



Revista Ceres

ISSN: 0034-737X

ceresonline@ufv.br

Universidade Federal de Viçosa

Brasil

Delvaux Silva, José Geraldo; Teixeira de Matos, Antônio; Carraro Borges, Alisson; Previero, Conceição Aparecida
Composição químico-bromatológica e produtividade do capim-mombaça cultivado em diferentes
lâminas de efluente do tratamento primário de esgoto sanitário
Revista Ceres, vol. 59, núm. 5, septiembre-octubre, 2012, pp. 606-613
Universidade Federal de Viçosa
Vicosa, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=305226811005>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Composição químico-bromatológica e produtividade do capim-mombaça cultivado em diferentes lâminas de efluente do tratamento primário de esgoto sanitário¹

José Geraldo Delvaux Silva², Antônio Teixeira de Matos³, Alisson Carraro Borges⁴,
Conceição Aparecida Previero⁵

RESUMO

Com o objetivo de avaliar produtividade e possíveis alterações na composição químico-bromatológica do capim-mombaça (*Panicum maximum* cv. Mombaça), quando submetido a diferentes lâminas de efluente do tratamento primário de esgoto sanitário (ETPES), conduziu-se um experimento em delineamento inteiramente casualizado, constituído de cinco tratamentos com quatro repetições. Parcelas cultivadas com capim-mombaça receberam diferentes doses de ETPES, estabelecidas com base na carga de sódio (75, 150, 225 e 300 kg ha⁻¹ de Na). A dose 0 kg ha⁻¹ de Na foi obtida com aplicação de água de poço artesiano. Periodicamente, amostras do capim-mombaça foram coletadas para avaliação da produtividade e análise químico-bromatológica nas folhas das plantas. Valores pertencentes à faixa normal de nutrientes e proteínas, descrita para a forrageira, foram prevalentes nos quatro cortes realizados. As exceções foram os teores de K e de proteína bruta, observados no quarto corte e considerados baixos. No primeiro corte, em alguns tratamentos os teores de Ca e Mg estiveram abaixo daqueles descritos para a espécie. A produtividade do capim-mombaça aumentou com a dose de ETPES aplicada e com a idade de corte, tendo sido obtida produtividade de matéria verde e matéria seca de 20,7 t ha⁻¹ e 4,4 t ha⁻¹, respectivamente, no quarto corte. Não houve alteração na composição químico-bromatológica do capim.

Palavras-chave: águas residuárias, sódio, poluição ambiental, fertirrigação.

ABSTRACT

Chemical-bromatological composition and productivity of Mombaça grass (*Panicum maximum* cv. *mombaca*) submitted to different primary wastewater treatments of sanitary sewage

In order to assess possible changes in productivity and chemical composition of the Mombaça grass when subjected to different depths of effluent from primary treatment of sewage (PWTE), we conducted an experiment in a randomized design, consisting of five treatments with four replicates. Plots planted with mombaça grass received different doses of PWTE established on the basis of the sodium load (75, 150, 225 and 300 kg ha⁻¹ of Na). The dose 0 kg ha⁻¹ of Na was obtained with application of well water. Periodically, samples of the mombaça grass were collected to evaluate productivity and to perform chemical-bromatological analysis in plant leaves. Values into the normal range of nutrients and proteins, described for the forage, were prevalent in the four cuttings performed. The exceptions were the

Recebido para publicação em 19/07/2010 e aprovado em 30/08/2012.

¹ Este trabalho é parte da dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa.

² Engenheiro-Agrônomo, Mestre, Centro Universitário Luterano de Palmas, Avenida Governador Siqueira Campos, 1501, Sul, Caixa Postal 160, 77054-970, Palmas, Tocantins, Brasil. delvaux2006@hotmail.com (autor correspondente).

³ Engenheiro Agrícola, Doutor, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Campus Viçosa, Avenida Peter Henry Rolfs, s/n, 36570-000, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. atmatos@ufv.br

⁴ Engenheiro Civil, Doutor, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Campus Viçosa, Avenida Peter Henry Rolfs, s/n, 36570-000, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. borges@ufv.br

⁵ Bióloga, Doutora, Centro Universitário Luterano de Palmas, Avenida Governador Siqueira Campos, 1501, Sul, Caixa Postal 160, 77054-970, Palmas, Tocantins, Brasil. previero@webmail.ulbra-to.br

K and protein levels observed in the fourth cutting, which were considered low. In the first cutting, in some treatments, the levels of Ca and Mg were lower than those described for the species. The productivity of the Mombaça grass increased with the PWTE applied and with the cutting age. In the fourth cutting the productivity of fresh and dry matter was recorded at 20.7 t ha⁻¹ and 4.4 t ha⁻¹ respectively. There was no change in the chemical-bromatological composition of the grass.

Key words: wastewater, sodium, environmental pollution, fertigation.

INTRODUÇÃO

A fertirrigação é uma técnica de aplicação de nutrientes para plantas via água de irrigação. Pode ser também a disposição final/tratamento, no qual se prioriza o aproveitamento dos nutrientes da água residuária, como nitrogênio, potássio e, principalmente, fósforo, que são fundamentais no cultivo de solos pobres, como os que ocorrem na maior parte do Brasil (Lo Mônaco, 2005).

Segundo Santos *et al.* (2006), a aplicação de águas residuárias em solos agrícolas tem sido uma alternativa para que sejam minimizados problemas ambientais decorrentes do seu lançamento em cursos d'água, além de favorecer o incremento na produtividade agrícola, que depende de fatores como: tipo de cultura, disponibilidade de nutrientes no efluente, demanda nutricional das plantas e manejo da cultura.

O aproveitamento agrícola de águas residuárias apresenta grande potencial de aplicação, principalmente em regiões áridas e semiáridas do Nordeste brasileiro, onde há carência de água para fornecimento às plantas. Esse aproveitamento permite que a água de boa qualidade seja destinada a usos nobres e, em regiões de solos de baixa fertilidade, que seja feita economia na correção do solo, que seria de alto custo (Andrade *et al.*, 2005).

Toda e qualquer tecnologia gerada para a disposição de resíduos orgânicos no solo, por mais moderna e complexa que seja, se não contemplar os riscos potenciais de contaminação ambiental, estará inexoravelmente condenada ao fracasso (Matos e Sediyama, 1996). Assim, o aproveitamento de águas residuárias na fertirrigação de culturas exige o emprego de técnicas e cuidados que possibilitem a minimização da contaminação do solo, do produto agrícola e dos agricultores (Matos, 2007).

Para evitar a adição de nutrientes em quantidades superiores às exigidas pela cultura e, muitas vezes, até superiores a sua capacidade de retenção no solo, recomenda-se equacionar a dose de resíduos orgânicos a serem aplicados, tomando como base o nutriente, cuja quantidade seja satisfeita com a menor dose (Matos, 2007). Sempre deve ser considerada a possibilidade de que algum outro poluente pode se tornar o elemento químico referencial na definição dessa taxa de aplicação.

A presença de alguns elementos químicos como o sódio, em concentrações relativamente altas nas águas residuárias, é o maior problema para a disposição de esgoto sanitário no solo (World Health Organization, 1989). De acordo com Matos (2007), a concentração de Na⁺ no esgoto sanitário é da ordem de 30 a 50 mg L⁻¹ em esgoto sanitário bruto; e conforme Larcher (2006), o valor máximo de sódio absorvido pelas plantas em *habitat* halófito é de 150 kg ha⁻¹ ano⁻¹.

Embora o aproveitamento agrícola de esgoto sanitário já seja uma realidade, pouco se sabe sobre as doses a serem aplicadas, tendo em vista que o elemento químico referência deve ser, segundo Santos (2004), o sódio. Ainda hoje não tem sido considerado quando da definição das doses a serem aplicadas no solo. Pouco se sabe sobre quanto de sódio pode ser colocado no solo de forma a não comprometer suas qualidades química e física e que não promova a contaminação das águas subterrâneas, fazendo com que, dessa forma, a prática de aproveitamento da água residuária seja agronômica e ambientalmente sustentável.

Sabendo-se do potencial que o esgoto sanitário tem para ser aproveitado na fertirrigação de culturas agrícolas, objetivou-se, com a realização deste trabalho, avaliar produtividade e possíveis alterações na composição químico-bromatológica do capim-mombaça, quando submetido a diferentes lâminas de efluente do tratamento primário de esgoto sanitário (ETPES).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na área experimental do Centro Universitário Luterano de Palmas - CEULP-ULBRA, localizada na cidade de Palmas, TO, latitude 10° 12' 46" sul, longitude 48° 21' 37" oeste, em altitude de 230 metros.

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo, sendo suas características físicas e químicas apresentadas nas Tabelas 1 e 2.

Em solo arado e gradeado, foram delimitadas 20 parcelas experimentais de 9 m² cada (3 m x 3 m), separadas por ruas de 0,70 m de largura, onde o capim-mombaça foi plantado, sendo os tratamentos aplicados conforme definidos por sorteio.

A escolha do capim-mombaça ocorreu em razão da sua maior exigência em fertilidade, além das exigências em profundidade, boa drenagem do solo e adequação às condições climáticas na região, que é de clima quente, com precipitação superior a 1.000 mm ano⁻¹.

O plantio do capim-mombaça ocorreu no dia 5 de junho, com a utilização de sementes de valor cultural igual a 20,5% aplicadas a lanço, com a utilização de um rastelo para enterro das sementes no solo. Utilizaram-se 20 kg de sementes ha⁻¹ de valor cultural de 20,5%, o que correspondeu a 18 g por parcela experimental.

Na adubação de plantio, foram utilizados 720 gramas de adubo NPK (4-14-8) por parcela. A quantidade de calcário necessário para correção do pH do solo foi calcu-

lada utilizando-se o método da saturação por bases, com o qual se obteve a recomendação de aplicação de 4,49 t ha⁻¹. Durante o período experimental, não foram feitas adubações de cobertura no capim.

Com a utilização de um regador com capacidade de 10 litros, foram aplicados, diariamente, cerca de 80 litros de água de poço artesiano no solo de cada parcela experimental para o estabelecimento da cultura.

A aplicação do efluente do tratamento primário do esgoto sanitário (ETPES) foi iniciada em 28 de julho, quando o capim apresentava cerca de 15 cm de altura. Para a aplicação do ETPES, foi utilizada uma estrutura hidráulica para armazenamento e distribuição de águas residuárias nas parcelas experimentais. Essa estrutura era constituí-

Tabela 1. Características físicas do solo nas camadas de 0 a 10 cm, 10 a 20 cm, 20 a 30 cm e 90 a 100 cm, em Latossolo Vermelho-Amarelo, município de Palmas-TO

| Profundidade (cm) | Areia grossa | Areia fina | Silte | Argila |
|-------------------|----------------------|------------|-------|--------|
| | dag kg ⁻¹ | | | |
| 0-10 | 25 | 14 | 8 | 53 |
| 10-20 | 25 | 16 | 8 | 51 |
| 20-30 | 26 | 15 | 8 | 51 |
| 90-100 | 26 | 11 | 11 | 52 |

Tabela 2. Características químicas do solo nas camadas de 0 a 10 cm, 10 a 20 cm, 20 a 30 cm e 90 a 100 cm, em Latossolo Vermelho-Amarelo, município de Palmas-TO

| Variáveis | Profundidade do solo | | | |
|------------------|-----------------------|------------|------------|-------------|
| | (0-10 cm) | (10-20 cm) | (20-30 cm) | (90-100 cm) |
| pH | H ₂ O | 5,13 | 5,01 | 5,13 |
| | KCl | 4,41 | 4,51 | 4,62 |
| Ca ²⁺ | | 0,15 | 0,09 | 0,11 |
| Mg ²⁺ | | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| Al ³⁺ | | 0,19 | 0,19 | 0,19 |
| H + Al | cmol dm ⁻³ | 9,20 | 8,70 | 8,00 |
| SB | | 0,22 | 0,15 | 0,16 |
| CTC(t) | | 0,41 | 0,34 | 0,35 |
| CTC(T) | | 9,42 | 8,85 | 8,16 |
| V | | 2,30 | 1,70 | 2,00 |
| M | % | 46,30 | 55,90 | 54,30 |
| ISNa | | 5,41 | 2,69 | 0,12 |
| MO | dag kg ⁻¹ | 4,13 | 3,49 | 3,62 |
| P-rem | mg dm ⁻³ | 11,00 | 9,40 | 9,70 |
| P | | 1,10 | 0,70 | 0,70 |
| K | | 9,00 | 7,00 | 7,00 |
| Na | | 5,10 | 2,10 | 0,10 |
| Zn | mg dm ⁻³ | 2,23 | 1,94 | 2,79 |
| Fe | | 50,20 | 46,70 | 41,20 |
| Mn | | 3,20 | 3,80 | 4,00 |
| Cu | | 0,04 | 0,00 | 0,11 |

pH em água, KCl – Relação 1:2,5; P, K e Na - extrator de Mehlich 1, Ca, Mg, Al - extrator KCl 1 mol L⁻¹; Fe – Zn – Mn – Cu - Extrator Mehlich 1; H + Al – extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol L⁻¹ – pH 7,0; CTC (t) - Capacidade de Troca Catiônica Efetiva; CTC (T) - Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; V - Índice de Saturação de Bases; M - Índice de Saturação de Alumínio; ISNa - Índice de Saturação de Sódio; Mat. Orgânica (M.O) = COrg x 1,724 - Walkley-Blanck; Prem - Fósforo Remanescente.

da por uma bomba de 2 cv, utilizada no recalque do efluente do tanque séptico (tratamento primário do esgoto sanitário produzido por 5.000 pessoas), mangueira de 50 mm de diâmetro e 250 m de comprimento, para conduzi-lo a dois reservatórios com capacidade de 500 e de 1.000 litros. Outro reservatório, com capacidade para 1.000 litros, foi colocado para receber água proveniente do poço.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, constituído por cinco tratamentos, com quatro repetições, assim definido:

- T_0 : aplicação de água de poço artesiano, 0 kg ha^{-1} de Na^+ (120 litros de água do poço artesiano);
- T_1 : aplicação de ETPES, numa dosagem de 75 kg ha^{-1} de Na^+ (30 litros de ETPES e 90 litros de água do poço artesiano);
- T_2 : aplicação de ETPES, numa dosagem de 150 kg ha^{-1} de Na^+ (60 litros de ETPES e 60 litros de água do poço artesiano);
- T_3 : aplicação de ETPES, numa dosagem de 225 kg ha^{-1} de Na^+ (90 litros de ETPES e 30 litros de água do poço artesiano); e
- T_4 : aplicação de ETPES, numa dosagem de 300 kg ha^{-1} de Na^+ (120 litros de ETPES).

A aplicação do ETPES foi feita sobre as folhas, utilizando-se um regador de forma a simular a aplicação por aspersão. A quantidade aplicada de água do poço artesiano e/ou de ETPES nas parcelas experimentais foi conforme estabelecido nos tratamentos, segundo o esquema de distribuição dos tratamentos nas parcelas experimentais.

Amostras do ETPES gerado no CEULP-ULBRA foram coletadas, devidamente acondicionadas em caixas de isopor com gelo e enviadas ao Laboratório de Qualidade de Água (LQA) do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa para análises físicas, químicas e microbiológicas.

As análises consistiram na medição do pH, utilizando-se um medidor de pH portátil – Orion 250 A, e da condutividade elétrica, por meio de um condutivímetro portátil. Além disso, foram realizadas as análises de demanda bioquímica de oxigênio, pelo método iodométrico; da demanda química de oxigênio, pelo método oxidimétrico em refluxo aberto e quantificadas as concentrações de fósforo, por espectrofotometria; potássio e de sódio, por fotometria de chama; e de nitrogênio total, pelo método Kjeldhal. A contagem de coliformes termotolerantes (*Escherichia coli*) e totais foi realizada no LQA, tendo sido utilizado o método cromogênico (substrato Colilert). As análises do efluente foram realizadas de acordo com o especificado no *Standard Methods for the Examination* (American Public Health Association – APHA, 1998).

Uma vez que as lâminas de efluente primário de esgoto sanitário foram estabelecidas para aplicação nas parcelas experimentais com base em doses de sódio, para o cálculo dessas lâminas, utilizou-se, como concentração referência, o valor de 50 mg L^{-1} de sódio no ETPES. Entretanto, ao verificar que no ETPES a concentração de sódio foi de 7 mg L^{-1} (incomum para esse tipo de efluente), optou-se por adicionar aproximadamente 110 g de NaCl (sal de cozinha) para cada 1.000 litros de ETPES, para que pudesse estabelecer a concentração de 50 mg L^{-1} de sódio no referido efluente.

Durante o período de aplicação do ETPES, foram realizados quatro cortes no capim, os quais ocorreram em intervalos de 25 a 35 dias, dependendo do desenvolvimento do vegetal.

Amostras de folhas, coletadas em cada parcela experimental, nos quatro cortes do capim, foram colocadas em estufa com circulação forçada de ar, em temperatura de 65 °C, por um período de 72 horas, para a pré-secagem. Procedeu-se a moagem das folhas em um moinho tipo Willey, acondicionando-se o pó em sacos de polietileno, identificados e selados. Posteriormente, foram enviadas ao Laboratório de Solos e Resíduos Sólidos do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, para serem efetuadas as análises químicas foliares e a quantificação das concentrações de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe, Mn e Na na matéria seca. Para a quantificação do nitrogênio total, utilizou-se o método de Kjeldahl. A quantificação das concentrações de fósforo, potássio e sódio foram feitas depois de efetuadas a digestão nítrico-perclórica das amostras, respectivamente por espectrofotometria e fotometria de emissão de chama. A quantificação das concentrações dos demais nutrientes foi feita em espectrofotômetro por emissão de plasma, segundo as técnicas descritas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa (1999).

Os dados foram submetidos às análises de variância e de regressão. Em seguida, as médias foram comparadas utilizando-se o teste de Dunnet 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, foi utilizado o programa estatístico SAEG 9.1 (2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os diferentes modelos estatísticos para a produtividade de matérias verde e seca estão representados nas Figuras 1 e 2, respectivamente, tendo sido ajustados modelos exponenciais, lineares e quadráticos para a matéria verde. Para a matéria seca, os modelos ajustados para o primeiro e quarto cortes foram quadráticos e lineares para o segundo e terceiro cortes.

Registrhou-se baixa produtividade no primeiro corte, nos diferentes tratamentos aplicados, sendo a menor delas obtida nas plantas do tratamento controle, que atingiu média de 944,2 kg ha⁻¹ de massa seca, inferior aos 1.200 kg ha⁻¹ considerados por Muller *et al.* (2002) como o mínimo aceitável para o consumo de bovinos em pastagens. Observou-se, no segundo corte, que as parcelas experimentais em que foram aplicadas as maiores taxas de ETPES apresentaram melhor aspecto visual, embora no tratamento controle não tenha sido observada deficiência nutricional. Nesse corte, a cultura apresentou maior produtividade de matérias verde e seca que nos outros, tendo os melhores resultados sido obtidos nas plantas submetidas aos tratamentos T₃ e T₄, que receberam maiores taxas de ETPES e, consequentemente, maior aporte de nutrientes.

Assim como nos cortes anteriores, no terceiro e quarto cortes as parcelas que receberam maior quantidade de ETPES tiveram maior produtividade de matérias verde e seca, conforme pode ser observado nas Figuras 1 e 2.

As concentrações médias de fósforo nas folhas do capim, para as diferentes taxas aplicadas de ETPES (Tabela 3), ficaram na faixa de 0,35 a 1,78 dag kg⁻¹. Segundo Freitas *et al.* (2007), esses valores são suficientes para suprir as necessidades de bovinos de corte e de leite e de ovinos. Para Malavolta *et al.* (1997), são adequados, já que concentrações foliares de P devem variar de 0,16 a 1,1 dag kg⁻¹. Houve tendência de decréscimo nessas concentrações com o envelhecimento da planta, e observou-se, ainda, que no segundo e terceiro cortes o capim que recebeu maior dose de ETPES apresentou concentração de

fósforo maior que os demais, havendo diferença significativa entre as médias (Tabela 3).

Os teores foliares de K variaram bastante entre as plantas, mesmo dentro do mesmo tratamento (Tabela 3). Malavolta *et al.* (1997) citaram que o teor de K em capim-mombaça varia entre 1,43 a 1,84 dag kg⁻¹. Observou-se que nos três primeiros cortes as concentrações de K estiveram sempre acima desses valores; entretanto, no último corte em nenhum dos tratamentos conseguiu-se alcançar níveis satisfatórios desse nutriente nas plantas, o que pode ter ocorrido em razão dos elevados teores do cátion Na⁺ no solo. Esse elemento pode ser adsorvido pelos coloides do solo, deslocando com isso o K⁺.

Os teores de N encontrados nas folhas, nos quatro cortes realizados, estiveram sempre acima daqueles descritos por Malavolta *et al.* (1997), que variam de 1,13 a 1,5 dag kg⁻¹ (Tabela 3), exceto nos tratamentos T₀ e T₂ do 4º corte. Verificou-se tendência de decréscimo na concentração desse nutriente no último corte, provavelmente devido à maior velocidade da expansão foliar no período de verão, proporcionando diluição da proteína bruta na folha. Freitas *et al.* (2007), estudando a composição químico-bromatológica do capim-mombaça, utilizando doses de 70, 140, 210, 280 kg ha⁻¹ de N, aplicadas na forma de ureia, no cerrado goiano, também encontraram valores de nitrogênio na faixa de 1,38 a 1,68 dag kg⁻¹, o que indica rápida disponibilização do N contido no ETPS utilizado neste trabalho. Além disso, pelo menos no que se refere a esse quesito, não foram detectados prejuízos à absorção decorrentes da presença de outros íons no ETPS.

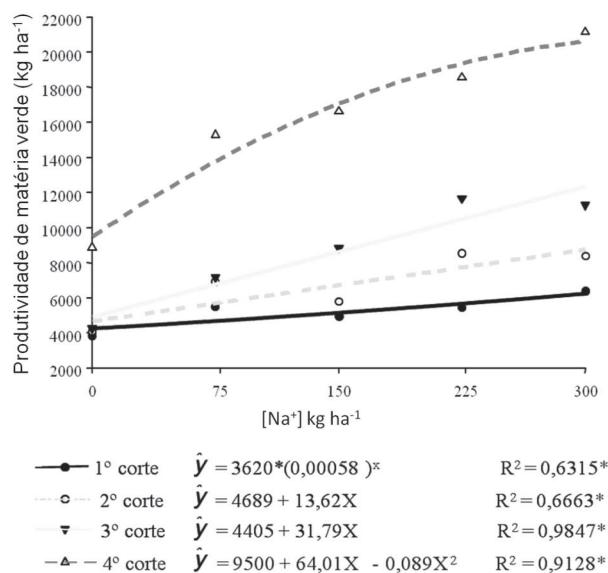


Figura 1. Produtividade de matéria verde das folhas de capim-mombaça nos diferentes cortes, como função da dose de sódio aplicada via efluente do tratamento primário de esgoto sanitário. Modelos de regressão significativos a 5% de probabilidade.

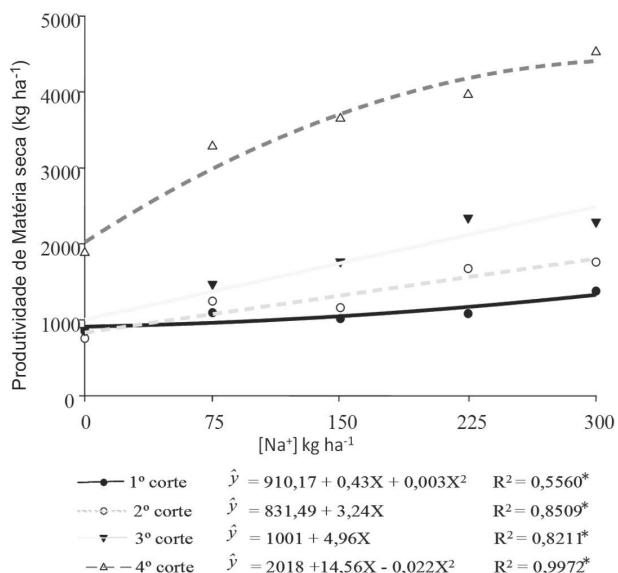


Figura 2. Produtividade de matéria seca do capim-mombaça, como função da dose de sódio aplicada via efluente do tratamento primário de esgoto sanitário, nos diferentes cortes. Modelos de regressão significativos a 5% de probabilidade.

Foram observados teores mais elevados de proteína bruta no segundo e terceiro cortes do capim, tendo a concentração proteica apresentado tendência de decréscimo com a maturidade da planta (Tabela 3). A redução nos teores de proteína bruta (PB) no final do ciclo do experimento pode ser explicada pelo maior envelhecimento da forragem disponível, associado à maior fração de forragem senescente e maior proporção de colmos com considerável desenvolvimento de tecidos estruturais (Roma, 2009). A concentração de proteína de uma planta depende essencialmente da quantidade de nitrogênio absorvido, nutriente presente em grande concentração no ETPES.

Sabe-se que teores de PB inferiores a 7% são limitantes à produção animal, causando menor consumo voluntário, redução na digestibilidade e balanço nitrogenado negativo (Machado *et al.*, 1998). Com base nessa afirmação, pode-se constatar que o capim-mombaça atenderia satisfatoriamente aos requerimentos mínimos desse nutriente para ruminantes em qualquer dos tratamentos aplicados, embora os teores de PB no capim coletado no 4º corte,

nos T₀ e T₂, estejam um pouco abaixo de 7% (Tabela 3). Torna-se importante ressaltar que, embora não sejam significativos os diferentes níveis de proteína bruta encontrados, a forrageira que recebeu maiores dosagens de esgoto sanitário tendeu a apresentar maior concentração proteica (Tabela 3).

Malavolta *et al.* (1997) considera adequados os teores de Ca e Mg foliares variando de 0,4 a 1,02 dag kg⁻¹ e de 0,12 a 0,22 dag kg⁻¹, respectivamente. Portanto, os teores de Ca estiveram abaixo daqueles descritos no 1º corte, provavelmente pelo fato de a calagem ter sido realizada poucos dias antes do plantio e no 4º corte. Os teores de Mg estiveram sempre acima daqueles descritos por Malavolta *et al.* (1997), exceto no 4º corte em todos os tratamentos.

Em relação à concentração de sódio na folha do capim, no primeiro corte apenas o tratamento que recebeu maior dose de ETPES diferiu estatisticamente dos demais. A partir do segundo corte, todos os tratamentos diferiram da testemunha, conforme pode ser observado na Tabela 3. No terceiro e quarto cortes, os tratamentos que recebe-

Tabela 3. Concentrações de nutrientes nas folhas do capim-mombaça, em quatro cortes, submetido a diferentes doses de sódio aplicadas via efluente do tratamento primário de esgoto sanitário

| Tratamentos/ Cortes | Concentração | | | | | | |
|---|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| | Mg (g kg ⁻¹) | Ca (g kg ⁻¹) | K (g kg ⁻¹) | P (dag kg ⁻¹) | N (g kg ⁻¹) | Na (g kg ⁻¹) | Proteína bruta (%) |
| 1.º corte | | | | | | | |
| Controle | 3,81 | 4,06 | 26,63 | 0,89 | 12,52 | 0,44 | 7,83 |
| 75 kg ha ⁻¹ Na ⁺ | 2,98 | 2,99 | 17,63 | 1,11 | 17,22 | 1,25 | 10,77 |
| 150 kg ha ⁻¹ Na ⁺ | 3,65 | 3,90 | 28,25 | 1,13 | 21,67* | 1,00 | 13,55* |
| 225 kg ha ⁻¹ Na ⁺ | 2,83 | 3,42 | 22,75 | 0,35 | 22,12* | 1,87 | 13,83* |
| 300 kg ha ⁻¹ Na ⁺ | 3,61 | 3,12 | 25,00 | 1,46 | 22,80* | 3,43* | 14,25* |
| 2.º corte | | | | | | | |
| Controle | 3,09 | 5,30 | 21,87 | 1,16 | 18,22 | 0,41 | 11,39 |
| 75 kg ha ⁻¹ Na ⁺ | 3,67 | 5,68 | 21,00 | 1,44 | 18,85 | 21,01* | 11,78 |
| 150 kg ha ⁻¹ Na ⁺ | 3,89 | 5,19 | 17,50 | 1,26 | 18,72 | 5,34* | 11,70 |
| 225 kg ha ⁻¹ Na ⁺ | 3,83 | 4,28 | 22,50 | 1,68* | 21,77 | 11,25* | 13,61 |
| 300 kg ha ⁻¹ Na ⁺ | 4,06 | 5,46 | 14,37* | 1,64* | 35,35* | 12,18* | 15,85* |
| 3.º corte | | | | | | | |
| Controle | 4,06 | 6,45 | 21,20 | 1,20 | 18,43 | 0,50 | 11,52 |
| 75 kg ha ⁻¹ Na ⁺ | 5,57 | 6,82 | 29,00* | 1,50 | 20,70 | 2,45* | 12,94 |
| 150 kg ha ⁻¹ Na ⁺ | 5,95 | 7,97 | 18,30 | 1,45 | 21,68 | 7,75* | 13,55 |
| 225 kg ha ⁻¹ Na ⁺ | 6,68 | 6,98 | 21,80 | 1,64* | 21,83 | 10,15* | 13,64 |
| 300 kg ha ⁻¹ Na | 6,98 | 6,84 | 20,70 | 1,78* | 22,38 | 12,60* | 13,99 |
| 4.º corte | | | | | | | |
| Controle | 0,74 | 2,31 | 8,75 | 0,74 | 10,88 | 0,35 | 6,80 |
| 75 kg ha ⁻¹ Na ⁺ | 0,98 | 2,40 | 10,25 | 0,98 | 12,18 | 4,70* | 7,61 |
| 150 kg ha ⁻¹ Na ⁺ | 1,01 | 2,63 | 7,75 | 0,90 | 10,28 | 6,50 * | 6,43 |
| 225 kg ha ⁻¹ Na ⁺ | 0,81 | 2,33 | 8,00 | 0,96 | 12,08 | 8,50* | 7,60 |
| 300 kg ha ⁻¹ Na ⁺ | 0,86 | 2,44 | 6,25 | 0,92 | 12,18 | 9,65* | 7,61 |

Em cada corte nas colunas as médias com asterisco diferem do tratamento controle pelo teste de Dunnett, a 5% de probabilidade.

ram maior dose de ETPES apresentaram maior teor de sódio na folha, em virtude do acúmulo desse nutriente no solo, proporcionado pela aplicação do ETPES.

Segundo Malavolta *et al.* (1997), as concentrações foliares de Fe devem estar na faixa de 100 a 150 mg kg⁻¹; as de Mn variam de 80 a 100 mg kg⁻¹; e as de Zn de 20 a 25 mg kg⁻¹. As concentrações encontradas no capim nos dife-

rentes cortes oscilaram valores acima e abaixo da amplitude descrita pelos autores supracitados (Tabela 4).

Assim como as concentrações de Mn e Zn no tecido foliar, observaram-se teores de cobre diferentes nas folhas do capim-mombaça (Tabela 4) daqueles descritos como normais por Malavolta *et al.* (1997), que estão na faixa de 7 a 10 mg kg⁻¹.

Tabela 4. Concentração de metais nas folhas do capim-mombaça, em quatro cortes, submetido a diferentes doses de sódio aplicadas via efluente do tratamento primário de esgoto sanitário

| Tratamentos/Cortes | Concentração (mg kg ⁻¹) | | | |
|---|-------------------------------------|---------------|---------------|-----------------|
| | Mn | Zn | Cu | Fe |
| 1.º corte | | | | |
| Controle | 110,26 ± 24,20 | 24,28 ± 8,94 | nd | 270,20 ± 19,88 |
| 75 kg ha ⁻¹ Na ⁺ | 61,15 ± 13,59 | 15,10 ± 5,58 | nd | 191,60 ± 32,47 |
| 150 kg ha ⁻¹ Na ⁺ | 109,98 ± 23,74 | 33,70 ± 3,78 | nd | 327,28 ± 24,22 |
| 225 kg ha ⁻¹ Na ⁺ | 84,53 ± 31,47 | 19,28 ± 6,55 | nd | 644,73 ± 824,10 |
| 300 kg ha ⁻¹ Na ⁺ | 119,00 ± 103,10 | 18,53 ± 5,48 | nd | 55,08 ± 76,65 |
| 2.º corte | | | | |
| Controle | 89,65 ± 13,64 | 16,98 ± 2,57 | 2,08 ± 0,83 | 307,15 ± 44,50 |
| 75 kg ha ⁻¹ Na ⁺ | 74,33 ± 48,26 | 13,65 ± 2,11 | 3,78 ± 1,60 | 299,90 ± 87,94 |
| 150 kg ha ⁻¹ Na ⁺ | 121,08 ± 40,69 | 16,98 ± 3,59 | 3,48 ± 1,61 | 360,95 ± 46,12 |
| 225 kg ha ⁻¹ Na ⁺ | 69,08 ± 15,00 | 16,28 ± 3,26 | 26,65 ± 45,58 | 345,28 ± 125,14 |
| 300 kg ha ⁻¹ Na ⁺ | 77,40 ± 22,39 | 16,53 ± 1,67 | 6,20 ± 3,73 | 313,53 ± 56,06 |
| 3.º corte | | | | |
| Controle | 78,15 ± 12,03 | 22,45 ± 0,98 | 10,35 ± 6,76 | 366,40 ± 180,97 |
| 75 kg ha ⁻¹ Na ⁺ | 87,65 ± 71,63 | 24,48 ± 3,84 | 6,40 ± 0,61 | 199,83 ± 66,94 |
| 150 kg ha ⁻¹ Na ⁺ | 69,80 ± 18,67 | 26,28 ± 6,76 | 5,40 ± 2,41 | 243,85 ± 122,76 |
| 225 kg ha ⁻¹ Na ⁺ | 50,15 ± 29,96 | 72,73 ± 90,53 | 4,40 ± 1,07 | 139,58 ± 51,37 |
| 300 kg ha ⁻¹ Na ⁺ | 61,47 ± 41,00 | 26,88 ± 6,34 | 5,40 ± 3,30 | 141,63 ± 52,02 |
| 4.º corte | | | | |
| Controle | 36,03 ± 5,37 | 12,83 ± 2,45 | 5,40 ± 0,76 | 606,57 ± 951,49 |
| 75 kg ha ⁻¹ Na ⁺ | 27,90 ± 6,46 | 12,98 ± 1,92 | 9,45 ± 7,55 | 231,07 ± 145,13 |
| 150 kg ha ⁻¹ Na ⁺ | 37,38 ± 10,73 | 14,48 ± 3,06 | 4,15 ± 1,16 | 110,45 ± 10,83 |
| 225 kg ha ⁻¹ Na ⁺ | 29,78 ± 11,26 | 17,08 ± 3,55 | 2,63 ± 1,03 | 109,20 ± 76,07 |
| 300 kg ha ⁻¹ Na ⁺ | 28,88 ± 3,70 | 19,50 | 2,40 ± 1,45 | 164,77 ± 72,70 |

Os valores representam a média e mais ou menos desvio padrão de cada tratamento nos diferentes cortes, nd – não determinado.

CONCLUSÕES

O capim-mombaça cultivado com a aplicação de ETPES não sofreu alterações significativas nas concentrações de nutrientes (fósforo, cálcio e magnésio) quando comparado ao cultivado sem a aplicação do ETPES. O teor de potássio, à exceção do T₄ e T₁, obtido respectivamente no segundo e terceiro cortes também não diferiu de T₀.

Verificou-se tendência de decréscimo na concentração de P com o envelhecimento da planta.

A fertirrigação com ETPES melhorou a qualidade da forragem, principalmente em razão do aumento nas concentrações de proteína bruta e níveis dos satisfatórios de nutrientes nos diferentes cortes realizados.

REFERÊNCIAS

- American Public Health Association – APHA (1998) Standard methods for the examination of water and wastewater. 20^a ed. Washington, APHA, AWWA, WEF. 1325p.
- Andrade IP, Montenegro AAA, Silva JAA, Freire MBGS & Santos TEM (2005) Impacto do reuso de efluentes de esgoto no lixiviado de solos cultivados com milho. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 9:212-216.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa (1999) Manual de métodos de análises do solo. 2^a ed. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 212p.
- Freitas KR, Rosa B, Rugierro JA, Nascimento JL, Heineman AB, Macedo RF, Naves MAT & Oliveira IP (2007) Avaliação da composição químico-bromatológica do capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq.) submetido a diferentes doses de nitrogênio. Bioscience Journal, 23:1-10.

- Larcher W (2006) *Ecofisiologia vegetal*. São Carlos, Rimas Artes e Textos. 531p.
- Lo Mônaco PA (2005) Fertirrigação do cafeeiro com águas residuárias da lavagem e descascamento de seus frutos. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 111p.
- Machado AO, Cecato U, Mira RT, Pereira LA & Damasceno JC (1998) Avaliação da composição química e digestibilidade in vitro da matéria seca de cultivares e acessos de *Panicum maximum* Jacq sob duas alturas de cortes. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, 27:1057-1063.
- Malavolta E, Vitti G & Oliveira SA (1997) *Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações*. 2^ªed. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo. 319p.
- Matos AT (2007) Disposição de águas residuárias no solo. Viçosa, AEAMG/DEA/UFV. 141 p. (Caderno didático, 38).
- Matos AT & Sedyama MAN (1996) Riscos potenciais ao ambiente pela aplicação de dejeto líquido de suínos ou compostos orgânicos no solo. In: Seminário Mineiro sobre Manejo e Utilização de Dejetos de Suínos, Ponte Nova. Anais, EPAMIG/CRZM. p. 24-34.
- Muller MS, Fancelli AL, Neto DD, Garcia AG & Ovelejo RFL (2002) Produtividade do *Panicum maximum* cv. Mombaça irrigado, sob pastejo rotacionado. *Scientia Agrícola*, 59:427-433.
- Roma CFC (2009) Produção e valor nutritivo da forragem, características morfogênicas e de perfilhamento do capim-tanzânia fertilizado ou não com nitrogênio sob pastejo. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Maringá, Maringá. 82p.
- Santos SS (2004) Influência da aplicação, via irrigação por gotejamento, de esgoto sanitário tratado na cultura do cafeeiro e no solo. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 70p.
- Santos SSS, Soares AA, Matos AT, Mantovani EC, Batista RO, Melo JC (2006) Contaminação microbiológica do solo e de frutos de cafeeiros fertirrigados com esgoto sanitário. Engenharia na Agricultura, 14:16-22.
- SAEG (2006) Sistema de análises estatísticas e genéticas Versão 9.1. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa. 142p.
- World Health Organization – WHO (1989) *Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture*. Geneva, WHO. 76p (Technical Report Series, 74).