados em toneladas por hectare ( $t \text{ ha}^{-1}$ ).

### 3.3.4 Análise de nutrientes da planta

Foi coletada uma amostra composta das folhas da gramínea no início do experimento e uma de cada parcela experimental ao final do experimento. As análises foram analisadas respectivamente no Laboratório de Nutrição de Plantas da Universidade Estadual de Maringá e no Laboratório de Agroquímica e Meio-ambiente da Universidade Estadual e Maringá (Maringá-PR), para a avaliação nutricional, conforme Embrapa (1997). Para avaliar a extração dos nutrientes do solo pelo capim, foi calculada a eficiência de absorção dos nutrientes por este que consiste na porcentagem de acréscimo dos nutrientes em relação à testemunha, conforme Equação 2.

$$Ear = \left( \frac{Ni - Nt}{Nt} \right) . 100 \quad (2)$$

em que:

*Ear* - a eficiência relativa de absorção dos nutrientes pelo vegetal, %;

$N_i$  - o teor de nutriente na folha do capim, após a colheita,  $\text{g kg}^{-1}$ ;

$i$  - tratamento, mm;

$N_t$  - o teor do nutriente na folha do capim após a colheita, no tratamento testemunha,  $\text{g kg}^{-1}$ .

Os resultados das análises encontram-se dispostos no Apêndice B.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 DETERMINAÇÃO DA ÁGUA RESIDUAL UTILIZADA NA IRRIGAÇÃO

Observa-se na Figura 4 que a tendência da água residuária aplicada (L), em relação à distância do raio molhado do jato do canhão, diferiu da DQO resultando em um efeito sobre a produtividade de MS do capim estudado, que apresentou tendências semelhantes, porém, este fato não ocorreu na relação da MS com a DQO.

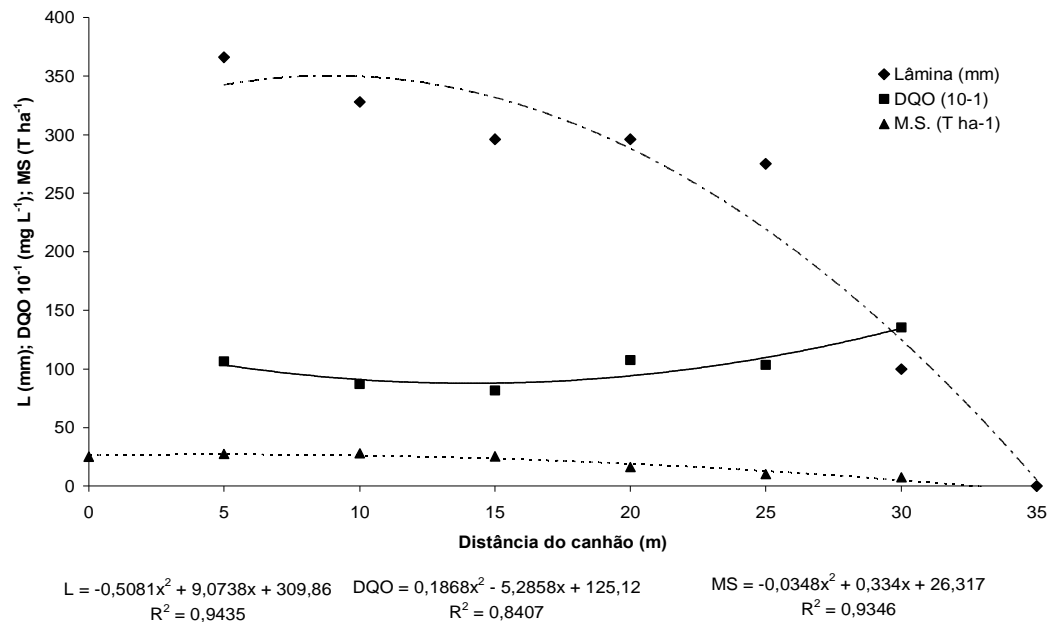


Figura 4 – Relação entre a DQO, água residuária aplicada e MS em função da distância percorrida pela AR ao longo canhão.

Tomando-se a DQO como medida de teor de M.O. da AR, principalmente por que foi derivada da primeira lagoa do sistema de tratamento, observou-se que a produtividade do capim decresce a partir de 15 m de distância do canhão e que a água residuária total aplicada e DQO máximas estimadas ocorreram respectivamente a 16 e 26 m do canhão.

As diferenças nos valores da DQO e da água residuária aplicada em função da distância do canhão ocorreram pela dispersão da água residuária, ocasionado pelo vento e pela diferença de massa específica entre a M.O. e a água presentes na AR. Os ajustes polinomiais e seus termos foram significativos tanto para DQO quanto para a água residuária aplicada em função da distância do canhão, para  $p < 0,05$  (Apêndice C - a e b).

Com os dados das equações de regressão ajustados e apresentados na Figuras 4, observa-se que a máxima produtividade de MS do capim, ocorre a 14,6 m de distância do canhão e que os valores máximos de água residuária aplicada ocorreram a 15 m do canhão enquanto a DQO máxima foi aplicada a 26 m de distância do canhão.

De posse destas observações, procurou-se avaliar as relações da MS e da DQO em função da água residuária aplicada (Figura 5) onde se observou que a MS foi diretamente proporcional à água residuária total aplicada, mas não foi ao avaliar-se em relação à água residuária total aplicada com a DQO, o que ocorreu pelo método de aplicação empregado. Tanto as equações de regressão polinomial apresentadas na Figura 5 quanto seus termos foram significativos para  $p < 0,05$  (Apêndice C - c e d).

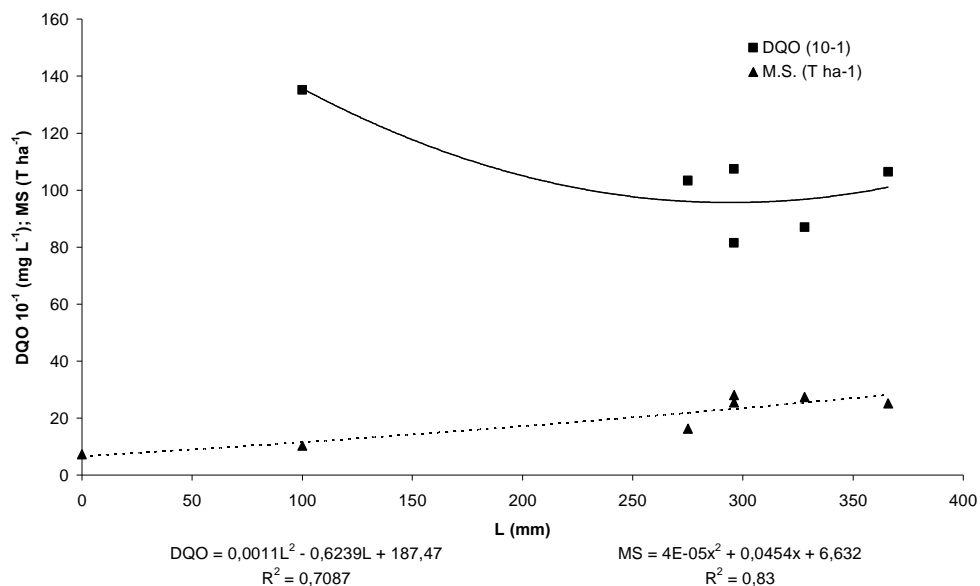


Figura 5 – Relação entre DQO e MS em função da água residuária aplicada na área experimental durante o período estudado.

Estudos que corroboram com os resultados encontrados por e Vieites e Brinholi (1994) quando observaram respostas positivas na utilização da manipueira, nas doses de 60 e 120 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> associadas à adubação mineral, na cultura da mandioca, com aumento do comprimento e diâmetro das raízes e elevação da produtividade. Ao contrário de Fioretto (1994), estudando o efeito de cinco tratamentos (0, 80, 120, 160 e 200 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) na mesma cultura, verificou que todos os tratamentos que receberam manipueira produziram menos que a testemunha.

#### 4.2 INFLUÊNCIA DA LÂMINA DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE INDÚSTRIA DE MANDIOCA APLICADA NO SOLO

Nas Figuras 6 e 7, encontram-se as relações entre os íons do solo, na profundidade 0 a 20 e 20 a 40 cm de profundidade em 30 de janeiro de 2009, após o corte em função água residuária aplicada no período experimental.

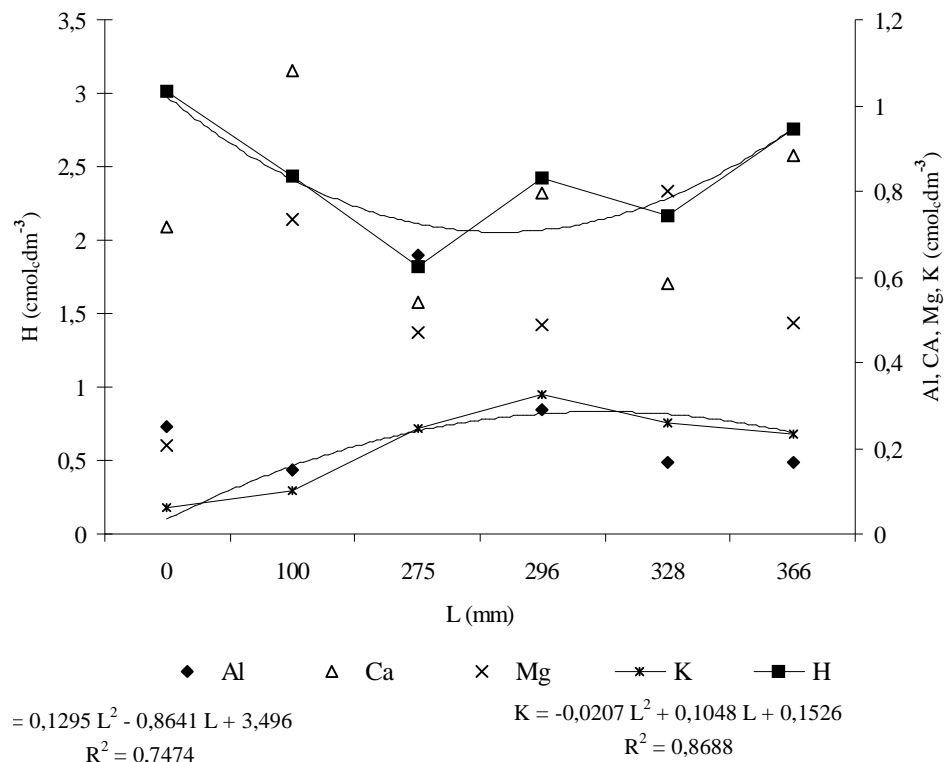


Figura 6 – Teores de Al, Ca, Mg, K, H no solo até 20 cm de profundidade, em função água residuária aplicada na área experimental.



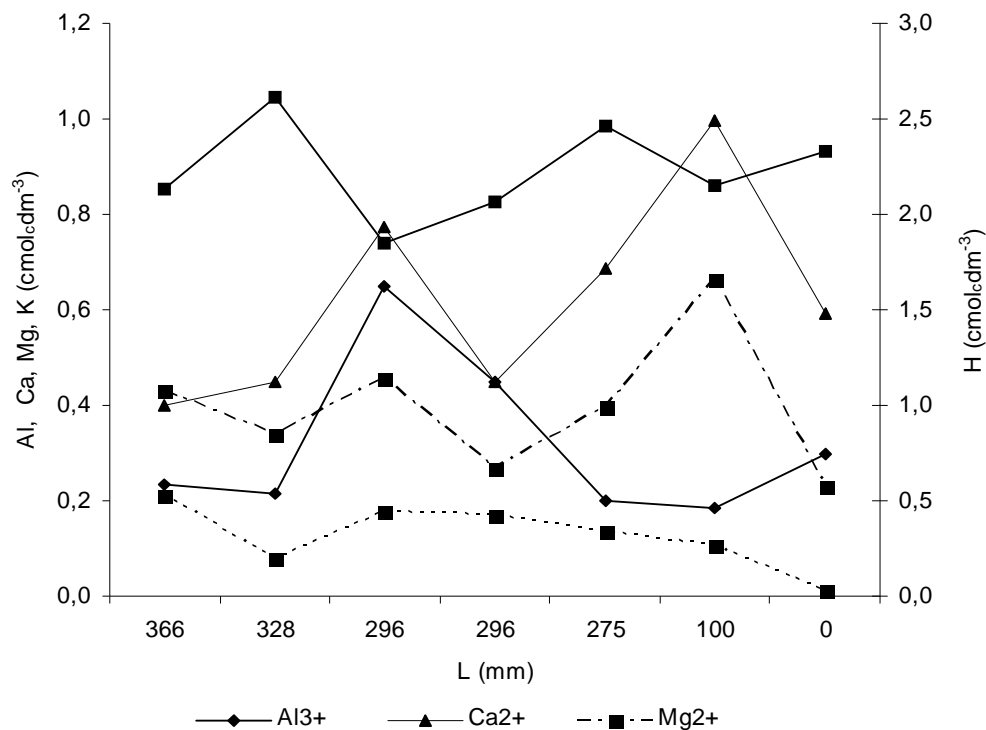


Figura 7 – Teores de Al, Ca, Mg, K, H no solo entre 20 e 40 m de profundidade, em água residuária aplicada na área experimental.

Não foi possível ajustar equações de regressão para os teores de Al, Ca e Mg em função da água residuária aplicada, no entanto observou-se, na Figura 6, que os teores de K e Mg foram maiores que a testemunha para todos os valores de água residuária total aplicada, o teor de Al foi maior que a testemunha para o tratamento 275 mm e o teor de Ca foi menor que a testemunha para os tratamentos 328 e 275 mm. Fatos semelhantes foram observados por Silva et. al (2003) quanto à composição da manipueira e de sua ação no solo visto que esta é rica em N, P e, principalmente, em K.

Ao comparar-se os valores obtidos com os valores médios dos teores de cátions encontrados nos argissolos, tem-se que os teores de Ca encontram-se abaixo dos valores médios, e os de Mg em torno da média dos respectivos teores para este solo que são respectivamente de 2,0 a 4,0 e de 0,6 a 1,0  $\text{cmol}_c \text{ Kg}^{-1}$  para Ca e Mg e para o K no solo, os valores considerados como médio encontram-se na faixa de 0,1 a 0,3  $\text{cmol}_c \text{ Kg}^{-1}$ , que conforme Sengik (2003), coincidem com os

encontrados no final do experimento, porém, apresentaram valores maiores que a testemunha.

Outro parâmetro importante para os solos é o teor de M.O., indiretamente estimadas pelo teor de C mineral contido no solo na camada explorada pelas plantas, entre 0 e 0,40 m de profundidade.

Observou-se na Figura 8 que o teor médio de C no solo aumenta linearmente entre 0 e 328 mm em relação à água residuária aplicada na camada de solo até 20 cm de profundidade, não ocorrendo fato semelhante de 20 a 40 cm de profundidade, porém os resultados não se ajustaram a nenhuma equação de regressão em consequência da variação dos dados observados. Entretanto, em ambas as profundidades, os teores de C mineral foram maiores que os encontrados na testemunha, com exceção do tratamento 275 e 366 mm para a camada de solo de 20 a 40 cm de profundidade em valores absolutos.

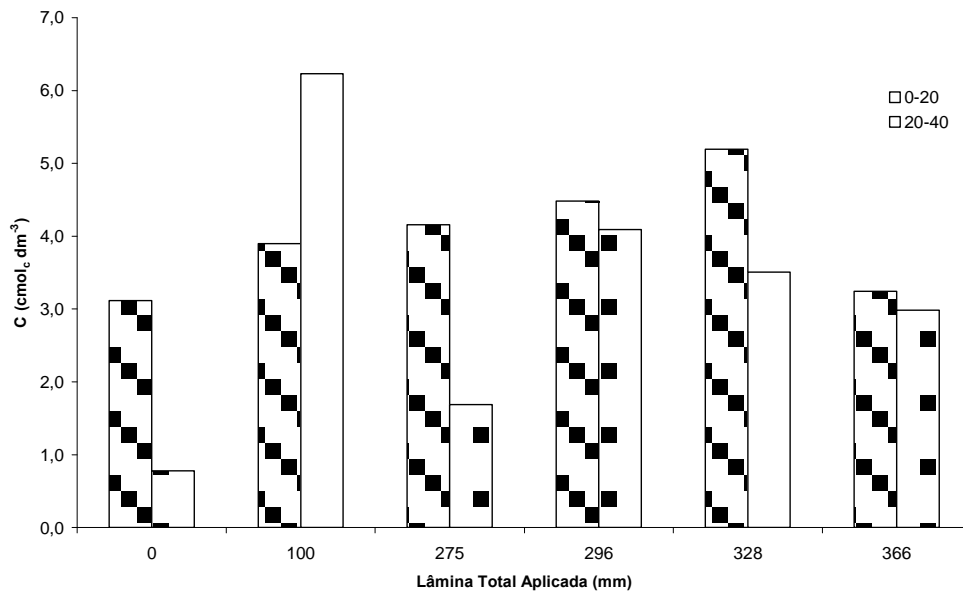


Figura 8 – Carbono no solo nas camadas de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm, coletadas em 31 de janeiro de 2009.

Este fato pode ser explicado pela baixa mineralização da M.O. aplicada com a AR total pelo curto período de tempo das avaliações. Outra hipótese é que

o solo possa ter atuado como filtro da M.O. na superfície, agravado pelo fechamento da cultura que dificultou a infiltração. Os resultados obtidos mostraram que a aplicação da água residuária aumentou o teor médio de C no solo quando comparados com a testemunha, conforme também observou Saraiva et al. (2007).

#### 4.3 ALTURA DA *BRACHIARIA BRIZANTHA* CV MG-5 AO LONGO DO EXPERIMENTO EM FUNÇÃO DA LÂMINA MÉDIA DE IRRIGAÇÃO APLICADA

Notou-se na Figura 9 aumento na altura entre a testemunha e as demais parcelas que receberam lâminas médias de AR durante quatro avaliações no decorrer do experimento. Observou-se que, nas três primeiras avaliações, a altura da planta cresceu com o aumento de AR aplicada e que na avaliação do dia 30/1/2009 a altura da planta atingiu altura máxima estimada com a equação de regressão de 153 cm, com valores médios de AR aplicada semanal de 26,2 mm. O período de crescimento da planta coincide com o proposto por Costa (1995) e Mari (2003), que avaliando a *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, concluíram que a melhor idade de corte, visando conciliar a produção de MS com os teores de PB, situa-se entre 56 e 70 dias de crescimento vegetativo, no entanto, conforme Corrêa (1999) o melhor intervalo de corte da *Brachiaria brizantha* para pastoreio varia entre 30 e 35 dias, ou seja, quando o teor de proteína bruta é máximo. Porém, observou-se que a otimização do intervalo entre os cortes, visando conciliar elevada produção de MS e valor nutritivo satisfatório, ocorreu em torno de 60 dias de crescimento vegetativo, quando a baixa digestibilidade (63,1%) foi compensada pela maior produção de MS ( $27 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ), corroborando com Costa et al. (2007) que observaram acréscimo na produção de MS da *Brachiaria brizantha* à medida que aumentou o intervalo de corte de 15 para 60 dias.

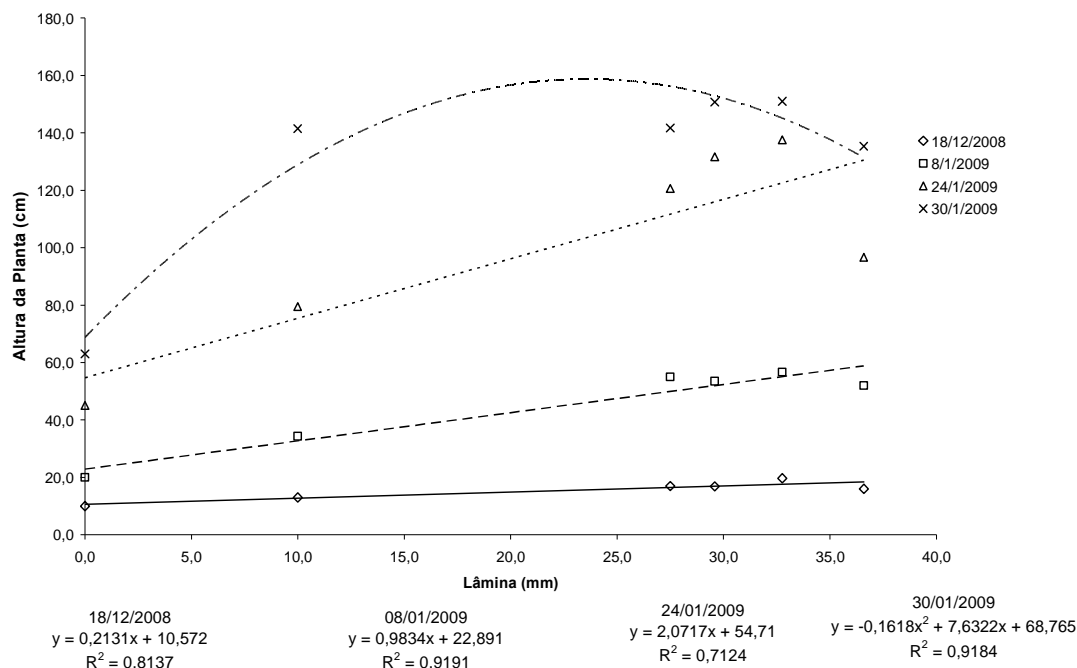


Figura 9 – Relação entre a altura média das plantas e os valores médios de água residuária aplicados na área durante o período experimental.

A análise de variância (Apêndice C - e) demonstrou que não foi significativa ( $p > 0,05$ ) altura de planta x lâmina média aplicada, nas determinações da produtividade da planta analisada para o dia 18/12/2008, por ser a etapa inicial do experimento. Em contrapartida, para os demais dias mensurados, a relação obtida foi significativa, pois apresentou  $p < 0,05$  (Apêndice C – f, g, h). Costa et al. (2007) observaram que a altura de plantas mostrou efeito significativo ( $p < 0,01$ ) crescente, ou seja, aumento no desenvolvimento da planta com o decorrer da estação de crescimento.

#### 4.4 ANÁLISE FOLIAR DO CAPIM *BRACHIARIA BRIZANTHA* CV. MG-5 EM FUNÇÃO DA LÂMINA DE IRRIGAÇÃO

As Ear's do capim estão apresentadas na Tabela 4, onde se observa que os maiores valores ocorrem nos tratamentos L3 e L4. Exceção se faz para o fósforo que apresentou maior Ear com L5, fato que pode ter ocorrido pela dificuldade de migração do fósforo pelo perfil do solo, ou pela dificuldade de migração deste íon no perfil do solo que é favorecido pela presença de água, conforme discute Reis et al. (2005).

Tabela 4 – Eficiência de aproveitamento relativa dos nutrientes pela planta.

	L	N	P	K	Ca	Mg	S
	mm				%		
L1	100	80,8	14,9	4,6	136,3	44,9	23,5
L2	275	100,4	9,6	38,4	95,7	34,0	15,0
L3	296	99,6	10,9	52,9	149,6	65,7	38,4
L4	328	78,0	8,4	43,7	105,1	43,3	17,6
L5	366	58,9	14,4	40,0	111,7	42,7	30,9

A alta Ear de nitrogênio revela que a presença de AR não afetou os processos de transformação das moléculas nitrogenadas no solo, fato ressaltado por Reis et al. (2005), no entanto, estas não coincidem com o acréscimo de MS acumulada pela planta durante o experimento, que foi linear e crescente conforme Figura 1.

Quanto à Ear de potássio, os valores encontrados neste trabalho relatam relação positiva da eficiência relativa do potássio com as de fósforo, sódio, magnésio e cálcio.

As demais Ear não apresentam possibilidade de ajustamento quadrático ou linear, com o que se deduz que não houve efeito dos tratamentos nas Ear do Ca, Mg e S, apesar dos valores serem altos, não apresentando sintomatologia de deficiência nas plantas, nem tampouco limitarem a produção de MS, conforme Figura 1.

Com estes dados conseguiu-se ajustar equações de regressão quadráticas significativas para  $p \leq 0,01$ , para N e P e linear para K (Tabela 5). Para os demais nutrientes, Ca Mg e S não foram ajustadas equações significativas, conforme relatam Corrêa e Haag (1993).

Tabela 5 – Equações de regressão da Ear dos elementos.

Elementos	Equações de regressão
N	$Y = 0,538 + 1,030.X - 0,00239.X^2$
P	$Y = 2,578 + 0,088.X - 0,00019.X^2$
K	$Y = 2,365 + 0,143088.X$

Na Tabela 6 encontram-se as análises de todos os elementos estudados a partir das folhas da *Brachiaria brizantha*.

Tabela 6 – Teores foliares de cálcio na planta em função da água residuária aplicada durante o período experimental.

N	P	K	Análise Foliar						
			Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
		g Kg <sup>-1</sup>	mg Kg <sup>-1</sup>						
19,64	2,11	20,99	2,59	2,35	1,23	5,32	307,35	69,82	31,65
21,77	1,84	27,77	2,14	2,17	0,99	3,11	388,12	33,46	20,23
21,06	2,01	30,68	2,08	2,74	1,21	2,94	405,43	29,82	24,63
22,30	2,06	30,67	3,38	2,63	1,17	4,94	364,54	38,23	24,65
19,34	1,99	28,85	2,25	2,32	1,01	3,65	262,06	41,65	22,15
17,26	2,10	28,09	2,32	2,31	0,84	5,46	136,36	46,25	20,56
10,86	1,83	20,07	1,10	1,62	0,86	3,17	62,36	38,61	14,45

Para os elementos N, Mg, Fe e Zn encontrou-se um ajuste de regressão que relacionou este aumento com a atividade dos tratamentos.

Na Figura 10, apresenta-se a relação entre o teor de N nas parcelas e água residuária total aplicada, ajustando uma equação de regressão de segunda ordem.

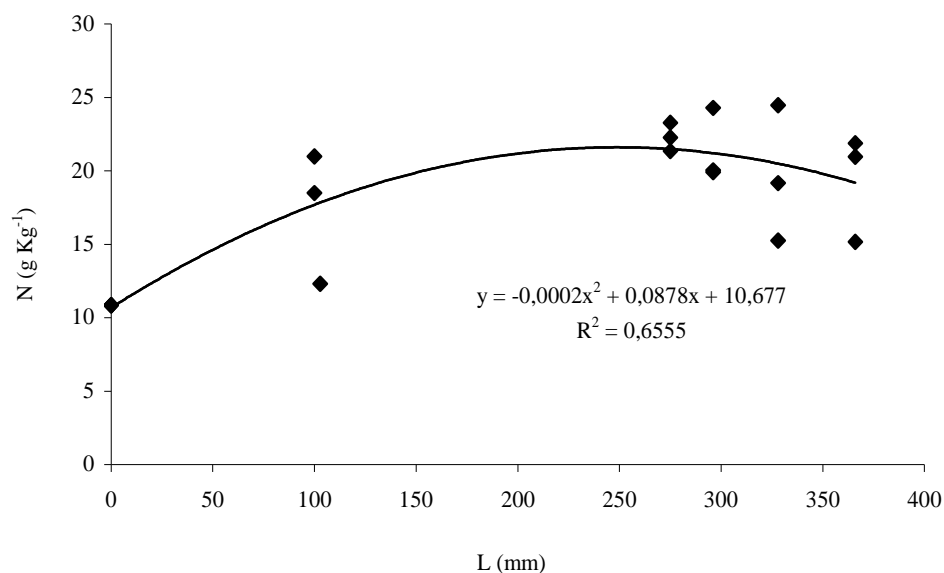


Figura 10 – Teores foliares de Nitrogênio na planta em função da água residuária total aplicada ao longo do experimento.

Os teores foliares dos tratamentos foram maiores do que a testemunha e o teor máximo estimado pela equação de regressão foi de 20,3 g Kg<sup>-1</sup> com a lâmina de 219,5 mm. Tanto a equação quanto seus termos são significativos para  $p < 0,05$  (Apêndice C – i).

Os teores de N estão dentro dos considerados adequados para forrageiras, conforme Malavolta et al. (1997), ente 12,8 e 18 g Kg<sup>-1</sup> e Werner et al. (1996) entre 13 e 20 g Kg<sup>-1</sup>, exceto a testemunha que apresentou valores abaixo dos considerados ideais para o capim *Brachiaria brizantha*.

Na Figura 11 encontra-se a equação de regressão polinomial de segunda ordem para os teores de Mg nas folhas da *Brachiaria brizantha* cv. MG-5, em relação à água residuária aplicada. A análise de variância (Apêndice C - j) apresentou a correlação entre o teor de Mg nas plantas e a água residuária aplicada ao longo do experimento ( $p < 0,05$ ).

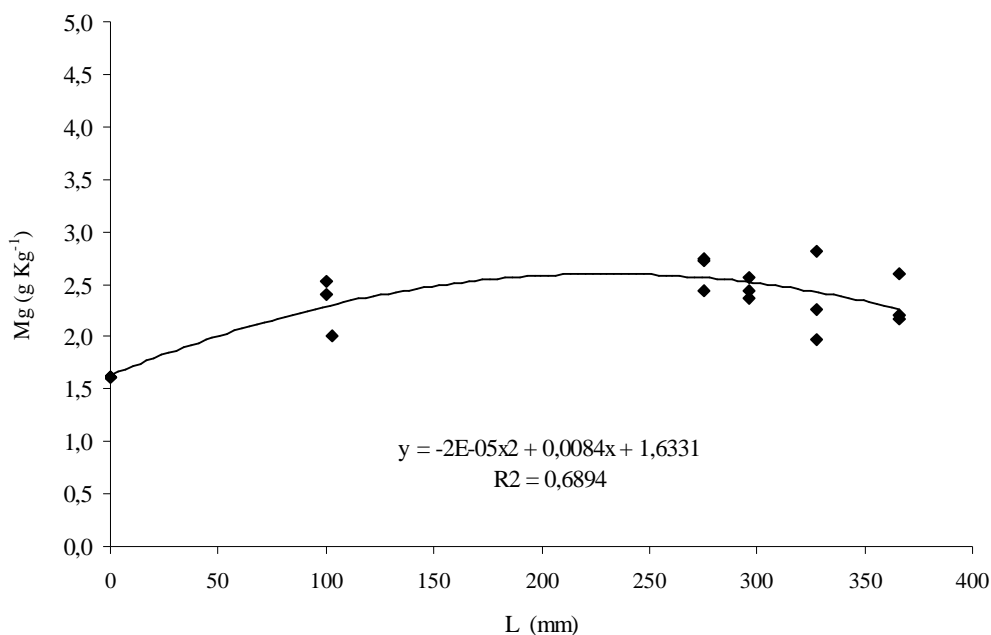


Figura 11 – Teores foliares de Magnésio na planta em função da água residuária total aplicada no período experimental.

A partir do valor de água residuária aplicada de 210 mm, estimou-se o maior teor de Mg obtido nas folhas das plantas, 2,5 g Kg<sup>-1</sup>, 54% maior que o teor encontrado

na parcela testemunha, que foi de  $1,6 \text{ g Kg}^{-1}$ . Porém, Saraiva et al. (2007) afirmaram que teores de Ca e Mg não apresentaram acréscimo quando utilizaram manipueira no desenvolvimento vegetativo do milho em ambiente protegido. Costa et al. (2007), estudando a concentração de Mg presente na MS da *Brachiaria brizantha*, em quatro intervalos de corte (15, 20, 30 e 60 dias), concluíram que as concentrações não foram influenciadas pelos intervalos de corte estudados.

Os valores de Mg obtidos a partir das análises encontraram-se dentro dos considerados adequados para forrageiras (MALAVOLTA et al., 1997), Silva (1999) e Werner et al. (1996), respectivamente 1,2 a 2,3 e 1,5 a  $4,0 \text{ g Kg}^{-1}$ .

Na Figura 12 é mostrada a equação de regressão polinomial de segunda ordem para a relação do teor de Fe no tecido foliar em função da água residuária aplicada, sendo esta equação e seus termos significativos para  $p < 0,05$  (Apêndice C - I). No intervalo estudado todos os teores dos tratamentos foram maiores que a testemunha. Costa et al. (2007), estudando a concentração de K na MS da *Brachiaria brizantha*, em quatro intervalos de corte (15, 20, 30 e 60 dias), concluíram que as concentrações não foram influenciadas pelos intervalos de corte estudados.

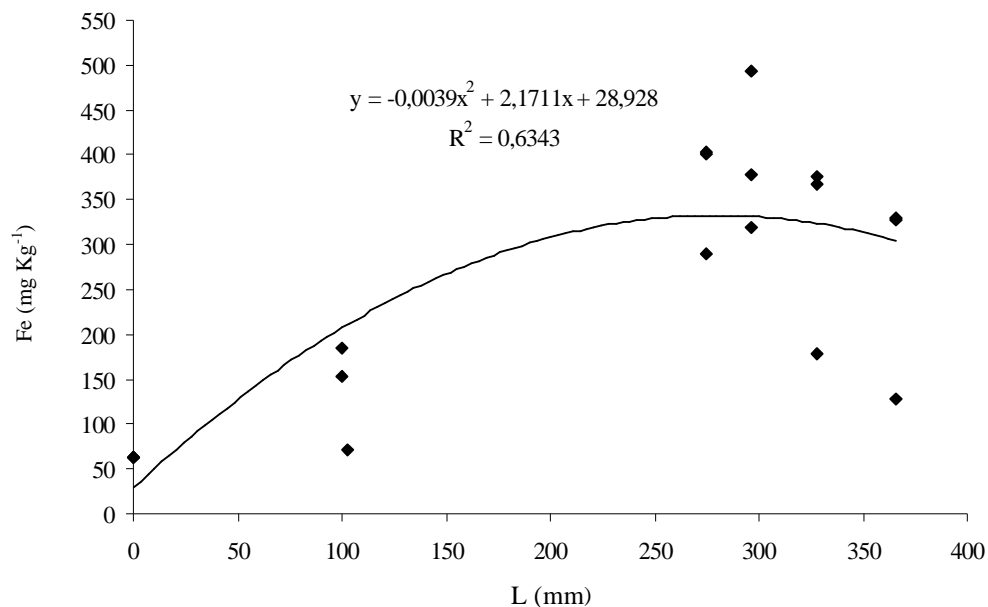


Figura 12 – Teores foliares de Ferro na planta em função água residuária total aplicada ao longo do experimento.



Observou-se, ainda, que existe uma tendência ao aumento da concentração de Fe na planta até valores de água residuária aplicada de 296 mm. Os teores variaram de 62,36 a 493,61 mg Kg<sup>-1</sup> de Fe. A partir do valor de 275 mm de água residuária aplicada, os teores de Fe na planta variaram entre 280 e 494 mg Kg<sup>-1</sup>.

Os valores estimados com o polinômio da Figura 15 foram maiores do que os considerados adequados para forrageiras (MALAVOLTA et al., 1997) uma vez que os valores de Fe considerados normais estão na faixa de 100 a 200 mg Kg<sup>-1</sup>. Por outro lado, os valores encontrados estão na faixa de variação para gramíneas, que é de 35 a 571 mg Kg<sup>-1</sup>, conforme proposta de Motta et al. (2007). Para Werner et al. (1996) e Silva (1999), as faixas consideradas adequadas encontram-se na ordem de 50 a 250 mg Kg<sup>-1</sup>, o que resultou em um acréscimo dos teores considerados ótimos para a planta.

Na Figura 13 apresenta-se um ajuste polinomial de segunda ordem para o teor de Zn em função do total de AR aplicada. Com a equação de regressão ajustada, estimou-se o valor máximo de Zn no tecido foliar com valor de água residuária total aplicada de 371 mm, que se encontrava fora do intervalo estudado, que resultou, em um acúmulo de Zn crescente nos tratamentos entre 14,5 e 28,3 mg Kg<sup>-1</sup>. A análise de variância mostrou que houve correlação entre o teor de Zn e as lâminas totais aplicadas com p<0,05 (Apêndice C – k).

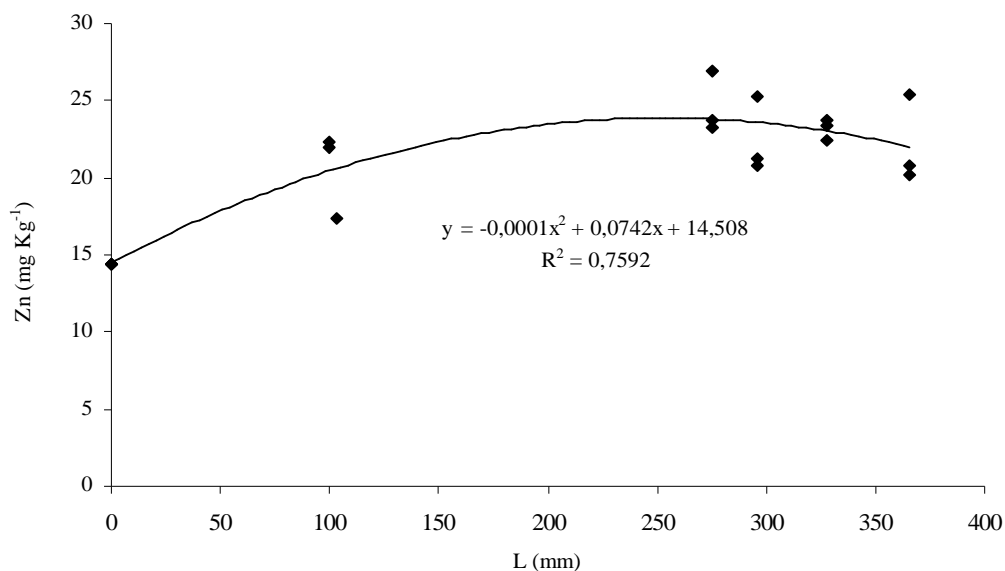


Figura 13 – Teores foliares de zinco na planta em função da água residuária aplicada ao longo do experimento.

Conforme Morikawa (1993), as limitações nutricionais de Cu e de Zn em um latossolo para *Brachiaria brizantha* e *Andropogon gayanus* não apresentaram variações significativas nas concentrações destes três micronutrientes na porção aérea das gramíneas. Costa et al. (2007), estudando a concentração de Zn em *Brachiaria brizantha*, com quatro intervalos de corte (15, 20, 30 e 60 dias), concluíram que as concentrações não foram influenciadas pelos intervalos de corte estudados.

Para os elementos P, Ca, K, Cu, Mn não permitiram um ajuste estatístico, porém, foi observado que cada elemento atuou de forma positiva na produtividade.

Para o P, observou-se uma tendência de aumento do teor de P em relação aos maiores valores de água residuária total aplicada. Os teores variaram de 1,80 para a testemunha a 2,44 g Kg<sup>-1</sup> de P para os demais tratamentos. Costa et al. (2007), estudando a MS da *Brachiaria brizantha*, concluíram que as maiores concentrações de P ocorreram nos intervalos de corte de 15 e 20 dias para, e os menores teores foram obtidos conforme aumentou-se o intervalo de corte de 30 e 60 dias. Os valores obtidos na planta estudada encontram-se acima dos considerados adequados para forrageiras (MALAVOLTA et al., 1997), ou seja, valores entre 0,6 a 1,2 g Kg<sup>-1</sup>. Para Werner et al. (1996), os valores obtidos foram adequados, pois, se encontram dentro da faixa de 0,8 a 3 g Kg<sup>-1</sup> de P.

Os teores de Ca nas folhas do capim das parcelas foram maiores que o da testemunha, apesar de não se ter encontrado um ajuste de regressão que relacionasse este aumento com a atividade dos tratamentos. A frequência de teores de Ca encontrados maiores que o da testemunha foi de 100%, e a frequência de teores maiores que o dobro do teor da testemunha foi de 67%, o que evidenciou aumento do teor de Ca nas folhas da gramínea estudada. Costa et al. (2007), estudando a concentração de Ca em quatro intervalos de corte (15, 20, 30 e 60 dias), concluíram que as concentrações não foram influenciadas pelos intervalos de corte estudados.

Os teores de Ca variaram de 1,10 a 3,63 g Kg<sup>-1</sup>. Estes valores foram considerados menores do que os adequados para forrageiras, conforme sugere

Malavolta et al. (1997), os valores adequados de Ca estão entre 2,3 a 10,2 g Kg<sup>-1</sup>. Para Werner et al. (1996) e Silva (1999), os teores também encontram-se abaixo dos considerados adequados, ou seja, deveriam estar na faixa de 3 a 6 g Kg<sup>-1</sup>.

Para os teores de K no tecido foliar em função da lâmina de água residuária aplicada, foi evidenciada uma tendência de acréscimo dos valores de K conforme se aumentou a quantidade de água residuária aplicada. O ponto máximo de K foi de 59,45 g Kg<sup>-1</sup> com um valor de água residuária aplicada máxima de 211,25 mm. Os valores de K obtidos encontraram-se acima dos considerados adequados para forrageiras, pois conforme Malavolta et al. (1997), estes valores estão em uma faixa de 10,8 a 18,4 g Kg<sup>-1</sup>. Os valores obtidos, mesmo que para a testemunha, encontraram-se superiores aos sugeridos para forrageiras por Werner et al. (1996), que estão na ordem de 12 a 30 g Kg<sup>-1</sup>.

Para o Cu, observou-se um ligeiro aumento da concentração de Cu foliar em função da água residuária total aplicada. Grande parte dos valores ficou próximo à testemunha. Houve leve tendência ao aumento da concentração de Cu com posterior decréscimo nas doses mais altas de AR. Os teores de Cu variaram de 3,17 a 7,78 mg Kg<sup>-1</sup>. Os valores obtidos encontram-se dentro dos valores considerados adequados para gramíneas (MALAVOLTA et al., 1997), ou seja, valores de Cu de 6 mg Kg<sup>-1</sup>. Motta et al. (2007) sugerem a faixa de 1,5 a 17,1 mg Kg<sup>-1</sup>. Os teores de Cu encontrados estão bem abaixo dos teores associados a sintomas de toxicidade e produções reduzidas, conforme os apontados por Gupta (2001) entre 10 e 70 mg Kg<sup>-1</sup>. Para Silva (1999), a faixa de valores adequados para a *Brachiaria brizantha* é de 4 a 12 mg Kg<sup>-1</sup>. O intervalo de corte de 60 dias pode ter colaborado para a redução do teor de Cu, pois Costa (2007) observou queda na concentração de Cu à medida que aumentou no intervalo de corte para 60 dias de crescimento.

O elemento Mn tendeu à diminuição da concentração de Mn foliar em função da água residuária aplicada. Alguns teores foliares de Mn foram maiores do que a testemunha. Os teores deste variaram de 28,39 a 56,89 mg Kg<sup>-1</sup>. A análise de variância mostrou que não houve correlação entre o teor de Mn e a água residuária aplicada ( $p > 0,05$ ). Os valores anteriores foram considerados

normais para forrageiras, uma vez que, Malavolta et al. (1997) sugerem que os valores adequados de Mn para gramíneas encontram-se na faixa de 80 a 300 mg Kg<sup>-1</sup>. Werner et al. (1996) e Silva (1999) destacam que uma faixa adequada é a de 40 a 250 mg Kg<sup>-1</sup>. Porém, para Motta et al. (2007), os resultados se encontram dentro da faixa de variação para gramíneas que é de 35 a 793 mg Kg<sup>-1</sup>. Portanto, os teores de Mn encontrados estão abaixo dos teores associados a sintomas de toxicidade e produções reduzidas, apontados por Gupta (2001) entre 400 a 7.000 mg Kg<sup>-1</sup>.

## 5. CONCLUSÕES

A máxima produtividade de matéria seca do capim coincide com a o tratamento de L máximo, mas não coincide com o tratamento de máxima DQO;

As concentrações de  $H^+$  e  $K^+$  no solo apresentam tendências inversas na camada de solo até 20 cm de profundidade;

As aplicações de AR aumentaram o teor de MO no solo até 20 cm de profundidade entre os tratamentos de 0 a 328 mm em valores absolutos;

A altura do capim é linearmente proporcional aos tratamentos de AR aplicados até 20/1/2009 e se ajusta quadraticamente com os tratamentos em 30/1/2009;

Em valores absolutos, os teores de cálcio, magnésio, fósforo e potássio, no tecido foliar do capim cortado em 30/1/2009, no final do experimento, são maiores que o das testemunhas para todos os tratamentos;

Os teores de nitrogênio, magnésio, ferro e zinco, no tecido foliar na data da colheita do experimento apresentaram ajustes de regressão quadráticos.

## REFERÊNCIAS

ABAM. Disponível em: <<http://www.abam.com.br/>> Acesso em: 5 jul. 2008.

ABREU, C. A.; FERREIRA, M. E.; BORKET, C. M. Disponibilidade e Avaliação de Elementos Catiônicos: Zinco e Cobre. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P.; RAIJ, B. VAN; ABREU, C.A. **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001, 126-150 p.

ALCÂNTARA, P. B.; BUFARAH, G. **Plantas forrageiras: gramíneas e leguminosas**. 4<sup>a</sup> ed. Nobel, SP, 1992.

APHA - **American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater**. 19.ed. Washington D.C.: 1995, 1000p.

BARBOSA FILHO, M. P.; CANTARELLA, H.; WIETHOLTER, S. Arroz, Milho e Trigo. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P.; RAIJ, B. VAN; ABREU, C. A. **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001. 285-319 p.

BARTZ, H. R. et al.. **Recomendações de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 3 ed. Passo Fundo. SBCS - Núcleo Regional Sul, 1995, 224p.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa: UFV, 2006.

BRADY, N. C. **Natureza e propriedades dos solos**. Rio de Janeiro. 1989. 750-781p.

BRANCO, S.M. A dinâmica de populações microbiológicas na estabilização aeróbica de resíduos orgânicos de fecularia de mandioca. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v.1, n.2, 1967, 140-162 p.

BRITO, C.J.F.A. & Rodella, R.A.. Caracterização morfoanatômica da folha e do caule de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf e *B. humidicola* (Rendle) Schweick. (Poaceae). **Revista Brasileira de Botânica**. 2002, 221-228 p.

CASTRO, F. G. F. et al. Efeito da idade de corte sobre a produção e valor nutritivo de *Cynodon nlemfuensis* Vanderyst var. *nlemfuensis* cv. Florico. In: **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**. v.2, 1998, p.577-579.

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**. São Paulo: fundação Cargill, v.4, cap.1,(Séries culturas de tuberosas amiláceas Latino americanas), 2001, 31-35 p.

CHRISTOFIDIS, D. Os recursos hídricos e a prática da irrigação no Brasil e no mundo. **Irrigação e Tecnologia Moderna**, Brasília, n.49, 2001, 8-13 p.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Recomendações de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Passo Fundo: SBCS, 1995, 224 p.

CORRÊA, A. R. Forragicultura no Paraná. In: **FORRAGEIRAS: Aptidão climática do Estado do Paraná**; Comissão Paranaense de avaliação de forrageiras – CPAF, Londrina – PR, 1996, 15 a 29 p.

CORRÊA, L. A. Produção de gado de corte em pastagens adubadas. In: **SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO DE BOVINOS DE CORTE**, 1., Goiânia. **Anais...** Goiânia: CBNA, 1999, 81-94 p.

CORRÊA, L. A.; HAAG, H. P. **Níveis críticos de fósforo para o estabelecimento de gramíneas forrageiras em Latossolo Vermelho Amarelo, álico: II. Experimento de campo**. Scientia agrícola, Piracicaba, SP, v. 50, n. 1 Piracicaba, 1993.

COSTA, K. A. P. et al. **Intervalo de corte na produção de massa seca e composição químico-bromatológica da *Brachiaria brizantha* cv. MG-5**. Ciênc. agrotec. [online]. v. 31, n. 4, 2007, 1197-1202 p.

COSTA, N. L. Curva de crescimento e composição química de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em Rondônia. In: **Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia**, 32, Brasília, 1995. Anais... Brasília: SBZ, v. 2, 1995, 38-40 p.

DUARTE, L. F. et al. **Morfofisiologia do dossel de dois cultivares de *brachiaria brizantha* submetido a duas alturas de corte na microrregião de São Luís de Montes Belos**. Disponível em: <[http://www.prp.ueg.br/06v1/ctd/pesq/inic\\_cien/eventos/sic2007/flashsic2007/arquivos/resumos/resumo127.pdf](http://www.prp.ueg.br/06v1/ctd/pesq/inic_cien/eventos/sic2007/flashsic2007/arquivos/resumos/resumo127.pdf)>. Acesso em: 17 nov. 2008.

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solo (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro, 1999, 412p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997, 212p.

FERREIRA, W. A. et al. **anipueira: Um adubo Orgânico em Potencial**. Belém – PA. Embrapa Amazônia Oriental (Documentos nº 107), 2001, 21p.

FILHO, B. C. et al. Bases conceituais da disposição controlada de águas residuárias no solo. In: **POTAFOS**. Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbico e disposição controlada no solo, 1999. 321- 356 p.

FIORETO, R. A. Uso direto da manipueira em fertirrigação. Série: **Resíduo da industrialização de mandioca no Brasil**, 1ªed. São Paulo Editora Paulicéia, 1994, 51-80 p.

FIORETTO, R. A. **Efeito da manipueira aplicada em solo cultivado com mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz)**. Botucatu, SP: Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu, 1985.

FIORETTO, R. A. Uso direto da manipueira em fertirrigação. Série: **Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas**. Volume 4 – Manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização da mandioca. SP, Fundação Cargill, 2003.

FIORETTO, R. A. Uso direto da manipueira em fertirrigação. Série: **Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas - Manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização da mandioca**. Fundação Cargill, v 4, São Paulo, 2001.

FIORETTO, R. A. Uso direto da manipueira em fertirrigação. In: **Industrialização da mandioca no Brasil**. São Paulo: Paulicéia, 1994, 51-80 p.

FOLONI, J. S. S. et al. Aplicação de fosfato natural e reciclagem de fósforo por milho, braquiária, milho e soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** [online]., v. 32, n. 3, 2008,1147-1155 p.

FREIRE, F. M.; FONSECA, D. M. da; CANTARUTTI, R. B., Manejo da fertilidade. In: **Informe agropecuário**. Belo Horizonte, v.26, n.226, 2005, 44-53 p.

GHELFI FILHO, H. **Efeito da irrigação sobre a produtividade do capim-elefante (*Pennisetum purpureum Schum*) variedade Napier**. Piracicaba, SP: ESALQ, Tese (doutorado), 1972, 77 p.

GUIMARÃES, G. F. P. B. **Avaliação de quatro forrageiras tropicais cultivadas em dois solos da Ilha de Marajó-PA submetidos a crescentes saturações por bases**. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, Tese (Doutorado), 2000, 197 p.



- GUPTA, U.C. Micronutrientes e elementos tóxicos em plantas e animais. In: **FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P.; RAIJ, B. VAN; ABREU, C.A. Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura.** Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001. 13-42 p.
- HESPANHOL, I. Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria e recarga de aquíferos. In: MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H.F. dos. (Ed.). **Reúso de água.** Barueri: Manole, 2003, 37-96 p.
- HODGSON, J. Grazing management: science into practice. Harlow: **Longman Scientific & Technical**, 1990. 203 p.
- INMET. Consulta de Dados da Estação Automática de CIDADE GAUCHA (PR). **Brasília: Instituto Nacional de Meteorologia, 2009.** Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/sonabra/maps/automaticas.php>>. Acesso em: 12 fev. 2009.
- KIEHL, J. E., **Manual de edafologia: relações solo-planta.** São Paulo, Editora Agronômica Ceres, 1979, 262 p.
- KIIHL, L. R. B. et al. Cartas climáticas básicas do estado do Paraná. 1ª. ed. LONDRINA - PARANÁ: **FUNDAÇÃO IAPAR**, v. 1, 1978 , 41 p.
- KLUTE, A. Water retention: laboratory methods. In: Klute, A. (ed.). **Methods of soil analysis.** Madison: American Society of Agronomy, 1986. 563-596 p.
- LETEY, J. **Relationship between soil physical properties and crop production.** Adv. Soil Science, 1985, 277-294 p.
- LOPES, A. S. **Manual internacional de fertilidade do solo.** Tradução, revisão e adaptação. 2 ed. Piracicaba, POTAFÓS, 1998, 177 p.
- LOPES, A.S. (trad. e adap.). **Manual de fertilidade do solo.** São Paulo: ANDA/POTAFOS, 1989, 153 p.
- LUZ, L. A. R., **A reutilização da água: mais uma chance para nós.** Rio de Janeiro, Qualitymark Editora Ltda, 2005, 140 p.
- MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubação.** 3.ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 594 p.
- MALAVOLTA, E. Nutrição mineral. In: FERRI, M. G., coord. **Fisiologia vegetal. Sao Paulo, Ed. Pedológica e Universitária.** EDUSP, v. 1, 1979.

MALAVOLTA, E.; LIEM, T. H.; PRIMAVESI, A. C. P. A. **Calagem e adubação de pastagem**; exigências nutricionais das plantas forrageiras, Piracicaba, São Paulo, 1986, 31 a 76 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997, 319 p.

MARCIANO, C. R. et al. Variabilidade do potencial mátrico e do conteúdo de água no solo em experimento de manejo de irrigação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, MG, v 22, n4, 1998, 563-571 p.

MARI, L. J. **Intervalo entre corte em capim-Marandu (*Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf cv. Marandu)**: produção, valor nutritivo e perdas associadas a fermentação da silagem. - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, Dissertação (Mestrado), 2003, 138 p.

MARQUES, R., **Caracterização química da fertilidade do solo. In: Diagnóstico e recomendações de manejo do solo**: aspectos teóricos e metodológicos, Curitiba: UFPR/Setor de Ciências Agrárias, 2006, 99 a 124 p.

MATTOS, W.T. de; MONTEIRO, F. A. Respostas de *Braquiaria brizantha* a doses de potássio. In: **Scientia Agrícola**. Vol. 55, n.3, Piracicaba, 1998.

McCRIMMON, J. N. Influence of nitrogen and potassium on micronutrient content of fifteen cultivars of bermudagrass. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**. New York, V. 31, 2000, 849-860 p.

McILROY, R. J., **Introducción al cultivo de los pastos tropicales**. Editorial Limusa, México, 1976, 168 p.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. Bern: International Potash Institute, 1987, 525-536 p.

MITIDIERI, J., **Manual de Gramíneas e Leguminosas para Pastos Tropicais**. São Paulo, Nobel, Ed. da Universidade de São Paulo, 1983, 75 a 76 p.

MONTEIRO, F. A.; MATTOS, W. T.; SCHIAVUZZO, P. F. Zinco e manganês na parte aérea da braquiária Marandu. In: Moraes, A. et al., eds. **Simpósio Internacional Grassland ecophysiology and Grazing Ecology**. Curitiba, 1999, 333-335 p.

MORIKAWA, C.K. Limitações nutricionais para o Andropogon (*Andropogon gayanus*) e Braquiário (*Brachiaria brizantha*) em Latossolo da região dos Campos das Vertentes - MG. (Mestrado). Lavras: ESAL, 1993. 143p.

MOTTA, A. C. V. et al. Micronutrientes na rocha, no solo e na planta 2007. Curitiba: UFPR/Setor de Ciências Agrárias, 2007, 233 p.

Munsell Soil Color Company. **Munsell Soil Color Charts**. Revised Washable Edition. New York, 2000.

NACHTIGALL, G. R.; RAIJ, B. van. Análise e interpretação do potássio no solo. In: **POTAFOS**. Potássio na agricultura brasileira. Piracicaba: POTAFOS, 2005. 93-118 p.

OLIVEIRA, A J. et al. **Métodos de Pesquisa em Fertilidade do Solo**. Brasília, EMBRAPA-SEA, 1991, 24 p.

PAGANINI, W. S. Reúso de água na agricultura. In: **Mancuso**, P. S. S.; Santos, H. F. (ed). **Reúso de água**. Barueri: Manole, 2003, 338-401 p.

PEARSON, C.J. & ISON, R.L. **Agronomy of grassland systems**. Cambridge, Cambridge University Press, 1997, 222 p.

PINTO, A. B.; MATOS, A. T.; FUKUNAGA, D. C. Produtividade e desempenho agrônômico de duas forrageiras para uso em tratamento por disposição no solo das águas residuárias da lavagem e despolpa dos frutos do cafeeiro. In: **SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL**. Poços de Caldas, MG. **Anais...**, Poços de Caldas, MG [s.n.], V.2, 2000, 1044-1048 p.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo; Piracicaba: Ceres, POTAFOS, 1991, 343 p.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo: Editora Manoele Ltda, 1990.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**, Barueri, SP: Manole, 2004.

REIS N. de S. et al. Absorção de N, P, K, Ca, Mg e S pelo arroz irrigado influenciado pela adubação nitrogenada. In: **Ciência Agrícola**, Lavras, v.29, p. 707-713, jul./ago, 2005.

RICHARDS, L. A. Methods of measuring soil moisture tension. In: **Soil Science of American Journal**, Baltimore, n.68, 1951, 85-112 p.

RODRIGUES, D.C. **Produção da forragem de cultivares de Brachiaria brizantha (Hochst. Ex A. Rich.) Stapf e modelagem de respostas produtivas em função das variáveis climáticas**. Piracicaba, SP: ESALQ, Dissertação (mestrado), 2004. 94 p.

SALERNO, A.R. et al. **Gramíneas forrageiras estivais perenes no Baixo Vale do Itajaí**. Boletim Técnico n. 49. Empresa de Pesquisa Agropecuária de Santa Catarina, Florianópolis, 1990.

SARAIVA, F. Z. et al. Uso de manipueira no desenvolvimento vegetativo do milho em ambiente protegido. In: **Revista Brasileira de engenharia agrícola e ambiental** [online], v. 11, n. 1, 2007, 30-36 p.

SENGIK, E. Um visão global dos solos. **Apostila versão 2003**. Disponível em: <[http://www.dag.uem.br/professores/e\\_sengik/index.htm](http://www.dag.uem.br/professores/e_sengik/index.htm)>. Acesso em: 12 fev. 2009.

SERRAT, B. M.; KRIEGER, K. I.; MOTTA, A. C. V. Considerações sobre interpretação de análise de solos. In: **Diagnóstico e recomendações de manejo do solo: aspectos teóricos e metodológicos**. Curitiba: UFPR/Setor de Ciências Agrárias, 2006, 125 a 142 p.

SERRAT, B. M.; MOTTA, A. C. Princípios de adubação. In: **Diagnóstico e recomendações de manejo do solo: aspectos teóricos e metodológicos**. Curitiba: UFPR/Setor de Ciências Agrárias, 2006, 99 a 124 p.

SERRAT, B. M.; OLIVEIRA, A. C. de. Amostragem para análise de solo para fins de manejo da fertilidade. In: **Diagnóstico e recomendações de manejo do solo: aspectos teóricos e metodológicos**. Curitiba: UFPR/Setor de Ciências Agrárias, 2003, 38 a 86 p.

SILVA, C. F. (org.). Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. In: Brasília: **Embrapa para a Transferência de Tecnologia**. 1999, 370 p.

SILVA, F. F. et al. Flutuação das características químicas do efluente industrial de fecularia de mandioca. In: **Acta Scientiarum: Agronomy**. Maringá, v. 25, n. 1, 2003, 167-175 p.

SIQUEIRA, J.O.; ANDRADE, A.T. & FAQUIM, V. O papel dos microrganismos na disponibilização e aquisição de fósforo pelas plantas. In: YAMADA, T. & ABDALLA, S.R.S. **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba, Potafós, 2004, 117-149 p.

SMITH, L.B., WASSHAUSEN, D.C. & KLEIN, R.M. Gramíneas. In: **Flora ilustrada catarinense, parte 1**. Herbário Barbosa Rodrigues, Itajaí, 1982.

SÓRIA, L. G. T. et al. Resposta do capim-tanzânia a aplicação do nitrogênio e de lâmina de irrigação. In: **Produção de forragem. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.7, n.3, 2003, 430-436 p.

SOUZA, R. M. et al. Formas de aplicação de calcário nos teores de minerais da forragem do capim-Tanzânia. In: **Ciência. Agrotécnica**. Lavras, v. 30, n. 4, 2006, 752-758 p.

TOLEDO, J. M. **Manual para la evaluación agronómica**. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales ISBN 84-89206-12-0, série CIAT 07SG-1(82) Cali, Colombia, 1982, 91-110p.

TRENTIN, C. V.; SOUZA, J. L. M., Possibilidade de utilização da irrigação com água residuária em torno das principais estações de tratamento de efluentes da Região Metropolitana de Curitiba, Estado do Paraná, Brasil. In: **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 2, 2006, 291-298 p. Disponível em: <<http://www.periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/view/1132/586>>. Acesso em: 19 fev. 2009.

VIANA, M. C. M. et al. Irrigação de pastagens. In: **Informe agropecuário**. Belo Horizonte, v. 26, n. 226, 2005, 66-74 p.

VIEIRA, L. S. ; VIEIRA, M. N. F. **Manual de morfologia e classificação de solos**. Ed. Agronômica Ceres. São Paulo - SP, 1983, 319 p.

VIEITES, R. L.; BRINHOLI, O. Utilização da manipueira como fonte alternativa à adubação mineral na cultura da mandioca. In: **Revista Brasileira de Mandioca**. Cruz das Almas, v.13, n.1, 1994, 61-66 p.

VITTI, G. C. Acidez do solo, calagem e gessagem. In: FERNANDES, F. M.; Nascimento, V. M. do. **Curso de atualização em fertilidade do solo**. Campinas: Fundação Cargill, 1987, 303-348 p.

VOISIN, A. **Produtividade do pasto**. Ed. Mestre JOU, São Paulo, 1974.

WERNER, J. C. **Calagem e adubação de pastagem**. Adubação potássica, Piracicaba, São Paulo, 1986, 175 a 190 p.

WERNER, J. C. et al. Forrageiras. In: **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas, Instituto Agrônomo e Fundação IAC, 1996, 263 – 276 p.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture: report of a WHO scientific group**. Geneva, 1989, 74p. (WHO Technical Report Series, 778).

## **APÊNDICES**

## APÊNDICE A – AFERIÇÃO DOS BOCAIS

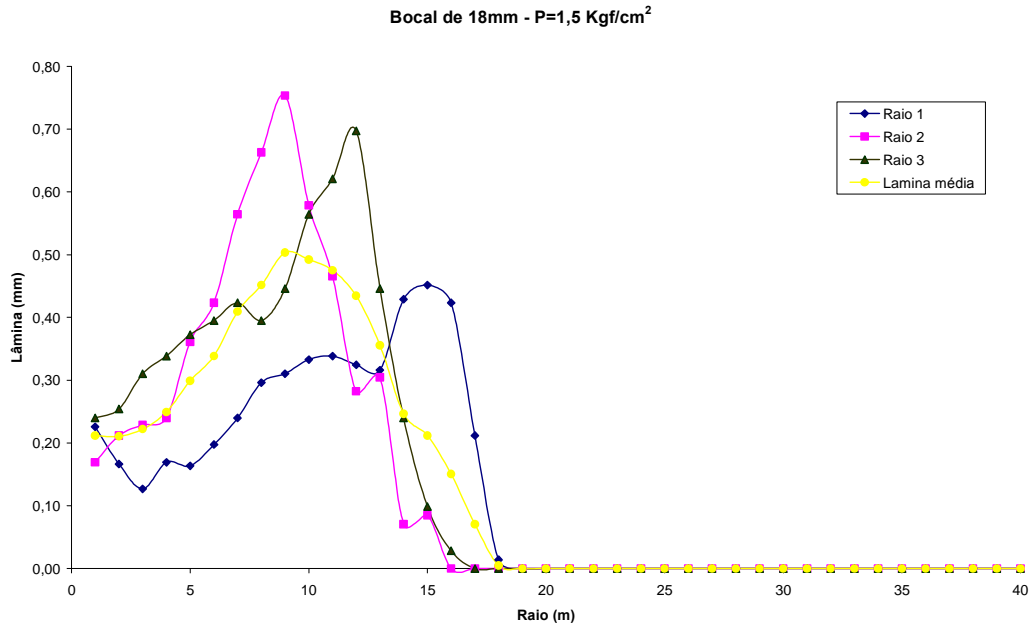


Figura 1A – Lâmina para o bocal de 18 mm sujeito a pressão de 1,5 Kgf cm<sup>-2</sup>.

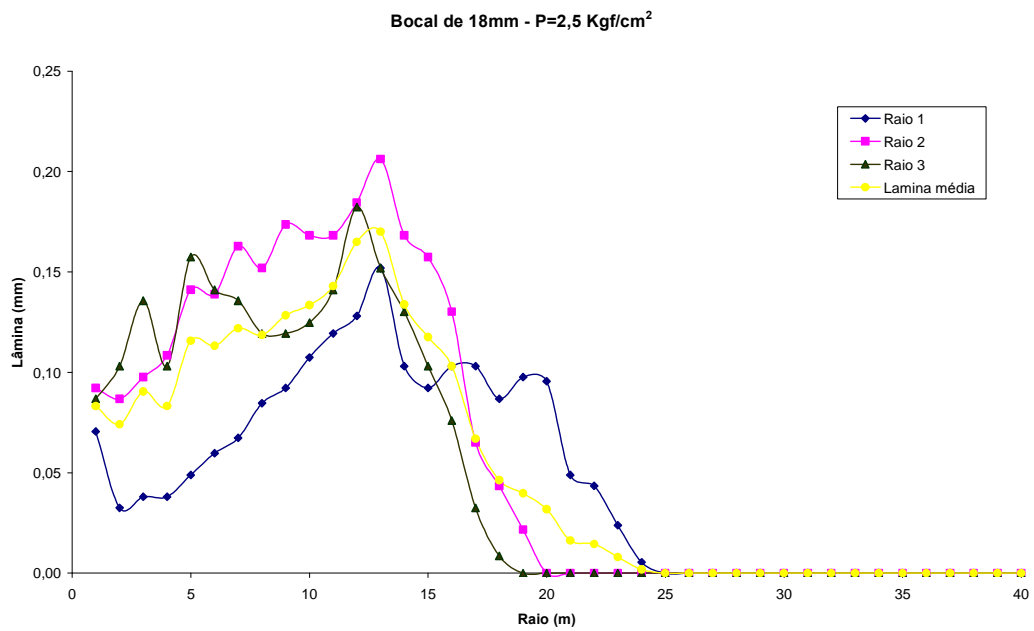


Figura 2A – Lâmina para o bocal de 18 mm sujeito a pressão de 2,5 Kgf cm<sup>-2</sup>.

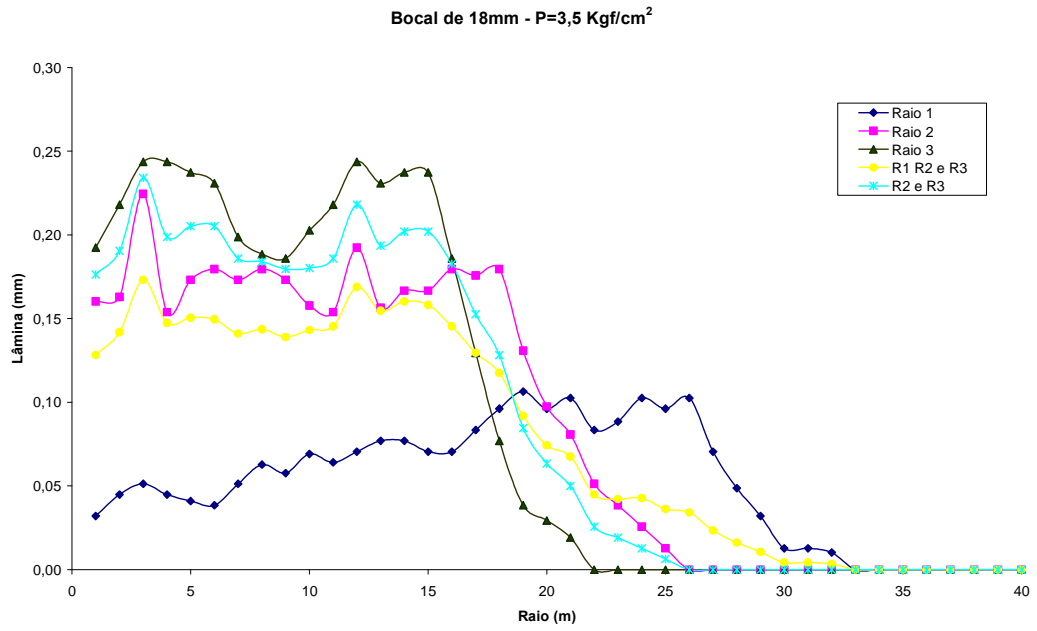


Figura 3A – Lâmina para o bocal de 18 mm sujeito a pressão de 3,5 Kgf cm<sup>-2</sup>.

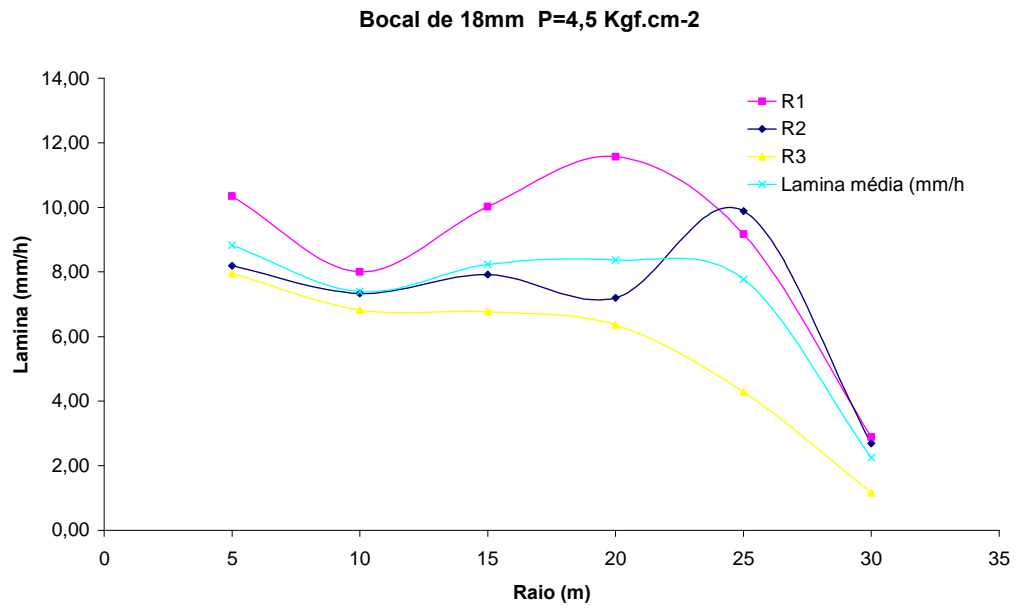


Figura 4A – Lâmina para o bocal de 18 mm sujeito a pressão de 4,5 Kgf cm<sup>-2</sup>.



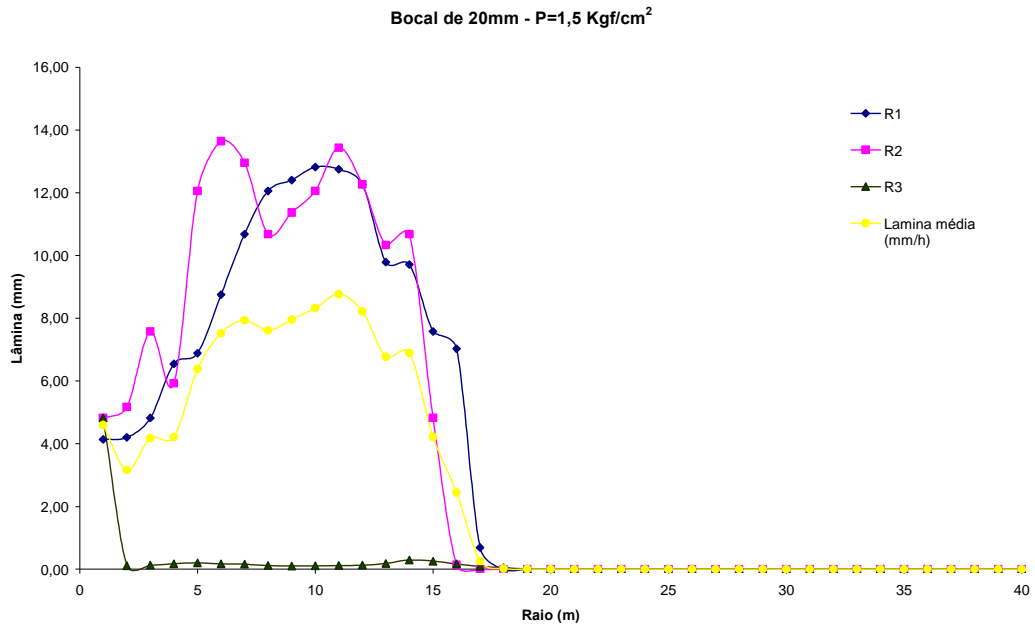


Figura 5A – Lâmina para o bocal de 20 mm sujeito a pressão de 1,5 Kgf cm<sup>-2</sup>.

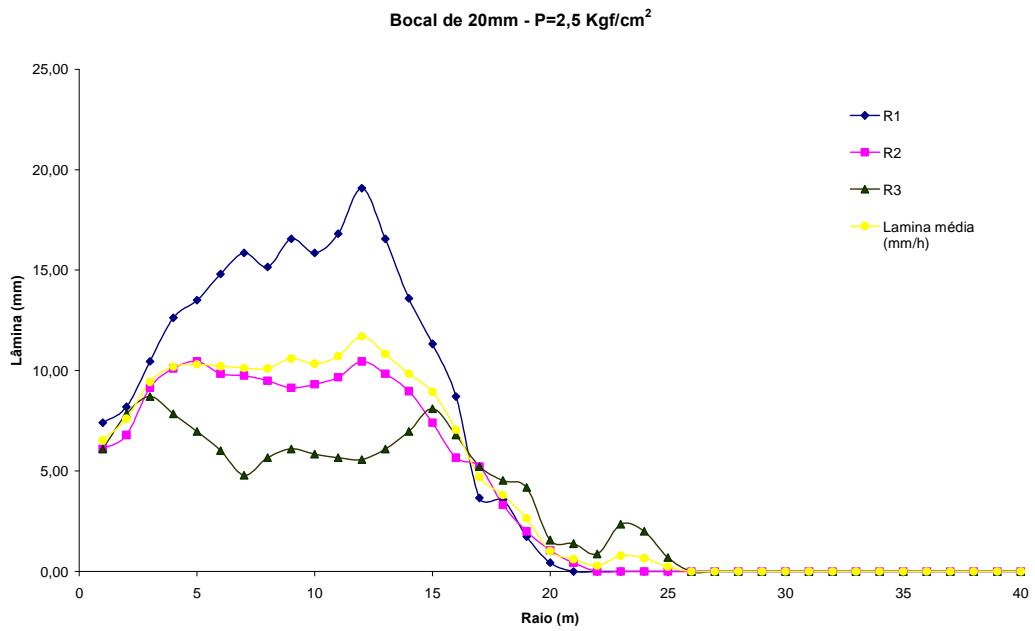


Figura 6A – Lâmina para o bocal de 20 mm sujeito a pressão de 2,5 Kgf cm<sup>-2</sup>.

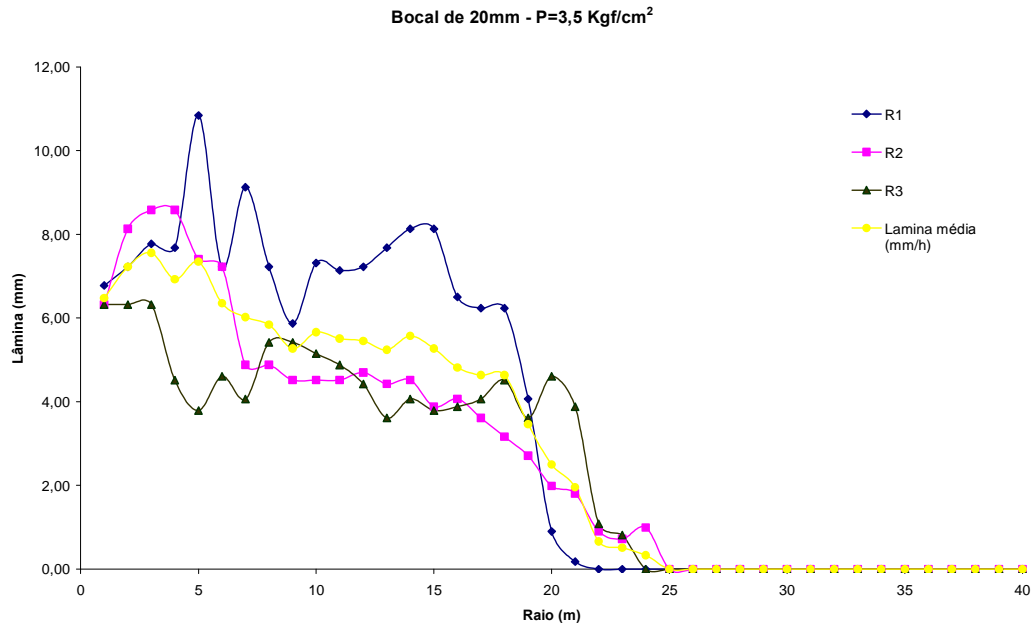


Figura 7A – Lâmina para o bocal de 20 mm sujeito a pressão de 3,5 Kgf cm<sup>-2</sup>.

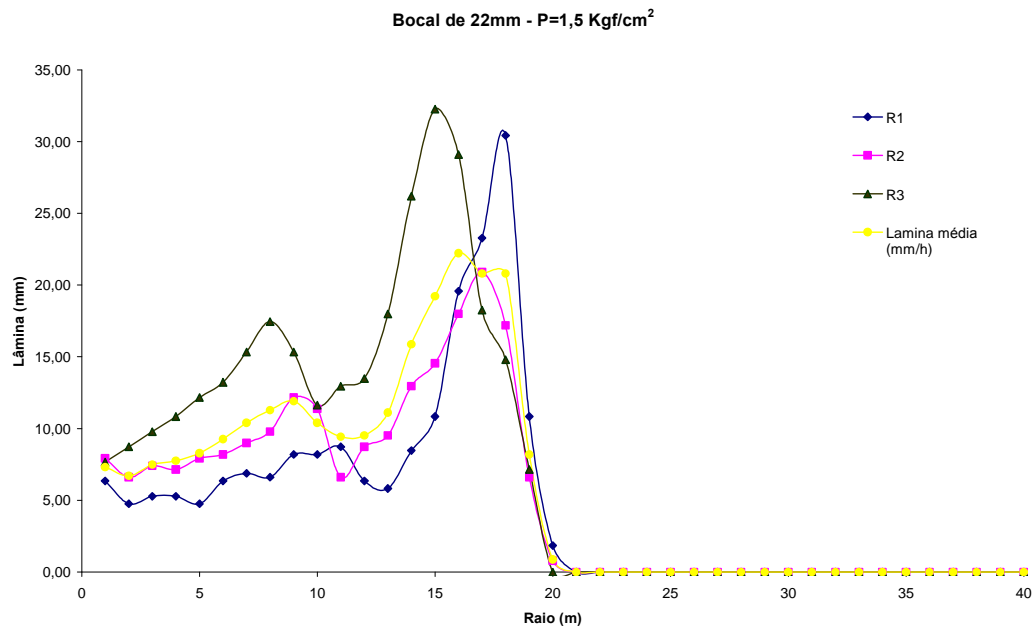


Figura 8A – Lâmina para o bocal de 22 mm sujeito a pressão de 1,5 Kgf cm<sup>-2</sup>.

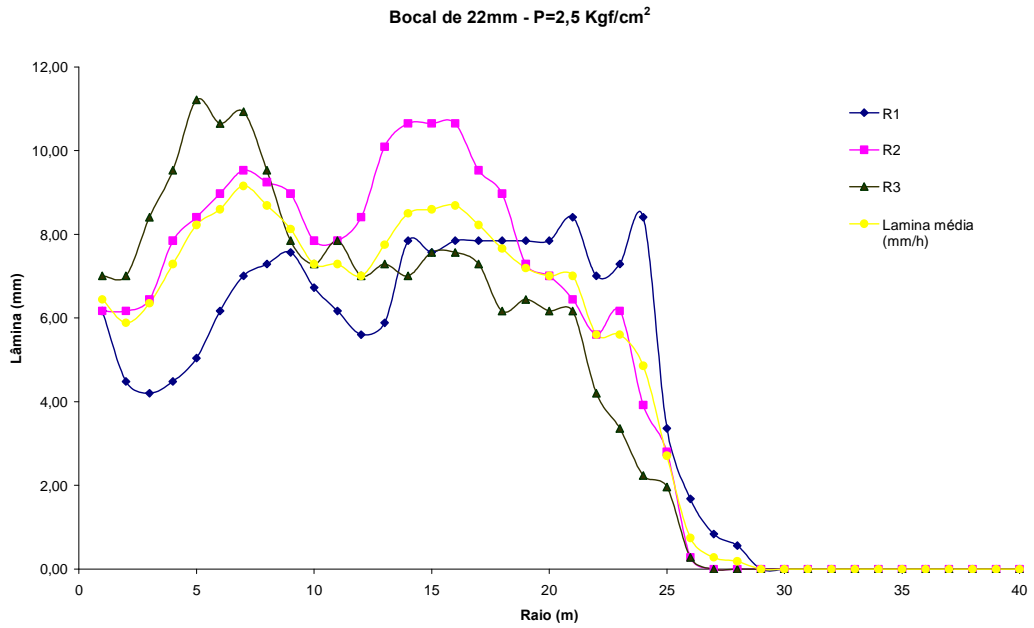


Figura 9A – Lâmina para o bocal de 22 mm sujeito a pressão de 2,5 Kgf cm<sup>-2</sup>.

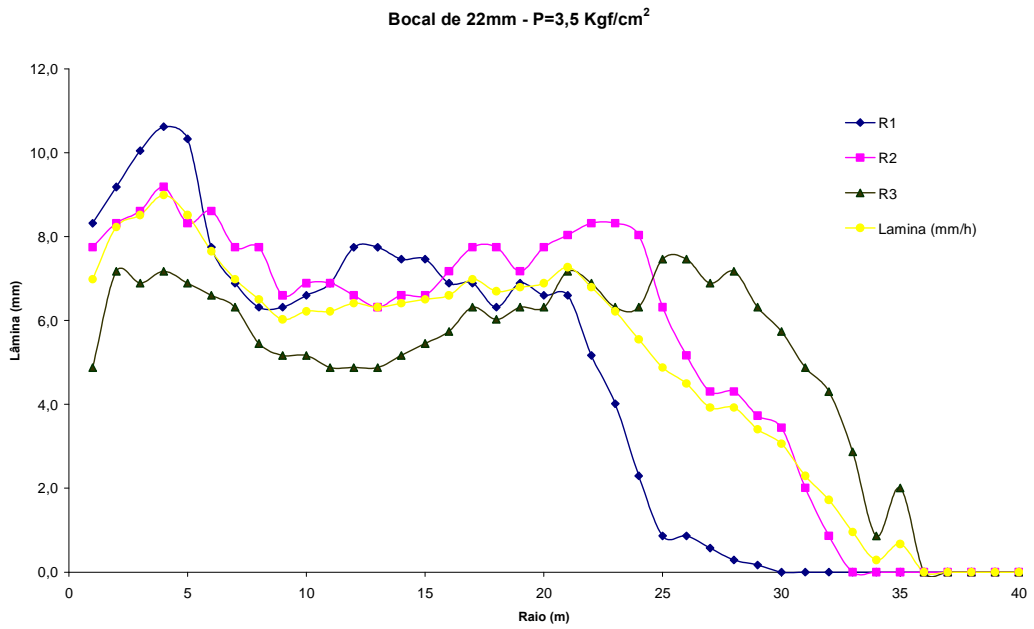


Figura 10A – Lâmina para o bocal de 22 mm sujeito a pressão de 3,5 Kgf cm<sup>-2</sup>.

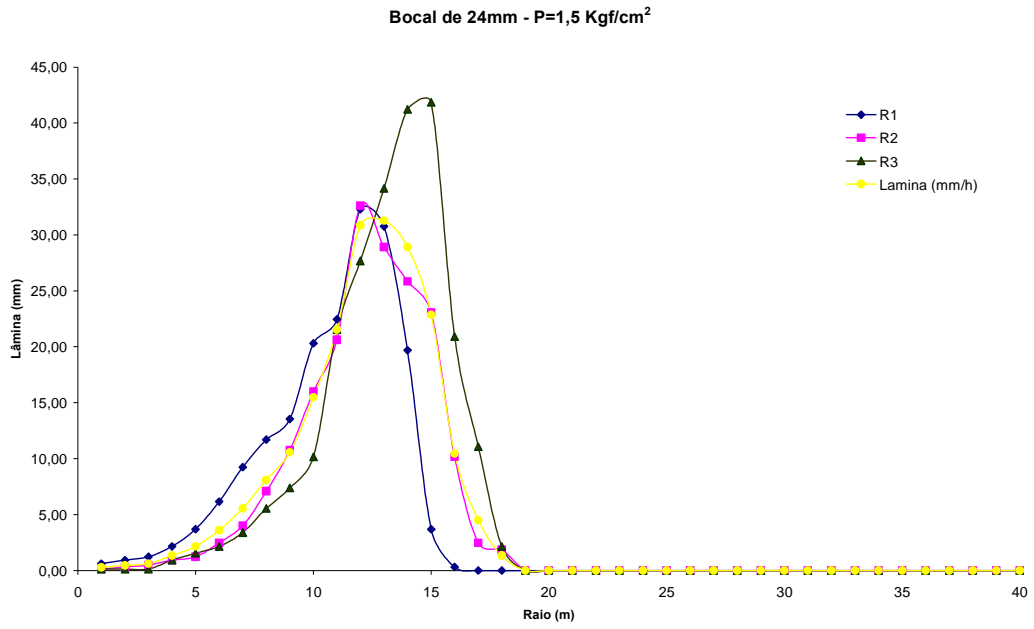


Figura 11A – Lâmina para o bocal de 24 mm sujeito a pressão de 1,5 Kgf cm<sup>-2</sup>.

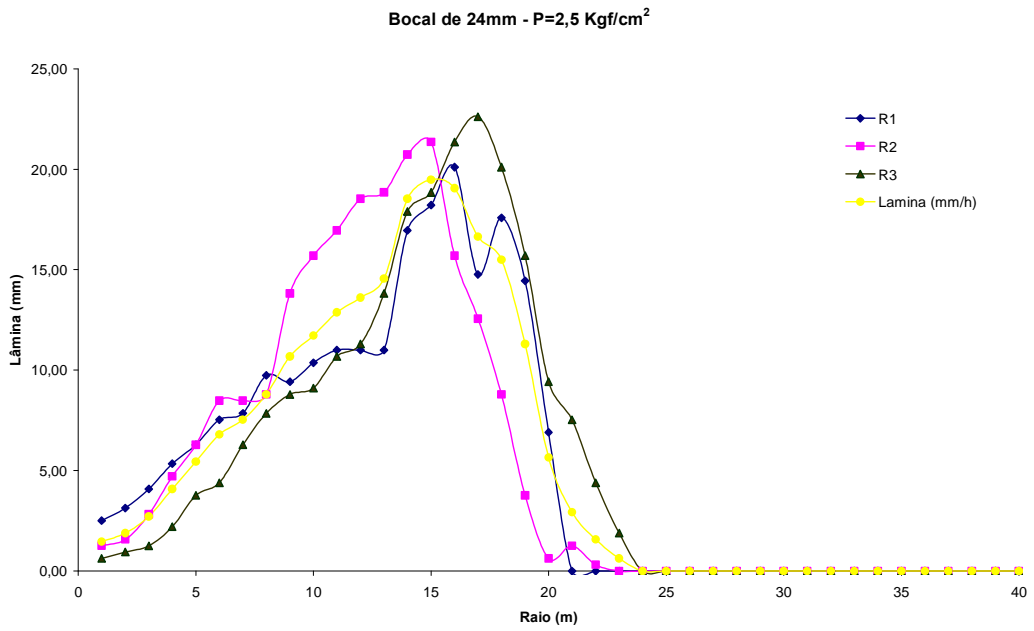


Figura 12A – Lâmina para o bocal de 24 mm sujeito a pressão de 2,5 Kgf cm<sup>-2</sup>.

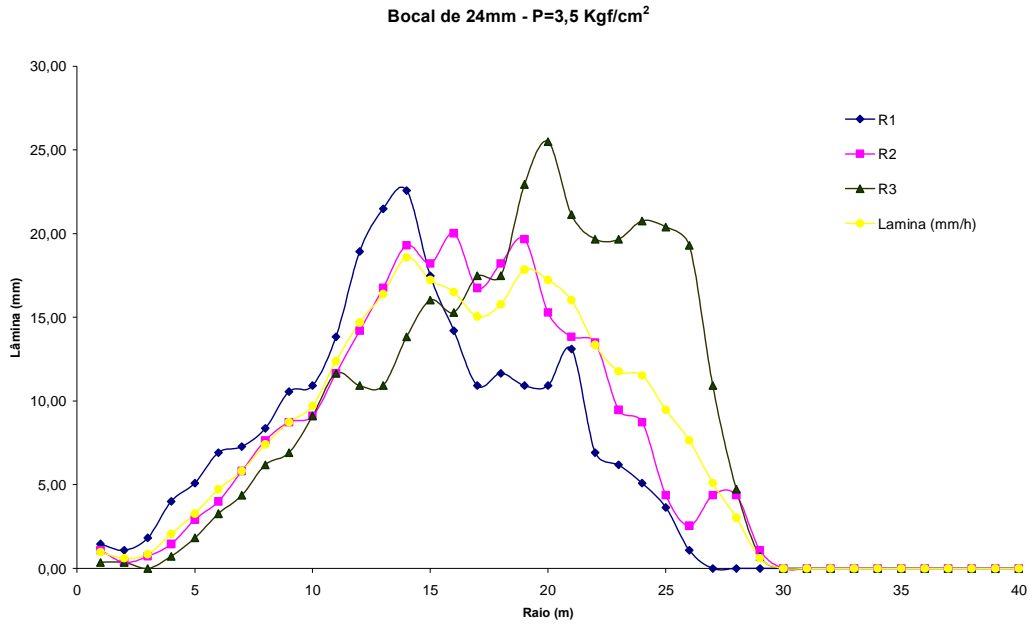


Figura 13A – Lâmina para o bocal de 24 mm sujeito a pressão de 3,5 Kgf cm<sup>-2</sup>.

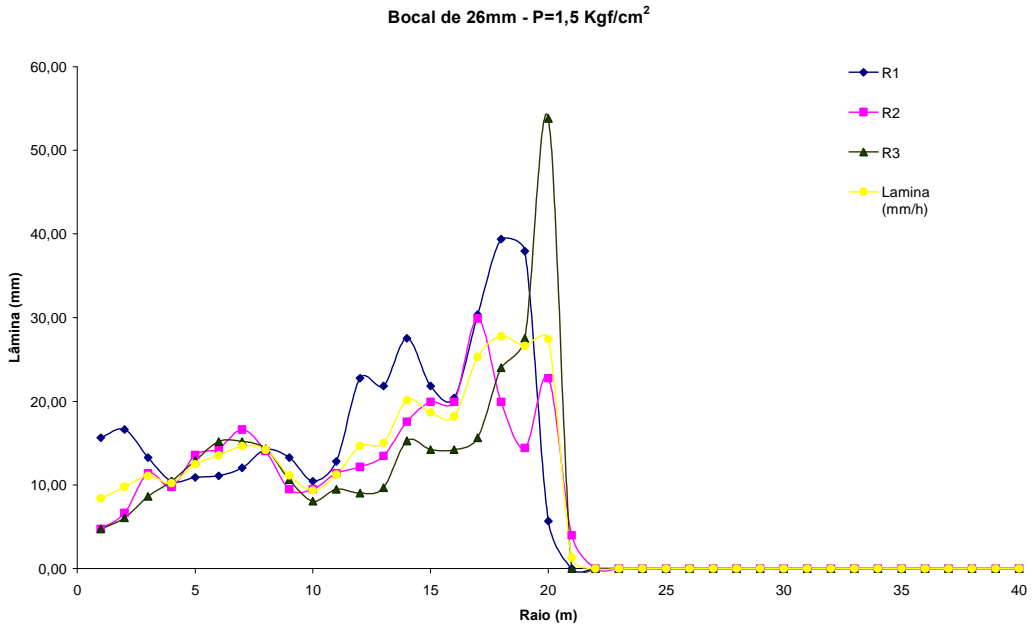


Figura 14A – Lâmina para o bocal de 26 mm sujeito a pressão de 1,5 Kgf cm<sup>-2</sup>.

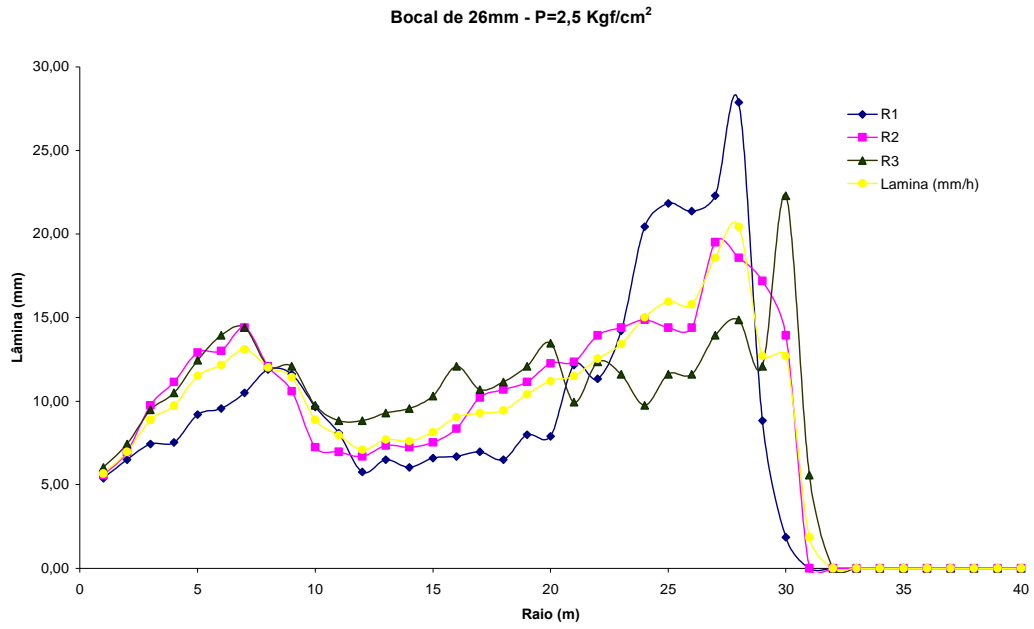


Figura 15A – Lâmina para o bocal de 26 mm sujeito a pressão de 2,5 Kgf cm<sup>-2</sup>.

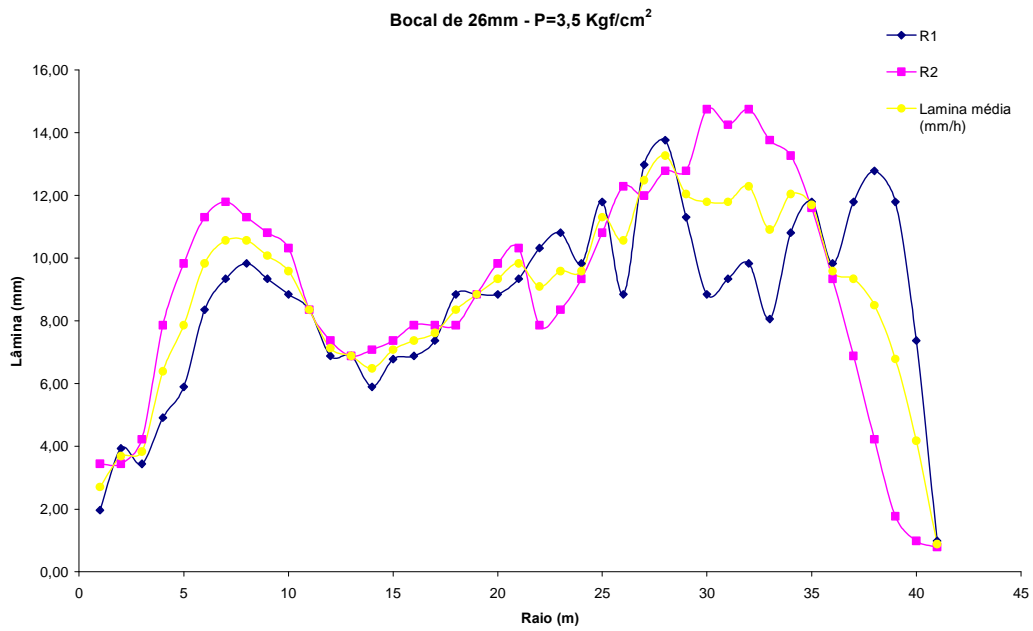


Figura 16A – Lâmina para o bocal de 26 mm sujeito a pressão de 3,5 Kgf cm<sup>-2</sup>.

## APÊNDICE B – RESULTADOS DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA RESIDUÁRIA, SOLO E PLANTA

Tabela 1B – Condutividade elétrica média da água residuária de indústria de mandioca ( $\mu\text{s cm}^{-1}$ ).

Distância (m)	R1		R2		R3	
	C.E.	T °C	C.E.	T °C	C.E.	T °C
1	1757	29.3	1668	27.9	1707	28,6
2	1699	28.3	1666	29.0	1499	28,9
3	1707	28.4	1693	28.0	1666	28,5
4	1702	28.7	1640	28.5	1720	29,5
5	1670	28.6	1708	29.2	1672	28,8
6	1591	28.6	1615	29.2	1484	28,6
canhão	1751	28.9				

Tabela 2B – Demanda química de oxigênio média da água residuária de indústria de mandioca.

Distância (m)	R1	R2	R3
	DQO	DQO	DQO
5	1108,12	1272,01	810,13
10	839,93	988,92	780,33
15	832,48	860,43	750,53
20	1130,47	1108,12	985,54
25	1160,27	981,47	959,12
30	1339,06	1265,34	1450,81

Tabela 3B – Resultado da análise da água residuária efluente da indústria de mandioca junto ao canhão. Data da coleta: 30/1/2009. Data da análise: 5/2/2009.

Nutrientes	(mg L <sup>-1</sup> )
N	168,00
P	13,30
K	91,80
Ca	21,35
Mg	13,23
C	3500,00
Cu	0,06
Fe	4,94
Mn	0,37
Zn	0,11
pH	5,61

Tabela 4B – Análise foliar inicial. Data da coleta 1/10/2008 e data da análise: 29/11/2008.

Identificação da amostra	Ca	Mg	P	K	N	S	Fe	Cu	Zn	B	Mn
	g Kg <sup>-1</sup>						mg Kg <sup>-1</sup>				
Sem efluente	3.3	2.3	1.4	18.3	12	0.9	118.7	10.5	41.1	0.9	234.1
Com efluente	3.5	2.2	1.5	24.9	17	0.9	368	8.4	30.9	0	123.3

Obs. A amostra com efluente foi coletada após a aplicação da lâmina acima, da seguinte forma:

- 1- foram coletadas várias amostras dentro da área experimental que formou uma única amostra, que produziu o resultado mostrado na tabela acima;
- 2- a amostra sem efluente foi coletada da área da testemunha.

Tabela 5B – Resultado da análise de solo. Data da coleta: 18/12/2008. Data da análise: 19/12/2008.

Distância	Amostras coletadas de 0 a 20 cm de profundidade											
	mg/dm <sup>3</sup> g/dm <sup>3</sup>		pH	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> de solo							%	
	P	C		Al	H+Al	Ca	Mg	K	*S	*T	*V	*Al
5	7.3	9.35	5.3	0.00	2.54	0.54	0.32	0.69	1.55	4.09	37.89	0.00
10	6.6	7.79	5.2	0.00	2.94	0.70	0.60	0.24	1.54	4.48	34.37	0.00
15	8.9	5.45	5.0	0.00	2.54	0.59	0.25	0.13	0.97	3.51	27.63	0.00
20	8.1	7.01	5.2	0.00	2.54	0.74	0.30	0.22	1.26	3.80	33.15	0.00
25	13.4	7.01	5.8	0.00	1.88	0.68	0.43	0.22	1.33	3.21	41.43	0.00
30	10.2	7.01	5.9	0.00	2.03	0.90	0.63	0.22	1.75	3.78	46.29	0.00
35	9.02	3.12	3.95	0.25	3.26	0.72	0.21	0.06	0.99	4.25	23.27	20.2
5	13.0	6.23	5.5	0.00	2.35	0.67	0.51	0.63	1.81	4.16	43.50	0.00
10	11.1	7.79	4.9	0.02	3.17	0.77	0.43	0.31	1.51	4.68	32.26	1.30
15	6.6	9.35	4.4	0.10	3.97	1.00	0.31	0.17	1.48	5.45	27.15	6.32
20	6.9	7.01	5.1	0.00	2.73	0.78	0.42	0.52	1.72	4.45	38.65	0.00
25	7.7	8.57	5.0	0.00	2.94	0.84	0.55	0.11	1.50	4.44	33.78	0.00
30	8.5	7.79	5.0	0.00	2.94	0.74	0.53	0.58	1.85	4.79	38.62	0.00
35	9.02	3.12	3.95	0.25	3.26	0.72	0.21	0.06	0.99	4.25	23.27	20.2
5	7.7	6.23	5.2	0.00	2.54	0.72	0.40	0.47	1.59	4.13	38.49	0.00
10	7.3	6.23	5.0	0.00	2.73	0.60	0.27	0.36	1.23	3.96	31.06	0.00
15	12.5	9.35	5.2	0.00	2.73	1.02	0.44	0.33	1.79	4.52	39.60	0.00
20	9.8	10.9	5.4	0.00	2.73	1.28	0.84	0.26	2.38	5.11	46.57	0.00
25	5.8	7.79	5.0	0.00	3.17	0.80	0.19	0.69	1.68	4.85	34.63	0.00
30	5.1	7.79	5.1	0.00	2.54	0.73	0.43	0.45	1.61	4.15	38.79	0.00
35	9.02	3.12	3.95	0.25	3.26	0.72	0.21	0.06	0.99	4.25	23.27	20.2
5	2.2	3.89	4.8	0.02	2.73	0.60	0.32	0.09	1.01	3.74	27.00	1.94
10	2.9	3.11	5.0	0.00	2.54	0.50	0.28	0.09	0.37	3.41	25.51	0.00
15	7.7	5.45	5.1	0.00	2.54	0.57	0.39	0.09	1.05	3.59	29.24	0.00
20	6.1	7.01	4.7	0.02	2.94	0.65	0.23	0.13	1.01	3.95	25.56	1.94
25	8.5	2.33	5.9	0.00	1.88	0.72	0.20	0.11	1.03	2.91	35.39	0.00
30	6.6	4.67	5.8	0.00	2.03	1.05	0.28	0.29	1.62	3.65	44.38	0.00



Tabela 5B, Cont.

Distância	Amostras coletadas de 20 a 40 cm de profundidade												
	mg/dm <sup>3</sup> g/dm <sup>3</sup>		pH	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> de solo								%	
	P	C		Al	H+Al	Ca	Mg	K	*S	*T	*V	*Al	
35	0.00	0.78	4.57	0.30	2.63	0.59	0.23	0.01	0.83	3.46	24.05	26.48	
5	3.6	3.11	5.0	0.00	2.35	0.57	0.25	0.22	1.04	3.39	30.67	0.00	
10	3.6	3.89	4.5	0.11	2.94	0.52	0.14	0.07	0.73	3.67	19.89	13.09	
15	3.3	5.45	4.5	0.06	2.94	0.79	0.14	0.05	0.98	3.92	25.00	5.76	
20	4.0	5.45	4.4	0.07	3.17	0.87	0.24	0.05	1.16	4.33	26.78	5.69	
25	5.4	5.45	4.5	0.08	3.17	0.82	0.18	0.07	1.07	4.24	25.23	6.95	
30	5.4	2.33	5.4	0.00	2.03	0.31	0.14	0.50	0.95	2.98	31.87	0.00	
35	0.0	0.78	4.57	0.30	2.63	0.59	0.23	0.01	0.83	3.46	24.05	26.48	
5	2.9	3.89	4.3	0.10	2.73	0.48	0.31	0.07	0.86	3.59	23.95	10.41	
10	4.0	4.67	5.0	0.00	2.54	0.58	0.18	0.13	0.89	3.43	25.94	0.00	
15	4.3	4.67	4.9	0.03	2.54	0.65	0.34	0.07	1.06	3.60	29.44	2.75	
20	2.9	6.23	4.9	0.03	2.73	0.74	0.22	0.09	1.05	3.78	27.77	2.77	
25	2.5	3.11	4.7	0.04	2.54	0.64	0.08	0.09	0.81	3.35	24.17	4.70	
30	2.2	3.11	5.0	0.00	2.54	0.54	0.26	0.11	0.91	3.45	26.37	0.00	
35	0.00	0.78	4.57	0.30	2.63	0.59	0.23	0.01	0.83	3.46	24.05	26.48	

Tabela 6B – Resultado da análise de solo. Data da coleta: 30/1/2009. Data da análise: 5/2/2009.

Distância	Amostras coletadas de 0 a 20 cm de profundidade												
	mg/dm <sup>3</sup> g/dm <sup>3</sup>		pH	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> de solo								%	
	P	C		Al	H+Al	Ca	Mg	K	*S	*T	*V	*Al	
5	5.17	5.06	5.14	0.15	2.09	0.65	0.62	0.40	1.68	3.77	44.51	8.21	
10	6.93	4.29	5.43	0.15	2.25	0.70	0.75	0.47	1.92	4.17	46.06	7.24	
15	15.8	1.56	5.02	0.25	3.52	0.76	0.34	0.18	1.28	4.80	26.74	16.29	
20	17.6	2.73	6.04	1.30	1.75	0.57	0.60	0.36	1.52	3.27	46.52	46.06	
25	6.16	1.95	5.85	0.20	2.74	1.22	0.46	0.45	2.13	4.87	43.75	8.58	
30	8.14	1.95	5.65	0.15	2.69	1.46	0.61	0.05	2.12	4.81	44.03	6.62	
35	9.02	3.12	3.95	0.25	3.26	0.72	0.21	0.06	0.99	4.25	23.27	20.19	
5	3.74	3.12	5.41	0.15	2.32	0.40	0.79	0.20	1.39	3.71	37.51	9.72	
10	9.24	3.51	5.05	0.20	3.10	0.94	0.42	0.35	1.70	4.80	35.45	10.51	
15	4.40	5.45	5.44	0.75	2.37	0.99	0.50	0.54	2.03	4.40	46.16	26.96	
20	5.17	3.90	4.70	0.40	2.98	0.38	0.39	0.14	0.91	3.89	23.45	30.47	
25	18.8	2.34	5.34	0.10	2.77	0.66	0.62	0.13	1.42	4.19	33.84	6.59	
30	7.59	5.84	5.14	0.20	2.39	1.03	1.09	0.08	2.20	4.59	47.87	8.35	
35	9.02	3.12	3.95	0.25	3.26	0.72	0.21	0.06	0.99	4.25	23.27	20.19	
5	8.47	7.40	5.05	0.20	2.59	0.70	0.98	0.18	1.86	4.45	41.78	9.72	
10	4.18	5.84	5.42	0.20	2.57	0.72	0.54	0.14	1.40	3.97	35.34	12.46	
15	4.51	6.23	5.34	0.20	2.46	0.66	0.38	0.27	1.31	3.77	34.71	13.26	
20	5.17	5.84	5.25	0.25	2.69	0.67	0.43	0.24	1.33	4.02	33.17	15.77	
25	6.49	5.45	4.37	0.20	3.26	0.77	0.40	0.12	1.28	4.54	28.21	13.50	
30	5.94	3.90	4.80	0.10	2.69	0.77	0.51	0.17	1.44	4.13	34.89	6.49	
35	9.02	3.12	3.95	0.25	3.26	0.72	0.21	0.06	0.99	4.25	23.27	20.19	
5	3.52	3.90	5.15	0.15	2.26	0.40	0.44	0.37	1.21	3.47	34.89	11.02	
10	3.52	2.73	5.05	0.15	2.49	0.54	0.39	0.21	1.13	3.62	31.29	11.68	
15	5.39	3.12	5.03	1.45	2.69	0.79	0.48	0.07	1.34	4.03	33.27	51.95	
20	8.69	1.95	5.71	0.80	1.98	0.53	0.35	0.21	1.09	3.07	35.60	42.22	
25	2.97	3.12	5.88	0.20	1.73	0.68	0.43	0.37	1.48	3.21	46.19	11.87	
30	14.1	1.56	5.54	0.20	2.57	1.16	0.40	0.05	1.60	4.17	38.44	11.08	
35	0.00	0.78	4.57	0.30	2.63	0.59	0.23	0.01	0.83	3.46	24.05	26.48	
5	2.42	1.95	5.03	0.35	2.32	0.39	0.42	0.02	0.83	3.15	26.36	29.65	
10	5.61	3.90	4.08	0.35	3.19	0.25	0.06	0.02	0.33	3.52	9.37	51.49	
15	1.43	5.06	5.64	0.30	2.46	0.70	0.34	0.24	1.28	3.74	34.23	18.98	

Tabela 6B, Cont.

Distância	Amostras coletadas de 20 a 40 cm de profundidade												
	mg/dm <sup>3</sup> g/dm <sup>3</sup>		pH	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> de solo								%	
	P	C		Al	H+Al	Ca	Mg	K	*S	*T	*V	*Al	
20	1.32	1.17	4.61	0.25	3.21	0.42	0.23	0.14	0.79	4.00	19.77	24.01	
25	8.58	5.84	4.87	0.20	3.34	0.93	0.55	0.00	1.48	4.82	30.72	11.90	
30	4.29	7.79	6.04	0.15	1.87	1.30	1.13	0.00	2.43	4.30	56.52	5.81	
35	0.00	0.78	4.57	0.30	2.63	0.59	0.23	0.01	0.83	3.46	24.05	26.48	
5	5.06	4.68	4.93	0.20	2.51	0.41	0.43	0.24	1.08	3.59	30.12	15.60	
10	2.53	4.29	5.20	0.15	2.81	0.56	0.58	0.01	1.14	3.95	28.91	11.60	
15	5.06	5.45	5.22	0.20	2.36	0.83	0.55	0.22	1.61	3.97	40.57	11.04	
20	0.22	1.95	5.10	0.30	2.36	0.40	0.23	0.16	0.78	3.14	24.88	27.74	
25	5.61	0.00	4.49	0.20	2.92	0.46	0.20	0.04	0.70	3.62	19.29	22.27	
30	2.86	9.35	5.74	0.20	2.55	0.52	0.48	0.27	1.27	3.82	33.16	13.65	
35	0.00	0.78	4.57	0.30	2.63	0.59	0.23	0.01	0.83	3.46	24.05	26.48	

Tabela 7B – Resultado da análise da trincheira testemunha feita no solo. Data da coleta: 30/1/2009. Data da análise: 5/2/2009.

Distância	Amostras coletadas ao longo do perfil												
	mg/dm <sup>3</sup> g/dm <sup>3</sup>		pH	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> de solo								%	
	P	C		Al	H+Al	Ca	Mg	K	*S	*T	*V	*Al	
0-20	9,2	3,12	3,95	0,25	3,26	0,72	0,21	0,06	0,99	4,25	23,27	20,19	
20-40	0,0	0,78	4,57	0,30	2,63	0,59	0,23	0,01	0,83	3,46	24,05	26,48	
40-60	2,1	5,45	5,05	0,25	1,94	0,61	0,31	0,01	0,93	2,87	32,37	21,22	
60-80	0,7	1,17	5,09	0,25	2,01	0,73	0,07	0,01	0,81	2,82	28,84	23,49	
80-100	0,9	0,78	5,61	0,20	2,21	1,04	0,11	0,00	1,15	3,36	34,19	14,83	

Tabela 8B – Resultado da análise foliar. Data da coleta: 30/1/2009. Data da análise: 5/2/2009.

	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
Raio 1										
5	24.47	2.10	28.90	3.36	2.81	1.45	2.88	376.56	48.99	23.34
10	25.17	1.68	29.20	2.14	2.29	1.05	0.67	418.58	29.69	18.30
15	23.40	1.97	28.07	0.43	2.85	1.20	2.85	568.63	45.57	24.21
20	23.29	2.07	32.06	3.18	2.73	1.09	6.40	403.38	30.50	23.71
25	21.90	2.00	29.72	1.85	2.17	1.09	3.11	328.15	33.82	20.84
30	20.98	2.44	31.42	2.50	2.39	1.10	4.29	185.41	37.88	21.93
35	10.86	1.83	20.07	1.10	1.62	0.86	3.17	62.36	38.61	14.45
Raio 2										
5	19.18	2.08	1.91	1.74	1.97	0.67	2.70	177.89	34.98	23.69
10	19.48	2.01	32.43	2.40	2.27	0.92	5.28	290.07	45.85	23.82
15	20.61	2.09	34.70	2.64	2.59	1.03	2.47	348.13	11.93	26.63
20	21.35	2.14	35.04	3.63	2.43	1.24	5.22	401.57	47.24	26.97
25	20.96	2.11	31.49	3.11	2.60	0.96	3.44	330.38	43.26	25.37
30	18.49	2.05	32.47	2.41	2.53	1.15	7.78	152.69	56.89	22.36
35	10.86	1.83	20.07	1.10	1.62	0.86	3.17	62.36	38.61	14.45

Tabela 8B, Cont.

	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
	Raio 3									
5	15.26	2.14	32.15	2.67	2.26	1.56	10.38	367.59	125.49	47.92
10	20.65	1.84	21.67	1.89	1.96	0.99	3.38	455.72	24.82	18.57
15	19.16	1.98	29.28	3.18	2.78	1.40	3.49	299.52	31.95	23.06
20	22.27	1.97	24.91	3.34	2.73	1.17	3.20	288.65	36.96	23.27
25	15.16	1.85	25.33	1.77	2.20	0.97	4.39	127.64	47.87	20.24
30	12.32	1.80	20.39	2.04	2.01	0.28	4.30	70.99	43.99	17.40
35	10.86	1.83	20.07	1.10	1.62	0.86	3.17	62.36	38.61	14.45

**APÊNDICE C – RESULTADOS DAS ANÁLISES VARIÂNCIA PARA AS  
RELAÇÕES AVALIADAS**

a) ANOVA - DQO X DISTÂNCIA DO CANHÃO				b) ANOVA – LÂMINA X DISTÂNCIA DO CANHÃO		
	Regressão	Resíduo	Total	Regressão	Resíduo	Total
gl	2	3	5	2	3	5
SQ	1455336	220522,4	1675858	36564,6	6012,236	42576,83
QM	727668	73507,47		18282,3	2004,079	
F	9,899238			9,122546		
F*	0,047733			0,053063		
Interseção	Coefficientes	Erro padrão	Probabilidade	Coefficientes	Erro padrão	Probabilidade
1 X	5829,06	484,9989	0,001239	5829,06	484,9989	0,001239
X <sup>2</sup>	-237,571	63,4599	0,033261	-237,571	63,4599	0,033261
	7,376435	1,774914	0,025329	7,376435	1,774914	0,025329
c) ANOVA – MS x LÂMINA IRRIGAÇÃO TOTAL DE IRRIGAÇÃO				d) ANOVA – DQO x LÂMINA IRRIGAÇÃO TOTAL DE IRRIGAÇÃO		
	Regressão	Resíduo	Total	Regressão	Resíduo	Total
gl	1	19	20	2	3	5
SQ	4,643304	0,878746	5,52205	832518,9	843339,5	1675858
QM	4,643304	0,04625		416259,5	281113,2	
F	100,3962			1,480754		
F*	5,1E-09			0,356983		
Interseção	Coefficientes	Erro padrão	Probabilidade	Coefficientes	Erro padrão	Probabilidade
1X	1,983417	0,101094	4,51E-14	196,471	155,2685	0,221877
X <sup>2</sup>	0,003781	0,000377	5,1E-09	9,682917	2,202841	0,000349
				-0,02239	0,005992	0,001507
e) ANOVA – ALTURA PLANTA x LÂMINA MÉDIA DE IRRIGAÇÃO (18/12)				f) ANOVA – ALTURA PLANTA x LÂMINA TOTAL DE IRRIGAÇÃO (08/01)		
	Regressão	Resíduo	Total	Regressão	Resíduo	Total
gl	2	4	6	1	5	6
SQ	58,3479	1,969562	60,3174	1105,359	61,24442	1166,603
QM	29,17395	0,492391		1105,359	12,24888	
F	59,24961			90,24159		
F*	0,001066			0,000219		
Interseção	Coefficientes	Erro padrão	Probabilidade	Coefficientes	Erro padrão	Probabilidade
1X	10,39188	0,663918	9,73E-05	22,45248	2,84956	0,000529
X <sup>2</sup>	0,015913	0,009419	0,16640	0,101043	0,010637	0,000219
	2,02E-05	2,56E-05	0,47412			

g) ANOVA – ALTURA PLANTA x LÂMINA TOTAL DE IRRIGAÇÃO (24/01)				h) ANOVA – ALTURA PLANTA x LÂMINA TOTAL DE IRRIGAÇÃO (30/01)		
gl	Regressão	Resíduo	Total	Regressão	Resíduo	Total
	1	5	6	2	4	6
SQ	7081,175	590,102		5092,363	1084,407	6176,77
QM	7081,175	118,0204		2546,181	271,1018	
F	59,99959			9,391974		
F*	0,000573			0,030822		
Interseção	Coeficientes	Erro padrão	Probabilidade	Coeficientes	Erro padrão	Probabilidade
X1	44,68036	8,845209	0,00392	71,83353	15,57849	0,009948
X <sup>2</sup>	0,255745	0,033017	0,00057	0,630746	0,221017	0,046216
				-0,00123	0,000601	0,11079

i) ANOVA – TEORES N E LÂMINAS TOTAIS DE IRRIGAÇÃO				j) ANOVA – TEORES Mg E LÂMINAS TOTAIS DE IRRIGAÇÃO		
Gl	Regressão	Resíduo	Total	Regressão	Resíduo	Total
	2	15	17	2	15	17
SQ	249,2676	128,4839	377,7515	1,733252	0,769366	2,502619
QM	124,6338	8,565595		0,866626	0,051291	
F	14,55051			16,89623		
F*	0,000307			0,000144		
Interseção	Coeficientes	Erro padrão	Probabilidade	Coeficientes	Erro padrão	Probabilidade
1X	10,66072	1,605428	7,87E-06	1,63264	0,124232	1,24E-09
X <sup>2</sup>	0,088576	0,023395	0,001794	0,008428	0,00181	0,000311
	-0,00018	6,31E-05	0,012656	-1,8E-05	4,88E-06	0,001897

k) ANOVA – TEORES Zn E LÂMINAS TOTAIS DE IRRIGAÇÃO				l) ANOVA – TEORES Fe E LÂMINAS TOTAIS DE IRRIGAÇÃO		
gl	Regressão	Resíduo	Total	Regressão	Resíduo	Total
	2	15	17	2	15	17
SQ	186,0483	57,95823	244,0066	216859,2	125003,3	341862,6
QM	93,02417	3,863882		108429,6	8333,557	
F	24,07531			13,01121		
F*	2,08E-05			0,000528476		
Interseção	Coeficientes	Erro padrão	Probabilidade	Coeficientes	Erro padrão	Probabilidade
1X	14,50131	1,078261	8,97E-10	28,93	50,13	0,57
X <sup>2</sup>	0,074687	0,015713	0,000256	2,17	0,73	0,01
	-0,00015	4,24E-05	0,003212	-0,004	0,002	0,05