

JUAREZ ROGÉRIO CABRAL

**IMPACTO DA APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE
SUINOCULTURA NO SOLO E NA PRODUÇÃO DE CAPIM-ELEFANTE**

**MARINGÁ
PARANÁ – BRASIL
FEVEREIRO – 2011**

JUAREZ ROGÉRIO CABRAL

**IMPACTO DA APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE
SUINOCULTURA NO SOLO E NA PRODUÇÃO DE CAPIM-ELEFANTE**

**Tese apresentada à Universidade
Estadual de Maringá, como parte
das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Agronomia, para
obtenção do título de Doutor.**

**MARINGÁ
PARANÁ – BRASIL
FEVEREIRO – 2011**

JUAREZ ROGÉRIO CABRAL

**IMPACTO DA APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE
SUINOCULTURA NO SOLO E NA PRODUÇÃO DE CAPIM-ELEFANTE**

**Tese apresentada à Universidade
Estadual de Maringá, como parte
das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Agronomia, para
obtenção do título de Doutor.**

APROVADA em 18 de fevereiro de 2011

Prof. Dr. Paulo Sérgio Lourenço de Freitas _____
Presidente

Prof. Dr. Roberto Rezende _____
Membro

Prof. Dr. Antonio Saraiva Muniz _____
Membro

Prof^a. Dr^a. Maritane Priori _____
Membro

Prof. Dr. Giuliani do Prado _____
Membro

AGRADECIMENTOS

A todas as pessoas que diretamente ou indiretamente contribuíram para que este trabalho fosse possível, mas devo agradecer de forma especial a algumas pessoas.

- Em primeiro lugar a Deus, pois sem ele nada seria possível.
- Ao Prof. Dr. Paulo Sérgio Lourenço, pela orientação, com profunda dedicação, e amigo nas dificuldades encontradas.
- Prof. Dr. Altair Bertonha.
- Prof. Dr. Antônio Saraiva Muniz pela coorientação.
- Prof. Dr. Reny Adilmar Prestes Lopes.
- M.Sc Oécio José Stipp.
- Aos funcionários da UEM de Cidade Gaúcha.
- Aos meus pais, Juarez Cabral e Elza de Aviz Cabral, de todas as formas possíveis, pois não existem palavras que possam justificar o seu amor pelos filhos.
- Em especial às duas pessoas que contribuíram muito para que eu pudesse chegar a realizar mais uma etapa de minha vida, Graziela Cabral Zanoni e Sérgio Antônio Zanoni.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE QUADROS	v
LISTA DE FIGURAS	viii
RESUMO	x
ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Suinocultura no Brasil	3
2.2. Utilização de água residuária de suinocultura como fertilizante.....	3
2.3. Aplicação de água residuária de suínos (ARS).....	4
2.4. Capim elefante cv. napier	11
3. MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1. Localização da área e caracterização do clima e do solo	16
3.2. Tratamentos e delineamento estatístico	16
3.3. Irrigação	17
3.4. Água residuária de suinocultura (ARS)	20
3.4.1. Origem da água residuária	20
3.4.2. Análise da ARS	20
3.4.3. Aplicação de ARS	22
3.5. Componentes de produção do capim elefante	22
3.5.1. Altura média das plantas	22
3.5.2. Relação entre lâmina foliar e colmo do capim elefante	23
3.5.3. Massa verde e seca	23
3.6 Avaliação do efeito da aplicação de ARS no solo	24
3.7 Análise estatística	24
4. RESULTADO E DISCUSSÃO	25
4.1 Aplicação de água residuária - primeira época	25

4.1.1 Avaliação do potencial hidrogeniônico (pH) no solo	25
4.1.2 Avaliação de Alumínio (Al^{3+}) no solo	27
4.1.3 Avaliação de cálcio (Ca^{2+}) no solo	29
4.1.4 Avaliação de magnésio (Mg^{2+}) no solo	31
4.1.5 Avaliação de potássio (K^+) no solo	34
4.1.6 Avaliação de fósforo (P) no solo	36
4.1.7 Avaliação de carbono (C) no solo	38
4.1.8 Parâmetros fenológicos do capim-elefante	40
4.2 Aplicação de água residuária - segunda época	43
4.2.1 Avaliação do potencial hidrogeniônico (pH) no solo	43
4.2.2 Avaliação de alumínio (Al^{3+}) no solo	45
4.2.3 Avaliação de cálcio(Al^{3+}) no solo	47
4.2.4 Avaliação de magnésio (Mg^{2+}) no solo	50
4.2.5 Avaliação de potássio (K^+) no solo	53
4.2.6 Avaliação de fósforo (P) no solo	55
4.2.7 Avaliação de carbono (C) no solo	57
4.2.8 Parâmetros fenológicos do capim-elefante	59
5. CONCLUSÕES	61
6. REFERÊNCIAS	62

LISTA DE QUADROS

	Página
Quadro 1 Características químicas da água residuária de suinocultura, realizadas em cada aplicação, primeira época.....	20
Quadro 2 Quantidade de nutrientes aplicados ao solo em cada tratamento na primeira época.....	21
Quadro 3 Características químicas da água residuária de suinocultura, realizadas em cada aplicação, na segunda época.....	21
Quadro 4 Quantidade de nutrientes aplicados ao solo em cada tratamento na segunda época.....	21
Quadro 5 Resumo da análise de variância os valores de pH no solo.....	25
Quadro 6 Comparações das médias dos valores do pH no solo	25
Quadro 7 Resumo da análise de variância para as concentrações de Al^{+3} no solo.....	27
Quadro 8 Comparações das médias das concentrações de Al^{+3} no solo	27
Quadro 9 Resumo da análise de variância para as concentrações de Ca^{2+} no solo.....	29
Quadro 10 Comparações das médias das concentrações de Ca^{2+} no solo.....	29
Quadro 11 Resumo da análise de variância para as concentrações de Mg^{2+} no solo.....	32
Quadro 12 Comparações das médias das concentrações de Mg^{2+} no solo ...	32
Quadro 13 Resumo da análise de variância para as concentrações K^{+} no solo.....	34
Quadro 14 Comparações das médias das concentrações de K^{+} no solo	34
Quadro 15 Resumo da análise de variância para as concentrações de fósforo no solo.....	36
Quadro 16 Comparações das médias das concentrações de fósforo no solo.....	36

Quadro 17	Resumo da análise de variância para as concentrações de carbono no solo.....	38
Quadro 18	Comparações das médias das concentrações de carbono no solo após aplicação dos tratamentos	39
Quadro 19	Resumo da análise de variância para os valores de pH no solo.....	43
Quadro 20	Comparações das médias dos valores do pH no solo	43
Quadro 21	Valores médios do pH no solo nas duas épocas.....	44
Quadro 22	Resumo da análise de variância para as concentrações de Al^{3+} no solo.....	45
Quadro 23	Comparação das médias das concentrações de Al^{3+} no solo após aplicação dos tratamentos.....	45
Quadro 24	Valores da concentração média de Al^{3+} no solo nas duas épocas.....	46
Quadro 25	Resumo da análise de variância para as concentrações de Ca^{2+} no solo.....	48
Quadro 26	Valores da concentração média de Ca^{2+} no solo na segunda época após aplicação dos tratamentos.....	48
Quadro 27	Valores da concentração média de Ca^{2+} no solo nas duas épocas.....	48
Quadro 28	Resumo da análise de variância para as concentrações de Mg^{2+} no solo.....	51
Quadro 29	Valores da concentração média de Mg^{2+} no solo na segunda época após aplicação dos tratamentos.....	51
Quadro 30	Valores da concentração média de Mg^{2+} no solo nas duas épocas.....	51
Quadro 31	Resumo da análise de variância para as concentrações K^+ no solo.....	53
Quadro 32	Valores da concentração média de K^+ no solo, na segunda época, após aplicação dos tratamentos.....	53

Quadro 33	Valores da concentração média de K^+ no solo nas duas épocas.....	54
Quadro 34	Resumo da análise de variância para as concentrações de fósforo no solo.....	55
Quadro 35	Valores da concentração média de fósforo no solo na segunda época após aplicação dos tratamentos.....	55
Quadro 36	Valores da concentração média de fósforo no solo nas duas épocas.....	55
Quadro 37	Resumo da análise de variância para as concentrações de carbono no solo.....	58
Quadro 38	Valores da concentração média de carbono no solo, na segunda época, após aplicação dos tratamentos.....	58
Quadro 39	Valores da concentração média de carbono no solo nas duas épocas.....	58

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 Evapotranspiração da cultura - Etc e evapotranspiração de referencia- Eto diária (A), umidade no solo diária (B) e precipitação diária ocorrida no período e ARS aplicada na primeira época.....	18
Figura 2 Evapotranspiração da cultura - Etc e evapotranspiração de referênci- Eto diária (A), umidade do solo diária (B) e precipitação diária ocorrida no período e ARS aplicada na segunda época.....	19
Figura 3 Detalhe da parcela destacando a área útil.....	23
Figura 4 Valores do pH no solo (A) e em função da dose de ARS (B).....	26
Figura 5 Valores de alumínio no solo (A) e em função da dose de ARS (B).....	28
Figura 6 Valores de cálcio no solo (A) e em função da dose de ARS (B).....	31
Figura 7 Valores de magnésio no solo (A) e em função da dose de ARS (B).....	33
Figura 8 Valores de potássio no perfil solo (A) e em função da dose de ARS (B).....	35
Figura 9 Valores de fósforo no perfil solo (A) e em função da dose de ARS (B).....	37
Figura 10 Valores de carbono no solo (A) e em função da dose de ARS (B).....	40
Figura 11 Altura de plantas-AP (A), relação lâmina foliar/colmo-RLC (B) e massa seca-MS do capim-elefante em função das doses de água residuária(C)	42
Figura 12 Valores do pH no solo (A) e em função da dose de ARS (B).....	44
Figura 13 Valores de alumínio no solo (A) e em função da dose de ARS (B).....	47
Figura 14 Valores de cálcio no solo (A) e em função da dose de ARS (B).....	50
Figura 15 Valores de magnésio no solo (A) e em função da dose de ARS (B).....	52
Figura 16 Valores de potássio no solo (A) e em função da dose de ARS (B).....	54

Figura 17	Valores de fósforo no solo (A) e em função da dose de ARS (B).....	57
Figura 18	Valores de carbono no solo (A) e em função da dose de ARS (B).....	59
Figura 19	Altura de plantas-AP (A) e massa seca-MS (B) do capim-elefante em função das doses de água residuária	60

RESUMO

CABRAL, Juarez Rogério. Universidade Estadual de Maringá, fevereiro de 2011. IMPACTO DA APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA NO SOLO E NA PRODUÇÃO DE CAPIM-ELEFANTE. Professor Orientador: Prof. Dr. Paulo Sérgio Lourenço de Freitas. Conselheiro: Prof. Dr. Roberto Rezende.

A criação intensiva de suínos concentra grande número de animais por unidade de área, gerando alto volume de água residuária, que necessita de destinação correta, pois pode causar desequilíbrios ambientais. A água residuária de suinocultura (ARS) possui características que possibilitam sua disposição no solo como fertilizante. Objetivou-se neste trabalho avaliar o efeito da aplicação de água residuária de suinocultura sobre as propriedades químicas de um Latossolo Vermelho distrófico e sobre a produção do capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum). Realizou-se o experimento em condições de campo, em dois anos consecutivos, composto de cinco tratamentos mais testemunha. T₀ = sem aplicação de ARS (testemunha), T₁ = 150 m³ ha⁻¹, T₂ = 300 m³ ha⁻¹, T₃ = 450 m³ ha⁻¹, T₄ = 600 m³ ha⁻¹, T₅ = 750 m³ ha⁻¹ de ARS, aplicada durante o ciclo da cultura do capim elefante. Foram obtidas as concentrações de P, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺ no solo antes e depois da aplicação da ARS. A concentração de fósforo no solo aumentou em função do aumento de aplicação de taxas de ARS. A concentração de Ca²⁺ diminuiu. A aplicação de ARS não influenciou a altura de plantas e a produção de massa seca do capim nas duas épocas e ocorreram reduções das concentrações de K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ e P da primeira para segunda época.

Palavras-chave: Efluente, Impacto ambiental, Lixiviação.

ABSTRACT

CABRAL, Juarez Rogério. Universidade Estadual de Maringá, February 2011. IMPACTS OF PIG FARMING RESIDUAL WATER APPLICATION IN SOIL AND ELEPHANT GRASS PRODUCTION. Professor Orientador: Prof. Dr. Paulo Sérgio Lourenço de Freitas. Conselheiro: Prof. Dr. Roberto Rezende.

Intensive pig farming concentrates a great number of animals per area generating high volume of residual water, which requires correct disposal once it might cause environmental imbalance. Pig farming residual water (PRW) can be used as fertilizer due to its characteristics. This work was aimed at evaluating the effect of applying pig farming residual water in chemical properties of Dystric Nitosols and in elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum) production. An experiment was carried out in field conditions compounded of five treatments plus check. T₀ = without PRW application (check), T₁ = 150 m³ ha⁻¹, T₂ = 300 m³ ha⁻¹, T₃ = 450 m³ ha⁻¹, T₄ = 600 m³ ha⁻¹, T₅ = 750 m³ ha⁻¹ PRW applied during elephant grass crop cycle. P, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺ concentrations were obtained in the soil before and after PRW application. Phosphorus concentration in the soil increased as a function of PRW application rates increase. Ca concentration decreased. PRW application did not influence plant height and dry mass production of the grass.

Key words: Effluent, Environmental impact, Leaching.

1. INTRODUÇÃO

A partir de 1970, o sistema que integra a agricultura e a suinocultura entra em crescimento, contribuindo para o desenvolvimento socioeconômico rural. Nessa época, a água residuária gerada no processo produtivo não era problema, pois a quantidade de animais por unidade de área era pequena. Porém, com o aumento da demanda pela carne suína e consequente aumento da produção, a legislação ambiental considerou a suinocultura intensiva uma fonte de produção altamente poluidora (SOARES et al., 2003).

A geração de alto volume de resíduo, a concentração da produção em torno das indústrias e a dificuldade de manejo adequado desses dejetos pelos produtores ocasionam problemas ambientais, com impactos que vão desde o desconforto da população local pela proliferação de insetos e odores desagradáveis até problemas de saúde gerados pela contaminação do solo e dos mananciais.

A utilização de ARS pode ser eficaz como biofertilizante se utilizado de maneira adequada. Apesar do potencial poluidor da água residuária de suinocultura (ARS), essa contém macro e micronutrientes como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, ferro, zinco, cobre e outros, que podem contribuir para redução da aplicação de fertilizantes químicos nas lavouras.

De acordo com Queiroz et al. (2000) o capim elefante é uma espécie forrageira de grande importância na alimentação animal e que apresenta facilidade de implantação, adaptação e manejo. A espécie está distribuída por todas as regiões do país e é a gramínea mais utilizada para formação de capineiras para corte e pastejo. A aplicação de ARS como biofertilizante torna-se uma alternativa para elevar a produtividade deste tipo de forrageira.

Para reduzir o impacto ambiental e proporcionar aumento de produtividade, é de fundamental importância o conhecimento sobre a utilização de águas residuárias geradas no processo produtivo em áreas agrícolas. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o impacto da aplicação de

doses de água residuária de suinocultura nas propriedades químicas do solo e nos componentes de produção do capim elefante cv. Napier.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Suinocultura no Brasil

Na maioria dos países desenvolvidos, a legislação de proteção ambiental é muito rígida com relação aos dejetos produzidos por suínos e outros animais, devido à dificuldade de distribuição dos mesmos. No Brasil, a partir de 1991, começou a ser dada uma maior importância a esse assunto, passando o Ministério Público a cobrar o cumprimento da legislação, aplicando advertências, multas e mesmo o fechamento de granjas (DIESEL et al., 2002)

A suinocultura no Brasil é uma atividade predominante de pequenas propriedades rurais e uma atividade importante do ponto de vista social, econômico e, especialmente, como instrumento de fixação do homem no campo. Em torno de 81,7% dos suínos são criados em unidades de até 100 hectares. Essa atividade é desenvolvida em 46,5% das 5,8 milhões de propriedades existentes no país, empregando mão-de-obra tipicamente familiar e constituindo uma importante fonte de renda e de estabilidade social (PERDOMO et al., 2010).

A suinocultura é uma atividade considerada pelos órgãos ambientais como “atividade potencialmente causadora de degradação ambiental”, sendo enquadrada como de grande potencial poluidor. Pela Legislação Ambiental (Lei 9.605/98 - Lei de Crimes Ambientais), o produtor pode ser responsabilizado criminalmente por eventuais danos causados ao meio ambiente e à saúde dos homens e animais (PERDOMO et al., 2010).

2.2. Utilização de água residuária de suinocultura como fertilizante

O esterco é constituído pelas fezes dos animais que, normalmente, se apresentam na forma pastosa ou sólida. Os dejetos podem apresentar grandes variações em seus componentes, dependendo do sistema de manejo adotado e, principalmente, da quantidade de água e nutrientes em sua composição. O esterco

líquido dos suínos contém matéria orgânica, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, manganês, ferro, zinco, cobre e outros elementos incluídos nas dietas dos animais (DIESEL et al., 2002).

A quantidade total de esterco produzida por um suíno varia de acordo com o seu desenvolvimento, mas apresenta valores decrescentes de 8,5 a 4,9% em relação a seu peso vivo por dia na faixa de 15 a 100 kg. Cada suíno adulto produz em média 7 a 8 litros de dejetos líquidos por dia ou 0,21 a 0,24m³ de dejetos por mês durante o ciclo criatório (DIESEL et al., 2002)

Estudos realizados por Scherer et al. (1996), em municípios na região Oeste de Santa Catarina, com 118 amostras líquidas de dejetos, constataram que o teor de matéria seca foi de 3%, bem inferior ao preconizado pela Comissão de Fertilidade do Solo, que é de 6% e serve de base para a recomendação de adubação orgânica. No geral, as amostras com baixo teor de matéria seca também têm uma baixa concentração de nutrientes, o que diminui seu valor fertilizante. Observaram também que 38% das amostras de esterco tinham menos de 5 kg m⁻³ de nutrientes e, o que é mais preocupante, 27% do total das amostras apresentaram menos de 3 kg m⁻³ de nutrientes e um teor de matéria seca inferior a 1%.

2.3. Aplicação de água residuária de suínos (ARS)

Vários são os problemas decorrentes da disposição direta de esterco animal no solo, destacando-se: contaminação e aumento na concentração de nitrogênio e fósforo, na solução do solo (SARTAJ et al., 1997); além da percolação dos mesmos para o lençol freático (CHANG e JANZEN, 1996).

Muitos pesquisadores têm estudado os efeitos da aplicação de água residuária de suínos sobre as características químicas de solos. King et al. (1985) aplicando água residuária de suinocultura de lagoa anaeróbia em capim-coastcross, nas taxas de 335, 670 e 1340 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de nitrogênio, obtiveram aumento na concentração de fósforo na superfície e de K⁺, Na⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ em maiores profundidades.

Campelo (1999) avaliou a aplicação de água residuária de suinocultura, em quatro diferentes concentrações de sólidos totais (2,40; 7,00; 16,30 e 26,90 g L⁻¹) em um Argissolo Vermelho-Amarelo, sem cobertura vegetal, obtendo aumento nas concentrações de Ca, e P nas camadas superficiais do solo.

Freitas et al. (2004) avaliaram o efeito da aplicação de quatro lâminas de água e água residuária de suinocultura, bruta e peneirada, sobre os componentes de produção da cultura do milho (*Zea mays L.*) para silagem com concentrações de DBO de 1111 mg L⁻¹ para a água residuária bruta e 1072 mg L⁻¹ para água residuária peneirada. Os autores constataram que o uso da água residuária de suinocultura aumentou significativamente os valores de produtividade, altura de plantas, índice e peso de espigas, sendo que a maior produtividade foi verificada para água residuária bruta, sendo 57,8% e 57,6% superiores à testemunha para os tratamentos que receberam água residuária bruta e água residuária peneirada respectivamente.

A utilização de água residuária como, por exemplo, da criação de suínos (FREITAS et al., 2004), ou ainda da água provinda do tratamento de resíduo de curtumes (FERREIRA et al., 2003), apresentou resultados positivos na correção da acidez do solo pelo fato de o tratamento dessas águas resultarem em aumento no pH e na produção de milho e aveia. Já Peles (2007), não observou variações significativas nos valores de pH do solo para diferentes doses de dejetos líquidos de suínos (0, 30, 60 e 90 m³ ha⁻¹). Também Duarte et al. (2008) avaliaram o efeito da aplicação de efluente doméstico tratado e água de abastecimento público na cultura do pimentão e verificaram que o uso da água residuária não provocou alterações significativas no pH.

Chateaubriand (1988) observou uma tendência de aumento nas concentrações de fósforo e potássio disponíveis no perfil do solo, à profundidade de 0-20cm, com aplicação de quatro taxas: 50, 100, 150 e 200 m³ ha⁻¹ de água residuária de suinocultura. Na época de floração das plantas, as maiores concentrações desses nutrientes não foram mantidas no período de colheita do milho, o que foi creditado à remoção pelas plantas.

Queiroz et al. (2004) avaliaram o efeito da intensiva aplicação de água residuária de suinocultura (ARS) nas características químicas de um solo Podzólico Vermelho-Amarelo, cultivado com quatro diferentes espécies de gramíneas forrageiras, a uma taxa de $800 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ de DBO_5 , e observaram que a aplicação de ARS proporcionou um acúmulo de fósforo, K^+ , Na^+ e Zn^{2+} no solo, na profundidade de 0-20cm, enquanto que as concentrações de Mg^{2+} e Cu^{2+} reduziram e as de Ca^{2+} mantiveram-se iguais.

Prior (2008) aplicou quatro taxas de água residuária de suinocultura (ARS) ($112,5$, 225 , $337,5$ e $450 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) na cultura do milho, combinado com duas adubações de solo (50 e 75%), e verificou que a aplicação de ARS promoveu aumento na altura de planta e na produtividade. A maior produtividade foi observada para a maior lâmina de ARS aplicada ($450 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) com 75 % de adubação química e essa produtividade foi 23% superior à testemunha.

Smanhotto (2008) aplicou taxas de 100 , 200 e $300 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de ARS durante o ciclo da cultura da soja em área adubada de acordo com a recomendação para a cultura e outra sem adubação. Verificou que a aplicação de ARS promoveu aumento no pH, teor de matéria orgânica e capacidade de troca de cátions do solo, entretanto o nitrogênio não sofreu influência com a aplicação de ARS e adubação. Já as concentrações de nitrato no solo foram dependentes da quantidade de ARS aplicada. Maiores taxas de ARS apresentaram maiores concentrações de nitrato na solução do solo. A concentração de fósforo no solo também foi influenciada pela quantidade de ARS aplicada bem como a adubação, em que as maiores concentrações de fósforo no solo foram verificadas para a maior taxa de ARS aplicada, e em tratamentos que não receberam adubação.

Hountin et al. (2000) utilizaram doses de água residuária de suinocultura correspondentes a 0 , 30 , 60 , 90 e $120 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ aplicadas em solo de textura média (gleysol) durante 14 anos e cultivado com milho e verificaram rendimentos superiores de 16, 26, 33 e 50%, respectivamente, em relação ao tratamento controle não adubado.

Oliveira e Parizotto (1994) aplicaram água residuária de suinocultura como suplementação da adubação química de 200 kg ha⁻¹ da formulação N(4)-P(30)-K(10) por quatro anos consecutivos e verificaram que o rendimento de grãos de soja aumentou linearmente com a dose de dejetos aplicada. A dose de 30 m³ ha⁻¹ ARS, promoveu um acréscimo de 23% no rendimento de grãos de soja em relação ao tratamento adubado quimicamente.

Pereira (2006) aplicou água residuária de suinocultura em plantas de *Brachiaria decumbens* e observou acréscimos que variaram de 225 a 338% na produção de matéria seca, em relação às plantas que receberam água (testemunha).

Segundo Castro Filho et al. (2003), a aplicação de água residuária de suinocultura em área de pastagem, numa propriedade no município de Cianorte – PR, nos anos de 2002 e 2003, respectivamente, aumentou a produção de massa verde em 14 e 26 t ha⁻¹ a cada metro cúbico de dejetos aplicado. Nesse mesmo trabalho, os autores verificaram um acréscimo de 25% na produção de grãos de soja para dose de 140 m³ ha⁻¹ em solo do município de Palotina – PR.

Assman et al. (2006) aplicaram doses crescentes de água residuária de suinocultura (0, 20, 40, 80, e 120 m³ ha⁻¹) na cultura da soja em um Latossolo Vermelho Aluminoférrico de textura argilosa e obtiveram maior produtividade na maior dose aplicada 120 m³ ha⁻¹, representando um total de 2412 kg ha⁻¹.

Trentin (2004) avaliou a produção de matéria seca acumulada e o acúmulo de nitrogênio e fósforo na parte aérea das plantas das sucessões das culturas de aveia preta, milho e nabo forrageiro com aplicação de doses crescentes de águas residuárias de suinocultura (ARS), de 0, 20, 40 e 80 m³ ha⁻¹. As doses menores de ARS aplicadas ao solo como fertilizante proporcionaram maiores incrementos relativos na produtividade de grãos em relação a maiores doses. À medida que ocorre um aumento na dose aplicada, principalmente de 40 para 80 m³ ha⁻¹, se observa uma diminuição na eficiência de absorção pelas plantas, ou seja, um incremento decrescente na produção. Doses de ARS acima de 40 m³ ha⁻¹, além de serem menos eficientes sob o ponto de vista nutricional,

podem representar um risco de contaminação às águas superficiais e subsuperfície pela lixiviação de nutrientes no perfil do solo.

A lixiviação é um dos principais fatores no processo de retirada de elementos do perfil do solo através da água de percolação. As bases, como cálcio e magnésio são substituídas por hidrogênio e alumínio, intensificando a acidificação (MARIA et al., 1993).

A lixiviação, além do cálcio, também pode arrastar outras bases, como magnésio e potássio, para fora do alcance das raízes das plantas (PAVAN et al., 1984; QUAGGIO et al., 1982).

A falta de cálcio nas plantas, pelo aumento da acidez e o excesso de alumínio, resultam em baixo crescimento do sistema radicular, com conseqüente exploração de pequenos volumes de solo, levando à baixa captação de nutrientes e água, tornando as culturas sujeitas a deficiências minerais e mais susceptíveis à deficiência hídrica. Por outro lado, nas situações nas quais o aprofundamento do sistema radicular da cultura é vantajoso, a lixiviação do cálcio aplicado, da superfície até camadas subsuperficiais, pode ser um fenômeno desejável (MARIA et al., 1993).

Em estudos realizados por Maria et al. (1993), com aplicação de gesso agrícola e calcário, verificou-se que no Latossolo Vermelho Escuro de textura média os valores de perda de cálcio foram maiores que no Latossolo Vermelho Escuro de textura argilosa.

Durigon et al. (2002) avaliaram a aplicação de água residuária de suinocultura em pastagem natural no Rio Grande do Sul e constataram que houve maior produção de matéria seca na pastagem em todas as estações do ano com a aplicação de ARS, mas os incrementos foram maiores no verão e na primavera, quando ocorre maior insolação e as temperaturas são mais altas, favorecendo o crescimento vegetativo. Nesse trabalho, a dose de 20 m³ ha⁻¹ proporcionou aumentos de 109% na produção de matéria seca ao final de 48 meses. Já com a dose de 40 m³ ha⁻¹ houve acréscimo de 155%, porém os autores relataram a possível contaminação ambiental causada pela dose 40 m³ ha⁻¹.

Seganfredo (2004) afirmou que um dos problemas mais sérios que pode ocorrer com a aplicação de água residuária de suinocultura nas lavouras, levando-se em conta as repetidas aplicações de grandes quantidades na mesma área, é a poluição das águas, por causa do excesso de nitrogênio, fósforo, potássio e outros nutrientes que ficam no solo, uma vez que as plantas não são capazes de absorver todo o volume aplicado. Por outro lado, quanto maior for a quantidade de água residuária acumulada no solo, maior é a possibilidade de ocorrer perdas dos nutrientes por erosão e percolação.

Desse modo, os resíduos poluem o meio através da percolação de sais minerais e nutrientes responsáveis pela eutrofização dos corpos d'água, além da alteração do pH e da microbiota do solo (PEREIRA NETO, 1992).

A maioria dos adubos orgânicos é fonte importante de nitrogênio, mas, dependendo da concentração, das doses do composto e da frequência de aplicação, há risco ao ambiente em virtude da lixiviação de nitrato e, conseqüentemente, contaminação das águas subterrâneas. A percolação de nitrato é influenciada pela textura, quantidade de adubo aplicado, tipo de adubação, exigência e absorção de nitrogênio pelas plantas, quantidade e frequência de precipitação pluvial, manejo da irrigação, condições de drenagem e dinâmica das transformações do nitrogênio como mineralização, imobilização e desnitrificação (CAMPBELL et al., 1993).

Segundo Raij (1991), o principal nutriente que pode causar problemas ao ambiente é o nitrogênio, principalmente através de percolação de nitrato para os lençóis freáticos. Existem normas que legislam os recursos hídricos, entre elas estão a Portaria do Ministério da Saúde nº 518 de março de 2004 e a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005 (MANSOR, 2005).

A Portaria do Ministério da Saúde nº 518, de março de 2004, estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (BRASIL, 2005).

A Resolução do CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes (BRASIL, 2005).

O nitrogênio é um dos principais constituintes da água residuária de suinocultura. Cerca de 50% dele está na forma mineral e, ao ser aplicado, tem efeito imediato no crescimento das plantas (BARCELLOS, 1992).

O fósforo tem sido um dos elementos mais estudados do ponto de vista de contaminação ambiental, pois pode, em determinadas situações, atingir redes de drenagem, comprometendo-as pelo processo de eutrofização, (MATTIAS, 2006).

Anami et al. (2008) estudaram o processo de percolação de íons nitrato e fosfato em coluna de solo e verificaram que o íon nitrato apresentou elevado potencial de percolação, ao contrário do que ocorreu com o íon fosfato, que apresentou baixo potencial de contaminação. Como o cálcio é mais fortemente absorvido que o amônio, potássio e magnésio, sua percolação não é tão intensa e, na verdade, não chega a ser preocupante em termos de perdas. A percolação do cálcio para camadas mais profundas no solo depende do volume de água percolada, da concentração deste nutriente na solução do solo, da CTC do solo, do tipo de ânion presente na solução e da concentração de CO₂ no solo (NETO et al., 2001).

Chateaubriand (1988) observou aumento de magnésio com aplicação de água residuária de suinocultura (ARS). Nas aplicações de 50 a 200 m³ ha⁻¹ de ARS no solo, houve uma tendência de aumento de potássio e fósforo nas profundidades de 0,0-10 e 10-20cm na época de floração do milho, possivelmente devido à mineralização dos dejetos adicionados ao solo, sendo que na colheita os teores desses elementos tendem a cair em decorrência do alto consumo de nutrientes pela planta.

Caovilla et al. (2005) estudando a percolação de nutrientes em colunas de solo cultivado com soja e irrigado com água residuária de suinocultura, verificaram que o nitrato apresentou maior mobilidade no processo de lixiviação,

seguido da concentração de sais totais e, posteriormente, do potássio, proporcionalmente aos tratamentos avaliados. Desse estudo, o tratamento que representou 75% de água residuária revelou, nos lixiviados, os maiores níveis de concentrações de nitrato, potássio e concentrações de sais.

Maggi (2009) avaliou a aplicação de água residuária em solo com taxas de 100, 200 e 300 m³ ha⁻¹ aplicadas ao solo sete dias antes da semeadura. Concluiu que os teores de P e K no solo foram influenciados pela aplicação de ARS a CTC e cálcio não foram influenciados.

Freitas et al. (2004), com a adição de água residuária da suinocultura, observaram que a concentração de fósforo no percolado dos lisímetros foi baixa, em decorrência de sua baixa mobilidade no solo, ficando grande parte retida na camada de 0 a 50 cm de profundidade.

De acordo com Djodjic et al. (2004), depois de transcorridos três anos da pesquisa, as perdas de fósforo variaram de 0,03 a 1,09 kg ha⁻¹ano⁻¹, mas não foi encontrada uma correlação entre a concentração de fósforo perdido por percolação e o fósforo disponível ou adsorvido no solo. Os autores relatam que os mecanismos de transporte através do solo e as propriedades do subsolo parecem ser mais importantes para a percolação do que a quantidade de P na superfície do solo.

A percolação do potássio ocupa posição intermediária entre o nitrogênio e o fósforo não é tão intensa quanto o nitrogênio e nem é fixada tão fortemente quanto o fósforo. No entanto, o risco de percolação do potássio é maior nos solos arenosos e pobres em matéria orgânica, com poucas cargas negativas para reter esse elemento, que tem carga positiva (ALCARDE et al., 2000).

2.4. Capim elefante cv. napier

O capim-elefante é uma espécie forrageira que apresenta elevada produção de massa seca por área, entretanto apresenta dificuldades no manejo para conciliar essa elevada produção com qualidade adequada para a alimentação de rebanhos e longevidade.

A adubação se faz necessária devido tanto às suas exigências como pela extração de nutrientes com sua alta produção, principalmente quando utilizada na forma de capineira.

Segundo Rodrigues et al. (2001), o capim-elefante é originário do continente Africano, mais especificamente da África Tropical, entre 10°N e 20°S de latitude, tendo sido descoberto em 1905 pelo coronel Napier. Espalhou-se por toda África e foi introduzido no Brasil em 1920, vindo de Cuba. Hoje, encontra-se difundido nas cinco regiões brasileiras.

Deresz (1999) o descreve como uma gramínea perene, de hábito de crescimento cespitoso, atingindo de 3 a 5 metros de altura com colmos eretos dispostos em touceira aberta ou não, os quais são preenchidos por um parênquima suculento, chegando a 2 cm de diâmetro, com entrenós de até 20 cm. Possui rizomas curtos, folhas com inserções alternas, de coloração verde escura ou clara, que podem ser pubescentes ou não, chegando a alcançar 10 cm de largura e 110 cm de comprimento. As folhas apresentam nervura central larga e brancacenta, bainha lanosa, invaginante, fina e estriada, lígula curta, brancacenta e ciliada. Sua inflorescência é uma panícula primária e terminal, sedosa e contraída, ou seja, com ráceros espiciformes em forma de espiga, podendo ser solitária ou aparecendo em conjunto no mesmo colmo. A panícula tem, em média, 15 cm de comprimento, formada por espiguetas envolvidas por um tufo de cerdas de tamanhos desiguais e de coloração amarelada ou púrpura. Apresenta abundante lançamento de perfilhos aéreos e basilares, podendo formar densas touceiras, apesar de não cobrirem totalmente o solo.

As cultivares têm sido divididas em grupos de acordo com a época de florescimento, pilosidade da planta, diâmetro do colmo, formato da touceira, largura da folha, número e tipo de perfilho (PEREIRA, 1993).

Pereira (1993), considerando as principais características com função discriminatória e importância agrônômica, bem como a constituição genética, definiu o Grupo Napier como sendo a cultivar que apresenta variedades de plantas com colmos grossos, folhas largas, época de florescimento intermediária (abril a maio) e touceiras abertas.

A relação lâmina foliar e colmo é de grande importância do ponto de vista nutritivo e do manejo das espécies forrageiras. Andrade (1997), trabalhando com capim elefante cv. Napier sob diferentes doses de nitrogênio e potássio, encontrou um valor médio dessa relação da ordem de 0,80. Entre as cultivares de capim-elefante estudadas por Queiroz Filho et al. (1995), a cultivar Roxo apresentou melhor relação lâmina foliar e colmo aos 60 dias, com valores em torno de 1,43. Em estudos conduzidos por Xavier et al. (1995), já se obteve uma relação lâmina foliar e colmo de 1,66.

O capim elefante, assim como as demais gramíneas, necessita de manejo adequado do solo, assim como adubação e correção de pH. Segundo Monteiro (1994), preconiza-se valores de bases trocáveis de 60 %, no mínimo, para o bom estabelecimento do capim elefante cv. Napier.

A adubação de manutenção do capim-elefante foi reportada por Werner (1986) e Gomide (1990). É comum encontrar recomendações de doses de nitrogênio, fósforo e potássio, todavia essa adubação, para ser feita de forma correta, deve ser baseada na extração de nutrientes do solo, dependente do uso da forrageira, se como capineira ou como pasto, e na análise do solo.

A adubação fosfatada no estabelecimento de pastagem é de fundamental importância, pois este elemento promove maior desenvolvimento inicial das plântulas após a germinação, crescimento de raízes e perfilhamento das plantas (WERNER, 1986).

Segundo Evangelista e Lima (2002), a adubação de plantio deve suprir o fósforo e potássio necessário para o início do cultivo. Em cobertura devem ser aplicados o restante de potássio, fósforo e nitrogênio parcelados durante o ano, sendo a primeira parcela quando o capim atingir de 40 a 50 cm de altura, e a segunda imediatamente após o primeiro corte. Outra sugestão é colocar, no sulco do plantio, de 50 a 100 kg de P_2O_5 ha^{-1} , 50 kg de K_2O ha^{-1} e 2 kg de Zn ha^{-1} , fazendo uma rápida incorporação do fertilizante ao solo.. Em áreas com comprovada deficiência de enxofre, aplicar de 20 a 40 kg ha^{-1} quando a fonte de fósforo não for o superfosfato simples.

O fósforo deve ser aplicado de forma localizada, em proximidade com as gemas dos estolões, para que resulte em maior efeito por ser pouco móvel. Quando não se tem a análise de solo, aplicações de 100 kg de P_2O_5 ha^{-1} são suficientes, pois a maioria dos solos brasileiros é deficiente em fósforo.

O nitrogênio na fase de estabelecimento da forrageira os dados ainda são um pouco controversos. Saraiva e Carvalho (1991) não observaram efeito de doses de N até 120 kg ha^{-1} , combinadas com níveis de adubação fosfatada, sobre a produção de massa seca do capim-elefante cv. Mineiro. Entretanto, na prática, tem-se sugerido, como Monteiro (1994), a aplicação de doses relativamente baixas de N no estabelecimento da forragem, variando de 30 a 300 (440) kg de N ha^{-1} , as quais devem ser aplicadas no plantio ou até 30 a 40 dias após o mesmo, de forma parcelada quando acima de 50 kg.

A aplicação conjunta de nitrogênio e potássio é responsável pela alta produção de forragem do capim elefante, assim, quando se objetiva alto crescimento, a adubação nitrogenada deve vir acompanhada da adubação potássica.

O potássio, por si só, também não exerce grande influência no estabelecimento da pastagem, mostrando maior eficiência no pós-estabelecimento.

A recomendação comum é o uso de 80 a 100 kg de KCl ha^{-1} , pois boa parte dos solos apresenta teores de potássio abaixo de 58 ppm (WERNER, 1986). Entretanto, quando os valores encontrados na análise de solo forem superiores a aproximadamente 60 ppm, não é recomendada a adubação potássica no plantio. Devido às baixas quantidades a serem aplicadas no estabelecimento, não tem sido necessário parcelar, podendo também ser aplicada no plantio ou 30 a 40 dias depois se for aplicar o nitrogênio.

Em adubação com micronutrientes é importante salientar que nem sempre sua aplicação é essencial, podendo, em certos casos, prejudicar o estabelecimento, pois a linha limítrofe é muito delgada entre os teores ideais e os níveis tóxicos desses elementos para a planta. Quando comprovada sua deficiência, têm-se observado recomendações de aplicação por meio de FTE

(Fritted Trace Elements) nas formulações BR-10 (2,5% de B; 0,1% de Co; 1% de Cu; 4% de Fe; 4% de Mn; 0,1% de Mo; 7% de Zn) ou Br-16 (1,5% de B; 3,5% de Cu; 0,4% de Mo; 3,5% de Zn), recomendando-se de 30 a 50 kg ha⁻¹ em conjunto com a adubação fosfatada (MONTEIRO (1994) e CFSEMG (1999)).

A adubação química, principalmente a nitrogenada, combinada com o fósforo e o potássio, incrementa a produção forrageira, resultando em maiores retiradas desses nutrientes pelo corte (GOMIDE, 1997). Estudos realizados por Monteiro (1994) recomendam aplicação de 20 a 43 kg de KCl para cada tonelada de massa seca produzida e removida, variando de acordo com as outras adubações.

Para o fósforo, a aplicação só deve ser efetuada quando seu nível estiver baixo no solo, pois em uma pastagem estabelecida a aplicação de fósforo não tem grande efeito direto, mas aumenta a eficiência da adubação nitrogenada (WERNER, 1986). Esse autor recomenda a aplicação da adubação fosfatada de manutenção em áreas de gramíneas exclusivas somente nos casos em que os teores de P no solo forem menores que 10 ppm. Nesses casos, sugere o emprego de 40 a 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ em cobertura, preferencialmente no início do período chuvoso.

Botrel et al. (2000) testaram 20 clones de capim-elefante, com o cv. Cameroon e obtiveram a produção da matéria seca na estação das águas de 24,26 MS ha⁻¹.

Andrade et al. (2000) avaliaram os efeitos das adubações nitrogenadas e potássicas nos componentes de produção do capim-elefante cv. Napier cultivado em um Podzólico Vermelho-Amarelo Câmbico aplicando sete doses de N (20, 50, 100, 200, 300, 350 e 380 kg ha⁻¹ de N) e sete de K (16, 40, 80, 160, 240, 280 e 304 kg ha⁻¹ de K). Esses autores encontraram para dose de 300 kg ha⁻¹ de K o valor de 0,68 para relação de lâmina/colmo. Os mesmos autores concluíram que a produção de MS aumentou com a adubação nitrogenada e potássica em 86%, com valores variando de 2.560 a 4.730 kg ha⁻¹ e que as doses recomendadas para atingir a produção máxima são 365 kg ha⁻¹ de N e 192 kg ha⁻¹ de K.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização da área e caracterização do clima e do solo

O experimento foi realizado no Campus do Arenito – Universidade Estadual de Maringá, município de Cidade Gaúcha, Paraná, latitude 23°22'30" Sul, longitude 52°56'00" Oeste e altitude média de 404 m.

O clima da região é subtropical úmido mesotérmico, conforme classificação de Köppen, com verões quentes e tendência de concentração de chuvas, temperatura anual média de 22°C, invernos com geadas pouco frequentes e sem estação seca definida.

O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico de textura média, originado da formação arenito Caiuá e a granulometria é 830 g kg⁻¹ de areia, 10 g kg⁻¹ de silte e 160 g kg⁻¹ de argila.

3.2. Tratamentos e delineamento estatístico

O experimento foi conduzido em duas épocas distintas: a primeira em 2009 e a segunda em 2010.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições.

Em terreno arado e gradeado, foram delimitados quatro blocos com seis parcelas de 15 m² (3 x 5 m) cada um, separados por linhas três de 1 m de largura.

Na primeira época, o plantio do capim elefante foi realizado no dia 05/01/2009 e na segunda, no dia 05/01/2010, ambas sem adubação de base, para verificar o efeito da água residuária (ARS) no solo, ambas plantados em sulco.

O capim elefante cv. Napier foi plantado em sulco em três linhas espaçadas 1,10 m.

Os tratamentos aplicados foram definidos por sorteio (para cada uma das parcelas dos blocos).

Os tratamentos foram definidos da seguinte forma: T₀ - Testemunha (sem aplicação de ARS), T₁ a T₅ com aplicação de doses de água residuária de suinocultura, sendo: T₁ - 150 m³ ha⁻¹, T₂ - 300 m³ ha⁻¹, T₃ - 450 m³ ha⁻¹, T₄ - 600 m³ ha⁻¹ e T₅ - 750 m³ ha⁻¹.

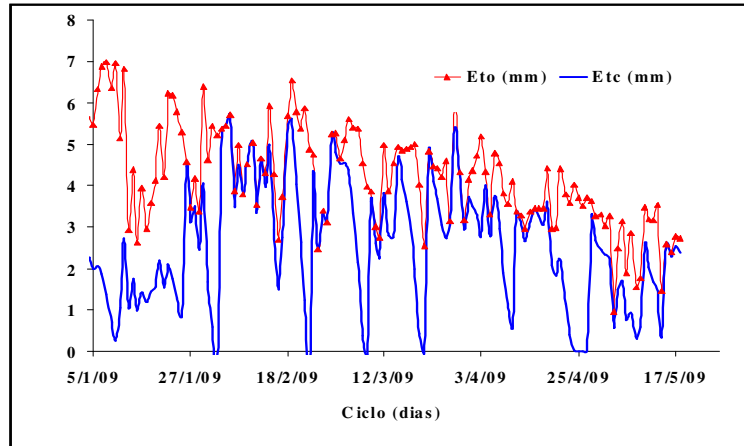
3.3. Irrigação

Na área experimental foi instalado um sistema de irrigação por aspersão convencional com a finalidade de manter o teor de água do solo em condições adequadas para o crescimento da cultura para que a água não fosse um fator limitante.

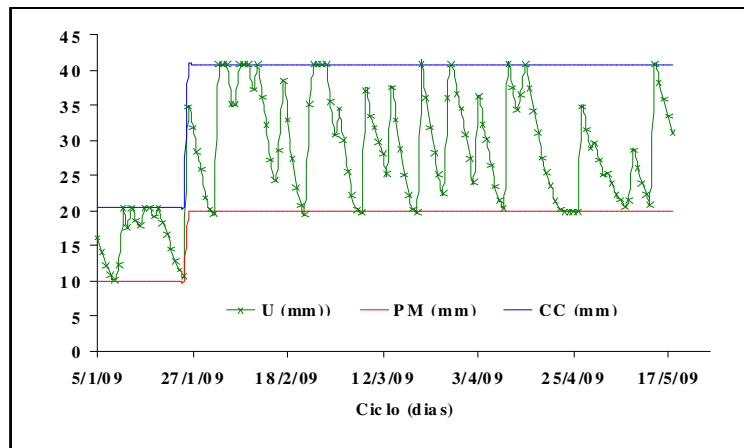
As irrigações foram realizadas conforme o balanço hídrico climatológico, utilizando a equação de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998), utilizando-se dos dados da estação meteorológica automática, a qual está situada a 50m da área experimental.

Nas Figuras 1 e 2 é mostrado o balanço hídrico para determinar as lâminas de irrigação durante a condução do experimento.

A



B



C

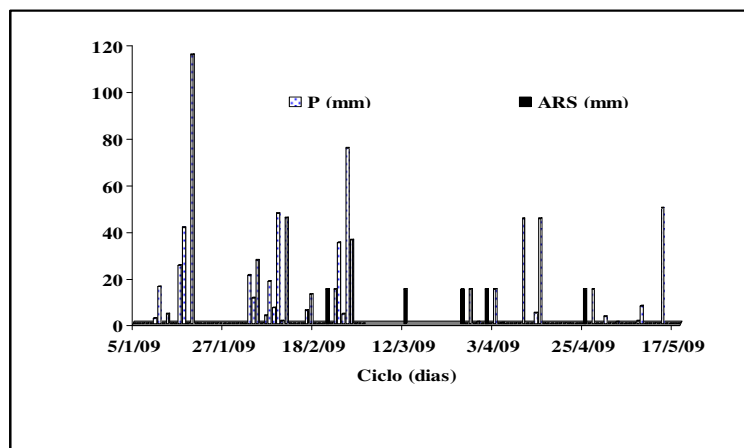
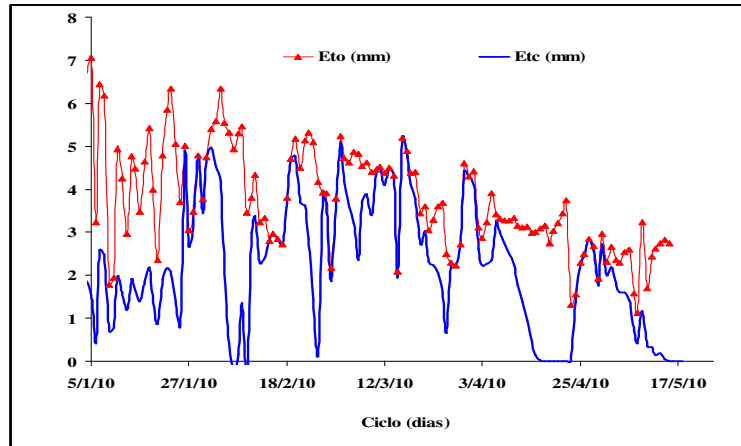
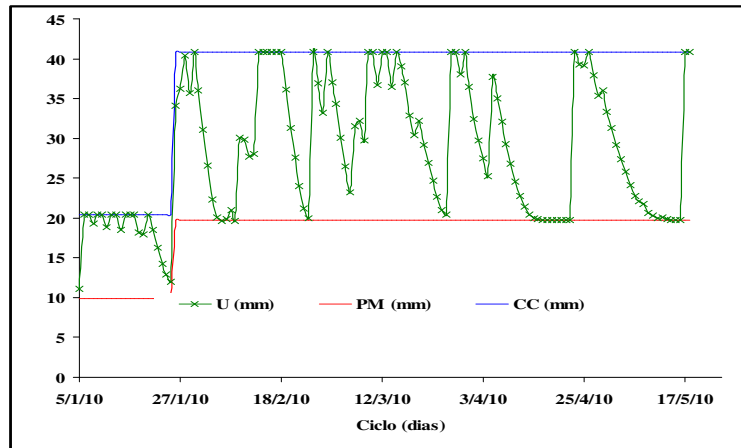


Figura 1. Evapotranspiração da cultura - Etc e evapotranspiração de referência-Eto diária (A), umidade no solo diária (B) e precipitação diária ocorrida no período e ARS aplicada na primeira época.

A



B



C

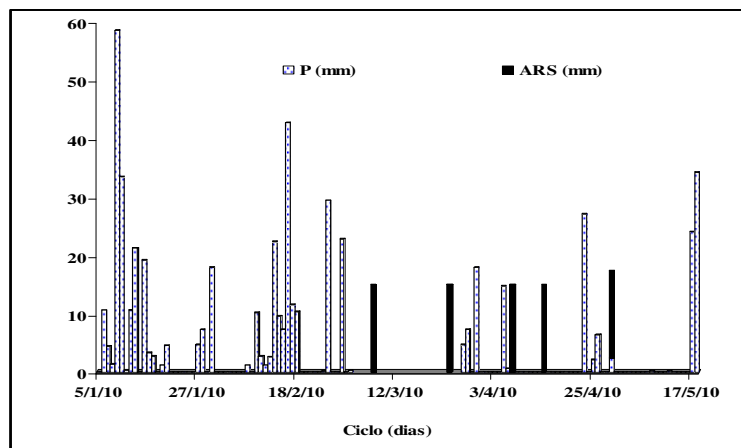


Figura 2. Evapotranspiração da cultura - Etc e evapotranspiração de referência-Eto diária (A), umidade do solo diária (B) e precipitação diária ocorrida no período e ARS aplicada na segunda época.

3.4. Água residuária de suinocultura (ARS)

3.4.1. Origem da água residuária

Foi utilizada água residuária de suinocultura (ARS) proveniente de criação de suínos nas fases gestação e maternidade da suinocultura do Campus do Arenito – Universidade Estadual de Maringá, município de Cidade Gaúcha, sendo a alimentação dos animais à base de ração.

3.4.2. Análise da ARS

Nos Quadros 1 e 3 são apresentadas as características químicas da ARS em cada aplicação e as datas em que estas foram realizadas. Nos quadros 2 e 4 são apresentadas as quantidades de nutrientes aplicadas ao solo.

Foram coletados dois litros de ARS e enviados para o laboratório de caracterização e reciclagem de resíduos do departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá, localizado na cidade de Maringá, PR.

Para a caracterização da ARS foram realizadas análises de Ca^{2+} , N, P, K^{+1} , Mg^{2+} e N_{total} .

Quadro 1. Características químicas da água residuária de suinocultura realizadas em cada aplicação, primeira época

Data	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^{+}	P	Na^{+}	N(total)
	mg L ⁻¹					
23/02/2009	212	31	108	73	47	266
14/03/2009	211	53	253	168	99	749
28/03/2009	166	54	279	171	104	786
03/04/2009	332	121	507	137	148	1.183
27/04/2009	405	124	474	127	146	1.299

A água residuária foi amostrada em todas as aplicações realizadas durante o experimento (cinco amostras).

Os valores dos atributos de solo cálcio e magnésio foram determinados segundo metodologia descrita em EMBRAPA (1997).

Quadro 2. Quantidade de nutrientes aplicados ao solo em cada tratamento na primeira época

Tratamento	Dose (m ³ ha ⁻¹)	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	P	Na ⁺	N(total)
		kg ha ⁻¹					
T ₀	0	0	0	0	0	0	0
T ₁	150	31,8	4,7	16,2	11,0	7,1	39,9
T ₂	300	63,5	12,6	54,2	36,2	21,9	152,3
T ₃	450	88,4	20,7	96,0	61,8	37,5	270,2
T ₄	600	138,2	38,9	172,1	82,4	59,7	447,6
T ₅	750	198,9	57,5	243,2	101,4	81,6	642,5

Quadro 3. Características químicas da água residuária de suinocultura realizadas em cada aplicação, na segunda época

Data	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	P	N
	mg L ⁻¹					
09/03/2010	325	80	220	107	143	1.078
26/03/2010	190	123	244	120	145	927
09/04/2010	228	81	199	90	140	837
16/04/2010*	358	89	224	111	151	1375

- a quarta e a quinta aplicações foram realizadas com mesma água residuária coletada

Quadro 4. Quantidade de nutrientes aplicadas ao solo em cada tratamento na segunda época

Tratamento	Dose (m ³ ha ⁻¹)	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	P	Na ⁺	N(total)
		kg há ⁻¹					
T ₀	0	0	0	0	0	0	0
T ₁	150	48,8	12,0	33,0	21,5	16,1	161,7
T ₂	300	77,3	30,5	69,6	43,2	34,1	300,8
T ₃	450	111,5	42,6	99,5	64,2	47,6	426,3
T ₄	600	165,2	56,0	133,1	86,9	64,3	632,6
T ₅	750	218,9	69,3	166,7	109,5	128,5	838,8

3.4.3. Aplicação de ARS

As aplicações foram realizadas manualmente com recipientes plásticos com capacidade de 10 litros.

Foram realizadas cinco aplicações, sendo que cada aplicação corresponde a uma taxa de $150 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. O tratamento 1 (T1) recebeu a aplicação de ARS apenas uma vez ($150 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), enquanto que o tratamento 2 (T2) recebeu duas aplicações ($300 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), até o tratamento 5 (T5), que recebeu cinco aplicações ($750 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$).

No momento da aplicação tomou-se o cuidado de distribuir o mais uniformemente possível o efluente.

3.5. Componentes de produção do capim elefante

3.5.1. Altura média das plantas

A altura média das plantas foi determinada utilizando-se uma fita métrica.

Foram escolhidas seis plantas ao acaso da linha central de cada parcela e medidas antes de cada aplicação de ARS.

Em cada planta a altura corresponde ao comprimento (expressos em metros) desde o nível do solo à curvatura da última folha completamente expandida.

Considerando o ciclo médio do capim elefante cv. Napier (120 a 150 dias após emergência das plantas), na primeira e segunda épocas as plantas foram medidas antes da colheita (90 dias após emergência).

3.5.2. Relação entre lâmina foliar e colmo do capim elefante

Realizou-se a colheita do capim elefante em 18/05/2009 (primeira época) e 27/05/2010 (segunda época).

Considerou-se como bordadura um metro de cada lado da linha central de cada parcela, conforme Figura 2, e colhido os três metros restantes.

No momento da colheita, que foi realizada manualmente, o material foi fracionado em lâminas (folhas) e colmos, e pesados separadamente com balança analítica com precisão de 1 g, obtendo-se assim a relação entre folhas e colmos.

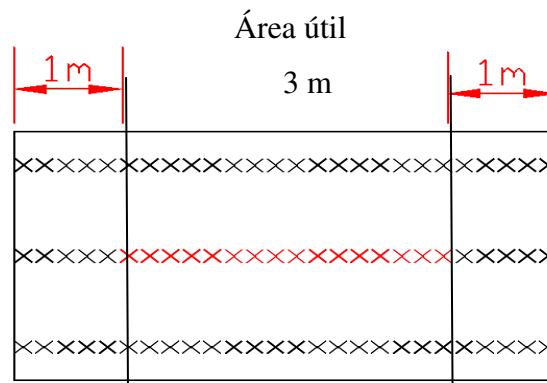


Figura 3. Detalhe da parcela destacando a área útil

3.5.3. Massa verde e seca

Para a determinação da massa verde foi realizada a pesagem das folhas mais colmos (do material já colhido) e, após a pesagem, retiraram-se três amostras de aproximadamente 1,0 kg de colmos e três amostras de aproximadamente 0,5 kg de folhas de cada parcela para a determinação da massa seca obtida pesando-se após secagem em estufa a 65°C durante 72h.

3.6. Avaliação do efeito da aplicação de ARS no solo

Para a avaliação do efeito da aplicação da ARS no solo foram retiradas amostras deformadas de solo em todas as parcelas antes da implantação do capim elefante e após a colheita, no perfil do solo, nas profundidades 0-5, 5-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm.

As amostras foram coletadas e enviadas para o laboratório de fertilidade do solo do departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá, localizado na cidade de Maringá, PR.

Para o estudo do efeito da aplicação de ARS no solo foram realizadas análises de pH, Al^{3+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+1} , P e C.

3.7. Análise estatística

As variáveis que se mostraram significativas foram submetidas ao teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância.

Para os fatores quantitativos e significativos foram realizadas análises de regressão entre as variáveis independentes com as demais variáveis dependentes, buscando o modelo que melhor expressasse essa relação e, para isso, foi utilizado o sistema para análise estatística SAEG (UFV, 1997).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Aplicação de água residuária - primeira época

4.1.1. Avaliação do Potencial de hidrogeniônico (pH) no solo

Nos Quadros 5 e 6 é mostrada a análise estatística dos valores médios de pH no solo.

Pelo Quadro 5, observa-se que os valores do pH apresentaram pequenas diferenças com aplicação de ARS, que estatisticamente não foram significativas.

Quadro 5. Resumo da análise de variância para os valores de pH no solo

Fontes de Variação	GL	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F
Dose	5	0,105	0,211	0,366 ^{ns}
Linear	R ² = 0,11	1	0,012	0,209 ^{ns}
Quadrática	R ² = 0,52	1	0,043	0,747 ^{ns}
Cúbica	R ² = 0,74	1	0,023	0,400 ^{ns}
Quarta	R ² = 1,00	1	0,027	0,472 ^{ns}
Quinta	R ² = 1,00	1	0,000	0,004 ^{ns}
Profundidade	4	0,070	0,176	3,056 ^{ns}
Bloco	3	0,376	0,125	2,178 ^{ns}
Resíduo	107	6,160	0,074	

^{ns} - não significativo ao nível a 5% de probabilidade.

Quadro 6. Comparações das médias dos valores do pH no solo após aplicação de ARS

Camadas (cm)	Médias
0-5	5,925 A
5-10	5,788 AB
10-20	5,802 AB
20-40	5,725 B
40-60	5,713 B

Pelo Quadro 5, observa-se que os valores do pH no perfil do solo após aplicação dos tratamentos não foram estatisticamente diferentes em nível de 5% de probabilidade. Após aplicação dos tratamentos, ocorreu diferença estatística

dos valores de pH na camada de 0-5 cm e para as camadas de solo de 20-40 e 40-60 cm, utilizando o teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Observou-se tendência de decréscimo de pH em profundidade com maior valor de 0-5 cm e menor valor de 40-60 cm, diferentes entre si. Nas demais profundidades, os valores de pH foram semelhantes entre si.

Na Figura 4A, observa-se o comportamento do pH no perfil do solo. Seus valores médios antes e após aplicar os tratamentos foram de 5,86 e 5,79, respectivamente.

Pela Figura 4B, observou-se que não houve efeito de doses de ARS no pH do solo.

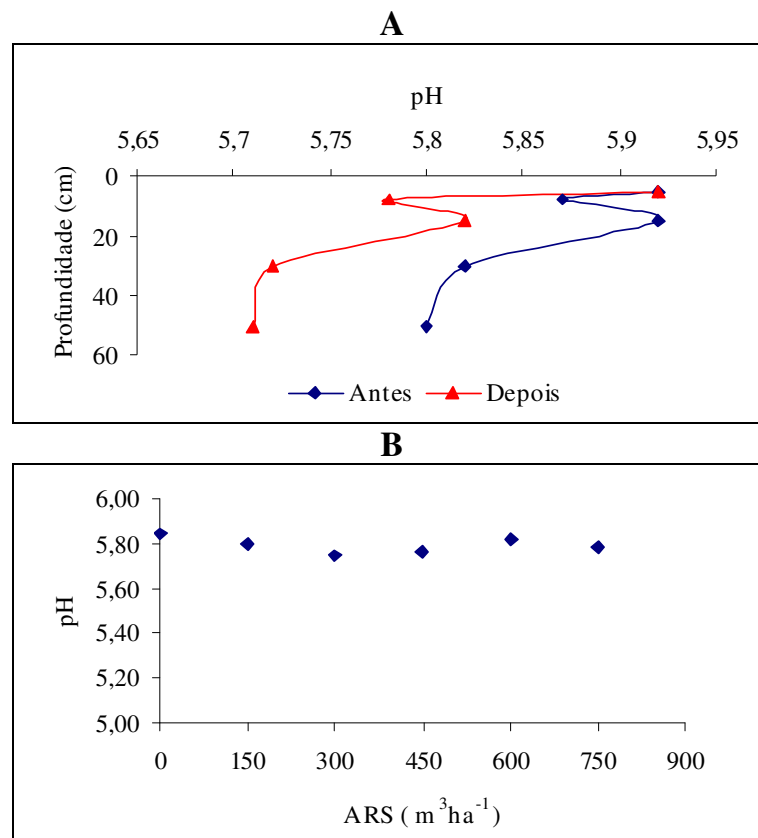


Figura 4. Valores do pH no solo (A) e em função da dose de ARS (B)

Resultados obtidos neste trabalho corroboram os obtidos por Peles (2007) e Duarte et al. (2008). Resultados semelhantes foram encontrados por

Smanhotto (2008), Caovilla et al. (2005) e Gomes et al. (2004) que não observaram diferenças significativas nos valores de pH no solo.

4.1.2. Avaliação de Alumínio (Al^{3+}) no solo

Nos Quadros 7 e 8 é mostrada a análise estatística dos valores médios de Al^{3+} no solo.

Quadro 7. Resumo da análise de variância para as concentrações de Al^{3+} no solo

Fontes de Variação	GL	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F
Dose	5	0,045	0,009	1,479 ^{ns}
Linear	$R^2= 0,62$	1	0,028	4,617 *
Quadrática	$R^2= 0,81$	1	0,008	1,400 ^{ns}
Cúbica	$R^2=0,82$	1	0,000	0,065 ^{ns}
Quarta	$R^2= 0,92$	1	0,005	0,744 ^{ns}
Quinta	$R^2= 1,00$	1	0,003	0,57 ^{ns}
Profundidade	4	0,077	0,019	3,141 ^{ns}
Bloco	3	0,026	0,088	1,425 ^{ns}
Resíduo	107	0,657	0,061	

^{ns} - não significativo ao nível a 5% de probabilidade; * - significativo ao nível a 5% de probabilidade.

Quadro 8. Comparações das médias das concentrações de Al^{3+} no solo após aplicação de ARS

Camadas (cm)	Médias ($cmol_c dm^{-3}$)
0-5	0,000 B
5-10	0,021 B
10-20	0,542 AB
20-40	0,071 A
40-60	0,500 AB

Ocorreu diferença estatística dos valores de Al^{3+} nas camadas de 0-5 cm e para a camada de solo de 20-40 cm, utilizando o teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade (Quadro 8). Mas em todas as camadas ocorreram reduções na concentração de Al^{3+} . Esses resultados corroboram os obtidos por Dal Bosco et al. (2008) que observaram a redução da concentração de alumínio nas camadas de 0-30 e 30-60 cm quando foi aplicado ARS.

Na Figura 5, observa-se que os valores do Al^{3+} apresentaram diferenças, que estatisticamente foram significativas, com aplicação dos tratamentos em nível de 5% de probabilidade (Quadro 8).

Os valores do Al^{3+} no perfil do solo antes da aplicação dos tratamentos não foram estatisticamente diferentes em nível de 5% de probabilidade.

Observa-se que o valor médio da variável Al^{3+} do solo antes de aplicar os tratamentos foi de $0,078 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e após aplicação dos tratamentos foi de $0,038 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$.

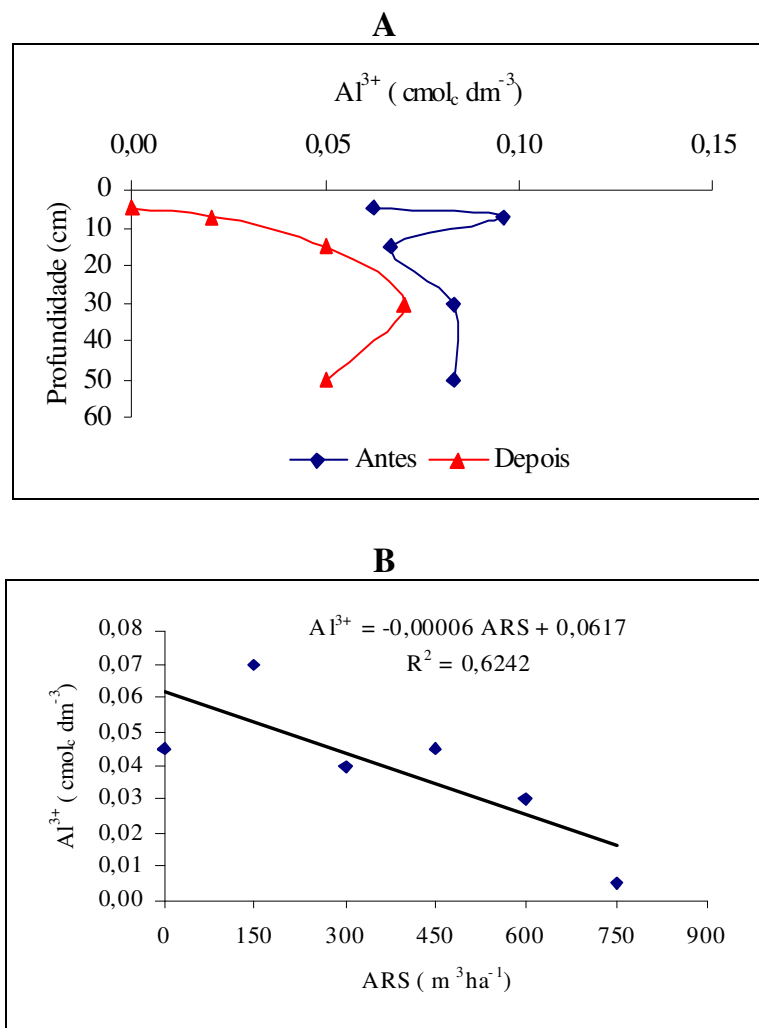


Figura 5. Valores de alumínio no solo (A) e em função da dose de ARS (B)

Observa-se, na Figura 5B, que os valores de Al^{3+} no solo, ajustaram-se à equação de regressão, e esta apresentou significância em nível de 5% de probabilidade para regressão linear (Quadro 8).

O aumento da quantidade aplicada de água residuária reduziu a quantidade de alumínio no solo. Não obstante, na detecção estatística para a variação do Al^{3+} em função das doses, ressalta-se que os teores observados são muito baixos, sem prejuízo agrônômico, demonstrando uma alta sensibilidade e precisão de detecção do método.

4.1.3. Avaliação de cálcio (Ca^{2+}) no solo

Nos Quadros 9 e 10 é mostrada a análise estatística dos valores médios de Ca^{2+} no solo.

Quadro 9. Resumo da análise de variância para as concentrações de Ca^{2+} no solo

Fontes de Variação	GL	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F
Dose	5	1,126	0,225	3,076 ^{ns}
Linear	$R^2 = 0,68$	1	0,767	10,476*
Quadrática	$R^2 = 0,76$	1	0,093	1,275 ^{ns}
Cúbica	$R^2 = 0,84$	1	0,089	1,225 ^{ns}
Quarta	$R^2 = 0,90$	1	0,059	0,815 ^{ns}
Quinta	$R^2 = 1,00$	1	0,116	1,591 ^{ns}
Profundidade	4	1,261	0,315	4,309*
Bloco	3	1,183	0,394	5,391*
Resíduo	107	7,829	0,073	

^{ns} - não significativo ao nível a 5% de probabilidade. * - significativo ao nível a 5% de probabilidade.

Quadro 10. Comparações das médias das concentrações de Ca^{2+} no solo após aplicação de ARS

Camadas (cm)	Médias ($cmol_c dm^{-3}$)
0-5	0,896 A
5-10	0,617 B
10-20	0,635 B
20-40	0,669 B
40-60	0,755 A B

O valor médio de Ca^{2+} no solo, antes de aplicar os tratamentos, foi de $0,955 cmol_c dm^{-3}$ e após aplicação dos tratamentos foi $0,715 cmol_c dm^{-3}$.

Não houve diferenças nos teores de Ca^{2+} no perfil do solo antes da aplicação de ARS e não apresentaram diferenças estatísticas em nível de 5% de probabilidade.

Ocorreu diferença estatística dos valores de Ca^{2+} após aplicação de ARS, nas camadas de 0-5 cm e para as demais camadas, exceto para a camada de solo de 40-60 cm, utilizando o teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade (Quadro 10). Na camada de 0-5 cm não ocorreu redução da concentração de Ca^{2+} após a aplicação dos tratamentos. Estes resultados são discordantes dos que Freitas et al. (2004) encontraram aplicando ARS na cultura do milho, e aumento na concentração de Ca^{2+} de 0,175 para 1,62 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$.

Estudos conduzidos por Mendonça e Rowell (1994) demonstraram que pequenas variações dos teores de Ca^{2+} no solo podem ocorrer em função da baixa concentração do elemento Ca^{2+} na água residuária, ou pela maior retenção de Ca^{2+} pela matéria orgânica. Aumento nos teores de Ca^{2+} no solo, com aplicação de manureira, também foi observado por Melo et al. (2006) os quais verificaram que em solos argilosos aumentaram os cátions K^+ , Na^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} . Portanto, esses elementos foram influenciados pela textura argilosa do solo.

Resultados obtidos por Queiroz et al. (2004) corroboram os obtidos neste trabalho, pois, aplicando ARS, não observaram variações nos teores de Ca^{2+} no solo.

Estudos de Dal Bosco et al. (2008) mostraram alterações químicas em um Latossolo Roxo Distroférico na região Oeste do Paraná, decorrentes da aplicação por oito anos consecutivos de ARS a uma taxa de 99 t ha^{-1} por ano. Na safra de verão era cultivado milho e, na de inverno, trigo e milho safrinha. Os resultados mostraram que a aplicação de ARS aumentou a concentração de cálcio de 3,28 para 6,20 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ na camada de 0-30 cm.

Pela Figura 6, observe-se que os valores de Ca^{2+} no solo apresentaram diferenças com aplicação dos tratamentos, e que estatisticamente foram significativas, em nível de 5% de probabilidade.

Os valores de cálcio no solo aumentaram com aplicação das doses de ARS, como pode ser observado na Figura 6B, não obstante a diminuição após a

aplicação. Análise de regressão foi significativa para regressão linear (Quadro 11).

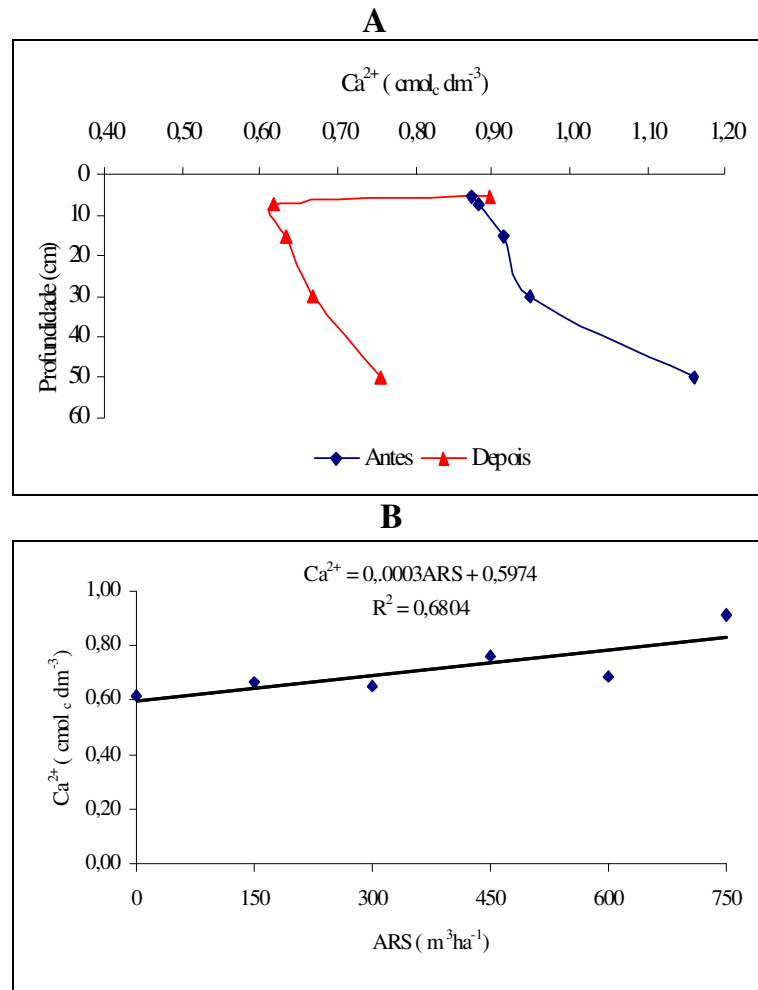


Figura 6. Valores de cálcio no solo (A) e em função da dose de ARS (B)

4.1.4. Avaliação de magnésio (Mg^{2+}) no solo

Nos Quadros 11 e 12 é mostrada a análise estatística dos valores médios de Mg^{2+} no solo. Os valores do Mg^{2+} no perfil do solo antes da aplicação dos tratamentos não apresentaram diferenças estatísticas em nível de 5% de probabilidade.

O valor médio de Mg^{2+} no solo antes de aplicar os tratamentos foi de $0,255 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e após a aplicação foi de $0,296 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$.

Quadro 11. Resumo da análise de variância para as concentrações de Mg^{2+} no solo

Fontes de Variação	GL	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F
Dose	5	0,199	0,039	6,454 *
Linear	$R^2= 0,72$	1	0,143	23,164*
Quadrática	$R^2= 0,75$	1	0,064	1,037 ^{ns}
Cúbica	$R^2= 0,77$	1	0,034	0,551 ^{ns}
Quarta	$R^2= 0,83$	1	0,012	1,985 ^{ns}
Quinta	$R^2= 1,00$	1	0,034	5,532 *
Profundidade	4	0,285	0,071	11,537*
Bloco	3	0,200	0,067	10,802*
Resíduo	107	0,661	0,006	

^{ns} - não significativo ao nível a 5% de probabilidade; * - significativo ao nível a 5% de probabilidade.

Quadro 12. Comparações das médias das concentrações de Mg^{2+} no solo após aplicação de ARS

Camadas (cm)	Médias ($cmol_c dm^{-3}$)
0-5	0,388 A
5-10	0,298 B
10-20	0,267 B
20-40	0,249 B
40-60	0,276 B

Os valores do Mg^{2+} no perfil do solo antes da aplicação dos tratamentos não apresentaram diferenças estatísticas em nível de 5% de probabilidade.

O valor médio de Mg^{2+} no solo antes de aplicar os tratamentos foi de $0,255 cmol_c dm^{-3}$ e após a aplicação de ARS foi de $0,296 cmol_c dm^{-3}$. Após aplicação dos tratamentos ocorreu diferença estatística dos valores de Mg nas camadas de 0-5 cm e para as demais camadas, utilizando o teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade, mas ocorreu aumento na concentração de Mg^{2+} , após a aplicação dos tratamentos (Quadro 12), Esses resultados corroboram os obtidos por Freitas et al. (2004) que encontraram, aplicando ARS, aumento na concentração de Mg^{2+} de $0,003$ para $0,42 cmol_c dm^{-3}$.

Resultados discordantes dos obtidos neste trabalho foram encontrados por Queiroz et al. (2004). Utilizando água residuária de suinocultura para quatro espécies de forrageiras, verificaram que os teores de magnésio no solo foram influenciados pelo tempo de aplicação, sendo estatisticamente maior no início do

experimento do que no final, indicando que houve extração, pelas plantas, em quantidades maiores que as adicionadas pela ARS.

Fonseca (2001) constatou que a disposição de efluente tratado no solo adubado promoveu decréscimo de magnésio, independente da água de irrigação utilizada (potável ou efluente tratado).

Observa-se, na Figura 7, que os valores de Mg^{2+} no solo apresentaram diferenças com aplicação dos tratamentos. Estatisticamente foram significativas, em nível de 5% de probabilidade.

Os valores de magnésio no solo aumentaram com aplicação das doses de ARS, como pode ser observado na Figura 7B. A análise de regressão foi significativa em nível de 5% e ajustou-se a uma equação de regressão linear (Quadro 11).

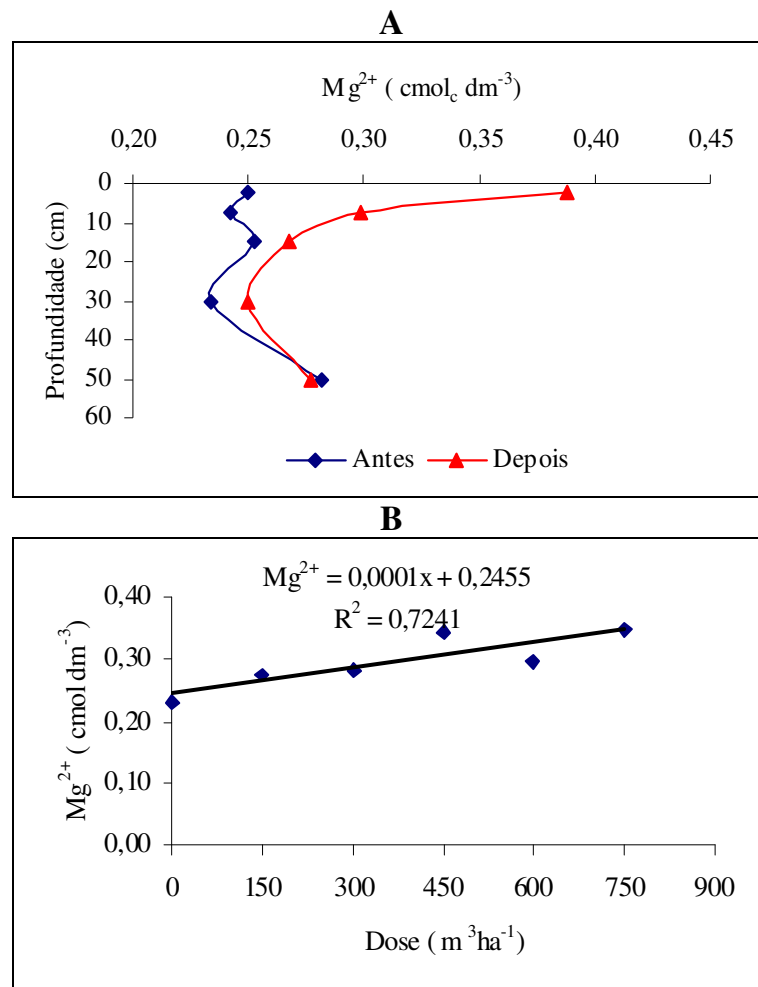


Figura 7. Valores de magnésio no solo (A) e em função da dose de ARS (B)

4.1.5. Avaliação de potássio (K⁺) no solo

Nos Quadros 13 e 14 é mostrada a análise estatística dos valores médios de K⁺ no solo.

Verifica-se que, com aplicação dos tratamentos, ocorreu diferença estatística dos valores de K⁺ nas camadas de 0-5 cm para as camadas 10-20, 20-40 e 40-60 cm, utilizando o teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade (Quadro 13), mas ocorreu redução na concentração de K⁺, após a aplicação dos tratamentos. Esses resultados são discordantes dos obtidos por Freitas et al. (2004) que encontraram aumento na concentração de K⁺ na camada de 0-50 cm, que era de 0,013 cmol_c dm⁻³ e após a aplicação passou para 0,366 cmol_c dm⁻³.

Quadro 13. Resumo da análise de variância para as concentrações de K⁺ no solo após aplicação de ARS

Fontes de Variação	GL	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F
Dose	5	0,059	0,012	1,863 ^{ns}
Linear	R ² = 0,28	1	0,017	2,620 ^{ns}
Quadrática	R ² = 0,83	1	0,033	5,132
Cúbica	R ² = 0,97	1	0,008	1,240 ^{ns}
Quarta	R ² = 0,97	1	0,000	0,088 ^{ns}
Quinta	R ² = 1,00	1	0,001	0,237 ^{ns}
Profundidade	4	0,256	0,064	10,034 *
Bloco	3	0,063	0,021	3,265 *
Resíduo	107	0,683	0,006	

^{ns} - não significativo ao nível a 5% de probabilidade; * - significativo ao nível a 5% de probabilidade.

Quadro 14. Comparações das médias das concentrações de K⁺ no solo após aplicação de ARS

Camadas (cm)	Médias (cmol _c dm ⁻³)
0-5	0,203 A
5-10	0,141 A B
10-20	0,084 B
20-40	0,080 B
40-60	0,099 B

Observa-se, na Figura 8, que os valores de K⁺ no solo apresentaram diferenças com aplicação dos tratamentos.

O valor médio de K^+ no solo foi de $0,222 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e após aplicação de ARS reduziu para $0,122 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$.

Os valores do K^+ no perfil do solo antes da aplicação dos tratamentos não apresentaram diferenças estatísticas em nível de 5% de probabilidade.

A análise de regressão foi significativa em nível de 5% (Quadro 13). O comportamento dos valores das concentrações de potássio no solo com a aplicação das doses de ARS, como pode ser observado na Figura 8B, foi quadrático, com ponto de mínimo na dose de $450 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$.

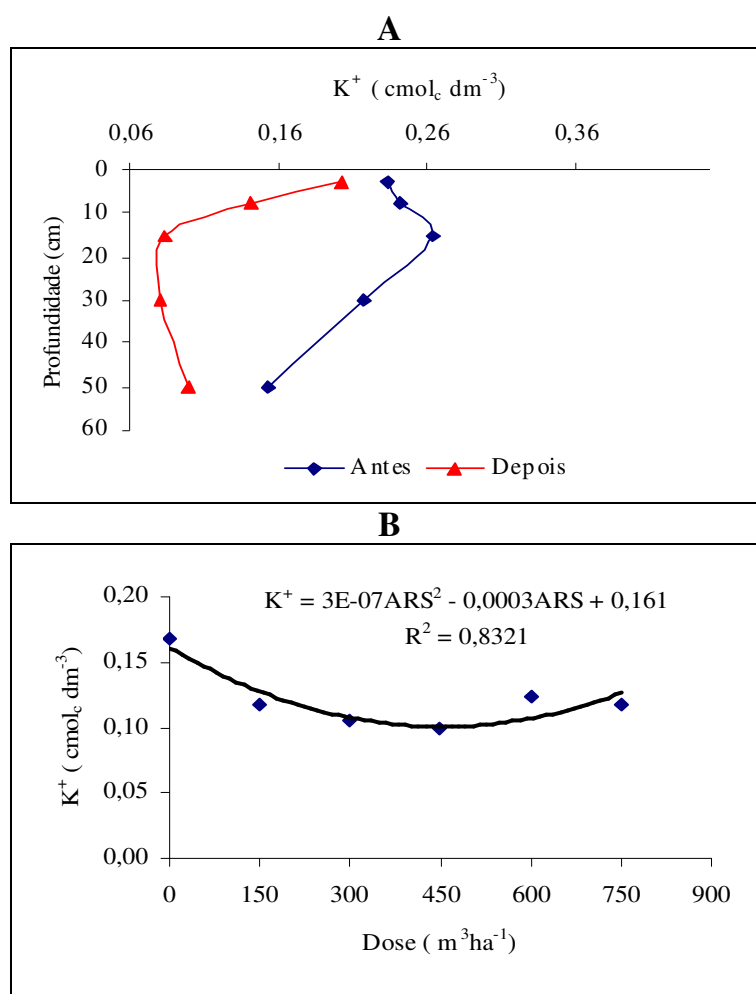


Figura 8. Valores de potássio no solo (A) e em função da dose de ARS (B)

As quantidades aplicadas de potássio (Quadro 1) nos tratamentos T5, T4, T3, T2 e T1 em relação ao tratamento T0 foram 15,0; 10,0; 6,0; 5,9 e 3,3 vezes, respectivamente.

4.1.6. Avaliação de fósforo (P) no solo

Nos Quadros 15 e 16 é mostrada a análise estatística dos valores médios de P no solo.

Observa-se que os valores de fósforo no perfil do solo após a aplicação dos tratamentos apresentaram diferenças estatísticas em nível de 5% de probabilidade e que a camada 0-5 cm apresentou o maior valor médio de fósforo, diferindo das demais.

Quadro 15. Resumo da análise de variância para as concentrações de fósforo no solo

Fontes de Variação	GL	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	
Dose	5	7610,938	1522,188	5,092 *	
Linear	R ² = 0,77	1	5868,736	5868,736	19,631 *
Quadrática	R ² = 0,78	1	101,775	101,775	0,340 ^{ns}
Cúbica	R ² = 0,79	1	67,487	67,487	0,226 ^{ns}
Quarta	R ² = 0,94	1	1093,967	1093,967	3,659 ^{ns}
Quinta	R ² = 1,00	1	478,951	478,951	1,602 ^{ns}
Profundidade	4	19541,090	4885,273	16,341 *	
Bloco	3	482,362	160,787	0,531 ^{ns}	
Resíduo	107	31987,760	298,951		

^{ns} - não significativo ao nível a 5% de probabilidade; * - significativo ao nível a 5% de probabilidade.

Quadro 16. Comparações das médias das concentrações de fósforo no solo

Camadas (cm)	Médias (mg L ⁻¹)
0-5	38,638 A
5-10	4,758 B
10-20	6,888 B
20-40	6,777 B
40-60	3,808 B

Observou-se aumento na concentração de fósforo após a aplicação dos tratamentos (ARS). Esses resultados corroboram os obtidos por Freitas et al.

(2004) que encontraram, aplicando ARS, aumento na concentração de fósforo na camada de 0-50 cm antes da aplicação que era de $0,4 \text{ mg L}^{-1}$ e após a aplicação passou a $115,0 \text{ mg L}^{-1}$.

Observam-se, na Figura 9, os valores de fósforo no solo que apresentaram diferenças com aplicação dos tratamentos, que estatisticamente foram significativas, em nível de 5% de probabilidade.

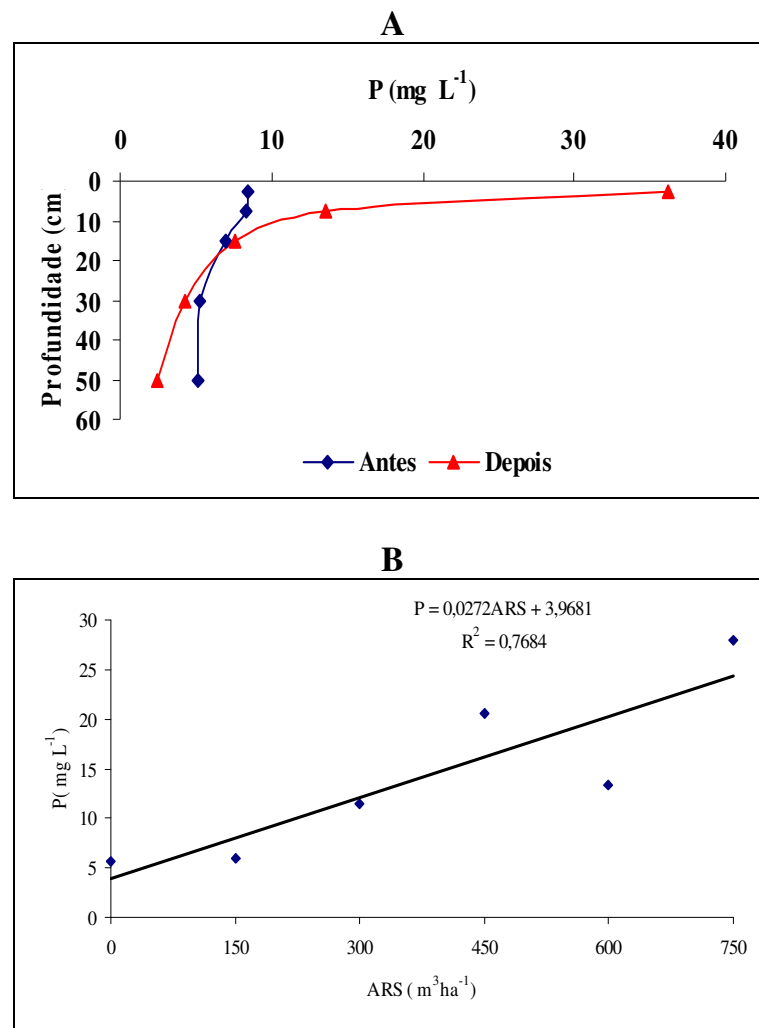


Figura 9. Valores de fósforo no solo (A) e em função da dose de ARS (B)

A análise de regressão foi significativa em nível de 5% e ajustou-se à equação de regressão linear (Figura 9B). Os valores de fósforo no solo aumentaram com a aplicação das doses de ARS. O valor médio de fósforo no

solo antes de aplicar os tratamentos foi de 8,49 mg L⁻¹ e, após aplicação dos tratamentos, 14,2 mg L⁻¹.

Os resultados encontrados neste trabalho estão de acordo com Prior (2008) e Berwanger (2006). Ambos verificaram aumento na concentração de fósforo no solo em função do aumento de aplicação de taxas de ARS. Comportamento semelhante foi observado por Queiroz et al. (2004) que verificaram aumento no teor de fósforo disponível em relação à condição inicial com aplicação de ARS, indicando acúmulo deste macronutriente no solo. Ceretta et al. (2003) também verificaram que o teor de fósforo disponível no solo aumentou consideravelmente com a aplicação de ARS ao longo do tempo.

4.1.7. Avaliação de carbono (C) no solo

Nos Quadros 17 e 18 é mostrada a análise estatística dos valores médios de carbono no solo.

Quadro 17. Resumo da análise de variância para as concentrações carbono no solo

Fontes de Variação	GL	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F
Dose	5	20,623	4,125	3,277 ^{ns}
Linear	R ² = 0,13	1	2,710	2,153 ^{ns}
Quadrática	R ² = 0,18	1	0,961	0,764 ^{ns}
Cúbica	R ² = 0,37	1	4,009	3,186 ^{ns}
Quarta	R ² = 0,93	1	11,420	9,073 *
Quinta	R ² = 1,00	1	1,522	1,209 ^{ns}
Profundidade	4	38,326	9,581	7,613 *
Bloco	3	3,855	1,285	1,021 ^{ns}
Resíduo	107	134,672	1,289	

^{ns} - não significativo ao nível a 5% de probabilidade; * - significativo ao nível a 5% de probabilidade.

Observa-se aumento no teor de carbono na camada de 0-5 cm, mas esta diferença não é estatisticamente diferente em nível de 5% pelo teste de Tukey (Quadro 17). Após aplicação dos tratamentos, ocorreu diferença estatística dos valores de carbono nas camadas de 0-5 cm e 5-10 cm para a camada 40-60, utilizando o teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Quadro 18. Comparações das médias das concentrações de carbono no solo após aplicação dos tratamentos

Camadas (cm)	Médias (g dm ⁻³)
0-5	5,394 A
5-10	4,755 A B
10-20	4,397 BC
20-40	4,130 BC
40-60	3,733 C

Pela Figura 10, observa-se que os valores de carbono não variaram em função das doses de ARS. O valor médio de carbono no solo antes de aplicar os tratamentos foi de 4,49 g dm⁻³ e após aplicação dos tratamentos foi de 4,48 g dm⁻³. Os valores de carbono no perfil do solo antes da aplicação dos tratamentos não apresentaram diferenças estatísticas em nível de 5% de probabilidade.

Pela Figura 10B, observam-se os valores de carbono no solo que não apresentaram diferenças com aplicação dos tratamentos, e estatisticamente não foram significativas, em nível de 5% de probabilidade.

Resultados obtidos neste trabalho corroboram os obtidos por Ceretta et al. (2003), que, trabalhando com aplicações de dejetos líquidos em pastagens, também não observaram aumento no teor de carbono orgânico no solo após 48 meses de aplicações sucessivas. Ellerbrock et al. (1999) também não encontraram alteração no conteúdo total de C no solo. Isso poderia ser explicado pelos baixos teores de matéria seca dos dejetos, ou pelas próprias características do carbono dos dejetos líquidos de suínos, ricos em polissacarídeos, proteína, lipídeos e outros compostos que podem ser considerados de fácil degradação. Resultado diferente foi obtido por Cavallet et al. (2006) que avaliaram o valor do fertilizante de água residuária de uma indústria de enzimas em um Argissolo Vermelho-Amarelo, cultivado com milho. Esses autores verificaram que a concentração de carbono orgânico, no decorrer do experimento, diminuiu em todos os tratamentos, quando se considera o início do experimento, e cinco meses após, no final do experimento. Tal diminuição é comum em solos agrícolas em virtude da biodegradação da matéria orgânica em consequência de vários fatores, principalmente aos tratos culturais, que promove maior aeração e, conseqüentemente, maior atividade microbiana.

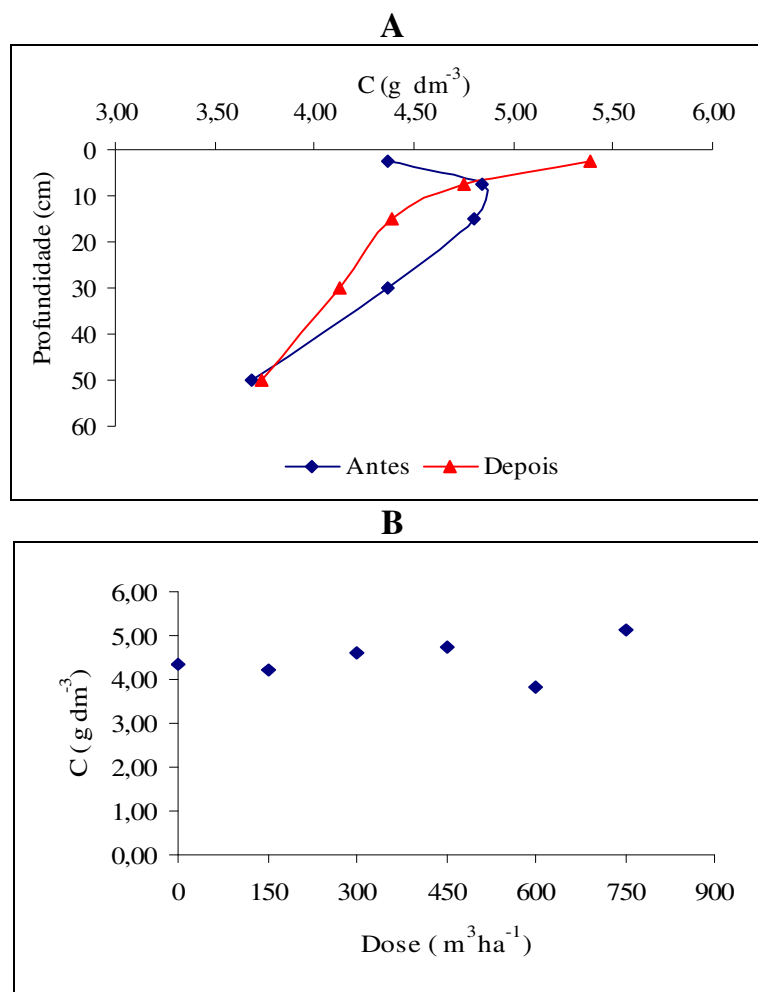


Figura 10. Valores de carbono no solo (A) e em função da dose de ARS (B).

4.1.8. Parâmetros fenológicos do capim-elefante

Nas Figuras 11A, 11B e 11C, é mostrado o comportamento do desenvolvimento da planta de capim-elefante com a aplicação de ARS. As doses de ARS não influenciaram nos valores de altura de plantas. Observa-se que os valores das alturas das plantas de capim-elefante, medidos em 27/04/2009, foram próximos aos encontrados por Dall'agnol et al. (2004) que encontraram o valor médio de 3 m de altura.

Os valores de massa seca (MS) (Figura 11C) das plantas de capim-elefante foram submetidos às análises de regressão. Os dados de MS não apresentaram significância em nível de 5% de probabilidade, enquanto a relação lâmina/colmo foi significativa em nível de 5%. Os valores obtidos de 0,50 a 0,57 foram próximos aos obtidos por Andrade et al. (2000) que encontraram para dose de 300 kg ha⁻¹ de K o valor de 0,68 (Figura 11B).

Botrel et al. (2000) testaram 20 clones de capim-elefante, com o cv. Cameroon e obtiveram a produção da matéria seca na estação das águas de 24,26 ton de MS ha⁻¹.

Andrade et al. (2000) avaliaram os efeitos das adubações nitrogenadas e potássicas nos componentes de produção do capim-elefante cv. Napier cultivado em um Podzólico Vermelho-Amarelo Câmbico. Foram aplicadas sete doses de N (20, 50, 100, 200, 300, 350 e 380 kg ha⁻¹ de N) e sete de K (16, 40, 80, 160, 240, 280 e 304 kg ha⁻¹ de K). Esses autores concluíram que a produção de MS aumentou com a adubação nitrogenada e potássica em 86%, com valores variando de 2.560 a 4.730 kg ha⁻¹ e que as doses recomendadas para atingir a produção máxima são 365 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 192 kg ha⁻¹ de potássio.

Observa-se, no Quadro1, que as quantidades aplicadas desses elementos para dose de 600 m³ ha⁻¹ seriam suficientes para atingir a produção máxima.

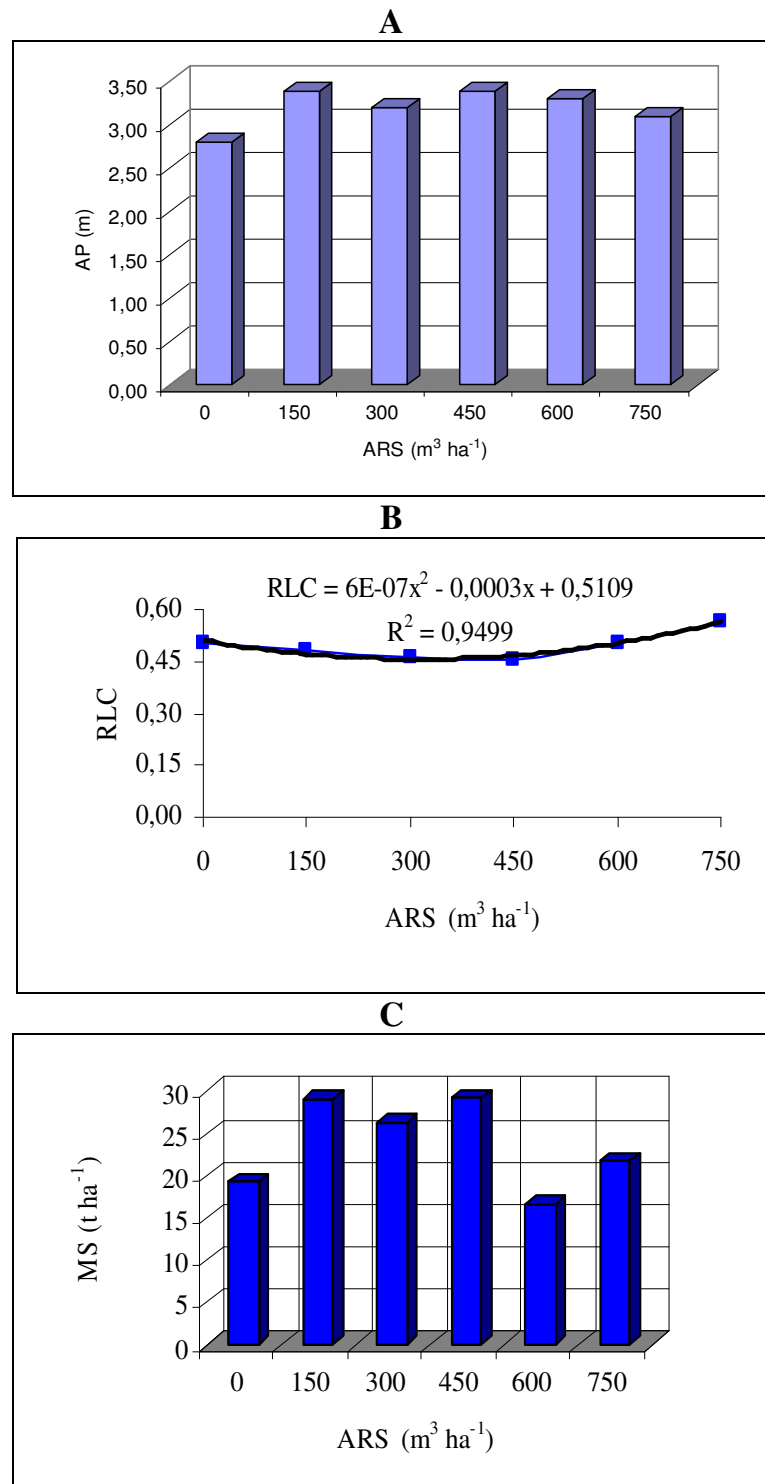


Figura 11. Altura de plantas-AP (A), relação lâmina foliar/colmo-RLC (B) e massa seca-MS do capim-elefante em função das doses de água residuária(C).

4.2. Aplicação de água residuária - segunda época

4.2.1. Avaliação do potencial de hidrogeniônico (pH) no solo

Nos Quadros 19, 20 e 21 é mostrada a análise estatística dos valores médios de pH no solo.

Quadro 19. Resumo da análise de variância para os valores de pH no solo

Fontes de Variação	GL	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F
Dose	5	0,199	0,039	0,809 ^{ns}
Linear	R ² = 0,40	1	0,080	1,634 ^{ns}
Quadrática	R ² = 0,74	1	0,067	1,362 ^{ns}
Cúbica	R ² = 0,86	1	0,025	0,500 ^{ns}
Quarta	R ² = 0,87	1	0,003	0,006 ^{ns}
Quinta	R ² = 1,00	1	0,027	0,543 ^{ns}
Profundidade	4	0,161	0,040	0,821 ^{ns}
Bloco	3	1,524	0,508	10,339*
Resíduo	107	5,256	0,049	

^{ns} - não significativo ao nível a 5% de probabilidade; * - significativo ao nível a 5% de probabilidade.

Quadro 20. Comparações das médias dos valores do pH no solo

Camadas (cm)	Médias (cmol _c dm ⁻³)
0-5	5,346 A
5-10	5,338 A
10-20	5,400 A
20-40	5,438 A
40-60	5,388 A

Análise estatística realizada com os dados de pH do solo demonstrou não haver significância em nível de 5% pelo teste de Tukey para as camadas do solo (Quadro 20).

O valor médio do pH do solo antes de aplicar os tratamentos foi de 5,20 e após aplicação dos tratamentos foi de 5,39 (Quadro 21).

Os valores do pH no perfil do solo antes da aplicação dos tratamentos não foram estatisticamente diferentes em nível de 5% de probabilidade. Os valores do pH na segunda época foram menores que na primeira época (Quadro 21).

As aplicações de água residuária na primeira época não alteraram o pH do solo, mas na segunda época de aplicação ocorreu uma redução no pH após aplicação dos tratamentos, assim como também uma redução do pH comparado com a primeira época.

Quadro 21. Valores médios do pH no solo nas duas épocas

Época	Período da coleta	pH	
1	Antes do plantio	5,866	A
1	Após a colheita	5,794	A
2	Após a colheita	5,387	B
2	Antes do plantio	5,196	C

Observa-se, na Figura 12A, que os valores de pH apresentaram pequenas diferenças com aplicação dos tratamentos, que estatisticamente não foram significativas.

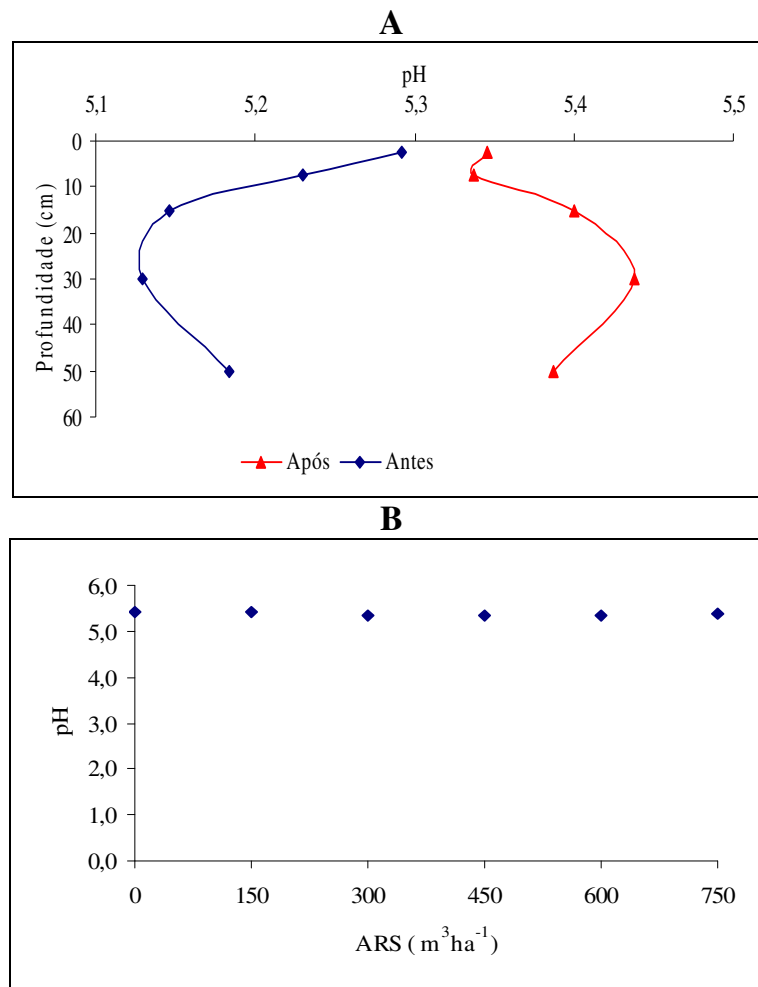


Figura 12. Valores do pH no solo (A) e em função da dose de ARS (B)

Observa-se, na Figura 12B, que com os valores de pH no solo não foi possível ajustar equação de regressão e as equações não apresentaram significância em nível de 5% de probabilidade. Como na primeira época, as doses de ARS aplicadas não influenciaram o pH do solo.

4.2.2. Avaliação de alumínio (Al^{3+}) no solo

Nos Quadros 22, 23 e 24 é mostrada a análise estatística dos valores médios de alumínio no solo.

Quadro 22. Resumo da análise de variância para as concentrações Al^{3+} no solo

Fontes de Variação		GL	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F
Dose		5	0,178	0,036	0,922 ^{ns}
Linear	$R^2 = 0,26$	1	0,049	0,047	1,215 ^{ns}
Quadrática	$R^2 = 0,26$	1	0,000	0,000	0,001 ^{ns}
Cúbica	$R^2 = 0,46$	1	0,034	0,034	0,887 ^{ns}
Quarta	$R^2 = 0,72$	1	0,046	0,046	1,204 ^{ns}
Quinta	$R^2 = 1,00$	1	0,050	0,050	1,300 ^{ns}
Profundidade		4	0,109	0,027	0,705 ^{ns}
Bloco		3	0,436	0,145	3,764 [*]
Resíduo		107	4,127	0,039	

^{ns} - não significativo ao nível a 5% de probabilidade; ^{*} - significativo ao nível a 5% de probabilidade.

Quadro 23. Comparações das médias das concentrações de Al^{3+} no solo após aplicação dos tratamentos

Camadas (cm)	Médias ($cmol_c dm^{-3}$)
0-5	0,138 A
5-10	0,154 A
10-20	0,175 A
20-40	0,200 A
40-60	0,221 A

O valor médio da variável Al^{3+} do solo antes de aplicar os tratamentos foi de $0,165 cmol_c dm^{-3}$ e após aplicação foi de $0,177 cmol_c dm^{-3}$. Os valores do alumínio no perfil do solo antes da aplicação dos tratamentos não foram estatisticamente diferentes em nível de 5% de probabilidade. Após aplicação dos tratamentos não ocorreu diferença estatística dos valores de Al^{3+} nas camadas estudadas (Quadro 23).

Em relação à primeira época ocorreu um aumento na concentração de Al^{3+} no solo (Quadro 24), resultados que discordam dos obtidos por Dal Bosco et al. (2008) que observaram a redução da concentração de alumínio nas camadas de 0-30 e 30-60 cm, quando foi aplicado ARS e também do observado na primeira época, em que ocorreu redução na concentração de Al^{3+} no solo com aplicação de ARS.

Quadro 24. Valores da concentração média de Al^{3+} no solo nas duas épocas

Época	Período da coleta	Al^{3+} ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)
2	Após a colheita	0,178 A
2	Antes do plantio	0,165 A
1	Antes do plantio	0,078 B
1	Após a colheita	0,039 B

Como se observa na Figura 13, os valores do Al^{3+} não apresentaram diferenças com aplicação dos tratamentos, que estatisticamente não foram significativos, em nível de 5% de probabilidade (Quadro 22).

O aumento do Al^{3+} no solo, na segunda época, pode ter ocorrido em razão da redução do pH do solo, como pode ser observado no Quadro 21, da primeira época de plantio do capim para segunda época no período de um ano.

Houve redução de pH, o que pode ter favorecido o aumento de alumínio trocável no solo. Resultados estes que corroboram o comportamento observado por MARIA et al. (1993).

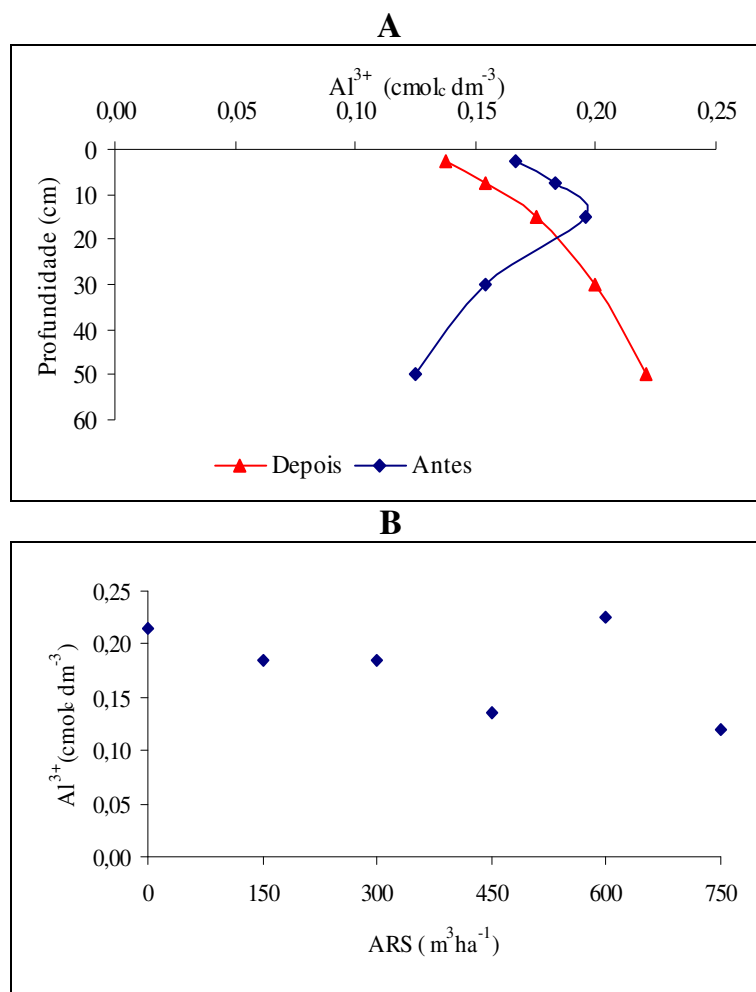


Figura 13. Valores de alumínio no solo (A) e em função da dose de ARS (B).

4.2.3. Avaliação de cálcio (Ca^{2+}) no solo

Nos Quadros 25, 26 e 27 é mostrada a análise estatística dos valores médios de cálcio no solo.

Observa-se que da primeira época para a segunda ocorreu um aumento significativo de cálcio ao nível de 5% pelo teste Tukey, também pode se observar no Quadro 27 a redução da concentração de cálcio na segunda época comparada à primeira.

Os valores de Ca^{2+} no perfil do solo antes da aplicação de ARS (Quadro 27) diferiram estatisticamente entre si. Porém, após aplicação dos tratamentos

ocorreu diferença estatística de valores da concentração de Ca^{2+} nas camadas de 0-5 cm para a camada de solo de 40-60 cm (Quadro 27).

Diferentemente da primeira época, ocorreram reduções na concentração de Ca^{2+} em todas as camadas estudadas após a aplicação dos tratamentos. Estes resultados são discordantes dos encontrados por Freitas et al. (2004) quando aplicaram na cultura do milho aumento na concentração de Ca^{2+} de 0,175 para 1,62 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$.

Quadro 25. Resumo da análise de variância para as concentrações Ca^{2+} no solo

Fontes de Variação	GL	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F
Dose	5	0,729	0,148	2,854 *
Linear	$R^2= ,01$	1	0,004	0,079 ^{ns}
Quadrática	$R^2= ,98$	1	0,711	13,924 *
Cúbica	$R^2= 1,00$	1	0,012	0,236 ^{ns}
Quarta	$R^2= 1,00$	1	0,001	0,028 ^{ns}
Quinta	$R^2= 1,00$	1	0,000	0,001 ^{ns}
Profundidade	4	1,405	0,351	6,882 *
Bloco	3	1,958	0,653	12,786 *
Resíduo	107	5,463	0,051	

^{ns} - não significativo ao nível a 5% de probabilidade; * - significativo ao nível a 5% de probabilidade.

Quadro 26. Valores da concentração média de Ca^{2+} no solo na segunda época após aplicação dos tratamentos

Camadas (cm)	Médias ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)
0-5	0,735 AB
5-10	0,499 C
10-20	0,613 BC
20-40	0,694 AB
40-60	0,816 A

Quadro 27. Valores da concentração média de Ca^{2+} no solo nas duas épocas

Época	Período da coleta	Ca^{+2} ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)
1	Antes do plantio	0,956 A
2	Antes do plantio	0,854 B
1	Após a colheita	0,715 C
2	Após a colheita	0,672 C

Na segunda época antes da aplicação dos tratamentos a concentração de cálcio no solo foi de 0,854 e após de 0,671 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Quadro 27) e esses valores de concentração de cálcio foram significativos em nível de 5% pelo teste de Tukey. Uma possível justificativa para isso é o desequilíbrio entre a fonte de cálcio (solo) e o dreno (quantidade de cálcio retirada pela planta).

Os resultados obtidos na segunda época são discordantes dos resultados obtidos por Queiroz et al. (2004) que, aplicando ARS, não observaram variações nos teores de Ca^{2+} no solo. Entretanto, resultados obtidos neste trabalho, apesar de dois anos de aplicação, divergem dos encontrados por Dal Bosco et al. (2008) que verificaram as alterações químicas de um Latossolo Roxo distroférico na região Oeste do Paraná, decorrentes da aplicação por oito anos consecutivos de ARS a uma taxa de 99 t ha^{-1} por ano.

Na safra de verão era cultivado milho e, na de inverno, trigo e milho safrinha e os resultados mostraram que a aplicação de ARS aumentou a concentração de cálcio de 0,001 para 2,78 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ na camada de 0-30 cm.

Na segunda época observou-se comportamento quadrático para as doses de Ca^{2+} no solo (Quadro 25), que diferiram da primeira época, em que a concentração de Ca^{2+} apresentou comportamento linear com as doses de ARS, como pode ser observado na Figura 14B, não obstante a diminuição após a aplicação.

Observam-se, na Figura 14, os valores de Ca^{2+} no solo que apresentaram diferenças com aplicação dos tratamentos, e que estatisticamente não foram significativas, em nível de 5% de probabilidade.

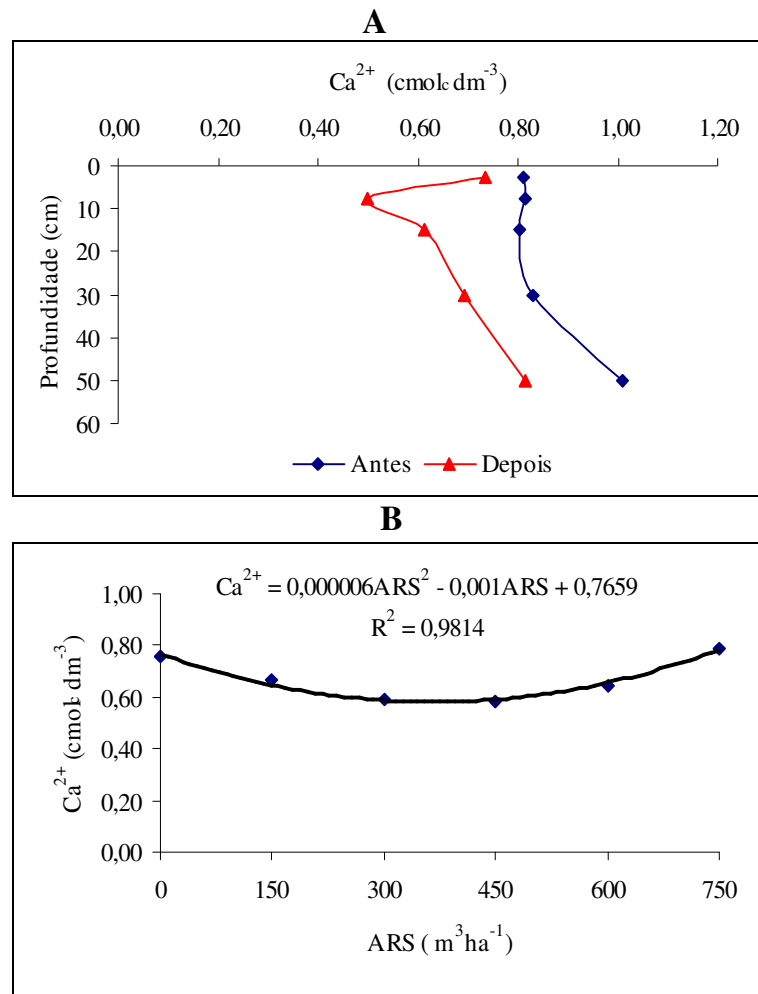


Figura 14. Valores de cálcio no solo (A) e em função da dose de ARS (B)

4.2.4. Avaliação de magnésio (Mg^{2+}) no solo

Nos Quadros 28, 29 e 30 é mostrada a análise estatística dos valores médios de magnésio no solo.

Pelo Quadro 29, observa-se que, após aplicação dos tratamentos, ocorreu diferença estatística dos valores de Mg^{2+} nas camadas de 0-5 cm e para as demais camadas. Ocorreu redução na concentração de Mg^{2+} após a aplicação dos tratamentos. Estes resultados são discordantes dos obtidos por Freitas et al.

(2004) que observaram aumento na concentração de Mg^{2+} de $0,003 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ para $0,42 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$.

Os valores de concentração média de Mg^{+2} observados na segunda época foram inferiores aos observados na primeira época, diferindo-se estatisticamente entre si.

Quadro 28. Resumo da análise de variância para as concentrações Mg^{2+} no solo

Fontes de Variação		GL	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F
Dose		5	0,102	0,020	3,000 *
Linear	$R^2=0,51$	1	0,052	0,052	7,683 *
Quadrática	$R^2=0,66$	1	0,015	0,015	2,155 ^{ns}
Cúbica	$R^2=0,74$	1	0,009	0,009	1,328 ^{ns}
Quarta	$R^2=1,00$	1	0,026	0,026	3,834 ^{ns}
Quinta	$R^2=1,00$	1	0,000	0,000	0,002 ^{ns}
Profundidade		4	0,245	0,061	9,005 *
Bloco		3	0,099	0,033	4,889 *
Resíduo		107	0,727	0,007	

^{ns} - não significativo ao nível a 5% de probabilidade; * - significativo ao nível a 5% de probabilidade.

Quadro 29. Valores da concentração média de Mg^{2+} no solo na segunda época após aplicação dos tratamentos

Camadas (cm)	Médias ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)
0-5	0,321 A
5-10	0,200 B
10-20	0,209 B
20-40	0,205 B
40-60	0,236 B

Quadro 30. Valores da concentração média de Mg^{2+} no solo nas duas épocas

Época	Período da coleta	Mg ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)
2	Antes do plantio	0,330 A
1	Após a colheita	0,296 B
1	Antes do plantio	0,252 C
2	Após a colheita	0,234 C

Resultados obtidos na segunda época corroboram os encontrados por Queiroz et al. (2004). Utilizando água residuária de suinocultura para quatro espécies de forrageiras, verificaram que os teores de magnésio no solo foram influenciados pelo tempo de aplicação, sendo este estatisticamente maior no

início do experimento do que no final, indicando que houve extração, pelas plantas, em quantidades maiores que as adicionadas pela ARS. Fonseca (2001) constatou que a disposição de efluente tratado no solo adubado promoveu decréscimo de magnésio, independente da água de irrigação utilizada (potável ou efluente tratado).

Pela Figura 15, observa-se que os valores de Mg^{2+} no solo apresentaram comportamento diferenciado antes e após aplicação de ARS. Pela análise de regressão, observou-se significância para regressão linear.

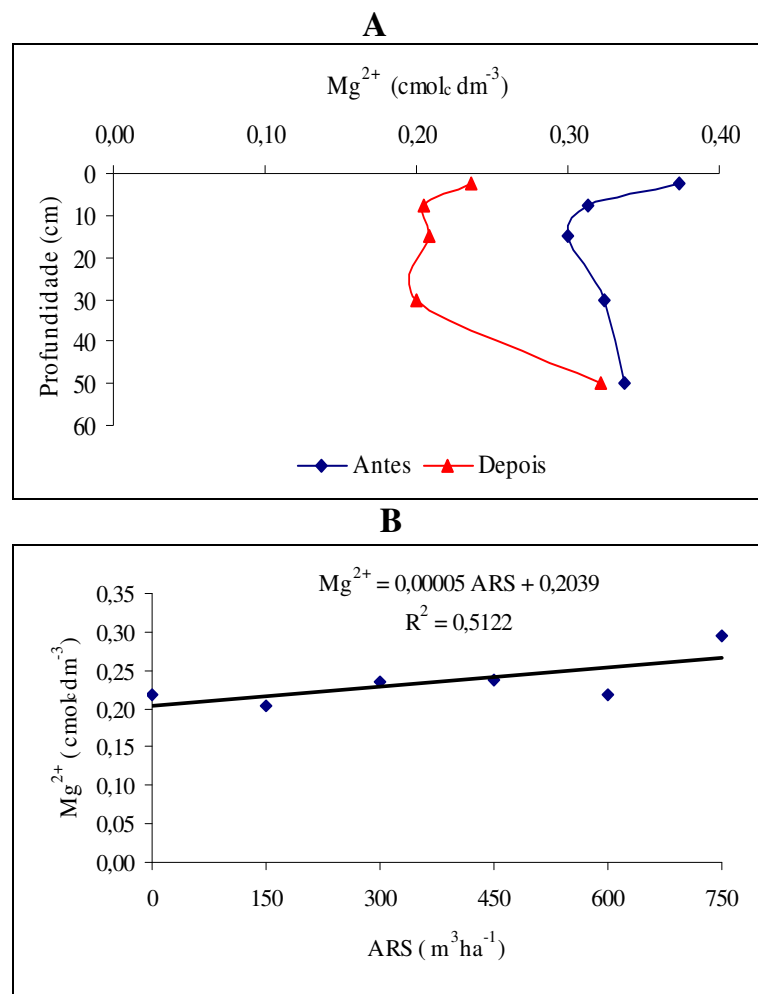


Figura 15. Valores de magnésio no solo (A) e em função da dose de ARS (B).

4.2.5. Avaliação de potássio (K⁺) no solo

No quadro 31, 32 e 33 é apresentada a análise dos valores médios de potássio (K⁺) no solo.

Quadro 31. Resumo da análise de variância para as concentrações K⁺ no solo

Fontes de Variação	GL	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F
Dose	5	0,004	0,001	0,979 ^{ns}
Linear	R ² = 0,39	1	0,002	1,927 ^{ns}
Quadrática	R ² =0,47	1	0,000	0,385 ^{ns}
Cúbica	R ² = 0,87	1	0,002	1,968 ^{ns}
Quarta	R ² =0,88	1	0,000	0,002 ^{ns}
Quinta	R ² = 1,00	1	0,000	0,612 ^{ns}
Profundidade	4	0,049	0,012	15,825 [*]
Bloco	3	0,006	0,002	2,442 ^{ns}
Resíduo	107	0,083	0,001	

^{ns} - não significativo ao nível a 5% de probabilidade; * - significativo ao nível a 5% de probabilidade.

Quadro 32. Valores da concentração média de K⁺ no solo na segunda época após aplicação dos tratamentos

Camadas (cm)	Médias (cmol _c dm ⁻³)
0-5	0,099 A
5-10	0,059 B
10-20	0,049 B
20-40	0,040 B
40-60	0,055 B

Os valores de K⁺ nas camadas de 0-5 cm para as demais camadas tiveram redução na concentração de K⁺ após a aplicação de ARS. Esses resultados são discordantes dos obtidos por Freitas et al. (2004) que encontraram, aplicando ARS, aumento na concentração de K⁺ na camada de solo de 0-50 cm, que era de 0,013 cmol_c dm⁻³ e passou a ser 0,366 cmol_c dm⁻³.

Os valores do K⁺ no solo antes e após da aplicação de ARS apresentaram diferenças estatísticas. O valor médio de K⁺ no solo antes de aplicar ARS foi de 0,0856 cmol_c dm⁻³ e após aplicação passou para 0,0606 cmol_c dm⁻³. Estes valores de K⁺ são inferiores aos obtidos na primeira época (Quadro 33).

As quantidades aplicadas de potássio (Quadro 4) nos tratamentos T5, T4, T3, T2 e T1 em relação ao tratamento T0 foram 5; 4; 3; e 2 vezes,

respectivamente. Para o tratamento T5 em que foram aplicados $750 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de ARS, foi o tratamento que apresentou menor produtividade de massa seca de capim-elefante, como pode ser observado na Figura 19.

Quadro 33. Valores da concentração média de K^+ no solo nas duas épocas

Época	Período da coleta	K^+ ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)
1	Antes do plantio	0,222 A
1	Após a colheita	0,122 B
2	Antes do plantio	0,086 C
2	Após a colheita	0,061 D

O comportamento dos valores das concentrações de potássio no solo com a aplicação das doses de ARS, como pode ser observado na Figura 16B, a qual mostra que a análise de regressão não foi significativa em nível de 5%.

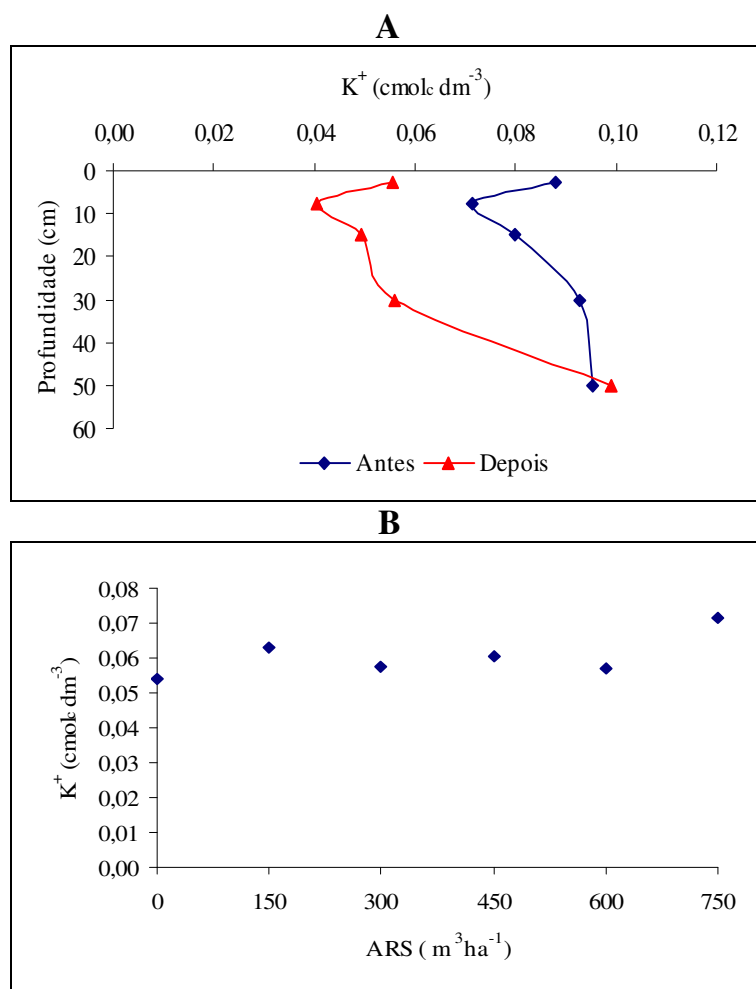


Figura 16. Valores de potássio no solo (A) e em função da dose de ARS (B)

4.2.6. Avaliação de fósforo (P) no solo

Nos quadros 34, 35 e 36 é apresentada a análise estatística dos valores médios de fósforo (P) no solo.

Quadro 34. Resumo da análise de variância para as concentrações fósforo no solo

Fontes de Variação	GL	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	
Dose	5	3.987,520	797,500	6,280 *	
Linear	$R^2=0,87$	1	3.471,300	3.471,300	27,336 *
Quadrática	$R^2=0,96$	1	347,130	347,130	2,734 ^{ns}
Cúbica	$R^2=0,96$	1	7,070	7,070	0,056 ^{ns}
Quarta	$R^2=0,99$	1	128,350	128,350	1,011 ^{ns}
Quinta	$R^2=1,00$	1	33,630	33,630	0,265 ^{ns}
Profundidade	4	18.099,520	4.524,880	35,633 *	
Bloco	3	670,330	223,440	1,760	
Resíduo	107	13.587,540	126,990		

^{ns} - não significativo ao nível a 5% de probabilidade; * - significativo ao nível a 5% de probabilidade.

Quadro 35. Valores da concentração média de fósforo no solo na segunda época após aplicação dos tratamentos

Camadas (cm)	Médias (mg L ⁻¹)
0-5	36,150 A
5-10	13,638 B
10-20	7,538 B C
20-40	4,308 C
40-60	2,388 C

Quadro 36. Valores da concentração média de fósforo no solo nas duas épocas

Época	Período da coleta	P (mg L ⁻¹)
1	Após a colheita	14,170 A
2	Antes do plantio	12,800 B
1	Antes do plantio	8,490 C
2	Após a colheita	6,820 D

Os valores de fósforo no perfil do solo antes da aplicação dos tratamentos não apresentaram diferenças estatísticas em nível de 5% de probabilidade.

O valor médio de fósforo antes de aplicar ARS foi de 6,82 mg L⁻¹ e após aplicação dos tratamentos foi de 12,80 mg L⁻¹ (Quadro 36).

Pode-se observar uma redução na concentração de fósforo no solo na segunda época quando comparada à primeira que foi estatisticamente diferente a nível de 5% pelo teste Tukey (Quadro 35).

Observa-se que após aplicação ARS ocorreu diferença estatística dos valores de P na camada de 0-5 cm, e esta diferiu estatisticamente das demais camadas, utilizando o teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade (Quadro 39) e também a camada 5-10 cm diferiu das camadas 20-40 e 40-60 cm. Mas ocorreu aumento na concentração de fósforo após a aplicação dos tratamentos. Os valores de fósforo no solo aumentaram com a aplicação das doses de ARS, como pode ser observado na Figura 17B.

Os resultados obtidos neste estudo corroboram os obtidos por Freitas et al. (2004) que encontraram, aplicando ARS, aumento na concentração de fósforo na camada de 0-50 cm antes da aplicação que era de 0,4 mg L⁻¹ e após a aplicação passou a 115,0 mg L⁻¹.

Os resultados encontrados neste trabalho estão de acordo com Prior (2008) e Berwanger (2006). Ambos verificaram aumento na concentração de fósforo no solo em função do aumento de aplicação de taxas de ARS.

O comportamento também observado em estudos realizados por Queiroz et al. (2004) que verificaram aumento no teor de fósforo disponível em relação à condição inicial com aplicação de ARS, indicando acúmulo desse macronutriente no solo.

Ceretta et al. (2003) também verificaram que o teor de fósforo disponível no solo aumentou consideravelmente com a aplicação de ARS ao longo do tempo.

Observam-se, na Figura 17, os valores de fósforo no solo que apresentaram diferenças com aplicação dos tratamentos, que estatisticamente foram significativas, em nível de 5% de probabilidade.

A análise de regressão foi significativa em nível de 5%, ajustou-se à equação de regressão linear.

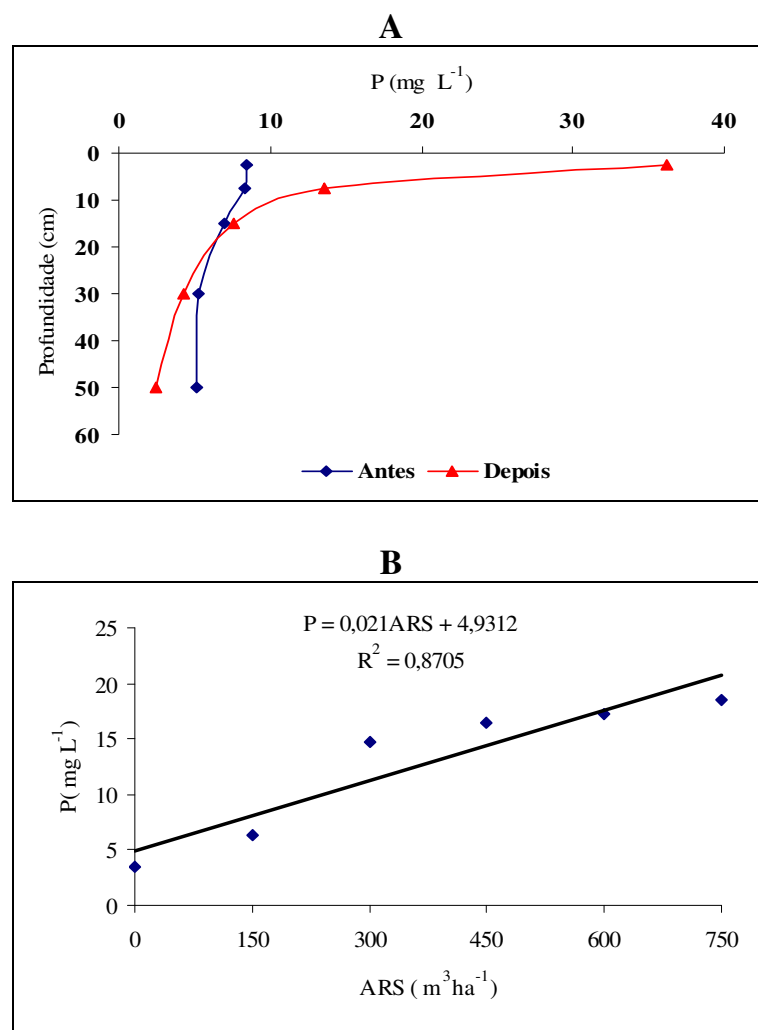


Figura 17. Valores de fósforo no solo (A) e em função da dose de ARS (B).

4.2.7. Avaliação de carbono (C) no solo

Nos quadros 37, 38 e 39 é apresentada a análise dos valores médios de carbono (C) no solo.

Os valores de carbono no perfil do solo antes da aplicação dos tratamentos não apresentaram diferenças estatísticas em nível de 5% de probabilidade. Após aplicação dos tratamentos ocorreu diferença estatística dos valores de carbono nas camadas de 0-5 cm e 5-10 cm para a camada 40-60cm, utilizando o teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade (Quadro 39).

Observa-se aumento no teor de carbono na camada de 0-5 cm, mas essa diferença não foi estatisticamente diferente em nível de 5% pelo teste de Tukey.

Quadro 37. Resumo da análise de variância para as concentrações de carbono no solo

Fontes de Variação		GL	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F
Dose		5	2,024	0,404	0,749 ^{ns}
Linear	R ² = 0,87	1	0,001	0,001	0,002 ^{ns}
Quadrática	R ² =0,96	1	0,492	0,492	0,910 ^{ns}
Cúbica	R ² = 0,96	1	0,079	0,079	0,146 ^{ns}
Quarta	R ² =0,99	1	1,428	1,428	2,641 ^{ns}
Quinta	R ² = 1,00	1	0,025	0,025	0,047 ^{ns}
Profundidade		4	11,377	2,844	5,260 *
Bloco		3	80,804	26,935	49,813 *
Resíduo		107	57,857	0,541	

^{ns} - não significativo ao nível a 5% de probabilidade; * - significativo ao nível a 5% de probabilidade.

Quadro 38. Valores da concentração média de carbono no solo na segunda época após aplicação dos tratamentos

Camadas (cm)	Médias (g dm ⁻³)
0-5	4,880 A
5-10	4,688 A
10-20	4,422 A B
20-40	4,523 A B
40-60	3,964 B

Quadro 39. Valores da concentração média de carbono no solo nas duas épocas

Época	Período da coleta	C (g dm ⁻³)
2	Antes do plantio	4,782 A
2	Após a colheita	4,496 A
1	Antes do plantio	4,495 A
1	Após a colheita	4,482 A

O valor médio de carbono no solo antes de aplicar os tratamentos foi de 4,49 g dm⁻³ e, após aplicação, de 4,48 g dm⁻³ (Quadro 39)

Observa-se que, na Figura 18, aos valores de carbono no solo não foi possível ajustar equação de regressão, que não apresentaram significância em nível de 5% de probabilidade (Quadro 37). Observam-se, na Figura 18B, os valores de carbono no solo que não apresentaram diferenças com aplicação dos

tratamentos, e estatisticamente não foram significativas, em nível de 5% de probabilidade (Quadro 37).

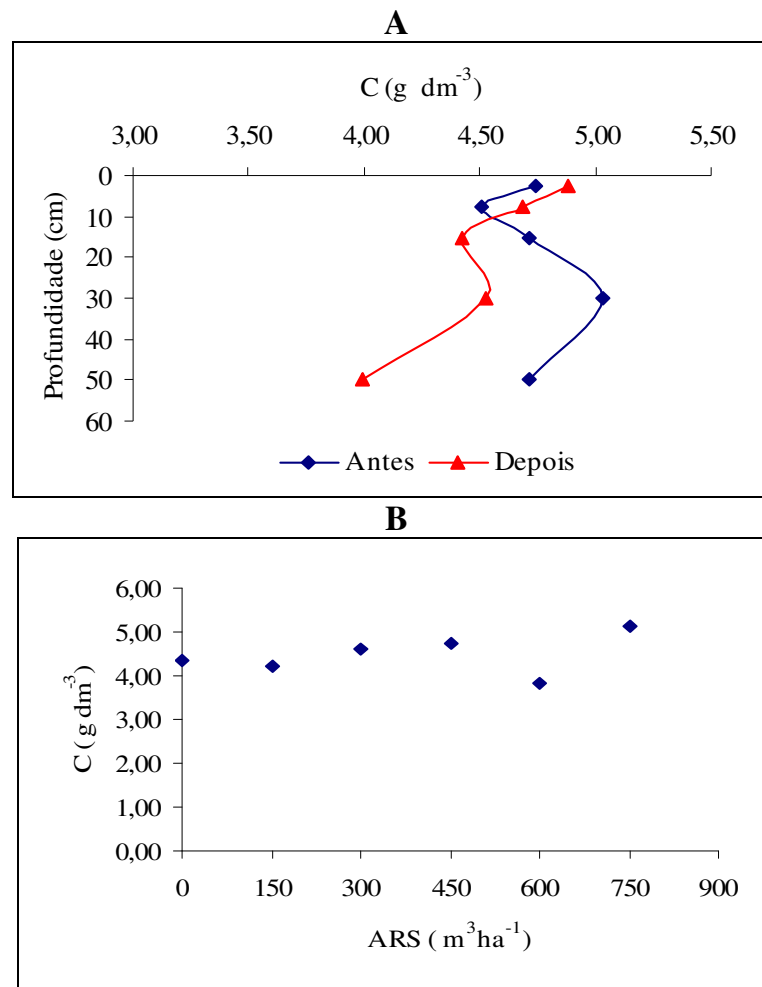


Figura 18. Valores de carbono no solo (A) e em função da dose de ARS (B)

Resultados obtidos para segunda época mostram que aplicação de ARS em dois anos não alterou o teor de carbono no solo o que corrobora os obtidos por Ceretta et al. (2003) e Ellerbrock et al. (1999)

4.2.8. Parâmetros fenológicos do capim-elefante

Nas Figuras 19A e 19B é mostrado o comportamento do desenvolvimento da planta de capim-elefante com a aplicação de ARS. Pela

Figura 18A, observa-se que os valores das alturas das plantas de capim-elefante, medidos em 22/04/2010, foram próximos aos encontrados na primeira época.

A Análises de regressão dos dados não apresentaram significância em nível de 5%, para todas as datas em que foram tomadas as alturas das plantas.

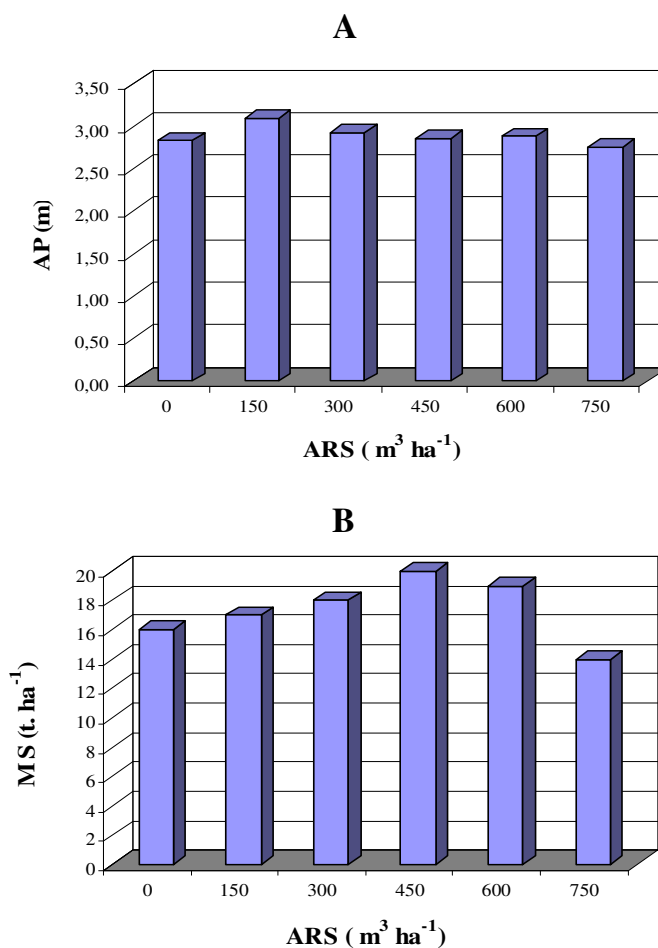


Figura 19. Altura de plantas-AP (A) e massa seca-MS (B) do capim-elefante em função das doses de água residuária .

Os valores massa seca (MS) das plantas de capim-elefante foram submetidos às análises de regressão, não se registrando efeito de doses ao nível de 5% de probabilidade. Os dados MS não apresentaram significância em nível de 5% de probabilidade.

Botrel et al. (2000) encontraram valores próximos aos encontrados neste trabalho para as duas épocas.

5. CONCLUSÕES

As doses de água residuária de suinocultura não influenciaram na altura das plantas, massa verde e massa seca do capim elefante cv. Napier.

As doses de água residuária de suinocultura influenciaram na relação lâmina foliar/colmo.

Na segunda época ocorreram reduções na concentração de K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} e P no solo.

As doses de água residuária de suinocultura não contribuíram para o aumento da concentração dos elementos no solo.

6. REFERÊNCIAS

ALCARDE, J. C.; GOMES, P. F.; MALAVOLTA, E. **Adubos e adubações**. São Paulo: Nobel, 2000. 596p.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 300 p. (**FAO - Irrigation and Drainage Paper, 56**).

ANAMI, M. H.; SAMPAIO, S. C.; SUSZEK, M.; GOMES, S. D.; QUEIROZ, M. M. F. de. Deslocamento miscível de nitrato e fosfato proveniente de água residuária da suinocultura em colunas de solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 1, p. 75-80, 2008.

ANDRADE, A. C. **Produtividade e valor nutritivo do Capim-Elefante (Pennisetum purpureum Schum. cv. Napier) sob diferentes doses de nitrogênio e potássio**. 1997. 52 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

ANDRADE, A. C.; FONSECA, D. M.; GOMIDE, J. A.; ALVAREZ, V. H.; MARTINS, C. E.; SOUZA, D. P. H. Produtividade e valor nutritivo do capim-elefante cv. Napier sob doses crescentes de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 1589-1595, 2000.

APHA- American Public Health. Association. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20. ed. Washington, D.C., 1998.

ASSMANN, A. P.; SANTOS, I. dos; ASSMANN, J. M.; BRAIDA, J. A.; MALAGI, G. Efeito de doses crescentes de esterco líquido de suínos na intensidade de antracnose e produtividade de soja. **Synergismus Scientifica UTFPR**, Pato Branco, v. 1, n. 1-4, p. 1-778. 2006.

BARCELLOS, L. A. R. **Avaliação do potencial fertilizante do esterco líquido de ovinos**. 1992. 108 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1992.

BARROS, F. M.; MARTINEZ, M. A.; NEVES, J. C. L.; MATOS, A. T.; SILVA, D. D. Características químicas do solo influenciado pela adição de água residuária da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, supl., p. 47-51, 2005.

BERWANGER, A. L. **Alterações e transferências de fósforo do solo para o meio aquático com o uso de dejetos líquidos de suínos**. 2006. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)-Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

BOTREL, M. A.; PEREIRA, A. V.; FREITAS, V. P.; XAVIER, D. F. Potencial Forrageiro de Novos Clones de Capim-Elefante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 334-340, 2000.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento bem como estabelece condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências. **Diário oficial da União**, Brasília, DF, 18 mar. 2005.

CAMPBELL, C. A.; ZENTNER, R. P.; SELLES, F.; AKINREMI, O. O. Nitrate leaching as influenced by fertilization in the Brown soil zone. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 73, p. 387-397, 1993.

CAMPELO, P. L. G. **Influência da aplicação de águas residuárias de suinocultura nas características físico-hídricas e químicas de um solo Podzólico Vermelho-Amarelo**. 1999. 55 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.

CAOVILLA, F. A.; SAMPAIO, S. C.; PEREIRA, J. O.; VILAS BOAS, M. A.; GOMES, B. M.; FIGUEIREDO, A. C. Lixiviação de nutrientes proveniente de águas residuárias em colunas de solo cultivado com soja. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, p. 283-287, 2005.

CASTRO FILHO, C.; COSTA, M. A. T.; CAVIGLIONE, J. H. Potencial fertilizante e alterações físicas nos solos decorrentes da utilização do chorume suíno. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., 2003, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: SBCS, 2003.

CAVALLET, L. E.; LUCCHESI, L. A. C.; MORAES, A.; SHIMIDT, E.; PERONDI, M. A.; FONSECA, R. A. Melhoria da fertilidade do solo decorrentes da adição de água residuária da indústria de enzimas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 3, p. 724-729, 2006.

CERETTA, C. A.; DURIGON, R.; BASSO, C. J.; BARCELLOS, L. A. R.; VIEIRA, F. C. B Características químicas de solo sob aplicação de esterco líquido de suínos em pastagem natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, n. 6, p. 729-735, 2003.

CFSEMG - COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, 5ª Aproximação**. Lavras, MG, 1999, 317p.

CHANG, C.; JANZEN, H. H. Long-term fate of nitrogen from annual feedlot manure applications. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 25, p. 785-90, 1996.

CHATEAUBRIAND, A. D. **Efeito de esterco líquido de suínos, aplicados em irrigação por sulco, na cultura do milho (*Zea mays L.*)**. 1988. 61 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Pós Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1988.

DAL BOSCO, T. C.; IOST, C.; SILVA, L. N.; CARNELLOSI, C. F.; EBERT, D. C.; SCHREINER, J. S.; SAMPAIO, S. C. Utilização de água residuária de suinocultura em propriedade agrícola - estudo de caso. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 13, n. 2, p. 139-144, 2008.

DALL'AGNOL, M.; SCHEFFER-BASSO, S. M.; NASCIMENTO, J. A. L.; SILVEIRA, C. A. M.; FISCHER, R. G. Produção de forragem de capim-elefante sob clima frio: curva de crescimento e valor nutritivo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 5, p. 1110-1117, 2004.

DERESZ, F. Utilização do capim-elefante sob pastejo rotativo para produção de leite e carne. Juiz de Fora, Embrapa-CNPGL, 1999, 29p. (**Circular técnica, 54**).

DIESEL, R.; MIRANDA, C.R.; PERDOMO, C.C. Coletânea de tecnologias sobre dejetos suínos. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves/ Emater/RS, 2002, 31p. (**Boletim Informativo de Pesquisa - BIPERS, 14**).

DJODJIC, F.; BÖRLING, K.; BERGSTRÖM, L. Phosphorus leaching in relation to soil type and soil phosphorus content. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 33, p. 678-684, 2004.

DUARTE, A. S.; AIROLDI, R. P. S.; FOLEGATTI, M. V.; BOTREL, T. A.; SOARES, T. M. Efeitos da aplicação de efluente tratado no solo: pH, matéria orgânica, fósforo e potássio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 3, p. 302-310, 2008.

DURIGON, R.; CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; BARCELLOS, L. A. R.; PAVINATO, P. S. Produção de forragem em pastagem natural com o uso de esterco líquido de suíno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 22, p. 983-992, 2002.

- ELLERBROCK, R. H.; HÖHN, A.; ROGASIC, J. Functional analysis of soil organic matter as affected by long-term manurial treatment. **European Journal of Soil Science**, Oxford, v. 50, p. 65-71, 1999.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA
Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. CNPS, 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p. (Documentos, 1)
- EVANGELISTA, A.R.; LIMA, J.A. **Silagens: do cultivo ao silo**. Lavras, Editora UFLA, 2ª ed., 2002, 210p.
- FERREIRA, A. S.; CAMARGO, F. A. O; TEDESCO, M. J.; BISSANI, C. A. Alterações de atributos químicos e biológicos de solo e rendimento de milho e soja pela utilização de resíduos de curtume e carbonífero. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, v. 27, p. 55-763, 2003.
- FONSECA, A. D. **Disponibilidade de nitrogênio, alterações nas características do solo e do milho pela aplicação de efluente de esgoto tratado**. 2001. 95 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem)- Programa de Pós graduação em Irrigação e Drenagem, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.
- FREITAS, W. S.; OLIVEIRA, R. A.; CENCON, P. R.; PINTO, F. A.; GALVÃO, J. C. C. Efeito da aplicação de água residuária de suinocultura sobre a produção de milho para silagem. **Revista brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 120-125, 2004.
- GOMES, E. R. S.; SAMPAIO, S. C.; CORRÊA, M. M.; VILAS BOAS, M. A.; ALVES, L. F. A.; SOBRINHO, T. A. Movimento de nitrato proveniente de água residuária em colunas de solos. **Engenharia Agrícola**, Sorocaba, v. 24, n. 3, p. 557-568, 2004.
- GOMIDE, J.A. Formação e utilização de capineira de capim-elefante. In: CARVALHO, M.M., ALVIN, M.J., XAVIER, D.F., et al. (Eds). Simpósio sobre o capim elefante, 1, Juiz de Fora, 1990. **Anais...** Coronel Pacheco:Embrapa-Gado de leite, 1990, p.58-87.
- GOMIDE, J.A. Formação e utilização de capineira de capim-elefante. In: CARVALHO, M.M., ALVIN, M.J., XAVIER, D.F., et al. (Eds). **Capim elefante: produção e utilização**. 2º ed. Coronel Pacheco. Embrapa–Gado de Leite, 1997, p.81–115.
- HOUNTIN, J. A.; KARAM, A.; COUILLARD, D.; CESCAS, M. P. Use of a fractionation procedure to assess the potential for phosphorus movement in a soil profile after 14 years of liquid pig manure fertilization. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 78, p. 77-84, 2000.

KING, L. D.; WESTERMAN, P. W.; CUMMINGS, G. A.; OVERCASH, M. R.; BURNS, J. C. Swine lagoon effluent applied to 'Coastal' Bermudagrass: II. Effects on soil. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 14, no. 1, p. 14-21, 1985.

MAGGI, C. F. **impactos da aplicação de água residuária de suinocultura em latossolo cultivado com soja**. 2009. 101 f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2009.

MANSOR, M. T. C. **Potencial de poluição de águas superficiais por fontes não pontuais de fósforo na Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Pinhal, Limeira-SP**. 2005. 318 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola)-Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal de Campinas, Campinas, 2005.

MARIA, I.C. de et al. **Efeito da adição de diferentes fontes de cálcio no movimento de cátions em colunas de solo**. Revista Scientia Agrícola, Piracicaba, v.50, n.1, p.87-98. 1993.

MATTIAS, J. L. **Metais pesados em solos sob aplicação de dejetos líquidos de suínos em duas microbacias hidrográficas de Santa Catarina**. 2006. 165 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

MELO, R. F.; FERREIRA, P. A.; MATOS, A. T.; RUIZ, H. A.; OLIVEIRA, L. B. Deslocamento miscível de cátions básicos provenientes da água residuária de mandioca em colunas de solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 2, p. 456-465, 2006.

MENDONÇA, E. S.; ROWELL, D. L. Dinâmica do alumínio e de diferentes frações orgânicas de um Latossolo argiloso sobre Cerrado e soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, p. 295-303, 1994.

MONTEIRO, F.A. Adubação para o estabelecimento e manutenção de capim elefante. In. CARVALHO, L.A., CARVALHO, M.M., MARTINS, C.E., VILELA, D. (Eds). **Capim-elefante: Produção e utilização**. Coronel Pacheco: Embrapa-Gado de Leite, 1994, p.49-79.

NETO, A. E. F.; VALE, F. R.; RESENDE, A. V.; GUILHERME, L. R. G.; GUEDES, G. A. A. **Fertilidade do solo**. 2001. 261 f. Monografia (Especialização)-UFLA/FAEP, Lavras, 2001.

OLIVEIRA, E. de; PARIZOTTO, M. L. V. Características e uso de fertilizantes do esterco de suíno. Londrina: Iapar, 1994. (**Circular, 83**).

PAVAN, M.A.; BINGHAM, FT.; PRATT, P.F. Redistribution of exchangeable calcium, magnesium and aluminium following lime or gypsum applications to a Brazilian oxisol. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.48, p.33-38, 1984.

PELES, D. **Perdas de solo, água e nutrientes sob aplicação de gesso e dejetos líquido de suínos**. 2007. 97 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)-Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

PERDOMO, C. C. ; LIMA G.J.M.M.; SCOLARI T.M.G. Dejetos de suinocultura. AMBIENTE BRASIL. Disponível em: <http://ambientes.ambientebrasil.com.br/agropecuaria/dejetos_de_suinocultura/dejetos_de_suinocultura.html?query=dejetos+suinos>. Acesso em: 10 nov. 2010.

PEREIRA, A.V. Escolha de variedades de capim-elefante. In: PEIXOTO, A.M., MOURA, J.C., FARIA, V.P. (Eds.) Simpósio sobre Manejo da Pastagem, 10, Piracicaba, 1993. **Anais...** Piracicaba. FEALQ, 1993, p.47-62.

PEREIRA, E. **Qualidade da água residuária em sistemas de produção e de tratamento de efluentes de suínos e seu reuso no ambiente agrícola**. 2006. 129 f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2006.

PEREIRA NETO, J. T. P. Tratamento, reciclagem e impacto ambiental de dejetos agrícolas. In: CONFERÊNCIA SOBRE AGRICULTURA E MEIO AMBIENTE, 1., 1992, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV-NEPEMA, 1992. p. 61-74.

PRIOR, M. **Efeito da água residuária de suinocultura no solo w na cultura do milho**. 2008. 120 f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Programa de Pós Graduação em Agronomia, Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP, Universidade de São Paulo, Botucatu, 2008.

QUAGGIO, J.A.; DECHEN, A.R.; RAIJ, B. van. Efeitos da aplicação de calcário e gesso sobre a produção de amendoim e lixiviação de bases no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.6, p. 189-194, 1982.

QUEIROZ, D. S.; GOMIDE, J. A.; MARIA, J. Avaliação da folha e do colmo de topo e base de perfilhos de três gramíneas forrageiras. I. Digestibilidade *in vitro* e composição química. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, p. 53-60. 2000.

QUEIROZ FILHO, J.L.; SILVA, D.S.; SILVA, F.J.M. Avaliação de cultivares de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) no Brejo Paraibano. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 32, Brasília, 1995. **Anais...** Brasília: SBZ, 1995. p.117-118.

QUEIROZ, F. M.; MATTOS, A. T.; PEREIRA, O. G.; OLIVEIRA, R. A. Características químicas de solo submetidos ao tratamento com esterco líquido de suínos e cultivados com gramíneas forrageiras. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 5, p. 1487-1492, 2004.

RAIJ, B. VAN. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres, Potafós, 1991.

RIBEIRO, A.G; GALBIATTI, J.A. Contaminação por nitrato e sódio da água percolada e da planta de alface irrigada com água residuária. **Holos Environment**, Rio Claro, v.4 n.1, p.56-67, 2004.

RODRIGUES, L.R.A., MONTEIRO, F.A., RODRIGUES, T.J.D. Capim elefante. In: PEIXOTO, A.M., PEDREIRA, C.G.S., MOURA, J.V., FARIA, V.P. (Eds.) Simpósio sobre manejo da pastagem, 17, Piracicaba, 2001. 2ª edição. **Anais...** Piracicaba. FEALQ, 2001, p.203-224.

SARAIVA O.F.; CARVALHO, M.M. Adubação nitrogenada e fosfatada para o estabelecimento de capim-elefante em latossolo vermelho-amarelo, textura argilosa. **Revista Brasileira Ciência do Solo**. Campinas, v.15, p.201-205, 1991.

SARTAJ, M.; FERNANDES, L.; PATNI, N. K. Performance of forced, passive, and natural aeration methods for composting manure slurries. **Transaction of the ASAE**, Saint Joseph, v. 40, no. 2, p. 457-463, 1997.

SCHERER, E.E.; AITA,C.; BALDISSERA, I.T. Avaliação da qualidade do esterco líquido de suínos da região Oeste Catarinense para fins de utilização como fertilizante. Florianópolis: EPAGRI, 1996, 46p. (**EPAGRI. Boletim Técnico, 79**).

SEGANFREDO, M. A. Dejetos animais, a dupla face: benefício e prejuízo. **Suinocultura Industrial**, Porto Feliz, v. 26, n. 183, p. 14-16, 2004. (Guia Gessulli, n. 9).

SMANHOTTO, A. **Efeito da aplicação de água residuária de suinocultura em solo cultivado com soja**. 2008. 121 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem)-Programa de Pós Graduação em Agronomia, Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Universidade de São Paulo, Botucatu, 2008.

SOARES e BARROS, L. S.; AMARAL, L. A. do; LUCAS JUNIOR, J. de Poder poluente de águas residuárias de suinocultura após utilização de um tratamento integrado. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, v. 40, p.126-135, 2003.

TRAMONTINI, P. Promoção da carne suína e seus derivados no mercosul – experiência brasileira. In: III SIMPÓSIO NACIONAL DE MELHORAMENTO ANIMAL, 3, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, MG: SBMA, p.110-114, 2000.

TRENTIN, E. E. Produção de matéria seca e acúmulo de nitrogênio e fósforo em sucessões de culturas com aplicação de dejetos de suínos. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 15., 2004, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2004.

UFV - UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. SAEG – **Sistema de análises estatísticas e genéticas**. Versão 7.1. Viçosa, MG: 1997. 150p. (Manual do usuário).

XAVIER, D.F., BOTREL, M.A., DAHER, R.F. et al. 1995. Caracterização morfológica de algumas cultivares de capim-elefante. Coronel Pacheco. EMBRAPA/CNPGL. 24p. (**Documentos, n.60**).

WERNER, J.C. Adubação de pastagens. 2º Imp. Nova Odessa. Instituto de Zootecnia, 1986. 49p. (**Boletim técnico, n.18**)