



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Urutaí
Programa de Pós-Graduação em Conservação de
Recursos Naturais do Cerrado

ASPECTOS AMBIENTAIS E AGRONÔMICOS DA DISPOSIÇÃO DE EFLUENTE DE LATICÍNIOS NO SOLO

PAULO TÁRCYO DE RESENDE TEIXEIRA

Orientador(a): Prof. Dr. José Antonio Rodrigues de Souza

Urutaí, abril de 2020

PAULO TÁRCYO DE RESENDE TEIXEIRA

**ASPECTOS AMBIENTAIS E AGRONÔMICOS DA DISPOSIÇÃO
DE EFLUENTE DE LATICÍNIOS NO SOLO**

Orientador(a)

Prof. Dr. José Antônio Rodrigues de Souza

Dissertação apresentada ao Instituto Federal Goiano –
Campus Urutaí, como parte das exigências do Programa
de Pós-Graduação em Conservação de Recursos Naturais
do Cerrado para obtenção do título de Mestre.

Urutaí (GO)
2020

Os direitos de tradução e reprodução reservados.

Nenhuma parte desta publicação poderá ser gravada, armazenada em sistemas eletrônicos, fotocopiada ou reproduzida por meios mecânicos ou eletrônicos ou utilizada sem a observância das normas de direito autoral.

ISSN XX-XXX-XXX

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIB/IF Goiano

T266a Teixeira, Paulo Tárco de Resende Teixeira
ASPECTOS AMBIENTAIS E AGRONÔMICOS DA DISPOSIÇÃO DE
EFLUENTE DE LATICÍNIOS NO SOLO / Paulo Tárco de
Resende Teixeira Teixeira; orientador José Antonio
Rodrigues de Souza Souza. -- Urutai, 2020.
58 p.

Dissertação (em PPGRENAC) -- Instituto Federal
Goiano, Campus Urutai, 2020.

1. Agropecuária. 2. Sódio. 3. Reuso. 4. Capim-
mombaça. 5. Produtividade. I. Souza, José Antonio
Rodrigues de Souza, orient. II. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese | <input type="checkbox"/> Artigo Científico |
| <input checked="" type="checkbox"/> Dissertação | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input type="checkbox"/> TCC - Graduação | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Paulo Tárco de Resende Teixeira

Matrícula: 2018101330940218

Título do Trabalho: ASPECTOS AMBIENTAIS E AGRONÔMICOS DA DISPOSIÇÃO DE EFLUENTE DE LATICÍNIOS NO SOLO

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 01/06/2020

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Pires do Rio, _____, 27 / 05 /2020.
Local Data

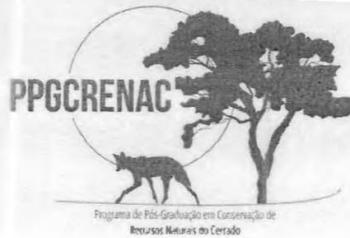


Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:



Assinatura do(a) orientador(a)



ATA DA SESSÃO PÚBLICA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO N.º 053 DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CONSERVAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS DO CERRADO DO INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CAMPUS URUTAÍ.

Aos vinte e sete dias do mês de abril de 2020, às 13:00h, reuniram-se por videoconferência, a Banca Examinadora composta pelos membros **Débora Astoni Moreira, Janine Mesquita Gonçalves e José Antônio Rodrigues de Souza** (orientador do trabalho), sob a presidência deste último, para avaliação da apresentação do mestrando **Paulo Tárcyo de Resende Teixeira** e de sua dissertação intitulada “**Aspectos ambientais e agronômicos da disposição de efluente de laticínios no solo.**” Aberta a sessão, coube ao mestrando, na forma regimental, realizar a exposição de seu trabalho, dentro do tempo regulamentar, sendo em seguida questionado pelos membros da banca examinadora, tendo dado as explicações que foram necessárias. A banca examinadora, em caráter sigiloso, após análise e julgamento final, concluiu por:

- () Aprovar a dissertação sem alterações.
(X) Aprovar a dissertação com modificações (vide verso em caso de alteração do título).
() Reprovar a dissertação.

A apresentação e aprovação da dissertação é requisito parcial para a concessão do título de Mestre em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado, tendo o mestrando ciência de que o título de Mestre só será concedido depois de atendidas as exigências feitas pela Banca Examinadora, bem como as demais exigências estabelecidas no Regulamento do PPG-CRENAC. A partir da presente data, o mestrando terá o prazo de 60 dias para efetuar as alterações exigidas pela banca, depositar a dissertação corrigida e assinada pela banca no Repositório Institucional do IFGOIANO e entregar a documentação pertinente à abertura do processo de solicitação de diploma à Secretaria do PPG-CRENAC. Nada mais havendo a tratar, a sessão foi encerrada às 14:35h, sendo lavrada a presente ata, que foi assinada por todos os membros da Banca Examinadora e pelo mestrando.

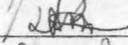
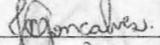
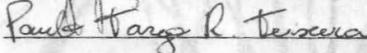
Urutaí-GO, 27 de abril de 2020.

Prof. Dr. José Antônio Rodrigues de Souza

Prof.ª Dra. Débora Astoni Moreira

Dra. Janine Mesquita Gonçalves

Paulo Tárcyo de Resende Teixeira

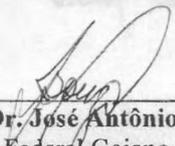







FICHA DE APROVAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Título da dissertação:	Aspectos ambientais e agronômicos da disposição de efluente de laticínios no solo
Orientador:	Prof. Dr. José Antônio Rodrigues de Souza
Autor:	Paulo Tárcyo de Resende Teixeira

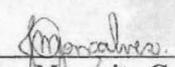
Dissertação de Mestrado **APROVADA** em 27 de **abril** de 2020, como parte das exigências para obtenção do Título de **MESTRE EM CONSERVAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS DO CERRADO**, pela Banca Examinadora especificada a seguir:



Prof. Dr. José Antônio Rodrigues de Souza
Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí



Prof.ª Dra. Débora Astoni Moreira
Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí



Dra. Janine Mesquita Gonçalves
Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí

*“A ciência nunca resolve um problema
sem criar pelo menos outros dez.”
(George Bernard Shaw)*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por me dar saúde e força de vontade para buscar a realização dos meus sonhos, sempre atendendo minhas preces e me ajudando a seguir meus caminhos.

Aos meus pais que sempre me apoiaram a continuar investindo nos estudos, mesmos nos momentos difíceis e desanimadores de minha vida, dando todo suporte e sendo complacentes.

Todo meu agradecimento à equipe do IF Goiano, incluindo professores, colaboradores e alunos de formação, em especial a Janine que me acolheu em seu laboratório e além de me ajudar com diversas análises contribuiu para meu crescimento tanto pessoal quanto profissional; à professora Débora que durante anos de graduação me ajudou com seu vasto conhecimento; aos alunos Ellen, Walisson e Wesley que contribuíram do início ao fim do projeto como um todo.

E em especial ao Dr. José Antônio, que foi meu professor em 2 graduações, orientador de TCC e no projeto de pesquisa, uma pessoa que contribuiu não só com minha formação acadêmica, mas também na formação profissional e pessoal. Tão importante que uma grande parcela do cargo que ocupo atualmente devo ao conhecimento desse professor, que me ajudou com diversos conselhos e seu conhecimento de vida.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS E TABELAS	X
RESUMO.....	12
ABSTRACT.....	13
1. INTRODUÇÃO.....	14
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
2.1. Descrição do local do experimento.....	15
2.2. Plantio e manejo do capim-mombaça.....	16
2.3. Delineamento experimental e caracterização dos tratamentos.....	17
2.4. Caracterização do experimento.....	18
2.4.1. Determinação da coluna de lixiviação de nutrientes.....	18
2.4.2. Amostragem e análises do efluente.....	19
2.4.3. Análises microbiológicas do efluente e das folhas do capim-mombaça.....	20
2.4.4. Análises físico-químicas do solo e químicas das folhas do capim-mombaça.....	20
2.5. Análises estatísticas e interpretação dos dados.....	20
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
3.1. Caracterização do efluente utilizado.....	21
3.2. Transporte de solutos em colunas de lixiviação.....	22
3.3. Alterações químicas no solo.....	24
3.3.1. Potássio.....	24
3.3.2. Cálcio e magnésio.....	27
3.3.3. Acidez ativa (pH).....	28
3.3.4. CTC efetiva (t).....	30
3.3.5. Índice de Saturação por sódio (ISNA).....	33
3.3.6. Fósforo.....	34
3.3.7. Matéria orgânica.....	37
3.3.8. Argila Dispersa.....	38
3.4. Alterações químicas no capim-mombaça.....	41
3.4.1. Cálcio, Magnésio e Sódio.....	41
3.4.2. Potássio.....	41
3.4.3. Nitrogênio.....	42
3.4.4. Fósforo.....	43
3.5. Produtividade e sanidade do capim.....	44

4. CONCLUSÃO.....	46
5. AGRADECIMENTOS	46
5. REFERÊNCIAS.....	47
ANEXO I	57

LISTA DE FIGURAS, QUADROS E TABELAS

Figura 1- Área de execução do experimento.....	15
Tabela 1- Caracterização física e química do solo presente na área experimental nas diferentes camadas.....	16
Figura 2- Plantio do capim-mombaça à lanço (A) e irrigação por pivô central para reposição da demanda evapotranspirada (B)*.....	16
Figura 3- Aplicação do efluente de forma homogênea nas parcelas com auxílio de um regador.....	17
Figura 4- Tambores para o transporte do efluente (A) e armazenamento do efluente de laticínio.....	18
Figura 5- Efluente do Laticínio coletado em Orizona para aplicação no solo.....	19
Tabela 2- Caracterização físico-química das amostras dos efluentes de laticínio utilizados nos ensaios experimentais.....	21
Figura 6- Curvas de efluente cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K) e sódio (Na) presentes na água residuária de laticínios bruta (a), diluída duas vezes (b), quatro vezes (c) e dez vezes (d), ajustada aos dados experimentais, obtidos com latossolo vermelho amarelo.....	22
Tabela 3- Fator de retardamento (fR) e coeficiente disperso-difuso (D) dos íons de cálcio, magnésio, sódio e potássio, obtidos pelo ajustamento do modelo teórico aos dados experimentais.....	23
Figura 7- Variação nos valores de potássio total (K), em função da profundidade (PROF) e dias após o semeio (DAS), nos solos submetidos aos tratamentos 1 (A), 2 (B), 3 (C), 4 (D), e 5 (E).....	26
Figura 8- Variação nos valores de Magnésio total (Mg), em função da profundidade (PROF) e dias após o semeio (DAS), nos solos submetidos aos tratamentos 1 (A), 2 (B), 3 (C), 4 (D), e 5 (E).....	28
Figura 9- Variação nos valores do potencial hidrogeniônico (pH), em função da profundidade (PROF) e dias após o semeio (DAS), nos solos submetidos aos tratamentos 1 (A), 2 (B), 3 (C), 4 (D), e 5 (E).....	30

Figura 10- Variação nos valores de capacidade de troca catiônica efetiva (E), em função da profundidade (PROF) e dias após o semeio (DAS), nos solos submetidos aos tratamentos 1 (A), 2 (B), 3 (C), 4 (D), e 5 (E).....	32
Figura 11- Variação nos valores de índice de saturação por sódio (ISNa) _m em função da profundidade (PROF) e dias após o semeio (DAS), nos solos submetidos aos tratamentos 1 (A), 2 (B), 3 (C), 4 (D), e 5 (E).	34
Figura 12- Variação nos valores de fósforo total (P), em função da profundidade (PROF) e dias após o semeio (DAS), nos solos submetidos aos tratamentos 1 (A), 2 (B), 3 (C), 4 (D), e 5 (E).....	36
Tabela 4- Valores médios da concentração de matéria orgânica nos solos submetidos aos diferentes tratamentos.....	38
Figura 14- Variação nos valores de argila dispersa, em função da profundidade (PROF) e dias após o semeio (DAS), nos solos submetidos aos tratamentos 1 (A), 2 (B), 3 (C), 4 (D), e 5 (E).	40
Figura 15- Concentração de K presente nas folhas do capim-mombaça em relação às dosagens de efluente e seu efeito com o tempo.....	42
Figura 16- Concentração de N presente nas folhas do capim-mombaça em relação às dosagens de efluente e seu efeito com o tempo.....	43
Figura 17- Concentração de P presente nas folhas do capim-mombaça em relação às dosagens de efluente e seu efeito com o tempo.....	44
Tabela 5- Valores médios de matéria fresca (MF) e seca (MS) no capim-mombaça submetidos aos diferentes tratamentos avaliados.....	44
Figura 18- Parcelas com o capim-mombaça ao final do período experimental.....	45

ASPECTOS AMBIENTAIS E AGRONÔMICOS DA DISPOSIÇÃO DE EFLUENTE DE LATICÍNIOS NO SOLO

RESUMO

A atividade dos laticínios é de grande relevância em diversos aspectos, entre eles o financeiro e o nutricional, porém as águas residuárias provenientes de suas atividades são consideradas grandes fontes poluidoras dos cursos hídricos receptores desses efluentes. A utilização dessas águas residuárias em pastagens é uma alternativa para amenizar o impacto no meio ambiente, e também para fertilizar o solo, ação que pode melhorar a disponibilidade de nutrientes e viabilizar o incremento de matéria seca das forrageiras. Em contrapartida as água residuárias dos laticínios são conhecidamente ricas em sódio que é adicionado nos processos produtivos, esse mineral de acordo com inúmeros estudos quando aplicado em altas concentrações no solo pode prejudicar a absorção dos nutrientes pela cultura e modificar as propriedades físicas no solo, esse fator torna necessária a avaliação dos impactos, sendo importante discutir o quão impactante pode se tornar a aplicação dessas águas residuárias e a também a recomendação da sua concentração adequada. Para se obter essas informações, montou-se um experimento em delineamento inteiramente casualizado, formado por cinco tratamentos com quatro repetições plantados com capim *Panicum maximum*. Os tratamentos foram formados de acordo com as concentrações de sódio, que é o componente de maior concentração relativa na água residuária utilizada do laticínio estudado, os tratamentos foram T1: aplicação de água residuária de laticínios fornecendo 75 kg ha⁻¹ de Na⁺ ; T2: aplicação de água residuária de laticínios fornecendo 150 kg ha⁻¹ de Na⁺ ; T3: aplicação de água residuária de laticínios fornecendo 300 kg ha⁻¹ de Na⁺ ; T4: aplicação de água residuária de laticínios fornecendo 600 kg ha⁻¹ de Na⁺; e T5: (Tratamento Testemunha) com água de irrigação. Amostras de solo foram coletas nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-30 e 90-100 cm para as análises físicas e químicas. Amostras de capim foram coletadas para as análises químicas, microbiológicas e de produtividade. A análise estatística consistiu em análises de variância e de regressão, sendo as médias comparadas utilizando-se o teste de Tukey. Os resultados obtidos com o experimento permitiram concluir que a aplicação de água residuária de laticínio mesmo em altas concentrações proporcionou um incremento substancial na produtividade do capim-mombaça, mantendo as concentrações minerais ideais da forrageira e sem contaminação microbiológica. Em relação ao solo, não proporcionou significativamente a dispersão de argila nas diferentes profundidades do solo, entretanto é necessário avaliar por períodos mais prolongados os efeitos das altas taxas das águas residuárias pelo seu potencial de risco de salinização e de contaminação de águas subterrâneas.

Palavras-chave: Agropecuária, Sódio, Reuso, Capim-mombaça, Produtividade.

ENVIRONMENTAL AND AGRONOMIC ASPECTS OF THE DISPOSAL OF DAIRY EFFLUENT IN THE SOIL

ABSTRACT

The activity of the dairy products is of great relevance in several aspects, among them the financial and the nutritional, but the wastewater coming from their activities are considered major pollutant sources of the water courses receiving these effluents. The use of these wastewater in pastures is an alternative to mitigate the impact on the environment, and also to fertilize the soil, an action that can improve the availability of nutrients and enable the increase of dry matter in fodder. On the other hand, the residual water from lacínios is known to be rich in sodium that is added to the production processes, this mineral according to numerous studies when applied in high concentrations in the soil can impair the absorption of nutrients by the crop and modify the physical properties in the soil, this factor makes it necessary to assess the impacts, and it is important to discuss how the application of these residual waters can become impacting and also the recommendation of their proper concentration. To obtain this information, an entirely randomized design experiment was set up, consisting of five treatments with four repetitions planted with *Panicum maximum* grass. The treatments were formed according to the sodium concentrations, which is the component with the highest relative concentration in the residuary water used in the studied dairy, the treatments were T1: application of dairy wastewater providing 75 mg L⁻¹ of Na⁺ ; T2: application of dairy wastewater providing 150 kg ha⁻¹ of Na⁺ ; T3: application of dairy wastewater providing 300 kg ha⁻¹ of Na⁺ ; T4: application of dairy wastewater providing 600 kg ha⁻¹ of Na⁺; and T5: (Witness Treatment) with irrigation water. Soil samples were collected at depths of 0-10, 10-20, 20-30 and 90-100 cm for physical and chemical analysis. Samples of grass were collected for chemical, microbiological and productivity analyses. Statistical analysis consisted of variance and regression analysis, the means being compared using the Tukey test. The results obtained with the experiment allowed the conclusion that the application of dairy wastewater even at high concentrations provided a substantial increase in the productivity of pumpkin grass, maintaining the ideal mineral concentrations of forage and without microbiological contamination. In relation to the soil, it did not provide a significant dispersion of clay in the different depths of the soil, however it is necessary to evaluate for longer periods the effects of the high rates of residuary water due to its potential risk of salinization and groundwater contamination.

Keywords: Agriculture, Sodium, Reuse, Mombasa grass, Productivity.

1. INTRODUÇÃO

A indústria de laticínios representa uma atividade de grande importância na economia brasileira e mundial, não apenas devido ao volume de oferta e geração de divisas, mas, também, pela composição na dieta alimentar humana. O Brasil é um grande produtor de leite e possui condições para se tornar um dos maiores exportadores de produtos lácteos devido às suas vantagens, tais como disponibilidade de água, terra e custo de produção competitivo.

No entanto, trata-se de uma atividade que consome muita água e gera grande quantidade de efluentes, cujos volumes dependem do tipo de processo utilizado, dos produtos produzidos, da qualidade da água requerida e das práticas de gestão aplicadas (VOURCH et al., 2008). Segundo Saraiva et al. (2009), a relação entre o volume de leite processado e o volume de efluente gerado, chamada de coeficiente volumétrico de efluente líquido, é de aproximadamente 3,5 litros de efluente por litro de leite processado.

Conforme descrito por BRAILE & CAVALCANTI (1993), os efluentes líquidos (águas residuárias) contêm quantidades variadas de matéria-prima diluída, apresentando elevados teores de matéria orgânica, gorduras, sais, sólidos suspensos e nutrientes, além da eventual presença de organismos patogênicos (CATÃO et al., 2000), sendo esses efluentes líquidos considerados a principal fonte de poluição dessas indústrias. Diversos problemas tem sido relatados durante o tratamento convencional desses efluentes, que normalmente inclui tratamento primário para remoção de sólidos suspensos e gorduras e, tratamento secundário biológico. Esses problemas estão relacionados à elevada produção de espuma, à baixa sedimentabilidade do lodo, à baixa resistência a choques de carga, às dificuldades na remoção de nutrientes (nitrogênio e fósforo) e aos problemas na degradação de gorduras, óleos e outros tipos específicos de poluentes, como corantes (CAMMAROTA; FREIRE, 2003).

Assim, a utilização de águas residuárias de laticínios na agricultura têm surgido como uma alternativa para controle da poluição das águas superficiais e subterrâneas, além da disponibilização de água e fertilizantes para as culturas, ciclagem de nutrientes e aumento na produção agrícola, reduzindo os custos de produção e melhorando as características físicas, químicas e microbiológicas do solo (CAVALCANTI, 2012).

Todavia, o uso incorreto pode trazer efeitos deletérios tanto ao solo quanto às culturas. A taxa de aplicação de águas residuárias deve estar baseada no nutriente que estiver em maior concentração relativa e na quantidade deste nutriente requerido pela cultura, pois, caso esses níveis sejam suplantados, além de comprometer a produtividade da cultura, podem provocar poluição do solo e das águas superficiais e subterrâneas (MATOS, 2014).

As principais alterações descritas para os solos que recebem águas residuárias se resumem aos efeitos sobre o carbono e nitrogênio totais, atividade microbiana e N-mineral, cálcio e magnésio trocáveis, salinidade, sodicidade e dispersão de argilas (FONSECA et al., 2007). Em resumo, a disposição de águas residuárias no sistema solo-planta, quando feita sem critérios agrônômicos e ambientais, pode causar problemas de infiltração de água no solo, de contaminação do solo, das águas superficiais e subterrâneas e de toxicidade às plantas (ERTHAL et al., 2010).

Segundo Valdez-Aguilar e Reed (2010) águas de irrigação com predomínio de HCO_3^- , condutividade elétrica baixa e elevada razão de adsorção de sódio (Na), a exemplo das águas residuárias de laticínios, podem acarretar aumento do pH do solo, conseqüentemente diminuindo a disponibilidade dos nutrientes do solo, podendo acentuar a deficiência dos nutrientes, principalmente de micronutrientes. Também, a presença de sais no solo reduz a disponibilidade de água para as plantas e pode tornar os solos inadequados ao cultivo (AYERS; WESTCOT, 1999).

De acordo Larcher (2006), o valor máximo de Na absorvido pelas plantas em habitat halófito é de $150 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Embora estudos sobre o aproveitamento agrícola de diversos tipos de águas residuárias já tenham sido realizados, pouco se conhece a respeito das doses a

serem aplicadas da água residuária de laticínios. Sendo importante considerar o Na como elemento químico referencial, de forma a não comprometer a qualidade química e física do solo, de produtividade da cultura e não contaminar as águas subterrâneas, fazendo com que, dessa forma, a prática de aproveitamento da água residuária seja agrônômica e ambientalmente sustentável.

Sabendo-se do grande impacto ambiental negativo provocado pela disposição inadequada da água residuária de laticínios e do potencial que apresenta para ser aproveitado na fertirrigação de culturas agrícolas, objetivou-se, avaliar as alterações no solo, possíveis alterações microbiológicas e na composição química do capim-mombaça, e também sua produtividade quando submetido a diferentes doses de água residuária de laticínios. Sendo que a utilização do capim-mombaça ocorreu em virtude de sua maior exigência por solo fértil, profundo, bem drenado, clima quente e precipitação superior a 1000 mm ano⁻¹ (JANK, 2008), condições semelhantes àsquelas encontradas na área de estudo, bem como por ser uma forrageira bastante utilizada para criação de gado de leite e de corte.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Descrição do local do experimento

O trabalho foi conduzido no Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí (IF Goiano), em Urutaí - GO, localizado a 17°29'6"S, 48°12'27"O e altitude de 712 m. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cwa, caracterizado como úmido tropical com inverno seco e verão chuvoso, com precipitação e temperatura médias, anuais, de 2000 mm e 28 °C (SILVA, 2015).



Figura 1. Área de execução do experimento

Amostras de solo da área experimental (Figura 1), nas camadas de 0-10, 10-20, 20-30 e 90-100cm, foram coletadas e conduzidas ao Laboratórios de Pesquisa e Análises Químicas, do Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, para determinação das características físicas e químicas, conforme metodologias descritas em EMBRAPA (1997), sendo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico Típico. Na Tabela 1 são apresentadas as características físicas e químicas do solo utilizado nos ensaios experimentais.

Tabela 1. Caracterização física e química do solo presente na área experimental nas diferentes camadas

Prof.	pH	P	K	Ca	Mg	Na	Al	H+Al	MOS	SB
	mg dm ⁻³						cmol _c dm ⁻³	g kg ⁻¹	cmol _c dm ⁻³	
0-10	4,99	0,00	0,00	0,22	0,50	4,04	0,20	4,62	21,32	0,74
10-20	5,04	0,00	0,00	0,22	0,53	4,48	0,20	3,46	14,44	0,78
20-30	5,19	0,00	0,00	0,21	0,42	4,05	0,10	3,63	17,19	0,66
90-100	5,18	0,00	0,00	0,28	0,55	4,73	0,20	3,30	17,19	0,86

Prof.	T	t	V	M	ISNa	AD	Ds	DP	VTP	K0
	cmol _c dm ⁻³	%			g kg ⁻¹	g cm ⁻³	cm ³ cm ⁻³	cm h ⁻¹	g cm ⁻³	
0-10	5,36	0,94	13,85	21,22	0,33	228,80	2,18	2,74	0,20	10,07
10-20	4,24	0,98	18,31	20,48	0,46	128,80	1,93	2,70	0,29	7,91
20-30	4,29	0,76	15,44	13,11	0,41	148,80	1,96	2,60	0,25	15,29
90-100	4,16	1,06	20,66	18,88	0,49	130,00	1,53	2,56	0,40	10,07

pH – acidez ativa, P – fósforo total, K – potássio total, Ca = cálcio trocável, Mg= magnésio trocável, Na = sódio trocável, Al = acidez trocável, H+Al = acidez potencial, MOS - matéria orgânica, SB – soma de bases, T = CTC potencial, t – ctc efetiva, V – saturação por bases, M – saturação por alumínio, ISNa – índice de saturação por sódio, AD = argila dispersa em água, Ds – massa específica do solo, VTP – volume total de poros, K0 – condutividade hidráulica.

Depois de realizar aragem e gradeamento, foi feita a correção do solo quanto à acidez e fertilidade, e posteriormente a semeadura do capim-mombaça.

2.2. Plantio e manejo do capim-mombaça

Após o preparo do solo, sementes de capim-mombaça foram lançadas à mão na proporção de 15 kg de sementes por hectare, rastelando-se posteriormente o solo, de modo que as sementes ficassem à uma profundidade de 3 a 5cm. Após a germinação das sementes e do primeiro corte de nivelamento aos 70 dias após semeio (DAS), foram delimitadas 20 parcelas experimentais de 9 m² cada (3m x 3m) com bordaduras de 1m, separadas por ruas de 0,70 m. As sementes do capim-mombaça foram lançadas no solo preparado e os tratamentos aplicados em cada parcela definidos por método de sorteio. Adotou-se o sistema de irrigação por pivô central, repondo-se a demanda evapotranspirométrica da cultura a cada dois dias, determinada a partir de dados meteorológicos obtidos por meio de uma estação automática instalada próxima à área experimental (Figura 2).



Figura 2. Plantio do capim-mombaça à lanço (A) e irrigação por pivô central para reposição da demanda evapotranspirada (B)*

Foi utilizado delineamento inteiramente casualizado utilizando 5 tratamentos, uma testemunha com água de irrigação e 4 com lâminas de água residuárias de laticínios (T1 – 75 kg ha⁻¹ de Na⁺, T2 - 150 kg ha⁻¹ de Na⁺, T3 - 300 kg ha⁻¹ de Na⁺, T4 - 600 kg ha⁻¹ de Na⁺, T5 - controle), em quatro repetições. As lâminas foram definidas baseando-se na concentração de Na, por ser o constituinte presente em maior concentração relativa na água residuária de laticínios, e foram aplicadas sobre as folhas, utilizando-se um regador, buscando-se uma melhor distribuição do resíduo na área.



Figura 3. Aplicação do efluente de forma homogênea nas parcelas com auxílio de um regador

2.3 Delineamento experimental e caracterização dos tratamentos

O experimento foi conduzido utilizando 5 tratamentos com 4 repetições cada. Os tratamentos foram os seguintes:

- T1: aplicação de água residuária de laticínios fornecendo 75 kg ha⁻¹ de Na⁺ ;
- T2: aplicação de água residuária de laticínios fornecendo 150 kg ha⁻¹ de Na⁺ ;
- T3: aplicação de água residuária de laticínios fornecendo 300 kg ha⁻¹ de Na⁺ ; e
- T4: aplicação de água residuária de laticínios fornecendo 600 kg ha⁻¹ de Na⁺
- T5: aplicação de água de irrigação (Tratamento controle)

Foram utilizadas águas residuárias provenientes de um laticínio do município de Orizona. Tal agroindústria, ciente da degradação ambiental que vem causando pelo lançamento inadequado destes efluentes no curso de água, estava procurando se adequar a legislação ambiental do CONAMA 357/05, buscando alternativas de tratamento para seus resíduos. Ação necessária visto que mesmo o empreendimento realizando tratamento químico e com lagoas de estabilização o impacto ambiental é existente.

A água residuária foi transportada semanalmente até o IF Goiano utilizando-se tambores e acondicionadas em reservatório de 500 L, tendo suas características químicas determinadas antes de serem aplicação no solo, conforme metodologias recomendadas pela APHA (2012).



Figura 4. Tambores para o transporte do efluente (A) e armazenamento do efluente de laticínio (B).

Após segundo corte de nivelamento, ocorrido aos 110 DAS, as diferentes lâminas de água foram aplicadas em três parcelas com intervalos quinzenais (155, 170, 185 dias após a semeadura). No dia seguinte à aplicação, amostras de plantas foram coletadas para fins de caracterização química e microbiológica, bem como de solo, nas camadas 0-10, 10-20, 20-30 e 90-100 cm, para caracterização química e física, conforme metodologias descritas em EMBRAPA (1997) e APHA (2012). Para monitorar o efeito do efluente ao longo do tempo, também foram coletadas amostras da planta e de solo decorridos dois meses (245 DAS) e cinco meses (335 DAS) após finalização das aplicações de água residuária do laticínio. Ao final do período experimental foram realizados corte das plantas para obtenção da produtividade do capim-mombaça.

2.4 Caracterizações do experimento

2.4.1 Determinação da coluna de lixiviação de nutrientes

Paralelamente à condução dos ensaios de campo, foram conduzidos estudos de transporte no solo de solutos presentes na água residuária de laticínios conforme metodologia apresentado por Almeida Neto et al. (2010). Foram utilizadas colunas de lixiviação confeccionados com tubos de PVC com 4,7 cm de diâmetro e 20,0 cm de comprimento, cujas paredes internas foram cobertas com uma mistura de cola e areia, com a finalidade de impedir o fluxo preferencial de parede. Na extremidade inferior das colunas foram dispostos discos de lã de vidro e uma tela plástica, para impedir a perda de material sólido, enquanto na camada superior, utilizou-se apenas uma lã de vidro a fim de se evitar alterações superficiais.

As colunas foram preenchidas a partir da deposição sucessiva de camadas de solo com dois centímetros de espessura e sua posterior compactação no interior do tubo de PVC até formação de uma coluna com 0,15 m de altura. A compactação foi realizada de modo a se obter massa específica semelhante àquela anteriormente determinada pelo método da proveta, obtendo-se uma coluna homogênea e evitando a ocorrência de fluxo preferencial dentro da coluna de solo.

Posteriormente, as colunas foram saturadas com água destilada, colocando-as dentro de um recipiente com altura de lâmina equivalente a 2/3 da coluna e deixando-as em repouso por 72 horas, promovendo-se, assim, a expulsão de bolhas de ar que pudessem obstruir o fluxo da solução nos poros.

A seguir, as colunas foram interligadas a frascos de Mariotte contendo água destilada, por um período suficiente para passar dois volumes de poros. Após completa infiltração da água destilada, os frascos de Mariotte contendo a água residuária foram interligados às colunas de solo. O sistema foi montado de modo a aplicar, simultaneamente, água residuária de laticínios em quatro diferentes concentrações de Na (250; 625; 1250; 2500 mg L⁻¹ de Na), obtidas a partir do efluente bruto (bruto e diluições em 2, 4 e 10 vezes, com água destilada).

A aplicação do efluente foi feito por meio de frascos de Mariotte, posicionados próximos à extremidade superior das colunas, mantendo-se uma carga hidráulica média de 0,02 metros. O experimento foi montado e conduzido, por três vezes.

Para obtenção das curvas de efluente, os lixiviados dos frascos de Mariotte foram coletados em frascos de numeração sequenciada e volumes conhecidos, determinando-se as concentrações de Na, Ca, Mg e K por espectrofotometria de absorção atômica. De posse da correlação entre os dados de concentração relativa C/C₀ (relação entre a concentração iônica no efluente e no lixiviado) e o volume de poros, além do fluxo, massa específica do resíduo, teor de água e comprimento da coluna, foram determinados o fator de retardamento (R) e o coeficiente dispersivo-difusivo (D), por meio do programa computacional DISP 1.1 (BORGES JUNIOR E FERREIRA, 2006).

2.4.2 Amostragem e análises do efluente

As amostras do efluente de laticínio foram coletadas, adequadamente acondicionadas e analisadas no Laboratório de Pesquisa e Análises Químicas, do Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, afim da obtenção dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos para que fosse possível a determinação das doses a serem aplicadas e realizadas as comparações dos resultados após as aplicações. Foram realizadas seguindo as orientações especificadas em Standard Methods (APHA, 1998), para determinação do pH utilizou-se um medidor de pH portátil; para condutividade elétrica um condutivímetro portátil; a determinação da demanda bioquímica de oxigênio foi realizada pelo método iodométrico; a demanda química de oxigênio por método oxidimétrico; para avaliação do N total foi realizado o método Kjeldahl; a concentração de fósforo por espectrometria visível e as concentrações de K e Na por fotometria de chama.



Figura 5. Efluente do Laticínio coletado em Orizona para aplicação no solo

2.4.3 Análises microbiológicas do efluente e das folhas do capim-mombaça

Foram realizadas análises de contagem de coliformes termotolerantes e coliformes totais no Laboratório de Pesquisa e Análises Químicas, do Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, utilizando a técnica de tubos múltiplos, a qual é uma forma de estimativa da densidade de bactérias do grupo coliforme por número mais provável (NMP). Este método permite calcular o número de um microorganismo específico em uma amostra líquida, utilizando tabelas de probabilidade. Diluições da amostra são inoculadas em tubos contendo líquido seletivo, os tubos são positivos quando apresentam crescimento ou gás de fermentação e a densidade bacteriana é determinada pela combinação de resultado positivos e negativos numa tabela designa por tabela de NMP.

As folhas do capim-mombaça também passaram por avaliação em relação à contagem de coliformes tanto termotolerantes como totais, um dia após cada uma das 3 aplicações do efluente foram realizados cortes nas folhas e levadas ao laboratório para análise, sendo utilizado o método do NMP para a sua determinação. O capim cultivado no experimento foi submetido a irrigação com diversas concentrações de águas residuárias de laticínio, justificando assim a avaliação fitossanitária do mesmo, já que o capim tem a destinação final para consumo de bovinos.

2.4.4 Análises físico-químicas do solo e químicas das folhas do capim-mombaça

As amostras de capim após cada coleta foram encaminhadas para o Laboratório de Pesquisa e Análises Químicas, do Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí e secas em estufa para realização das análises químicas foliares e a quantificação das concentrações de N, P, K, Ca, Mg e Na de acordo com metodologia EMBRAPA (1997).

As amostras de solo foram coletadas utilizando-se um trado tipo holandês 1/2, nas camadas 0-10, 10-20, 20-30 e 90-100 para as análises físicas e químicas nos laboratórios do IFGoiano – Campus Urutaí, para se obter os dados necessários para comparação da qualidade do solo pré e pós disposição do efluente de laticínio, nas diversas camadas do solo. Foram avaliados o pH, P, K, Ca, Mg, CTC, MOS, ISNa, e transporte de solutos em colunas de lixiviação.

Foi analisado também o efeito de dispersão de argila em água (ADA), visto que é de suma importância essa análise já que a dispersão de argila do solo pode ser provocada pela concentração de Na presente nas águas de irrigação, e os efluentes de laticínios geralmente contém altíssimas taxas de Na graças as etapas do processo produtivo dos produtos lácteos. O estudo do efeito de dispersão de argila foi realizado utilizando-se a metodologia Donagemma (2011), onde foi pesado 50g de cada amostra e transferido para copos com 125ml de água destilada, após o repouso de uma noite as amostras ficaram por 10 minutos no agitador e depois passaram por peneira 0.053mm e foram condicionadas em proveta com água destilada totalizando 1.000ml. Cada amostra foi agitada manualmente por 20 segundos e após 90 minutos foi feita a leitura utilizando densímetro de Bouyoucos.

2.5 Análises estatísticas e interpretação dos dados

Os dados foram submetidos a análises de variância quando houve interação dos fatores e analisados em conjunto sendo expressos na forma de superfícies de resposta. Quando os fatores foram significativos separadamente foram analisados separadamente. No caso de significância para as doses foi traçada a regressão, quando a significância ocorreu em relação ao tempo foi aplicado o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Nas análises de regressão, os modelos foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão e no valor do coeficiente de determinação (R^2). Para a realização das análises estatísticas, utilizou-se o programa estatístico SAEG 9.1 (2006).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização do efluente utilizado

Os descartes líquidos dos laticínios contêm geralmente açúcares, condimentos, produtos químicos utilizados na limpeza dos maquinários e derivados do leite, como o soro. Segundo Machado et al. (2002), o soro dos laticínios é aproximadamente cem vezes mais poluente que o esgoto doméstico, tornando a prática de descarte do mesmo em cursos hídricos muito nociva ao meio ambiente. Estima-se que uma fábrica com produção média de 300.000 litros de soro por dia poluía o equivalente a uma cidade de 150.000 habitantes.

Tabela 2. Caracterização físico-química das amostras dos efluentes de laticínios utilizados nos ensaios experimentais

Parâmetros	Valores
Temperatura (°C)	29,60 ± 0,50
pH	4,70 ± 0,70
Sódio total (mg L ⁻¹)	2534,70 ± 509,91
Condutividade Elétrica (µS cm ⁻¹)	2.025,50 ± 607,30
Sólidos totais (mg L ⁻¹)	6.333,00 ± 1.195,00
Sólidos em suspensão - totais (mg L ⁻¹)	767,00 ± 456,50
Sólidos sedimentáveis (mL L ⁻¹)	28,00 ± 9,50
Turbidez (UNT)	1.104,00 ± 313,9
DQO (mg O ₂ L ⁻¹)	8.437,00 ± 1.536,0
DBO ₅ (mgO ₂ L ⁻¹)	3.374,80 ± 952,0
Nitrogênio total (mg L ⁻¹)	115,50 ± 31,04
Fósforo total (mg L ⁻¹)	393,35 ± 74,50
Potássio total (mg L ⁻¹)	218,56 ± 11,71
Cálcio total (mg L ⁻¹)	41,43 ± 7,33
Magnésio Total (mg L ⁻¹)	184,39 ± 53,85
RAS ((mmolc L ⁻¹) ^{1/2})	23,90 ± 8,66
Coliformes Totais (NMP 100 mL ⁻¹)	2,42 ± 10 ⁹
Coliformes Termotolerantes (NMP 100 mL ⁻¹)	7,70 ± 10 ⁵

pH – potencial hidrogeniônico, DQO – demanda química de oxigênio, DBO – demanda bioquímica de oxigênio, RAS – relação de adsorção de sódio.

Após observar a Tabela 2 é possível constatar que esses resíduos do processo produtivo são ricos em elementos essenciais para a planta, de forma a permitir que exerça a função de fertilizante orgânico, sendo possível objetivar o incremento de produtividade de matéria seca de forrageiras no solo receptor. Constata-se altos valores de macros e micronutrientes na caracterização, de acordo com MAPA (2009) os elementos Nitrogênio (N), Fósforo (P), e Potássio (K) são macronutrientes primários enquanto os elementos Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) são secundários.

3.2 - Transporte de solutos em colunas de lixiviação

A partir do conhecimento das propriedades e das interações de determinada substância química com o meio, e de sua movimentação e persistência no solo, é possível se prever os riscos de contaminação e os impactos que ela possa causar ao meio ambiente (COSTA et al., 1999). De acordo com Anami et al. (2008), o conhecimento da dinâmica da água e solutos no solo em condições de não saturação, é importante para a proposição de técnicas e medidas que, além de ganhos econômicos, possam viabilizar a exploração racional e a preservação dos recursos hídricos. Na Figura 6, estão apresentadas as curvas de efluente para Ca, Mg, K e Na, obtidas com o latossolo vermelho amarelo pelo ajustamento do modelo teórico aos dados experimentais.

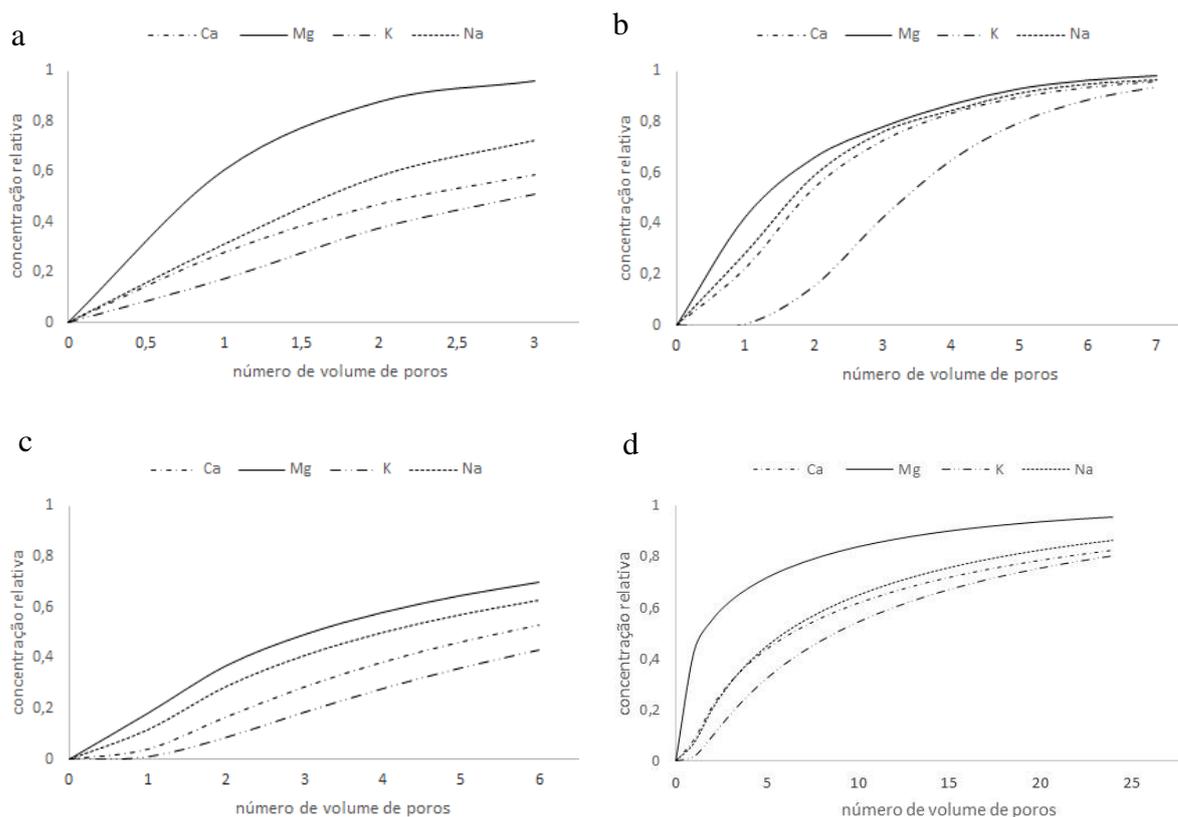


Figura 6. Curvas de efluente cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K) e sódio (Na) presentes na água residuária de laticínios bruta (a), diluída duas vezes (b), quatro vezes (c) e dez vezes (d), ajustada aos dados experimentais, obtidos com latossolo vermelho amarelo.

O número de volume de poros correspondente à concentração relativa 0,5 é uma primeira indicação, no sentido da existência ou não de interações soluto-solo (FERREIRA et al., 2006). De acordo com Nielsen e Biggar (1962), quando o valor é maior que 1,0, ocorre

interação do soluto com a fração coloidal do solo. Assim, analisando-se a Figura 6, verifica-se que, para todas as concentrações de água residuária de laticínios e para todos os íons avaliados, a exceção do íon Mg^{+} utilizando-se o efluente bruto, a concentração relativa de 0,5 ocorreu em valores de números de poros superiores a 1, indicando que ao escoar através do perfil do solo, parte do soluto é adsorvida, resultando um fator de retardamento acima da unidade. A partir da análise dos dados obtidos foi possível concluir que houve uma maior interação soluto-solo devido ao fator de retardamento.

Tabela 3. Fator de retardamento (fR) e coeficiente dispersivo-difusivo (D) dos íons de cálcio, magnésio, sódio e potássio, obtidos pelo ajustamento do modelo teórico aos dados experimentais

Efluentes	Cálcio			Magnésio			Potássio			Sódio		
	Peclet	fR	D	Peclet	fR	D	Peclet	fR	D	Peclet	fR	D
bruto	1,04	2,22	77,90	3,05	0,82	26,57	1,41	2,93	57,45	1,93	1,64	41,97
2x	2,97	1,84	27,27	1,73	1,26	46,82	8,06	3,30	10,05	2,63	1,64	30,80
4x	1,65	5,56	49,09	1,19	3,07	68,07	2,00	7,10	40,50	1,27	4,00	63,78
10x	0,85	6,35	95,29	0,4	1,5	202,5	1,31	8,74	61,83	1,06	5,94	76,42

bruto – efluente bruto, 2x – efluente diluído 2 vezes, 4x – efluente diluído 4 vezes, 10x – efluente diluído 10 vezes, Peclet – número de Peclet, fR, fator de retardamento, D – coeficiente dispersivo-difusivo.

Verifica-se na Tabela 3 que a água residuária de laticínios, em todas as concentrações avaliadas, resultou em valores de número de Peclet inferior a 10, que conforme classificação proposta por Gonçalves (2008), indicam predominância do transporte convectivo dos íons avaliados através do perfil do solo (Tabela 2). Também, observa-se que o fator de retardamento apresentou valores superiores a unidade, a exceção do íon Mg no efluente bruto, o que conforme Ferreira et al. (2006), indicando baixa mobilidade dos íons e uma elevada interação solo-soluto.

Matos et al. (2013) estudando o deslocamento de íons provenientes da vinhaça em colunas lixiviação também observaram fator de retardamento para o íon Mg^{+} abaixo do valor unitário, indicando não ter havido interação do soluto com a fração coloidal dos solos, sendo justificado pelo fraco poder competidor deste cátion pelos sítios de troca do solo.

Analisando-se o coeficiente dispersivo-difusivo para um mesmo íon, verifica-se que houve incrementos nos valores deste coeficiente com aumento das diluições do efluente, o que possivelmente está relacionado com as concentrações dos íons presentes na água de diluição, uma vez que apresentou teores dissolvidos iguais a 13; 10; 6,5 e 17,5 $mg L^{-1}$ para o Ca, Mg, K e Na, respectivamente.

De acordo com Ferreira et al. (2006) e Matos et al. (2013), para uma mesma velocidade média de escoamento de uma solução, valores mais elevados do coeficiente dispersivo-difusivo correspondem a uma menor declividade da curva de efluente, em virtude da maior mistura na interface entre os fluídos deslocado e deslocador. Assim, verifica-se que, para uma mesma concentração do efluente, a preferência de interação foi $K > Ca > Na > Mg$.

A sequência de preferência observadas seguiu a ordem de reatividade dos íons avaliados, ou seja, quanto mais reativo foi o íon, maior foi sua preferência de troca (ATKINS; JONES, 2012). Ferreira et al. (2006) estudando o transporte de íons presentes na água residuária de café conilon aplicadas em diferentes tipos de solo e, Matos et al. (2013), ao aplicarem água residuária de vinhaça em diferentes tipos de latossolos, verificaram que a preferência de interação foi $K > Ca > Mg >$ para o latossolo.

Esses resultados alertam para interação entre os solutos presentes na água residuária de laticínios com o solo, podendo, em caso de aplicação inadequada, tornar o solo salino com a possibilidade provocar excesso de K nas camadas superiores do solo e de Na nas camadas inferiores, resultando em salinização do lençol freático devido a lixiviação do Na.

A elevada mobilidade do Na e associada a baixa interação deste íon presente na água residuária de laticínios com o latossolo pode tornar a água freática salina dependendo da concentração de Na, como observado por SILVA (2010) utilizando efluentes sanitários. Esse efeito é capaz tornar essa água inadequada para consumo e, caso ingerida, provocar retenção de água no corpo com o aumento do volume hídrico no seu interior, o que acarretará na elevação da pressão arterial. Em consequência do acúmulo de Na no interior do corpo humano, esse mineral provoca alguns problemas de saúde, tais como: câncer, problemas renais, cardíacos e também acidente vascular cerebral (AVC) (WYNESS et al., 2012; WHO, 2013)

3.3 Alterações químicas no solo

3.3.1 Potássio

O K é um dos elementos essenciais às plantas, sendo absorvido pelas raízes na forma iônica de K^+ . Desempenha várias funções na planta e, dentre elas, podem-se citar, a melhor eficiência do uso da água, em consequência do controle da abertura e fechamento dos estômatos, maior translocação de carboidratos produzidos nas folhas para outros órgãos da planta, maior eficiência enzimática, melhoria da qualidade comercial da planta (MALAVOLTA et al., 1997) e aumento da resistência natural das plantas às pragas e doenças fúngicas.

Estes efeitos positivos do K no que se refere à produção, foram observados nos tratamentos que receberam maiores lâminas de efluente. O incremento na produção da matéria seca, principalmente em forrageiras com alto potencial de produção, em decorrência da aplicação de K, foi relatado por vários autores, como CAIELLI et al., (1991) e COSTA (1995).

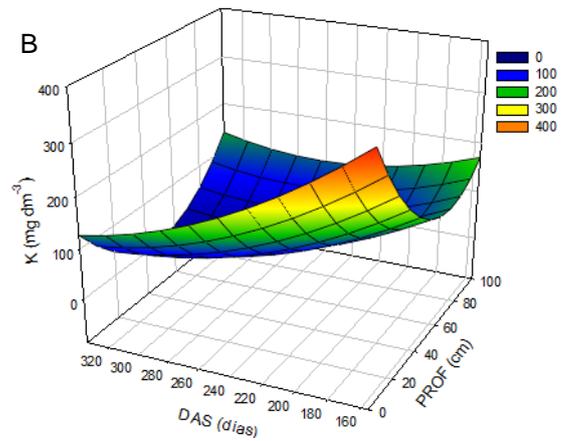
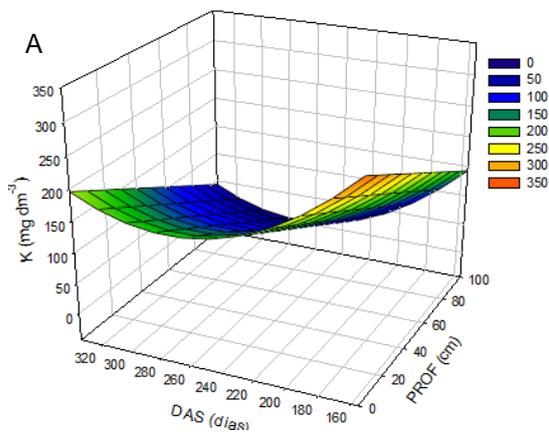
Analisando a variação na concentração de K no perfil do solo em função da profundidade e do tempo (Figura 7), pode-se observar que a concentração de K apresentou relação quadrática com a profundidade, com exceção do T1 que é linear negativa. A relação com o tempo nos tratamentos foi quadrática, à exceção do T3 e T5, cujas relações foram linear positiva. Verifica-se, também, que os incrementos das doses das lâminas aplicadas do efluente resultaram em maiores concentrações de K, sobretudo nas camadas superficiais do solo.

As maiores concentrações de K nas camadas mais superficiais do solo se devem principalmente à sua adsorção direta e com o deslocamento de outros cátions do complexo de troca do solo. Já, o efeito quadrático negativo em relação a profundidade e ao tempo, se dá graças a uma redução de K de acordo com ao aumento da quantidade de raízes do capim com o passar do tempo, que pode ocasionar um maior consumo de K, justamente nas camadas próximas de 0,30m onde existe maior ocorrência raízes. O efeito linear negativo em relação ao tempo no T3 e T5, segundo Costa et al. (1986) pode ser resultado da baixa mobilidade do K em solos argilosos e de textura média, o que dificulta a penetração no solo com o decorrer do tempo e do aumento da saturação.

Ao final do período experimental, na profundidade de 0,10 m, foi observado incremento na concentração de K trocável no solo quando comparado ao solo do tratamento testemunha apenas no T3 (11,48%), e redução de (43,44; 55,49 e 33,38%) no T1, T2 e T4 respectivamente. Assim, observou-se que apesar de uma redução inicial, incrementos nas lâminas do efluente proporcionaram uma reposição de concentrações de K nos solos com o aumento das doses, sendo que a máxima concentração ocorreu na dosagem de 300 kg ha^{-1} .

Silva et al. (2008) e Oliveira (2006), avaliando alterações dos atributos químicos em solos cultivados com gramíneas, decorrente da aplicação de efluente, observaram incrementos na concentração do K nas camadas superficiais, sendo estes valores maiores quando se aplicaram maiores lâminas. Analisando a Figura 7 é possível observar que apesar de uma redução inicial, a concentração de K foi aumentando gradativamente com a dose e se tornando mais expressiva em maiores profundidades quando comparada com a testemunha.

Em relação às classes de interpretação da disponibilidade de K sugerida por CFSEMG (1999), antes do período experimental, nos solos de todas as parcelas experimentais, a disponibilidade de K era muito baixa ($\leq 15 \text{ mg dm}^{-3}$) e, após este período, na profundidade 0,10 m, passaram a apresentar alta disponibilidade, à exceção do T1, que apresentou média disponibilidade.



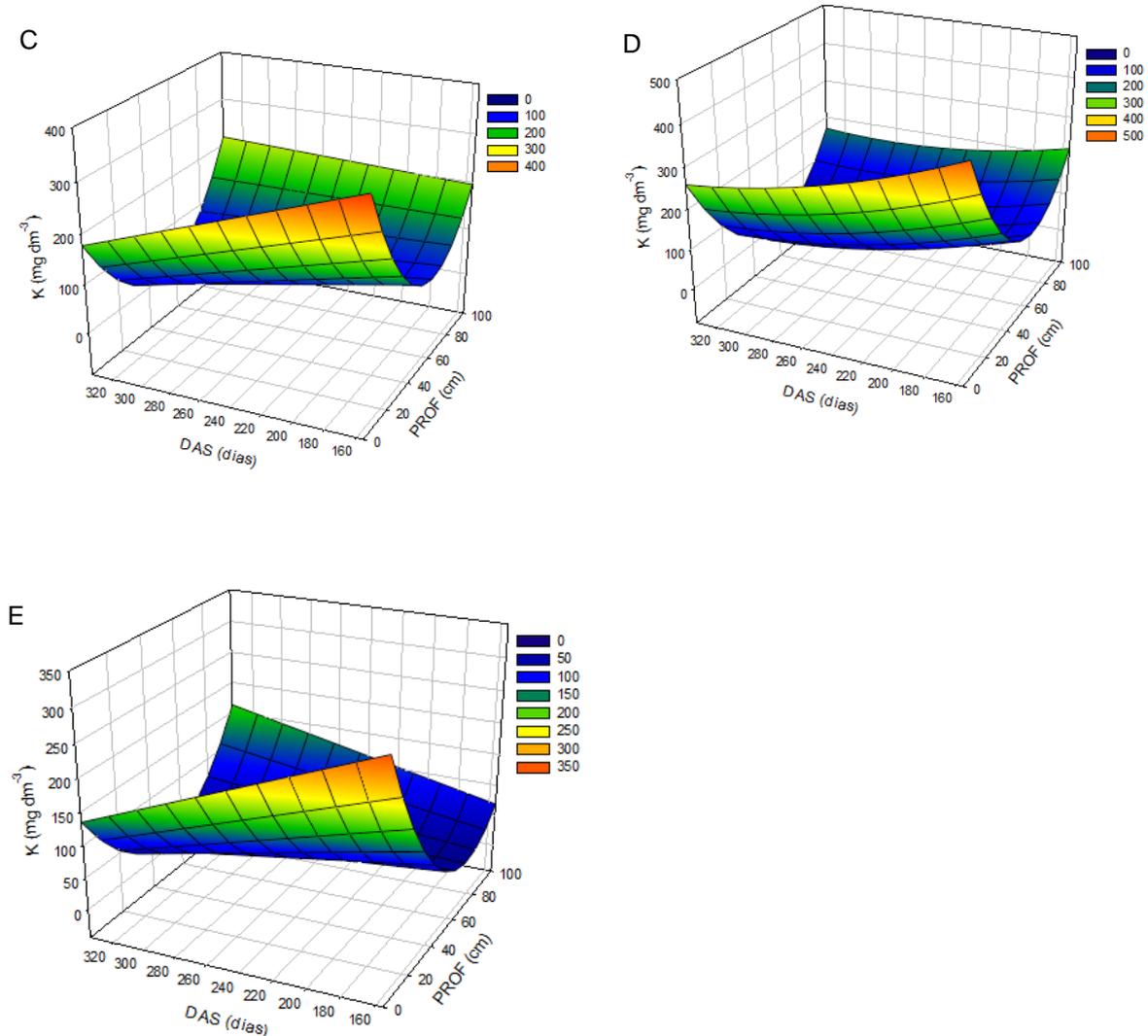


Figura 7. Variação nos valores de potássio total (K), em função da profundidade (PROF) e dias após o semeio (DAS), nos solos submetidos aos tratamentos 1 (A), 2 (B), 3 (C), 4 (D), e 5 (E).

3.3.2 Cálcio e Magnésio

Com os dados obtidos a partir da variação do cálcio não foi possível ajustar um modelo para este nutriente pois não houve interação significativa para doses em relação ao tempo e a profundidade, porém, foram encontradas diferenças significativas entre as doses.

Ao final do período experimental, na profundidade de 0,10 m, em relação aos solos submetidos e ao tratamento testemunha, foram observados acréscimos nas concentrações de cálcio de 30,32% no T1, e redução de 17,13; 24,86 e 0,52% no T2, T3 e T4 respectivamente. Nas concentrações de Mg, ocorreu redução de 22,61% no T1, e acréscimo de 66,77; 1,71; e 9,13%, nos solos submetidos ao T2, T3 e T4, respectivamente.

A partir das variações nas concentrações de Mg trocável no perfil do solo em função da profundidade e do tempo (Figura 8) para os tratamentos avaliados, observa-se que, a concentração de Mg, apresentou relação quadrática com a profundidade e com o tempo.

O efeito quadrático está relacionado com a profundidade onde as raízes alcançam e o aumento da quantidade destas com o tempo, fatores que tornam bem maior a absorção dos nutrientes. Observa-se, ainda, que as camadas mais superficiais do solo apresentaram as maiores concentrações destes nutrientes, sobretudo no início do período experimental com a

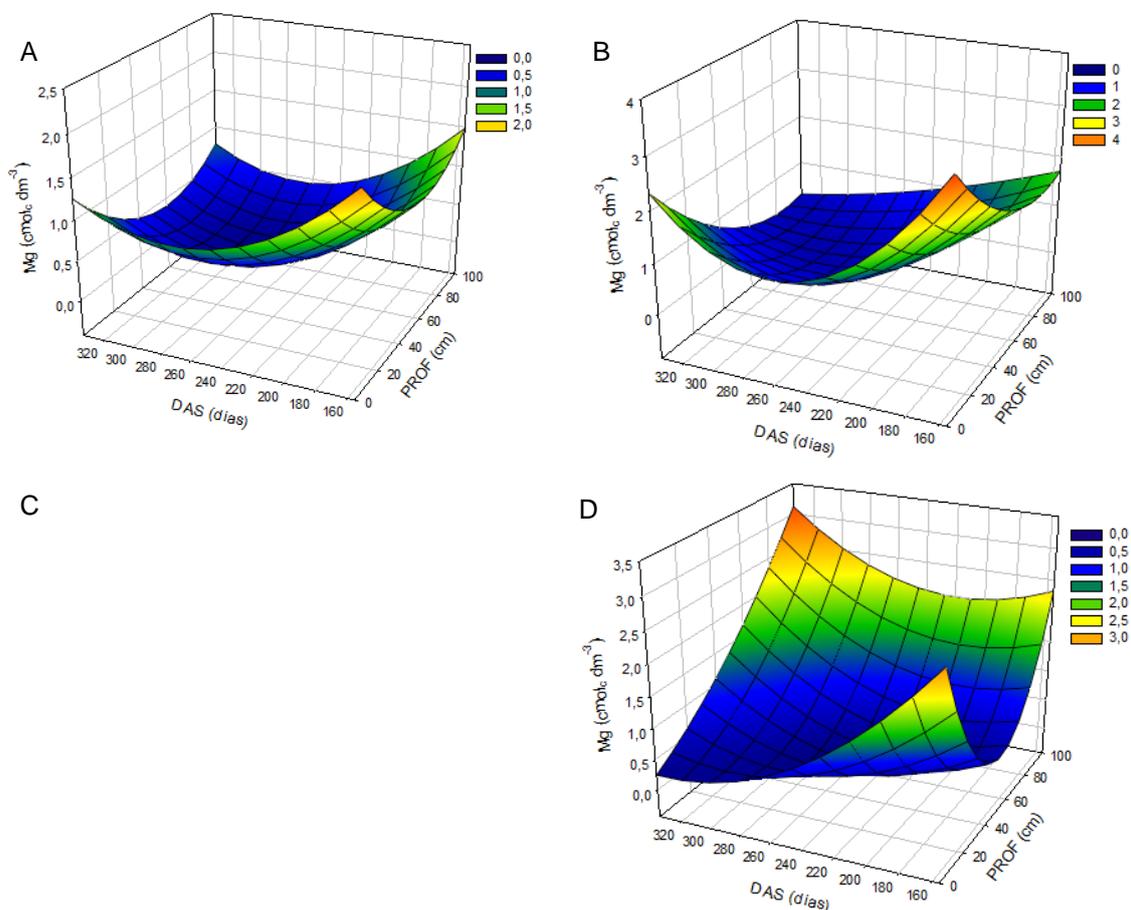
aplicação da dose de 75 kg ha^{-1} no caso do cálcio e 150 kg ha^{-1} para o Mg, possivelmente em virtude do deslocamento desses íons no perfil do solo, além do consumo destes nutrientes pelo capim.

De acordo com Oliveira et al. (2002), os ânions SO_4^{2-} e NO_3^- , provenientes da mineralização dos resíduos orgânicos depositados na superfície do solo, assim como das adubações nitrogenadas e fosfatadas, quando são utilizados, por exemplo, sulfato de amônio e superfosfato simples como fontes de N e P, podem funcionar como pares iônicos, o que possibilita o carreamento de Ca^{2+} e Mg^{2+} para camadas mais profundas do solo.

Oliveira (2002), aplicando águas residuárias em solos cultivados com forrageiras e, Chateaubriand (1988), aplicando em solo cultivado com milho, observaram incrementos destes nutrientes nas camadas mais superficiais do solo com aumento da lâmina aplicada.

Apesar de um maior consumo nas camadas superiores e as lixiviações de Ca e Mg para camadas inferiores, de acordo com CFSEMG (1999), não houve mudança nas classes de interpretação, no que se refere à disponibilidade destes nutrientes, quando se compara as condições iniciais e finais, na profundidade de 0,10 m, mantendo-se a classificação do solo como de média disponibilidade para ambos os nutrientes.

A maior movimentação descendente de Mg no solo, em comparação à de cálcio, pode ser explicada, segundo Raj (1991), pela energia de ligação existente entre as bases trocáveis e os colóides do solo, que segue a seguinte ordem $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$. Nos trabalhos de Caires et al. (1999) e Caires et al. (2003), a lixiviação de Mg ao longo do perfil do solo, de maneira geral, foi mais expressiva do que a do cálcio, evidenciando que o cátion bivalente Mg^{2+} movimentou-se, preferencialmente, de acordo com a teoria da série liotrópica. Além disso, há de se considerar o fator de atividade, ou seja, o efeito da concentração do cátion no meio. Em águas residuárias de laticínio as concentrações de Ca^{2+} são várias vezes maiores que a de Mg^{2+} .



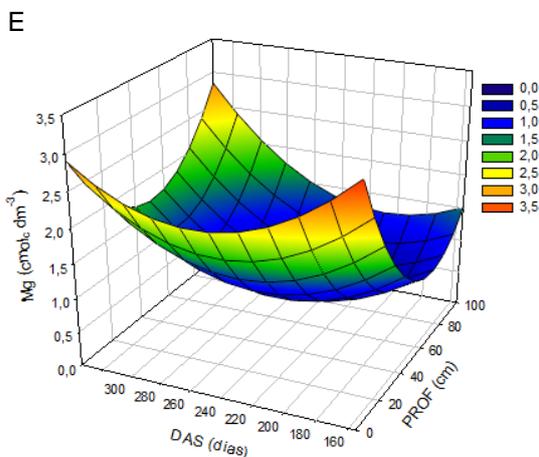
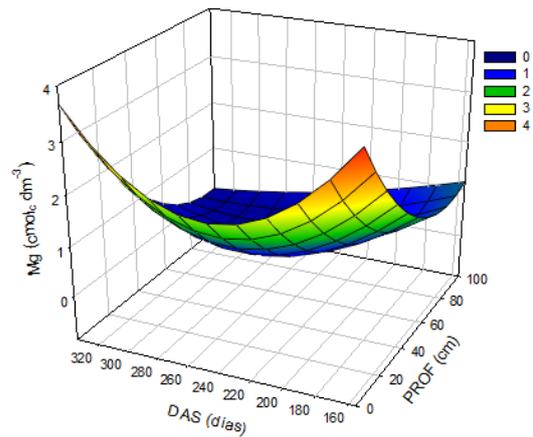


Figura 8. Variação nos valores de Magnésio total (Mg), em função da profundidade (PROF) e dias após a semeadura (DAS), nos solos submetidos aos tratamentos 1 (A), 2 (B), 3 (C), 4 (D), e 5 (E).

3.3.3 Acidez ativa (pH)

A acidez do solo geralmente é um índice de extrema importância, pois possibilita a determinação da disponibilidade dos nutrientes contidos no solo ou a ele adicionados, além da assimilação dos nutrientes pelas plantas. A grande maioria dos nutrientes como o K, Ca, Mg, N, S, B e P estão menos disponíveis em valores baixos de pH, enquanto outros como Fe, Cu, Mn e Zn apresentam comportamento inverso (LOPES, 1998).

Com a análise da variação do pH do solo com profundidade e o tempo, para os solos submetidos aos diferentes tratamentos avaliados (Figura 9), pode-se observar que o pH apresentou relação quadrática com a profundidade, à exceção do T1, o qual apresentou relação linear positiva. Quando analisada com o tempo, a relação foi linear positiva com o T3 e T5, e no T1, T2 e T4 apresentou relação quadrática. Verifica-se, ainda, que em relação às condições iniciais do solo, na profundidade de 0,10 m, ao final do período experimental, os solos de todas as parcelas experimentais não apresentaram aumento significativo nos valores do pH.

O comportamento quadrático do pH com o perfil do solo, observado nos solos submetidos ao T2, T3, T4 e T5, podem estar relacionados com maiores concentrações de alumínio e acidez potencial obtidas nas camadas intermediárias dos solos, sendo maiores os valores quando submetido ao T2.

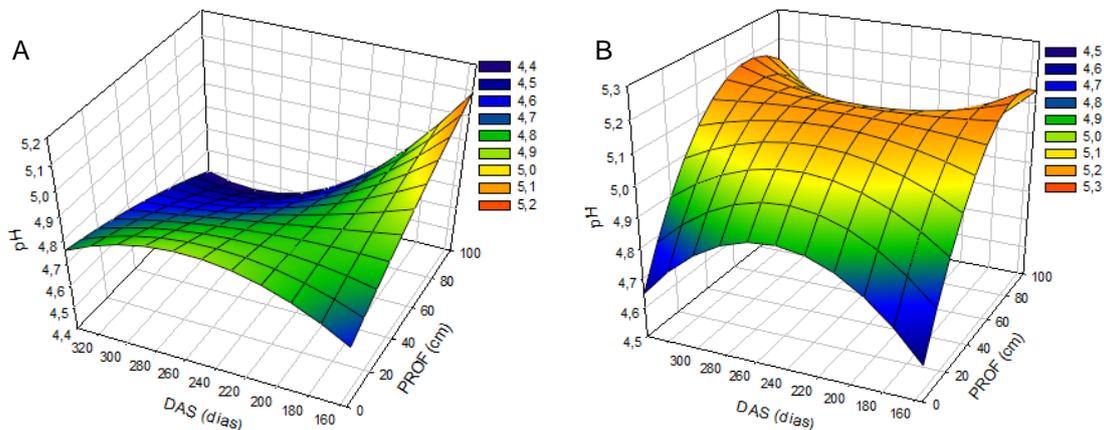
Avaliando os dados foi possível observar baixa interação da aplicação e o pH, apesar de existirem relatos de outros estudos em que ocorreram aumento do pH em razão da aplicação de

adubos orgânicos (Silva et al., 2008; Pimentel et al., 2009), sendo que essa variação de pH seria proporcionada pela adsorção de íons H^+ por ânions dos compostos orgânicos (Mantovani et al., 2005).

Ao final do período experimental, na profundidade de 0,10 m, foram observados incrementos nos valores de pH de 0,01 e 0,03%, nos solos submetidos ao T3 e T4, respectivamente, e diminuição do valor de pH de 0,004 e 0,009%, nos solos submetidos ao T1 e T4, em relação à testemunha (T5). Sendo assim, as taxas de aplicação do efluente no decorrer do tempo não tiveram interferência significativa de pH no perfil de 0,10 m do solo.

Segundo Matos (2007), a incorporação de matéria orgânica no solo, dependendo da etapa de degradação que se encontra, pode contribuir para elevação ou redução nos valores de pH. Segundo o autor, na fase inicial de degradação da matéria orgânica, por ser ácida, contribui para abaixamento de pH, enquanto na decomposição sob condições aeróbias, são disponibilizados cátions de reação alcalina no meio, concorrendo para elevar o pH, pelo menos temporariamente.

Os valores extremos do pH variaram entre 4,29 a 5,68, apesar de o pH ideal para absorção de nutrientes pelas culturas é entre 5,5 e 6,5 para o pH com leitura em água, algumas forrageiras apresentam tolerância a pH mais baixo, porém podem não ter um bom desenvolvimento devido ao problema da disponibilidade de nutrientes. Mesmo o pH não permanecendo na faixa aceitável para crescimento da maioria das forrageiras e dentre os valores médios dos solos do Cerrado. Segundo Malavolta (1985) e Matos (2004), o valor mínimo observado não afetou, sensivelmente, a disponibilidade de nutrientes no solo às plantas.



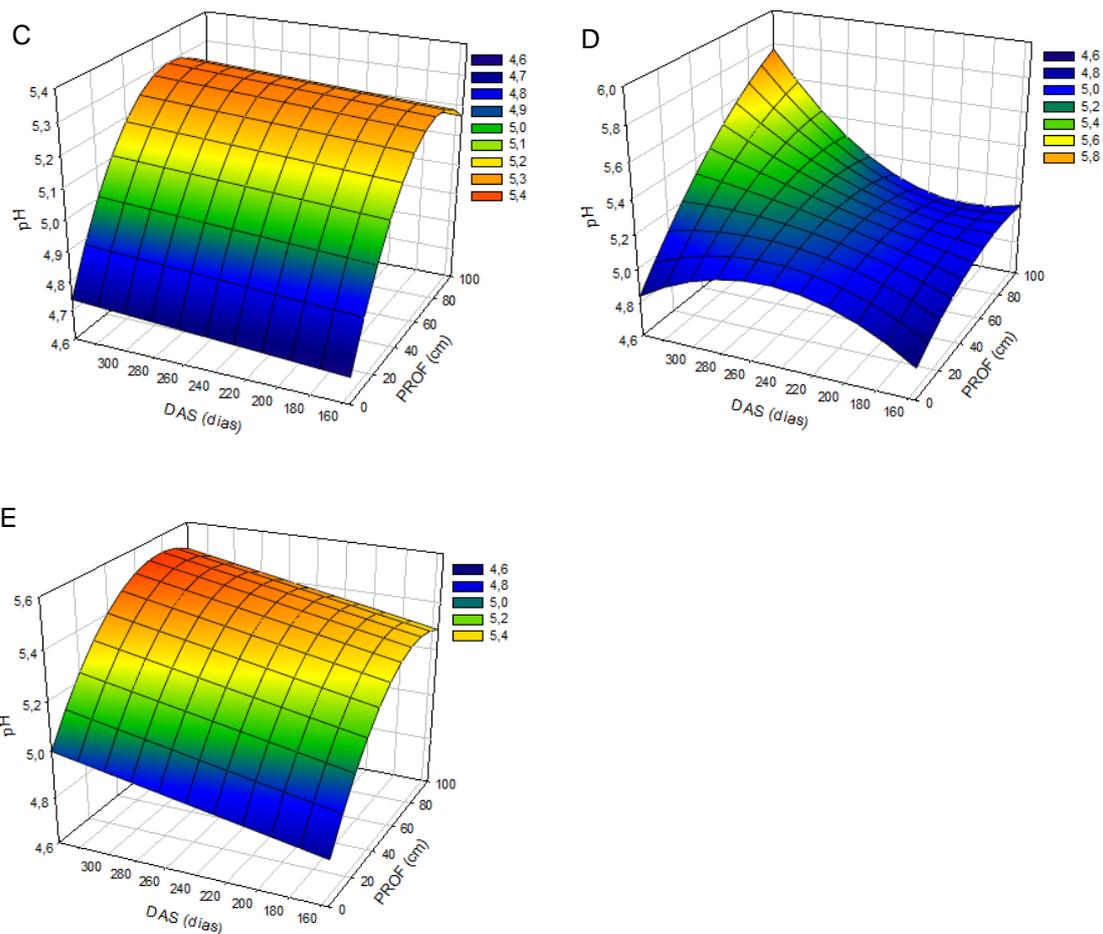


Figura 9. Variação nos valores do potencial hidrogeniônico (pH), em função da profundidade (PROF) e dias após o semeio (DAS), nos solos submetidos aos tratamentos 1 (A), 2 (B), 3 (C), 4 (D), e 5 (E).

3.3.4. CTC efetiva (t)

A capacidade de troca catiônica (CTC) é uma das propriedades físico-químicas mais importantes dos solos, pois é responsável pela retenção dos cátions nutrientes das plantas, tais como o Ca, Mg e o K, os quais ficam adsorvidos nos sítios de carga negativa dos colóides minerais e orgânicos dos solos (LOPES, 1998).

Pode-se observar pela Figura 10, que a CTC efetiva apresentou relação quadrática com a profundidade e com o tempo. Os menores valores de CTC efetiva foram obtidos nas camadas profundas do solo, o que pode estar relacionado à maior absorção de Ca e Mg pelo capim e a um menor deslocamento no complexo de troca por outros cátions. O comportamento quadrático no tempo, a efeito do que ocorreu com as bases, pode estar relacionado com a aplicação diária de lâminas de efluente e sua supressão após o DAS 185.

Ao final do período experimental, na profundidade de 0,10 m, nos solos submetidos ao T2, T3 e T4 foi verificada redução no valor da CTC efetiva em relação às condições iniciais. Desta forma, verifica-se que a aplicação de efluente de laticínio resultou em incrementos na CTC efetiva apenas no T1. Em relação à testemunha, verificaram-se incremento de 6% no solo submetidos ao T1, e redução de 3,4; 13,08 e 8,01% no T2, T3 e T4, respectivamente.

Em relação às classes de interpretação da CTC efetiva, sugerida por CFSEMG (1999), ao final do período experimental, na profundidade de 0,10 m, os solos dos tratamentos que receberam água residuária mantiveram média CTC efetiva.

Segundo Scherer e Baldissera (1994), para que ocorresse efeito significativo na CTC, em decorrência à aplicação de águas residuárias, seria necessário aplicação de lâminas elevadas, de modo a aumentar o conteúdo de material orgânico de difícil degradação (ácidos fúlvicos, húmicos e humina), o que não é o caso de águas residuárias submetidas ao tratamento prévio. Dessa forma, não seria esperado que, pelo menos em curto prazo, ocorressem aumentos significativos nos valores de CTC do solo pela aplicação de águas residuárias (MATOS, 2007).

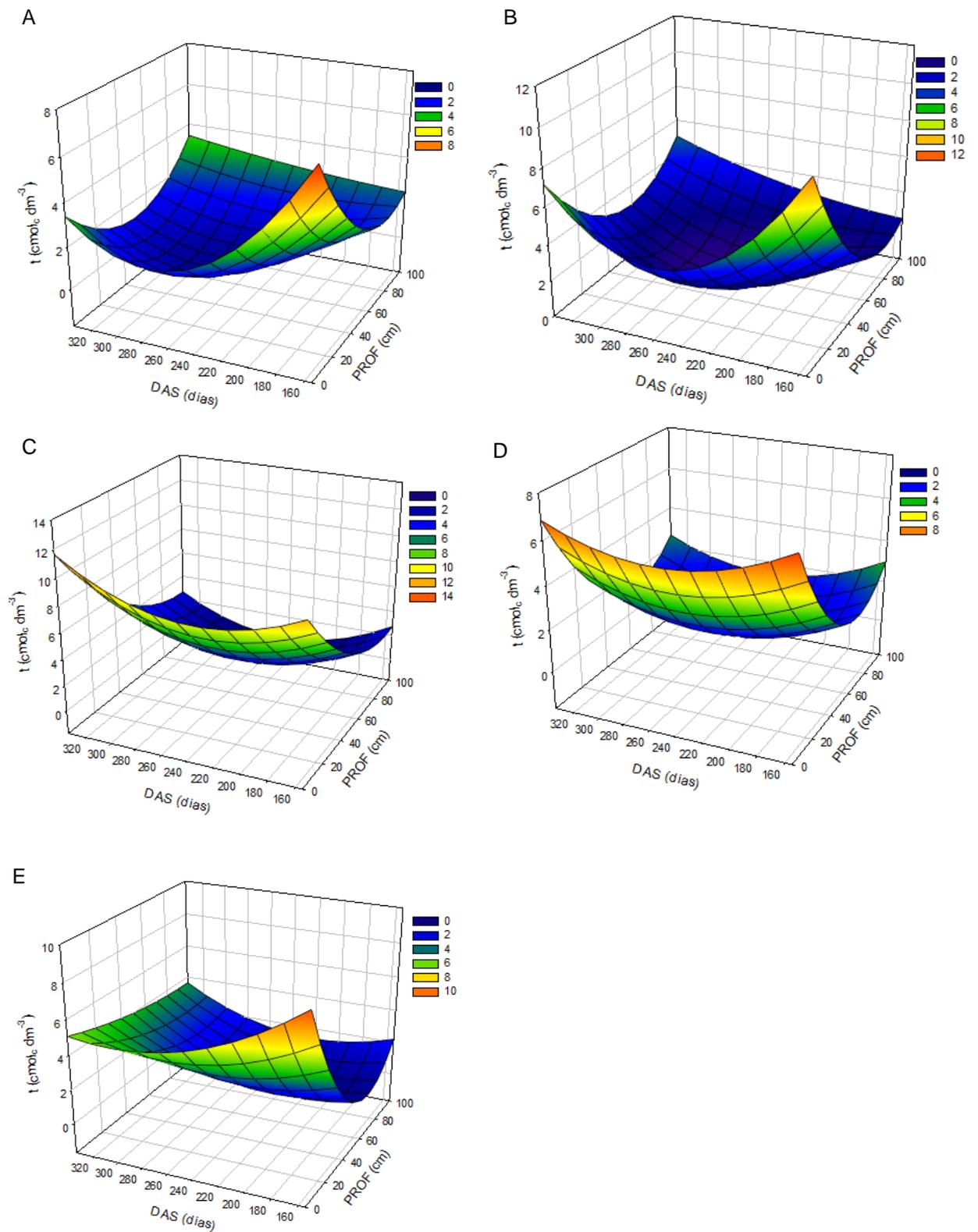


Figura 10. Variação nos valores de capacidade de troca catiônica efetiva (E), em função da profundidade (PROF) e dias após o semeio (DAS), nos solos submetidos aos tratamentos 1 (A), 2 (B), 3 (C), 4 (D), e 5 (E).

3.3.5. Índice de Saturação por sódio (ISNa)

Salinidade, na forma de Na, pode afetar diretamente as propriedades do solo, por meio de fenômenos conhecidos por floculação e dispersão, podendo concorrer para significativa diminuição na condutividade hidráulica do solo (TOZE, 2006). Na Figura 11 está apresentada a variação do índice de saturação por sódio (ISNa) em função da profundidade do solo e do tempo, nos solos submetidos aos diferentes tratamentos.

Pode-se observar, na Figura 11, que no solo de todos os tratamentos, o ISNa apresentou relação quadrática com a profundidade e com o tempo. Possivelmente, as aplicações das diferentes doses do efluente de laticínio e de água de irrigação, além da maior densidade de raízes foram responsáveis pela maior concentração do ISNa nas camadas superficiais. O efeito quadrático em relação a profundidade pode ter sido decorrente do aporte de sais pela fertirrigação do efluente de laticínio, sendo incorporado pela cultura nas camadas medianas e percolado após esses perfis pela água das chuvas para as camadas mais profundas. Em relação ao efeito quadrático do tempo pode ter sido decorrente da lixiviação resultante da água das chuvas, que corresponde ao DAS 245 que coincide com o período chuvoso, segundo Rodrigues et al., (2007), devido a fatores climáticos, a condições edáficas e aos métodos de irrigação, os sais dissolvidos na água podem se acumular no perfil do solo ou se deslocar pela solução pelos perfis, o que pode explicar o comportamento encontrado.

Observa-se, ainda, que o maior valor de ISNa foi obtido nos solos testemunha (0,20m da superfície, aos 171 DAS), contrariando a pressuposição de que a fertirrigação com água de laticínios contribuiria significativamente para elevação da salinidade. Todavia, conforme Pizarro Cabello (1990), valores de ISNa inferiores a 7%, em geral, não causam problemas de dispersão de argilas, o que pôde ser confirmado pelas análises de dispersão de argilas, cujo valor máximo obtido foi 1,44% em solos submetidos ao T1, que por sua vez não apresentaram problemas na infiltração de água no solo.

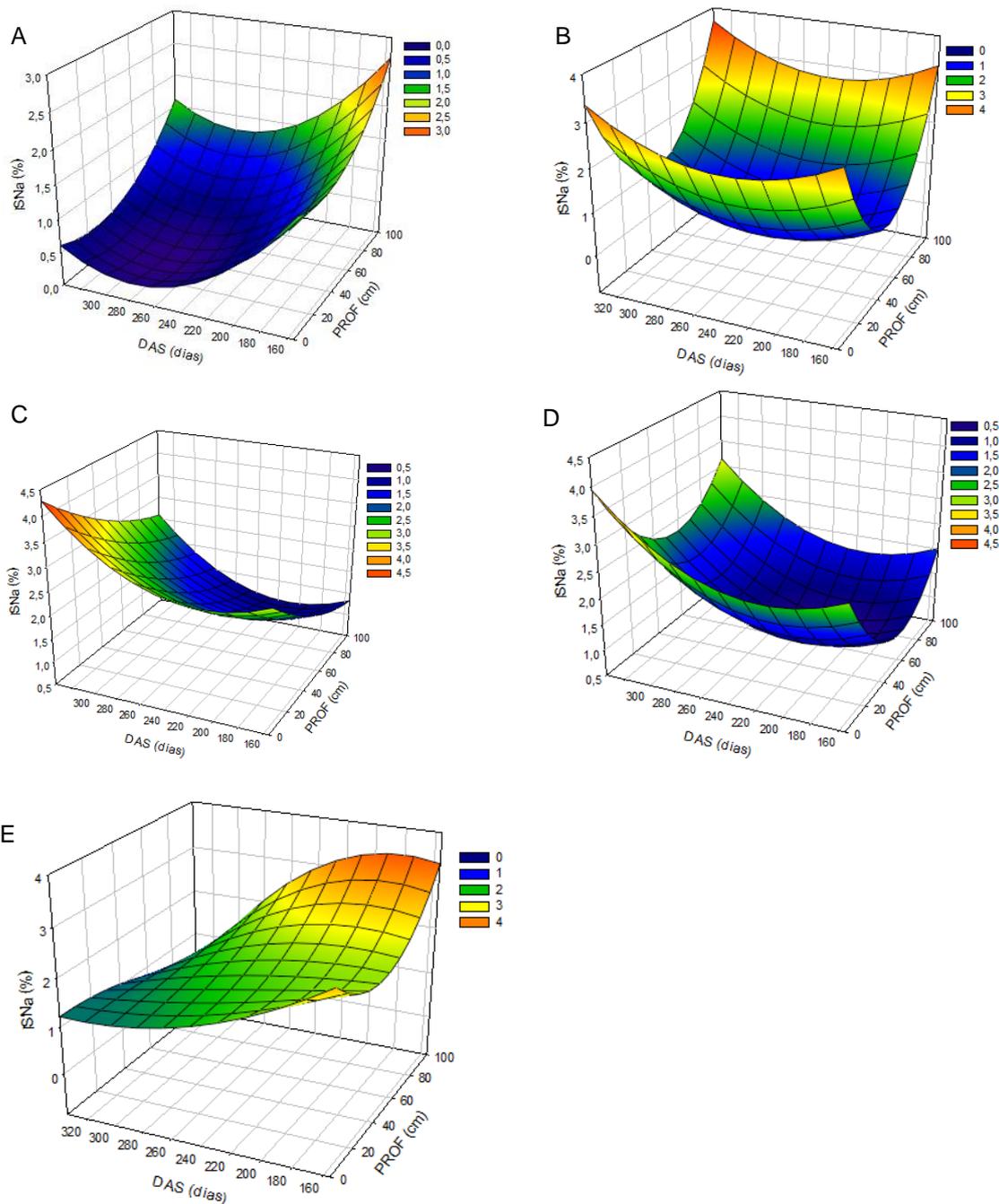


Figura 11. Variação nos valores de índice de saturação por sódio (ISNa), em função da profundidade (PROF) e dias após o semeio (DAS), nos solos submetidos aos tratamentos 1 (A), 2 (B), 3 (C), 4 (D), e 5 (E).

3.3.6 Fósforo

O P é fundamental no metabolismo das plantas, desempenhando papel importante na transferência de energia da célula, na respiração e na fotossíntese (LOPES, 1998). É também componente estrutural dos ácidos nucleicos de genes e cromossomos, assim como de muitas coenzimas, fosfoproteínas e fosfolípidos. As limitações na disponibilidade de P no início do ciclo vegetativo podem resultar em restrições no desenvolvimento, das quais a planta não se recupera posteriormente, mesmo aumentando o suprimento de P até alcançar níveis adequados (GRANT et al., 2001).

Na Figura 12 está apresentada a variação do P disponível com o tempo e a profundidade, nos solos submetidos aos diferentes tratamentos. Pode-se verificar que a concentração de P apresentou relação linear negativa com o tempo, a exceção do T2 e T3 cuja relação foi quadrática, e todos tratamentos tiveram relação quadrática com a profundidade. Observa-se, ainda, que em comparação com as condições iniciais, houve acréscimo na concentração de P disponível, sobretudo nas camadas superficiais e com a dose de 75 kg ha^{-1} .

Segundo Scaloppi e Baptistella (1986) e Ceretta et al. (2005), menores concentrações de P disponível nas camadas inferiores devem-se à baixa mobilidade deste nutriente no solo, sendo, provavelmente, este adsorvido pelas partículas do solo, absorvido pelas plantas e o restante precipitado. Para Tomé Júnior (1997), o teor de P disponível tende, normalmente, a diminuir com a profundidade, acompanhando o teor de matéria orgânica do solo.

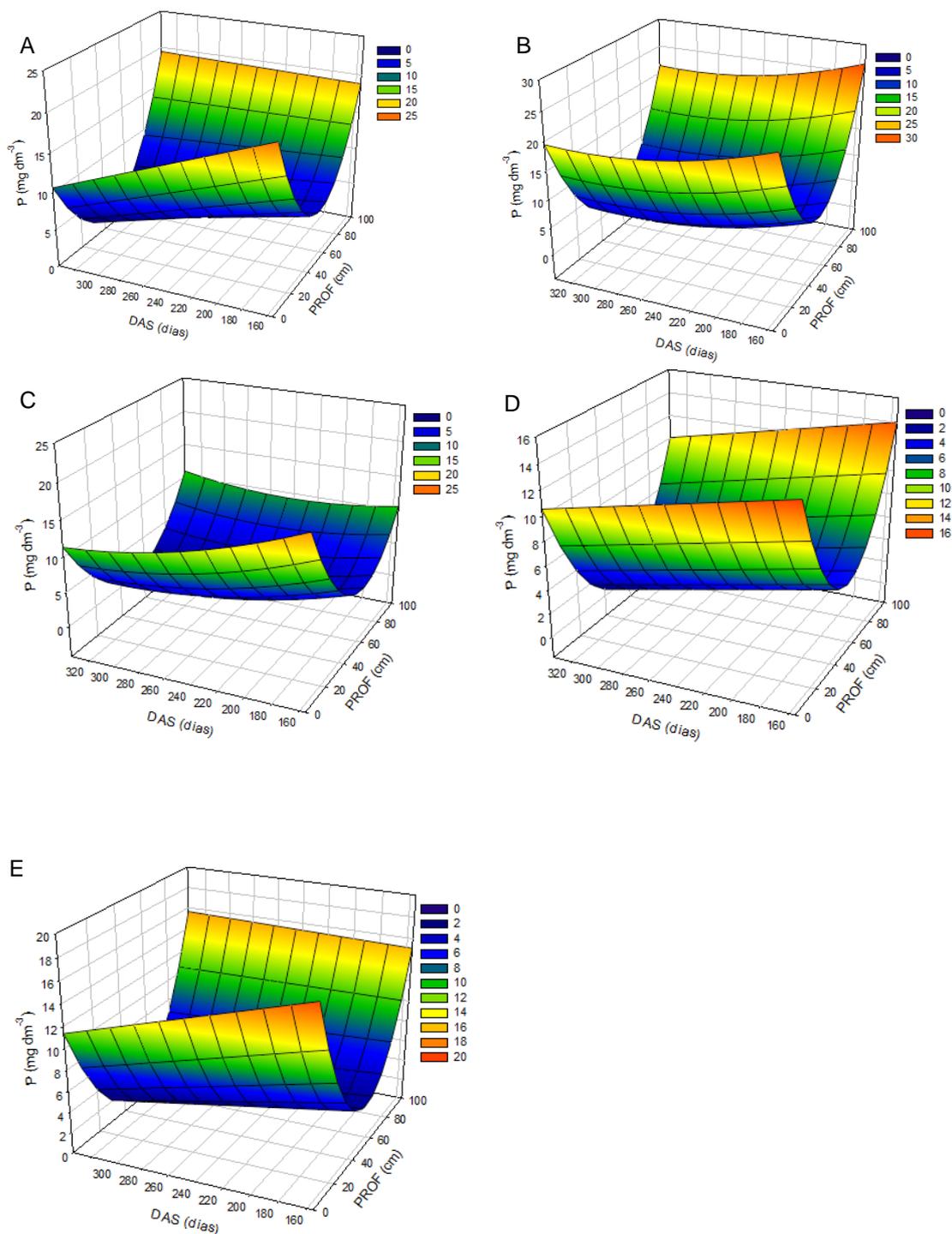


Figura 12. Variação nos valores de fósforo total (P), em função da profundidade (PROF) e dias após o semeio (DAS), nos solos submetidos aos tratamentos 1 (A), 2 (B), 3 (C), 4 (D), e 5 (E).

A aplicação de lâminas do efluente foi responsável pelo aumento da quantidade de P no solo quando comparada com a quantidade inicial encontrada na testemunha. O efeito linear negativo em relação ao tempo, provavelmente, se dá pelo fato de a cultura absorver mais P do solo conforme se desenvolve, sendo que o aumento da densidade radicular é um importante mecanismo de absorção de P de acordo com Grant et al. (2001). O efeito quadrático com a profundidade se dá em razão da raiz da cultura não alcançar as camadas mais profundas do solo,

visto que segundo Alencar et. al. (2010), a média da profundidade efetiva da raiz do capim Mombaça de pastejo é de 37,92 cm.

Chateaubriand (1988), estudando os efeitos da aplicação de diferentes lâminas de águas residuárias em solo cultivado com milho e, King et al. (1985), Motavalli e Miles (2002), Ceretta et al. (2003), Queiroz et al. (2004), Oliveira (2006) e Berwanger (2006), em solos cultivados com forrageiras, também observaram acréscimos na concentração de P disponível nas camadas superficiais, obtendo maiores valores, quando se aplicaram as maiores lâminas, e também se deve à mobilidade do P ser muito baixa, onde ele se move cerca de 2 cm ao ano.

Ao final do período experimental, na profundidade de 0,10 m, foram observadas reduções nas concentrações de P disponível em relação à testemunha, com exceção do T2, tendo sido obtidas reduções de 21,98; 31,38 e 33,97% nos solos submetidos ao T1, T3 e T4, respectivamente, e acréscimo de 3,23% nos solos submetidos ao T2. Assim, observou-se que maiores concentrações do efluente proporcionaram incrementos na absorção do P pela cultura.

3.3.7 Matéria orgânica

O teor de matéria orgânica possui grande importância, pois apresenta apreciável influência sobre as propriedades físicas do solo, tais como modificações na estrutura do solo, aumento na capacidade de retenção de água, redução da plasticidade, coesão e uniformização da temperatura (KIEHL, 1985; MATOS, 1997).

Estudos realizados por Felton (1992) mostraram que a incorporação de matéria orgânica no perfil do solo, resultou em aumento na condutividade hidráulica, da capacidade de retenção de água, da porosidade e redução na densidade do solo. Para Kiehl (1985), os efeitos proporcionados pela matéria orgânica nas propriedades físicas, por si só, já justificariam a aplicação de efluentes com alto teor de matéria orgânica no solo.

Todavia, conforme análises dos dados obtidos neste trabalho, as diferenças no conteúdo de matéria orgânica dos solos submetidos aos diferentes tratamentos não foram elevadas como esperado, tampouco nos parâmetros físicos. Ao final do período experimental, na profundidade 0,10 m, foi constatada redução de (10,13; 1,14 e 4,64%) no T1, T2 e T3 respectivamente, e aumento de 6,23% no T4 (Tabela 4). Segundo Matos (2007), as principais alterações decorrentes da aplicação de águas residuárias, em geral, costumam ser químicas, o que pode, inclusive, vir a proporcionar alterações físicas no solo.

Segundo Reddy et al. (1979), o efeito de águas residuárias no acréscimo de matéria orgânica do solo é pequeno, pois além de ser relativamente baixo este conteúdo, os componentes orgânicos são de fácil mineralização e podem desaparecer em questão de dias ou semanas. Para Scherer e Baldissera (1994), seria necessária a aplicação de doses elevadas de material orgânico de difícil degradação para que conteúdo de matéria orgânica no solo aumente, o que não acontece com a maioria das águas residuárias, como, por exemplo, dos laticínios, como demonstrado na Tabela 4 dos valores médios da matéria orgânica em cada tratamento analisado

Tabela 4. valores médios da concentração de matéria orgânica nos solos submetidos aos diferentes tratamentos.

Tratamento	Valores Médios
1	$\hat{m}_o = \bar{m}_o = 23,5270$
2	$\hat{m}_o = \bar{m}_o = 23,7228$
3	$\hat{m}_o = \bar{m}_o = 23,5799$
4	$\hat{m}_o = \bar{m}_o = 23,5523$
5	$\hat{m}_o = \bar{m}_o = 24,7932$

3.3.8 Argila Dispersa

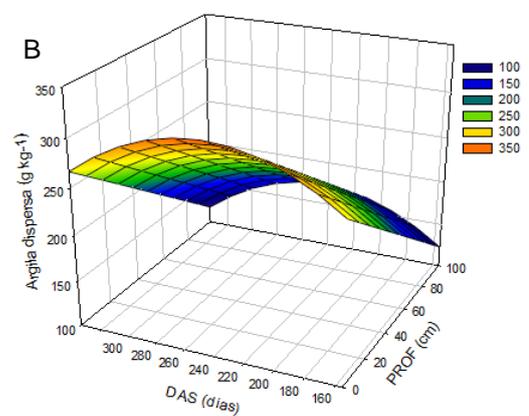
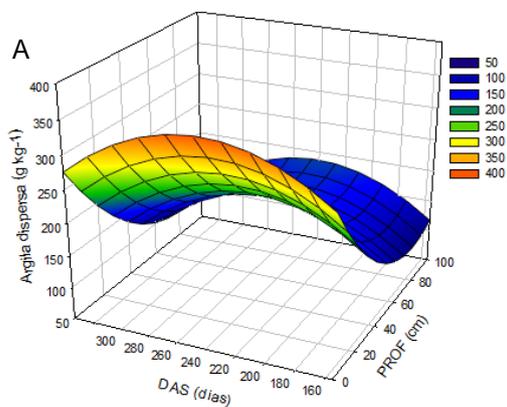
A fração argila é parte fundamental da composição do solo, sendo que a variação de sua taxa pode causar alterações em diversas características importantes para o desenvolvimento das culturas. Efluentes de laticínios tem grandes quantidades de Na, e para Veloso (1991), a alta concentração de Na⁺ no solo e o tipo de água aplicada podem trazer eventuais deteriorações na sua estrutura, ocasionando a alteração do sistema de poros e contribuindo para alterações na infiltração e condutividade hidráulica desse meio poroso, assim acaba tornando o estudo da dispersão de argila importante para casos de fertirrigação. Segundo Nildo et. al., (2010), o efeito dos sais sobre a estrutura do solo ocorre, basicamente, pela interação eletroquímica existente entre os cátions e a argila. A dispersão da argila ocorre com a desagregação e a desfloculação causada por essa interação, o que ocasiona à percolação da argila no perfil do solo.

Observando a variação dos valores de argila dispersa com a profundidade do solo e o tempo (Figura 14), é possível concluir que nos solos de todos os 5 tratamentos ocorreu relação quadrática com o tempo. Já em relação a profundidade, no T1 e T3 ocorreu relação quadrática positiva, no T4 e T5 relação quadrática negativa, e no T2 relação linear negativa.

O efeito quadrático com o tempo pode se dar graças ao processo de lixiviação e percolação que ocorre no solo, onde o Na infiltra para camadas mais profundas provocando a dispersão de argila, esse efeito ocorre devido ao tamanho do íon Na⁺ que separa as frações, sendo que a argila tem um tamanho muito pequeno e percola dissolvida na água. Ao descer no perfil, a argila se aloca em camadas inferiores que pode provocar o “entupimento” dos microporos e conseqüentemente criar uma camada de impedimento no perfil (adensamento do solo). O pico de dispersão de argila observado no efeito quadrático na Figura 14, pode ocorrer por causa do ponto máximo de percolação, efeito constatado por Messias et. al., (2006) onde após certo período de tempo ocorre retardo na percolação de Na, período o qual é variável de acordo com o tipo de solo.

Em relação ao efeito com a profundidade, o resultado encontrado no T1 e T3, pode se associar a profundidade onde acontece maior concentração das raízes, e conseqüentemente uma maior absorção de nutrientes, incluindo o Na, principal causador do efeito de dispersão de argila. No T4 e T5, o efeito quadrático negativo é justificado por Santos et. al., (2010) que constatou o fato dos valores de argila dispersa serem maiores na profundidade de 0,20 - 0,40m nos Latossolos, resultado provável pelo efeito agregante da matéria orgânica na camada superficial, o que favorece a estabilidade dos agregados, já a diminuição dos teores de argila dispersa nas camadas mais profundas ocorre devido a maior contribuição dos óxidos de ferro nas profundidades do solo mais intemperizados. No T2, o efeito linear negativo pode ser justificado pela incorporação do Na na camada mais superficial do solo e ocorrendo uma menor taxa de infiltração, ocasionando uma maior taxa de dispersão de argila na camada mais superficial e diminuindo gradativamente nos perfis.

Ao final do período experimental, na profundidade 0,10 m, foi observado em relação a dispersão de argila, acréscimo de 4,9; 25,12; e 9,34% no T1, T3 e T4 respectivamente, e diminuição de 4,7% no T2. Valores os quais contrariam a perspectiva que o Na de altas taxas de efluente de laticínio não seria absorvido pelas plantas e conseqüentemente ocasionariam aumento significativo na dispersão de argila, conforme estudo de Larcher (2006).



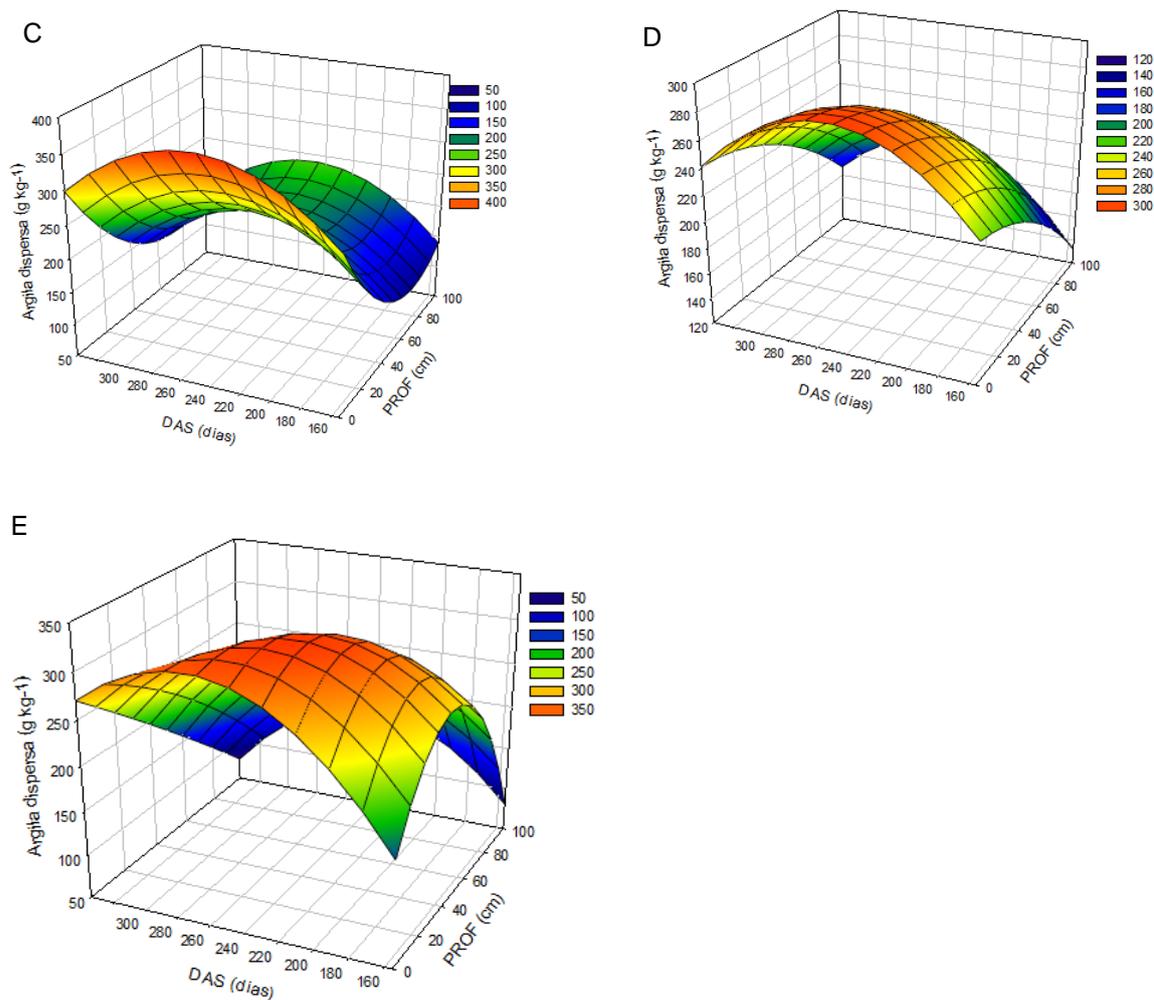


Figura 14. Variação nos valores de argila dispersa, em função da profundidade (PROF) e dias após o semeio (DAS), nos solos submetidos aos tratamentos 1 (A), 2 (B), 3 (C), 4 (D) e 5 (E).

3.4 Alterações químicas no capim-mombaça

3.4.1 Cálcio, Magnésio e Sódio

É possível constatar que os teores de Ca e Mg, no quinto corte do capim, ficaram dentro da faixa considerada por Malavolta et al. (1997) para o gênero panicum, que variam de 1,9 kg/kg a 3,0 kg/kg respectivamente.

Os macronutrientes Ca e Mg apesar do aumento de quantidade em relação à testemunha, apresentaram decréscimo linear em suas concentrações em função da idade da forrageira (DAS), comportamento similar já constatado por Orellana e Haag (1982). Segundo Cecato et al (2002), tal comportamento também é comum de acordo com o crescimento de altura da cultura. Apesar do decréscimo com o tempo, ao final do período experimental em todas as

parcelas com a dose máxima de efluente as concentrações de Ca e Mg se mantiveram dentro da faixa de 1,22 g/kg e 3,26 g/kg respectivamente. Sendo assim a concentração destes macronutrientes nas folhas analisadas nas sucessivas amostragens do capim-mombaça, varia dentro de faixas de concentração consideradas adequadas aos macronutrientes.

Em relação a presença de Na nas amostras foliares do capim-mombaça, foi possível observar um acréscimo na faixa de 70 ~ 80% em relação a testemunha, apresentando o valor final de Na na concentração máxima do efluente de apenas 0,072 g/kg. Apesar do acréscimo, os valores de Na no capim-mombaça não são suficientes para impactar a cultura, a qual pode apresentar excelente desenvolvimento. De acordo com Hunphreys (1981) as plantas possuem mecanismos de tolerância à excessos de sais como: a exclusão de íons Na, ajuste osmótico e excreção de sais pelas folhas quando em altas variações de Na, K e Cl. Shimizu (2000), afirma que o conteúdo de Na em forrageiras é baixo devido a capacidade dessas plantas de excluir o Na, Chy & Phyllips (1995) afirmam também que adubações com fertilizantes sódicos podem aumentar a composição mineral. Sendo assim, apesar da concentração de Na mais elevada em relação a testemunha, o capim-mombaça pode não ter seu desenvolvimento prejudicado, isso pode ter ocorrido devido à capacidade das plantas em substituir parte do K pelo Na, ou ainda, pela capacidade do capim em modificar o equilíbrio iônico e a composição mineral das plantas.

3.4.2 Potássio

O K é um macronutriente que não possui função estrutural na planta, ele contribui à regulação osmótica, além de atuar no processo de absorção iônica, sendo a principal função bioquímica a ativação enzimática (FAQUIN, 2005). Quando sua presença é insuficiente, é possível observar primeiramente o efeito nas folhas mais velhas, onde ocorre clorose seguida de necrose nas pontas e margens das folhas, sendo que nas regiões lesadas há acúmulo de putrescina (NAIFF, 2011). O K é o segundo nutriente mais exigido pelas culturas, onde o mesmo não se encontra nos solos em teores tão limitantes quanto o de P.

Embora o K seja essencial em quase todos os processos necessários ao crescimento e reprodução das plantas, além de proporcionar maior resistência ao ataque de pragas e doenças, estiagens, excesso de água, elevações ou reduções de temperaturas ambientes (NOVAIS et al, 2007; GOMES et al, 2015), quando em excesso, pode interferir no crescimento das plantas em virtude do efeito osmótico e da toxicidade de íons específicos presentes na solução (FREIRE et al., 2003; ANDRIOLO et al., 2010), bem como limitar a absorção de cálcio, enxofre, fósforo e Na, inibir a absorção de Mg e causar deficiência de zinco (MALAVOLTA et al., 1997).

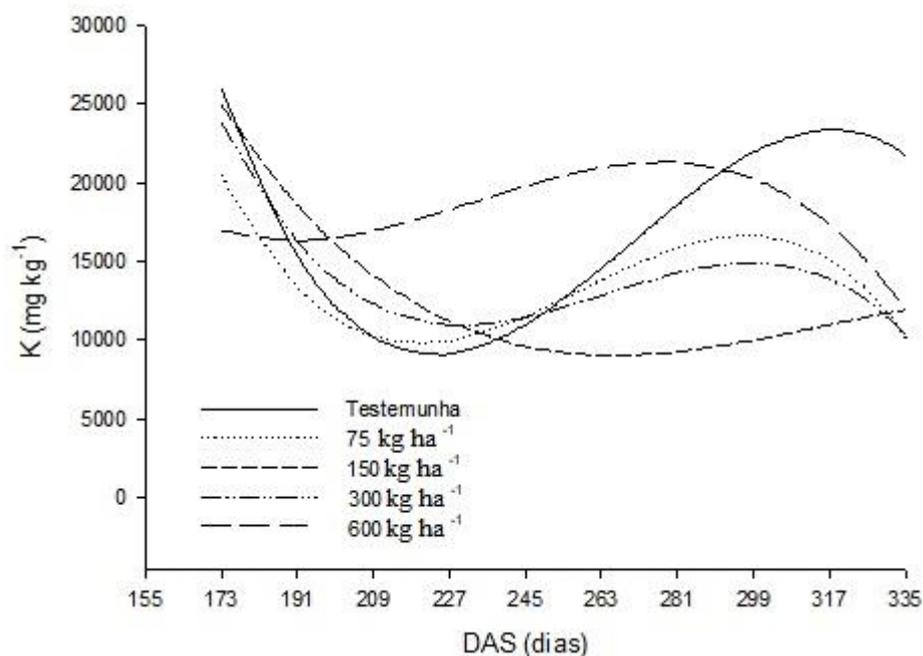


Figura 15. Concentração de K presente nas folhas do capim-mombaça em relação às doses de efluente e seu efeito com o tempo

Observa-se que as concentrações de K com as aplicações de efluente apresentaram o mesmo comportamento da testemunha, existindo uma baixa acentuada ao final do experimento no DAS 335.

A presença de menores taxas de K no capim-mombaça observadas ao final do experimento podem ser consequência do aumento da salinidade no solo, resultado esse das altas taxas de NaCl que são presentes nos efluentes de laticínios. Segundo Ferreira-Silva et al., (2008), o incremento na concentração de NaCl na solução do solo prejudica a absorção radicular de nutrientes, principalmente K e Ca e interfere nas funções fisiológicas. De acordo com OLIVEIRA (2004), os teores foliares de K recomendados são de 1,5 a 3,0 g/kg, para *Panicum maximum*, entretanto apesar dos valores de K observados serem menores do que o valor de referência citado, a cultura apresentou bom desenvolvimento sugerindo um K foliar adequado, isso se deve ao fato de parte do metabolismo ter sido suprido pelo Na.

3.4.3 Nitrogênio

Manarin & Monteiro (2002) constataram a variação na concentração de N no capim-mombaça (*Panicum maximum* cv. Mombaça) de 8,8 a 18,5 g/kg⁻¹ e de 10,2 a 19,2 g/kg⁻¹ nas lâminas de folhas recém-expandidas no primeiro e segundo cortes, respectivamente. Na ausência do N, o principal processo afetado nas culturas é a síntese protéica, o que resulta em problemas de crescimento. Além disso, pode acarretar em inibição da síntese de clorofila, que causa amarelamento ou clorose das folhas mais velhas segundo Sfredo e Borkert (2004). Quando ocorre situação de excesso de N, as folhas ficam verde-escuras e se tornam mais suscetíveis a doenças e ataques de insetos.

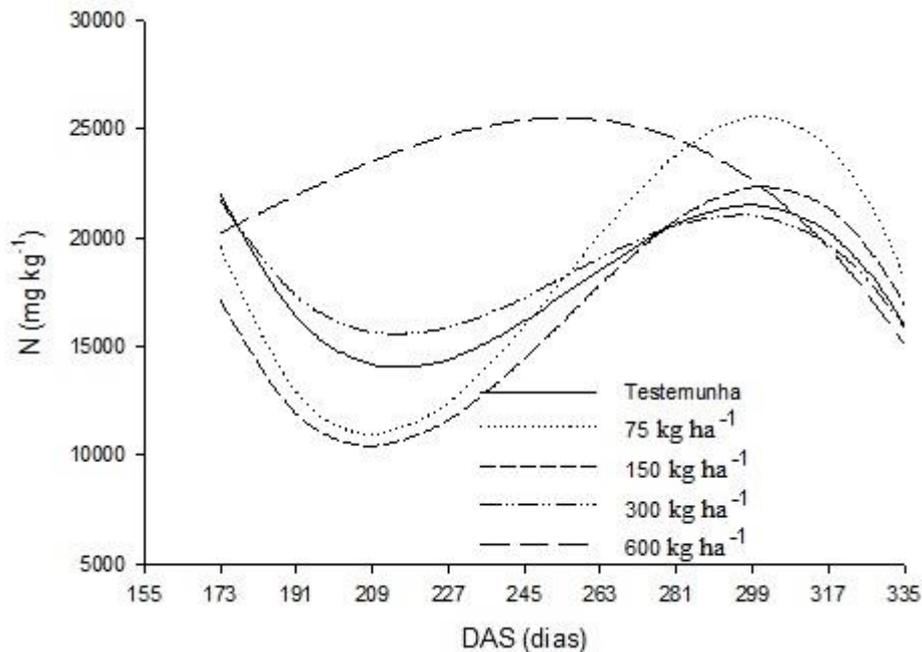


Figura 16. Concentração de N presente nas folhas do capim-mombaça em relação às doses de efluente e seu efeito com o tempo

Pode-se observar que os valores de N presentes na folha do capim-mombaça se mantiveram dentro da concentração ideal segundo Manarin & Monteiro (2002), sendo que seguiram a mesma curva de resposta da parcela testemunha, com exceção da concentração 600 kg ha^{-1} que manteve concentração acima das outras doses, tendo a concentração final muito próxima em todas as situações avaliadas.

O comportamento de N apresentado nas folhas do capim-mombaça é justificado pelo fato de que a quantidade de N absorvida varia durante o ciclo de desenvolvimento da planta em função da quantidade de raízes e da taxa de absorção por unidade de peso de raiz. Normalmente, essa quantidade é progressivamente durante o período de crescimento atinge o máximo durante os estádios reprodutivos e cai na fase de produção de sementes (CREGAN & BERKUM, 1984).

As aplicações de efluentes nas diversas concentrações não resultaram em deficiência no capim-mombaça e mantiveram médias próximas a de outras pesquisas, como a de Silva (2010), em todas as taxas de concentração do efluente.

3.4.4 Fósforo

O P apresenta grande importância no metabolismo das plantas, onde sua presença auxilia no desempenho de várias funções vitais, como na transferência de energia da célula, na respiração e na fotossíntese (Grant et. al., 2001), sendo que sua deficiência poder diminuir a altura das plantas, reduzir a brotação e o desenvolvimento de raízes secundárias. A resposta à adubação do P depende de diversos fatores, como a sua disponibilidade para absorção, a presença de outros nutrientes como N e o K e das condições climáticas (Sousa et al., 2004). Além disso, a falta de P no início do desenvolvimento restringe o crescimento, condição essa que a cultura não mais se recupera o que ocasiona em uma menor produção de matéria seca (Grant et. al., 2001), o que se torna prejuízo econômico no cenário onde se busca a maior produtividade possível a qual é destinada ao consumo de bovinos.

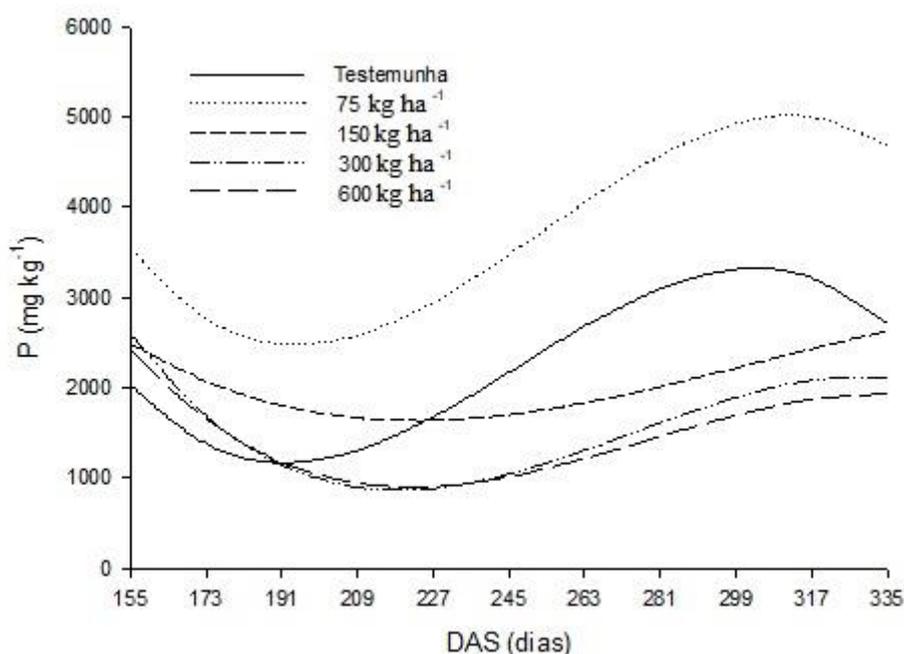


Figura 17. Concentração de P presente nas folhas do capim-mombaça em relação às doses de efluente e seu efeito com o tempo

Foi possível observar um aumento da quantidade de P presente capim a partir da aplicação de efluente com concentração 75 kg ha^{-1} , chegando no seu ápice entre os dias 299 e 317 após a semeadura, os valores iniciais menores de P podem ser justificados pelo fato do maior consumo nos estágios iniciais da cultura, onde a demanda é elevada para seu crescimento e desenvolvimento. Apesar dos valores de P apresentados oscilarem de acordo com as doses de aplicação do efluente, possivelmente pelo efeito das maiores dosagens de N, os resultados ficaram muito próximos e situam-se na faixa adequada de 1 g kg^{-1} a 5 g kg^{-1} para culturas de capim de acordo com estudos de Werner et. al. (1996). Sendo assim de acordo os dados é possível observar que as taxas maiores de efluente não prejudicaram a concentração de P no capim.

3.5 - Produtividade e sanidade do capim

Tabela 5. Valores médios de matéria fresca (MF) e seca (MS) no capim-mombaça submetidos aos diferentes tratamentos avaliados

Doses	MF (t ha^{-1})	MS (t ha^{-1})	CT (NMP 100 mL^{-1})	CF (NMP 100 mL^{-1})
0	$26,41 \pm 3,07 \text{ bc}$	$11,31 \pm 0,79 \text{ c}$	$882,20 \pm 1055,65$	Ausente
75	$20,70 \pm 0,97 \text{ c}$	$8,44 \pm 0,29 \text{ d}$	$4805,29 \pm 7680,55$	Ausente
150	$22,37 \pm 1,38 \text{ c}$	$10,03 \pm 0,77 \text{ cd}$	$14391,83 \pm 28850,37$	Ausente
300	$36,98 \pm 11,24 \text{ b}$	$18,19 \pm 1,78 \text{ b}$	$22368,00 \pm 41208,51$	Ausente
600	$57,71 \pm 3,25 \text{ a}$	$22,22 \pm 1,01 \text{ a}$	$33860,12 \pm 57753,69$	Ausente

MF – massa fresca; MS – massa seca; CT = coliformes totais; CF – coliformes termotolerantes.

Médias seguidas de mesma letra na coluna minúscula nas colunas, indicam que as doses avaliadas não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey

Verifica-se que incrementos de doses de água residuária de laticínios proporcionaram aumento na produção de massa fresca e de massa seca do capim Mombaça (Tabela 5), e que o

aporte de efluente ao solo na dose de 600 kg ha⁻¹ de Na resultou nos maiores valores de produtividade, com acréscimos de 118,5% e 96,5% na matéria fresca e seca, respectivamente. O capim-mombaça é conhecido mundialmente por sua alta produtividade, qualidade e adaptação a diferentes condições de clima e solo (EUCLIDES, 2014), bem como pela sua elevada exigência por solos férteis (SIMONETTI et al, 2016), cuja produtividade média é de 33 t ha⁻¹ ano⁻¹ de matéria seca, com 13,5% de proteína (SALES et al., 2002; JANK, 2008).

Estes resultados indicam que, para esta classe de solo, gramínea e doses avaliadas, a água residuária de laticínios mostrou-se eficiente em promover acréscimos significativos na produção (Figura 18), que está relacionado aos nutrientes presentes no efluente que foram disponibilizados no solo.



Figura 18. Parcelas com o capim-mombaça ao final do período experimental

SILVA NETO et al. (2010) estudando o aporte de água residuária de frigoríficos bovinos observaram aumento na produção de massa de matéria fresca e seca do capim *Brachiaria brizantha* cv. Marandu com incrementos nas doses aplicadas. Também, Serafim & Galbiatti (2012), ao avaliarem a produção e composição química da *Brachiaria brizantha* cv Marandu, adubada com água residuária de suinocultura, obtiveram maiores valores de produção de massa de matéria fresca e seca com incrementos das doses de efluentes. Lozano et al. (2015) aplicando água residuária de abatedouro de avicultura em capim-mombaça também observaram aumento na produção de matéria fresca e matéria seca com incrementos das doses de efluente

SANTOS et al. (2014), trabalhando com água residuária de laticínio aplicada em capim Mombaça (*Panicum maximum*) cultivado em solo arenoso, concluíram que o resíduo líquido de laticínio possui potencial fornecimento de nutrientes às pastagens, porém, verificaram a necessidade de realizar mais observações ao longo do tempo.

Em relação aos aspectos sanitários, verifica-se ausência de coliformes termotolerantes em todos os tratamentos aplicados e, observa-se também que a contagem de coliformes totais não diferiu estatisticamente entre os tratamentos avaliados, ou seja, não ocorreram efeitos significativos. A ausência de contaminação sanitária se dá ao fato do clima na região Centro-Oeste ser de altas temperaturas, assim ocorre a potencialização do efeito germicida dos raios ultravioletas, além do fato das precipitações auxiliarem na redução dos níveis de coliformes nos tecidos vegetais mesmo com as altas taxas de aplicação do efluente de laticínio. Dessa forma, evidencia-se a importância das características do efluente utilizado nas aplicações no solo e observa-se que o mesmo não é capaz de prejudicar a qualidade sanitária do capim e nem mesmo afetar os animais.

4. CONCLUSÃO

A água residuária de laticínios apresenta salinidade alta ($CE = 2.025 \mu S \text{ cm}^{-1}$), indicado moderado grau de restrição de uso na irrigação por afetar a disponibilidade hídrica às plantas e, uma relação de adsorção de sódio alta ($RAS = 23,90$) que associada a elevada salinidade, o que causaria severa redução da infiltração de água no solo.

Os ensaios em colunas de lixiviação demonstraram a preferência de interação de $K > Ca > Na > Mg$, independentemente da diluição do efluente, seguindo-se a ordem de reatividade dos íons. Esses resultados alertam para interação entre os solutos presentes na água residuária de laticínios com o solo, podendo, em caso de aplicação inadequada, tornar o solo salino com a possibilidade provocar excesso de K nas camadas superiores do solo, e de Na nas camadas inferiores, resultando em salinização do lençol freático devido a lixiviação do Na e K. Assim, para o solo estudado (Latosolo vermelho amarelo), nas condições de clima quente e úmido, a aplicação de até 600 kg ha^{-1} de Na em solo cultivado com capim mombaça, pode vir a ser uma nova recomendação técnica.

Apesar da recomendação anterior de no máximo 150 kg de Na por hectare, esta pesquisa concluiu que o efluente de laticínios pode ser utilizado na fertirrigação de capim mombaça com taxa de aplicação de até 600 kg ha^{-1} de Na, proporcionando maiores produtividades de matéria seca e fresca de capim, sem contaminação sanitária (mesmo sem fenagem) e sem problemas físicos ou químicos ao solo e a cultura.

Trata-se, portanto, de uma nova sugestão para aplicação de efluente de laticínios, aumentando-se a quantidade de Na a ser aportada ao solo, o que reduz a quantidade de área necessária para o tratamento do efluente por disposição no solo. Assim, além de redução dos custos com tratamento convencional, pode-se associar ao tratamento a produção de culturas que pode ser consumida “in natura” por animais, sobretudo o gado e, sem a necessidade de se realizar fenagem, já que não apresentou risco de contaminação sanitária. Entretanto, apesar dos resultados altamente satisfatórios com a dose aplicada, tais resultados são relacionados especificamente ao solo, capim e tempo estudados, sendo assim são aconselhados estudos com períodos mais prolongados, afim de se observar o comportamento do resíduo no solo, na cultura e na infiltração com o incremento desses nutrientes no solo, existindo a possibilidade de estudo com outras culturas, como por exemplo o sorgo, para ciclagem dos nutrientes.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores são gratos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) – Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações do Brasil, pela concessão de auxílio financeiro para a realização deste estudo e bolsas de estudos aos estudantes coautores. Além disso, agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG) e à Coordenação pelo Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – Ministério da Educação do Brasil, pelo apoio financeiro via bolsas aos estudantes vinculados ao estudo. Por fim, também somos gratos ao Instituto Federal Goiano – especialmente à Pró-reitoria de pesquisa. Pós-Graduação e Inovação (PROPI), pela concessão de auxílio tradução concedido.

6. REFERÊNCIAS

AGOURAKIS, D. C.; CAMARGO, I. M. C.; COTRIM, M. B.; FLUES, M. Comportamento de zinco e manganês de pilhas alcalinas em uma coluna de solo. *Revista Química Nova*, v.29, n.5, p.960-964, 2006.

ALENCAR, C. A. B; OLIVEIRA, R. A; CÓSER, A. C; MARTINS, C. E; CUNHA. F. F; COMPORTAMENTO DO SISTEMA RADICULAR DE CAPINS MANEJADOS POR PASTEJO SUBMETIDOS A DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO. *Engenharia na agricultura*, Viçosa – MG. V.18 N.5, Setembro/Outubro 2010. Reveng 429-437p.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements. *FAO Irrigation and Drainage*. 1998, Paper n. 56, FAO, Rome

ALMEIDA NETO, O. B.; MATOS, A. T.; MATOS, V. P; LAMBERT, T. F.; DIAS, E. F. Influência da qualidade da água no comportamento dispersivo da argila do latossolo vermelho-amarelo. *Engenharia na agricultura*, Viçosa - MG, v.18, n.3,2010

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 22. ed. New York: APHA, AWWA, WPCR, 2012.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APAHA. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 20. ed. Washington: APHA, 1998.

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

ANDRIOLO, J. L.; JÄNISCH, D.I.; SCHMITT, O.J.; DAL PICIO, M.; CARDOSO, F.L.; ERPEN, L. Doses de potássio e cálcio no crescimento da planta, na produção e na qualidade de frutas do morangueiro em cultivo sem solo. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 40, n. 2, p. 267-272, 2010. *Animal*, v. 4, n.1, p.185-203, 2012

APOLINÁRIO, T, C, C.; SANTOS, G, S.; LAVORATO, J, A, A. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DO QUEIJO MINAS FRESCAL PRODUZIDO POR LATICÍNIOS DO ESTADO DE MINAS GERAIS. *Rev. Inst. Laticínios Cândido Tostes*, Juiz de Fora, v. 69, n. 6, p. 433-442, nov/dez, 2014

ARAÚJO, A.S. Características agronômicas e nutricionais do capim-Marandu em função da aplicação de resíduo líquido de frigorífico. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, v.32, n.1, p. 9-17, 2010.

ATKINS, P.W.; JONES, L. *Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente*.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. *A qualidade da água na agricultura*. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p.

BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. *Manual de irrigação*. 8. ed. Viçosa: UFV/Imprensa Universitária, 2006. 625 p.

BORGES JUNIOR, J. C. F.; FERREIRA, P. A. Equações e programa computacional para cálculo do transporte de solutos no solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.10, p.604-611, 2006.

BRAILE, P.M. & CAVALCANTI, J.E.W.A. (1993) Manual de tratamento de águas residuárias industriais. São Paulo: CETESB.

CAIELLI, E. L., BONILHA NETO, L.M., LOURENÇO, A.J. 1991 Avaliação agronômica e qualitativa de pastos de capim-elefante Napier (*Pennisetum purpureum* Schum.) fertilizados com nitrogênio ou consorciados com leguminosas tropicais para produção de carne. *Bol. Ind. Anim.*, 48(1):63-76.

CAIRES, E.F.; FONSECA, A.F.; MENDES, J.; CHUEIRI, W.A. & MADRUGA, E.F. Produção de milho, trigo e soja em função das alterações das características químicas do solo pela aplicação de calcário e gesso na superfície, em sistema de plantio direto. *R. Bras. Ci. Solo*, 23:315-327, 1999.

CAIRES, E. F.; BLUM, J.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J.; KUSMAN, M. T. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema de plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v. 27, n. 2, p. 275-286, 2003.

CALVALCANTI, J. E. W. de A. Manual de tratamento de efluentes industriais. 2. ed. São Paulo: Engenho Editora Técnica, 2012. 453p.

CAMMAROTA, M. C.; FREIRE, D.M.G. A review on hydrolytic enzymes in the treatment of wastewater with high oil and grease content. *Bioresource Technology*, New York, v.97, n.17, p.2195-2210, 2006.

CARMO, A. I.; ANTONINO, A. C. D.; NETTO, A. M.; CORRÊA, M. M. Caracterização hidrodispersiva de dois solos da região irrigada do Vale do São Francisco. *Revista brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, vol.14, n.7, 2010.

CATÃO, R. M. C.; CEBALLOS, B.S.O.; KONIG, A.; FEIJÓ, V.S.G. Bactérias do gênero *Listeria* em águas residuárias do processamento do leite. In: *Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 9 Anais... Porto Seguro: ABES, 2000.

Chateaubriand AD. Efeito de dejetos de suínos, aplicados em irrigação por sulco, na cultura do milho (*Zea mays* L) [MS Thesis]. Viçosa, Brazil: Universidade Federal de Viçosa, Engenharia Agrícola; 1988.

CECATO, U; CANO, C. C.; CANTO, M. W.; MIRA, R.; PEPILASCO, L. S.; RODRIGUES, A. B.; SANTOS, G. T.; SARTI, L. L. Disponibilidade de massa seca e conteúdo de minerais em capim-Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq) pastejado em diferentes alturas. In: *REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA*, 39., Recife, 2002. Anais.. Recife: SBZ, 2002.

BERWANGER. A. L. Alterações e transferências de fósforo do solo para o meio aquático com o uso de dejetos líquidos de suínos. Santa maria, SC. 2006. 99f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; VIEIRA, F. C. B.; HERBES, M. G.; MOREIRA, I. C. L.; BERWANGER, A. L. Dejetos líquidos de suínos: I - perdas de nitrogênio e fósforo na solução escoada na superfície do solo, sob plantio direto. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.35, n.6, p.1296-1304, nov-dez, 2005

CFSEMG. RECOMENDAÇÕES PARA O USO DE CORRETIVOS E FERTILIZANTES DE MINAS GERAIS. 5ª aproximação - Viçosa - 1999. 176 p.

CHIY, P. C.; PHILLIPS, C. J. C.; AJELE, C. L. Sodium fertilizer application to pasture. 5. Effects on herbage digestibility and mineral availability in sheep. *Grass and Forage Science*. 49: 25-33, 1995.

COSTA, F. A., FRAÇA, G. E., ALVES, V. M. C. Aplicação de fertilizantes via água de irrigação. *Inf. Agropec.*, Belo Horizonte, 12 (139) julho de 1986.

COSTA, N. L. 1995. Adubação nitrogenada e consorciação de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* cv. Cameroon) com leguminosas forrageiras tropicais. *Pesq. Agropec. Bras.*, 30 (3):401-408

COSTA, S. N.; MARTINEZ, M. A.; MATOS, A. T.; RAMOS, V. B. N. Mobilidade de nitrato em coluna de solo sob condições de escoamento não permanente. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.3, p.190-194, 1999.

CREGAN, P.B., BERKUM, P. Genetics of nitrogen metabolism and physiological/biochemical selection for increased grain crop productivity. *Theoretical and Applied Genetics*, Heidelberg, v.67, p.97-111, 1984.

DONAGEMA, G.K.; CAMPOS, D.V.B. de; CALDERANO, S.B.; TEIXEIRA, W.G.; VIANA, J.H.M. (Org.). Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p. (Embrapa Solos. Documentos, 132).

DOORENBOS, J., PRUITT, J.O. Guidelines for predicting crop water requirements. Rome: FAO, 1977. 179p. (FAO Irrigation and Drainage, 24).

EMBRAPA – CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212 p. (EMBRAPA – CNPS, Documentos, 1). Engenho Editora Técnica, 2012

ERTHAL, V.J.T.; FERREIRA, P.A.; MATOS, A.T. et al. Alterações físicas e químicas de um Argissolo pela aplicação de água residuária de bovinocultura. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, n.5, p.467-477, 2010.

EUCLIDES, V. P.; MONTAGNER, D. B.; BARBOSA, R. A.; NANTES, N. N. Manejo do pastejo de cultivares de *Brachiaria Brizantha* (Hochst) Stapf e de *Panicum maximum* Jacq. *Rev. Ceres* vol.61 supl. Viçosa Nov./Dec. 2014

EULCIDES, V. P. B. Manejo do capim-mombaça para períodos de águas e seca. 2014. Disponível em <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2118000/artigo-manejo-do-capim-mombaca-para-periodos-de-aguas-e-seca>>. Acesso em 12 nov. 2018

FAQUIN, V. Nutrição mineral de plantas. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 183p.

FELTON, G. K. 1992. Soil hydraulic properties of reclaimed prime farmland. Amer. Soc. Agric. Eng., Trans. 35(3): 871-877.

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

Ferreira-Silva, S. L.; Silveira, J. A. G.; Voigt, E. L.; Soares, L. S. P.; Viégas, R. A. Changes in physiological indicators associated with salt tolerance in two contrasting cashew rootstocks. Brazilian Journal of Plant Physiology, v.20, p.51-59, 2008.

FONSECA, A.F.; HERPIM, U.; PAULA, A.M.; VICTÓRIA, R. L.; MELFI, A. J. Agricultural use of treated sewage effluents: Agronomic and environmental implications and perspectives for Brazil. Scientia Agrícola, v.64, n.2, p.194-209, 2007

FREIRE, M. B. G. S.; RUIZ, H. A.; RIBEIRO, M. R.; FERREIRA, P. A.; VICTOR, H.; ALVAREZ, V.; FREIRE, F. J. Condutividade hidráulica de solos de Pernambuco em resposta à condutividade elétrica e RAS da água de irrigação. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 45-52, 2003.

GODOY, V. A.; ZUQUETTE, L. V. Avaliação do retardamento de fosfato em colunas indeformadas de solo residual arenoso de área irrigada com efluente de tratamento de esgotos. Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista. v. 9, n. 11, 2013.

GOMES, E. R. S.; SAMPAIO, S. C; CORRÊA, M. M.; VILAS BOAS, M. A.; ALVES, L. F. A.; ALVES SOBRINHO, T. Movimento de nitrato proveniente de água residuária em colunas de solo. Revista Engenharia Agrícola, v.24, n.3, p.557-568, 2004.

GOMES, E. R.; BROETTO, F.; QUELUZ, J. G. T.; BRESSAN, D. F. Efeito da fertirrigação com potássio sobre o solo e produtividade do morangueiro. Irriga, Botucatu, Edição Especial, 20 anos Irriga + 50 anos FCA, p. 107-122, 2015

GONÇALVES, A. D. M. A.; MIRANDA, P. R.; SABADIN, J. F. G.; KAMOGAWA, M. Y. Temperature effect in potassium and nitrate ions in soil transport. Engenharia Agrícola, v.28, p.438-447,2008.

GRANT, C. A; FLATEN, D. N; TOMASIEWICZ, D.J; SHEPPARD, S. C. A IMPORTÂNCIA DO FÓSFORO NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DA PLANTA. INFORMAÇÕES AGRONÔMICAS. Nº 95 SETEMBRO/2001. Piracicaba-SP, Brasil

HUNPHREYS, L. R. Environmental adaptation of tropical pasture plants. London: Macmillan, 1981. 261p.

JANK, L.; RESENDE, R. M. S.; VALLE, C. B.; RESENDE, M. D. V.; CHIARI, L.; CANÇADO, L. J.; SIMIONI, C. Melhoramento genético de *Panicum maximum*. In: RESENDE, R. M. S.; VALLE, C. B. do; JANK, L. (Ed.). Melhoramento de forrageiras tropicais. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2008. p. 55-87.

CHIY, P. C.; PHILLIPS C. J. C.; AJELE C. L. Sodium fertilizer application to pasture. 5. Effects on herbage distibility and mineral availability in sheep. *Grass and Forage Science*. 49: 25-33, 1995.

JANK, L.; RESENDE, R. M. S.; VALLE, C. B.; RESENDE, M. D. V.; CHIARI, L.; CANÇADO, L. J.; SIMIONI, C. Melhoramento genético de *Panicum maximum*. In: RESENDE, R. M. S.; VALLE, C. B. do; JANK, L. (Ed.). Melhoramento de forrageiras tropicais. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2008. p. 55-87.

JOSE, G, D, S. FERTIRRIGAÇÃO DO CAPIM-MOMBAÇA COM DIFERENTES LÂMINAS DE EFLUENTE DE TRATAMENTO PRIMÁRIO DE ESGOTO SANITÁRIO ESTABELECIDAS COM BASE NA DOSE APLICADA DE SÓDIO. Viçosa, 2010. Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola.

KIEHL, J.E. Fertilizantes orgânicos. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985. 492 p.

KING, L. D. et al. Swine lagoon effluente applied to 'Coastal' Bermudagrass: II. Effects on soil. *Journal of Environmental Quality*, v. 14, n.1, p. 14-21, 1985.

LARCHER W (2006) *Ecofisiologia vegetal*. São Carlos, Rimas Artes e Textos. 531p.

Lopes, A.S (tradução e adaptação). 1998. *Manual internacional de fertilidade do solo*. 2ª ed. Revisão e aplicação. Piracicaba: Potafos, 177p

LOZANO, C. S.; TONELLO, T. U.; BORTOLETTO, E. C.; ARAÚJO, M. A.; TONELLO, A. P.; CASCAVEL, P. B. Resposta do capim mombaça (*Panicum maximum* cv. Mombaça) submetido à aplicação de água residuária de abatedouro de aves. *Enciclopédia Biosfera*, v.11, n.22, p.3797-3805, 2015

MACHADO, R.M.G.; FREIRE, V.H.; SILVA, P.C.; FIGUERÊDO, D.V.; FERREIRA, P.E. (2002) *Controle ambiental nas pequenas e médias indústrias de laticínios*. Projeto Minas Ambiente. Belo Horizonte. 224 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. cap.3, p.76-77.

MALAVOLTA E. *Manual de química agrícola: adubos e adubação*. São Paulo: Ceres, 1981. 596 p.

MANARIN, C.A.; MONTEIRO, F.A. Nitrogênio na produção e diagnose foliar do capim-mombaça. *Boletim de Indústria Animal*, v.59, p.115-123, 2002.

MANTOVANI, J. R.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. Produção de alface e acúmulo de nitrato em função da adubação nitrogenada. *Horticultura Brasileira*, v.23, p.758-762, 2005

MANTOVANI. E. C. Manejo da irrigação na cafeicultura. In: MANTOVANI, E.C. *Curso de cafeicultura irrigada*. Uberaba-MG: Universidade de Uberaba – UNIUBE, 2002. p. 84.

MONTAVALLI, P. P.; MILES, R. J. Soil phosphorus fractions alter 111 years of animal manure and fertilizer applications. *Biologic Fertility Soils*, v. 36, p. 35-42, 2002.

Ministério da Agricultura e Abastecimento - MAPA. Instrução Normativa nº 25, de 23 de julho de 2009. Aprova as Normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura. *Diário Oficial [da] União, Brasília, DF*, 28 de julho de 2009. Seção 1, p. 20.

MATOS, A. T. Tratamento e aproveitamento agrícola de resíduos sólidos. Viçosa: UFV, 2014.

MATOS, A.T.; GARIGLIO, H.A.A. & LO MONACO, P.A.V. Deslocamento miscível de cátions provenientes da vinhaça em colunas de solo. *R. Bras. Eng. Agríc. Amb.*, 17:743-749, 2013

MATOS, A.T. Disposição de águas residuárias no solo. Engenharia na agricultura: Caderno Didático 38. Associação dos Engenheiros Agrícolas de Minas Gerais. Departamento de Engenharia Agrícola – UFV, Viçosa – MG. 2007. 138p.

MATOS, A.T.; MATOS, M. P. Disposição de águas residuárias no solo e em sistemas alagados construídos. Editora UFV, Viçosa. 2016. 371p.

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

MESSIAS, A. S.; TÁVORA, B. E.; SILVA, R. C. R.; NASCIMENTO, A. E. Percolação de sódio através de solos do Estado de Pernambuco, Brasil. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*. Numero 1 - 2º Semestre 2006.

MONTEIRO, F.A.; WERNER, J.C. Efeitos das adubações nitrogenada e fosfatada em capim-Colômbio, na formação e em pasto estabelecido. *Boletim de Indústria Animal*, v.34, n.1, p.91-101, 1977.

NAIFF, A. P. M. Crescimento, composição mineral e sintomas visuais de deficiências de macronutrientes em plantas de alpinia purpurata cv. Jungle king/Belém, 2007. PINHO, A. N. Gramíneas (Poaceae) de cerrado na área de Proteção Ambiental do Inhamum, Caxias, Maranhão, 2011.

NIELSEN, D.R.; BIGGAR, J.W. Missible displacement: III Theoretical considerations. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, v. 26, p. 216211, 1962.

NILDO. S. D.; BLANCO. F. F. EFEITO DOS SAIS NO SOLO E NA PLANTA. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade. Fortaleza – CE. 2010.

NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. Fertilidade do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017p

OLIVEIRA, F.H.T.; NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; CANTARUTTI, R.B. & BARROS, N.F. Fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: ALVAREZ V., V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R.; BARROS, N.F.; MELLO, J.W.V. & COSTA, L.M., eds. Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. v.2. p.393-486.

OLIVEIRA, J. F. et al. Avaliação de sistema de tratamento de laticínio e o efeito do efluente gerado nos atributos físico-químico de um argissolo vermelho. *REVENG Engenharia na agricultura, viçosa - mg*, V.22 N.1, JANEIRO / FEVEREIRO 2014 58-66p.
on dietary salt and potassium. Disponível em:
<<http://www.who.int/mediacentre/news/notes/2013/s>

OLIVEIRA, S. A. Análise foliar. In: SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. Cerrado: correção do solo e adubação. 2. ed. EMBRAPA Informação Tecnológica, Brasília:DF, 2004, cap. 10, p.245-256.

ORELLANA, A. P.; HAAG, H. P. Nutrição mineral do *Andropogon gayanus* Kunth. Var. *bisquamulatus*, I. Recrutamento de macronutrientes. *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*. Piracicaba, v. 39, p. 11-47, 1982.

PETTIGREW, W. T. Potassium influences on yield and quality production for maize, wheat, soybean and cotton. *Physiology Plantarum*, Oxford, v. 133, p. 670-681, 2008.

PIERANGELI, M. A. P.; NÓBREGA, J. C. A.; LIMA, J. M.; GUILHERME, L.R.G.; ARANTES, S. A. C. M. Sorção de cádmio e chumbo em Latossolo Vermelho Distrófico sob efeito de calcário e fosfato. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.4, n.1, p.42-47, 2009.
Pimentel, M. S.; De-Polli, H.; Lana, Â. M. Q. Atributos químicos do solo utilizando composto orgânico em consórcio de alface-cenoura. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.39, p.225-232, 2009.

PIZARRO CABELLO, F. Riegos localizados de alta frecuencia: goteo, microaspersion e exudacion. Madrid: Mundi Prensa, 1990. 471p.

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

R Conama - Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA, 2005

RAIJ, B. van. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba: Agronômica Ceres, Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1991. 343p

REDDY, K. R. 1979. Land areas receiving organic wastes: Transformations and transport in relation to nonpoint source pollution. *Environmental Impact of Nonpoint Source Pollution* (eds. M. R. Overcash and J. M. Davidson). Ann Arbor Sci., Ann Arbor, MI, p. 243274.

RIBEIRO, L.S. Estudo da degradação dos Resíduos sólidos Urbanos através dos parâmetros físicos e físico-químicos em um biorreator em escala experimental. Campina Grande: UFCG, 2012. Dissertação (Mestrado em engenharia civil e ambiental).

RODRIGUES, J.O. et al. Modelos da concentração iônica em águas subterrâneas no Distrito de Irrigação Baixo Acaraú, Revista Ciência Agronômica, v.38, n.4, p.360-365, 2007.

SAEG (2006) Sistema de análises estatísticas e genéticas Versão 9.1. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa. 142p.

SALES, M. F. L.; VALENTIM, J.; ANDRADE, C. M. S. Capim mombaça: formação e manejo de pastagens no Acre. Embrapa Acre-Fôlder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E). 2002

SAMPAIO, S.C.; CAOVILO, F.A.; OPAZO, M.A.U. NÓBREGA, L.H.P.; SUSZEK, M.; SMANHOTTO, A. Lixiviação de íons em colunas de solo deformado e indeformado. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.30, n.1, p.150-159, jan./fev. 2010

SANTOS, J.S. DOS; LIMA, V.L.A. DE; JUNIOR, J.C.F.B.; SILVA, L.V.B.D.; AZEVEDO, C.A.V. Mobilidade de solutos em colunas de solo com água residuária doméstica e de suinocultura. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.14, n.11, p.1226–1233, 2010.

SANTOS, L. N. S.; PASSOS, R. N.; SILVA, L. V. M.; OLIVEIRA, P. P.; GARCIA, G. O.; CECÍLIO, R. A. AVALIAÇÃO DE ALGUNS ATRIBUTOS FÍSICOS DE UM LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO SOB DIFERENTES COBERTURAS VEGETAIS. Biosci. J., Uberlândia, v. 26, n.6, p. 940-947, Nov. /Dec. 2010

SANTOS, P.M; SANTOS, A.C; SILVA, J.E.C; SILVA NETO, S.P; ALEXANDRINO, E. Atributos morfogênicos de pastos de capim-mombaça adubados com resíduo de laticínio. Revista Caatinga, v. 27, n. 3, p. 221 – 231, 2014.

SARAIVA, C. B.; MENDONÇA, R. C. S.; SANTOS, A. L. S.; PEREIRA, D. A. Consumo de água e geração de efluentes em uma indústria de laticínios. Rev. Inst. Latic. “Cândido Tostes”, Mar/Jun, nº 367/368, 64: 10-18, 2009

SCALOPPI, E. J. Critérios básicos para seleção de sistemas de irrigação. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, MG, v. 12, n. 139, p. 54-63, 1986.

SCHERER, E. E.; BALDISSERA, I. T. Aproveitamento dos dejetos de suínos como fertilizante. In. Dia de campo sobre manejo e utilização dos dejetos de suínos, 1994 Embrapa, p.33-37 Concórdia-SC

SERAFIM, R. S; GALBIATTI, J. A. Efecto de la aplicación de la agua residual porcina en el pasto Brachiaria brizantha cv Marandu. Revista Colombiana de Ciência

Sfredo, G., J.; Borkert, C., M.; Deficiências e Toxicidades de Nutrientes em Plantas de soja. ISSN 1516-781X. Junho, 2004.

SILVA NETO, S.P; SILVA, J.E.C; SANTOS, A.C; CASTRO,J.G.D; DIM, V.P; 5.ed. Porto Alegre: Bookman, 2012. 1048 p.

SILVA, A. A. F.; SOUZA, J. A. R; CARVALHO, W. B.; MENDONÇA, R. B.; MOREIRA, D. A. Distribuição da umidade do solo num sistema irrigado por gotejamento superficial com

diferentes inclinações do terreno. REVENG Engenharia na agricultura, viçosa - mg, v.23 n.3. p.261-269, 2015

SILVA, J. C. P. M.; MOTTA, A. C. V.; PAULETTI, V., FAVARETTO, N.; BARCELLOS, M.; OLIVEIRA, A. S.; VELOSO, C. M.; SILVA, L. F. C. Esterco líquido de bovinos leiteiros combinado com adubação mineral sobre atributos químicos de um Latossolo Bruno. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.3, p.2563-2572, 2008.

SILVA, J. G D.; MATOS, A. T.; BORGES, A. C.; PREVIERO, C. A. Composição químico-bromatológica e produtividade do capim-mombaça cultivado em diferentes lâminas de efluente do tratamento primário de esgoto sanitário. Rev. Ceres, Viçosa, v. 59, n.5, p. 606-613, 2012

SILVA, J. G D. FERTIRRIGAÇÃO DO CAPIM-MOMBAÇA COM DIFERENTES LÂMINAS DE EFLUENTE DE TRATAMENTO PRIMÁRIO DE ESGOTO SANITÁRIO ESTABELECIDAS COM BASE NA DOSE APLICADA DE SÓDIO. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2010. (Tese de Mestrado)

SILVA, J. G D.; MATOS, A. T.; BORGES, A. C.; PREVIERO, C. A. Composição químico-bromatológica e produtividade do capim-mombaça cultivado em diferentes lâminas de efluente do tratamento primário de esgoto sanitário. Rev. Ceres, Viçosa, v. 59, n.5, p. 606-613, 2012

SIMONETTI, A.; MARQUES, W. M.; COSTA, L. V. C. Produtividade de capim-mombaça (*Panicum maximum*), com diferentes doses de biofertilizante. Brazilian Journal of Biosystems Engineering v. 10 n.1, p.107-115, 2016

SILVA, N, B, N.; CAHAVES, K, F.; GRAVINA, C, S.; MENDES, A, C, G.; MARTINS, A, D, O.; MARTINS, M, L.; AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA DE EQUIPAMENTOS E UTENSÍLIOS UTILIZADOS EM LATICÍNIOS DA REGIÃO DE RIO POMBA-MG. Rev. Inst. Latic. "Cândido Tostes", Jan/Fev, nº 378, 66, 5:10, 2011

SHIMIZU K. Effects of salt treatments on the Production and chemical composition of salt wort (*salicornia herbácea* L.), rhodesgrass and alfafa. Jnp Journal Trop. Agriculture. 44(1): 61-67, 2000.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E.; REIN, T.A. Adubação com fósforo. In: SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. (Eds.) Cerrado correção do solo e adubação. 2.ed. Brasília: EMBRAPA, 2004. p.147-168.

SOUZA, J. A. R.; MOREIRA, D. A.; MATOS, A. T. ; RODRIGUES, A. S. L. . Effect of irrigation with wastewater from swine in the chemical properties of a latossol. African Journal of Agricultural Research **JCR**, v. 8, p. 5166-5173, 2013.

TOMÉ JÚNIOR.; J. B. Manual para interpretação de análise de solo. [Guaíba]: Livraria e Editora Agropecuária, 1997. 247 p.

TOZE, S. Agricultural Water Management, 2006, vol. 80, issue 1-3, 147-159

VALDEZ-AGUILAR, L.A, REED, D.W. Growth and nutrition of young bean plants under high alkalinity as affected by mixtures of ammonium, potassium, and sodium. Journal of Plantnutrition, n.33, p.1472-1488, 2010.

VELOSO, M. E. C.; Efeito de diferentes qualidades de água sobre algumas propriedades físico-químicas de um Brunizem Avermelhado. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1991. (Tese de Mestrado)

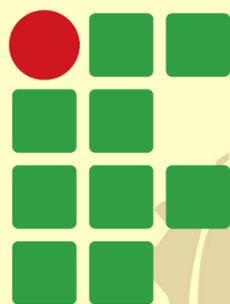
VILELA, NATHANE MANUELLE SILVA et al. Parâmetros de transporte do potássio presente em esgotos sanitários dispostos em colunas de solo. Engenharia Agrícola, v. 38, n. 1, 2017.

VOURCH, M.; BALANNEC, B.; CHAUFER, B.; DORANGE, G. Treatment of dairy industry wastewater by reverse osmosis for water reuse. Desalination, Orlando, v.219, p.190-202, 2008. WERNER, J.C.; PAULINO, V.T.; CANTARELLA, H. et al. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas: Fundação IAC, 1996. p.263-274. (Boletim Técnico, 100).

WHO (World Health Organization). Publicado em 2013. WHO issues new guidelines

WYNESS, L.A.; BUTRISS, J.L.; STANNER, S.A. Reducing the population's sodium intake. The UK Food Standards Agency's salt reduction programme. Public Health Nutrition, v. 15, p. 254- 261, 2012.

ANEXO I



INSTITUTO FEDERAL

Goiano

Campus
Urutaí

