

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

LARISSA CABRAL MILEN

**PRODUÇÃO E TEOR DE NUTRIENTES MINERAIS DE FORRAGEIRAS
CULTIVADAS EM RAMPAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO**

ALEGRE
2014

LARISSA CABRAL MILEN

**PRODUÇÃO E TEOR DE NUTRIENTES MINERAIS DE FORRAGEIRAS
CULTIVADAS EM RAMPAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito para obtenção do Título de Mestre em Produção Vegetal, na área de concentração Recursos Hídricos e Geoprocessamento em Sistemas Agrícolas. Orientador: Prof. D.Sc. Giovanni de Oliveira Garcia

ALEGRE

2014

LARISSA CABRAL MILEN

**PRODUÇÃO E TEOR DE NUTRIENTES MINERAIS DE FORRAGEIRAS
CULTIVADAS EM RAMPAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal, na área de concentração Recursos Hídricos e Geoprocessamento em Sistemas Agrícolas.

Prof. Dr. Giovanni de Oliveira Garcia
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador

Prof. Dr. Edvaldo Fialho dos Reis
Universidade Federal do Espírito Santo
Coorientador

Prof. Dr. José Francisco Teixeira do Amaral
Universidade Federal do Espírito Santo

Prof. Dr. Gercílio Alves de Almeida Júnior
Universidade Federal do Espírito Santo

Dedicatória

Aos meus pais J3sus Milen J3nior e Maria Em3lia Cabral Milen por todo esfor3o e dedica33o, sem os quais n3o teria realizado mais esta etapa de minha vida.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela vida, por me guiar e me proteger em todos os momentos.

Aos meus pais Jésus e Maria Emília pelo apoio constante, por serem meus exemplos de dignidade, luta e força de vontade e responsáveis pela minha formação e caráter, amo vocês.

Aos meus irmãos Melina e Higor, e minha cunhada Laís, pela amizade e companheirismo até mesmo nos momentos de ausência e aos demais familiares, em especial às tias Millene e Dionísia pelo apoio e incentivo.

Ao professor DSc. Giovanni de Oliveira Garcia pela orientação, pela confiança depositada e por todos os valiosos ensinamentos que ampliaram meus horizontes.

Ao professor DSc. Edvaldo Fialho dos Reis, sempre disposto a ajudar e contribuir para o melhor desenvolvimento do meu trabalho.

Aos professores, DSc. José Francisco Teixeira do Amaral e DSc. Gercílio Alves de Almeida Júnior, pela presença na banca e contribuições.

Ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES), pela oportunidade de realização do curso.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudo.

À colega, amiga, conselheira e parceira de experimento Ana Paula Almeida Bertossi, pelas valiosas discussões e experiências compartilhadas.

Aos eternos amigos de curso, não podendo deixar de citar Ariany, Marlla, Tatiane e Arêssa, pelo companheirismo e amizade.

Aos estudantes de iniciação científica, José Guilherme, Wesley, e Jorge pela força e trabalho.

Aos demais professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal.

Agradeço a todos que contribuíram para que este trabalho tivesse sucesso. Obrigada por poder contar com vocês, e desculpe aqueles que eu não tenha mencionado.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características químicas do esgoto doméstico bruto utilizado no experimento	14
Tabela 2 - Atributos físicos e químicos do solo utilizado no preenchimento das rampas.....	15
Tabela 5 - Produção em matéria seca (g) em função das forrageiras e das taxas de esgoto doméstico aplicadas	19
Tabela 6 - Produção em matéria seca (g) em função das seções da rampa e das taxas de esgoto doméstico aplicadas.....	20
Tabela 7 - Teor foliar de nitrogênio (dag/kg) em função das seções da rampa e das taxas de esgoto doméstico aplicadas	21
Tabela 8 - Teor foliar de nitrogênio (dag/kg) das forrageiras e faixa de suficiência para as culturas.....	22
Tabela 9 - Teor de fósforo (dag/kg) em função das forrageiras e das seções da rampa de tratamento	23
Tabela 10 - Teor de fósforo das forrageiras e faixa de suficiência para as culturas (dag/kg)	23
Tabela 11 - Teor foliar de fósforo (dag/kg) em função das seções da rampa de tratamento e das taxas de esgoto doméstico aplicadas	24
Tabela 12 - Teor foliar de potássio (dag/kg) em função das forrageiras e das taxas de esgoto doméstico aplicadas	25
Tabela 13 - Teor de potássio das forrageiras e faixa de suficiência para as culturas (dag/kg)	26
Tabela 14 - Teor foliar de cálcio (dag/kg) em função das forrageiras e das taxas de esgoto doméstico aplicadas	27
Tabela 15 - Teor de cálcio das forrageiras e faixa de suficiência para as culturas (dag/kg)	27
Tabela 16 - Teor de Magnésio (dag/kg) em função das forrageiras e das taxas de esgoto doméstico aplicadas.....	28
Tabela 17 - Teor foliar de magnésio (dag/kg) das forrageiras, faixa de suficiência para as culturas e exigência dietética de bovinos.....	29
Tabela 18 - Teor foliar de enxofre (dag/kg) em função das forrageiras e das taxas de esgoto doméstico aplicadas	30

Tabela 19 - Teor foliar de enxofre das forrageiras e faixa de suficiência para as culturas (dag/kg)	30
Tabela 20 - Teor foliar de ferro e cobre (mg/kg) em função das forrageiras e das seções da rampa de tratamento.....	31
Tabela 21 - Teores de manganês e cobre (mg/kg) em função das forrageiras e das taxas de esgoto doméstico aplicadas	32
Tabela 22 - Teores de zinco e boro (mg/kg) em função das taxas de esgoto doméstico aplicadas.....	32
Tabela 23 - Teor foliar de micronutrientes das forrageiras e faixa de suficiência para as culturas (mg/kg)	33

RESUMO

MILEN, Larissa Cabral. Universidade Federal do Espírito Santo, Julho de 2014. **Produção e teor de nutrientes minerais de forrageiras cultivadas em rampas de tratamento de esgoto doméstico.** Orientador: DSc. Giovanni de Oliveira Garcia. Coorientador: DSc. Edvaldo Fialho dos Reis.

A disposição de águas residuárias no solo é um método de tratamento que envolve mecanismos físicos, químicos e biológicos na remoção da carga orgânica e nutrientes contidos no efluente. Entre as técnicas de disposição no solo tem-se o escoamento superficial em rampas vegetadas, que se baseia na capacidade depuradora do sistema solo-planta para a remoção dos poluentes. Diante do exposto, objetivou-se com a realização deste trabalho estudar os efeitos da aplicação de esgoto doméstico bruto na produção e teor de nutrientes minerais em duas espécies de forrageiras adaptadas ao cultivo no outono/inverno. O experimento foi conduzido na área experimental do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES) e montado no esquema de parcelas sub-subdivididas 2 x 2 x 3, sendo nas parcelas espécies de forrageiras em dois níveis: aveia preta (*Avena strigosa Schreb.*) e azevém (*Lolium multiflorum Lam.*), nas subparcelas taxas de aplicação de efluentes em dois níveis: 50 e 100 kg/ha/dia de demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅) e nas sub-subparcelas seções da rampa de tratamento em três níveis: terço superior, terço intermediário e terço inferior, em um delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições. O plantio das forrageiras foi feito em rampas de tratamento de 3,0 x 0,9 x 0,25 metros (comprimento, largura e profundidade), dispostas a uma declividade de 5%. As rampas foram preenchidas com um solo retirado do perfil natural de um Latossolo Vermelho-Amarelo. O material vegetal foi cortado após 30 dias de aplicação do efluente e encaminhado para o laboratório onde foi determinada massa seca e determinação dos teores foliares de nutrientes. De acordo com os resultados obtidos conclui-se que não houve efeito significativo para as variáveis analisadas na interação forrageira x taxa x seções da rampa. A aveia preta apresentou maior produção em massa seca, e obteve resposta positiva em relação ao aumento da taxa de esgoto doméstico aplicada; por sua

vez, o azevém apresentou maior absorção de nutrientes, com exceção para o fósforo e manganês. A menor taxa de efluente aplicada proporcionou incremento no teor da maior parte dos nutrientes pelas forrageiras. No geral, as plantas apresentaram maior produção nas primeiras seções da rampa de tratamento, no entanto, este comportamento não foi observado no teor de todos os nutrientes.

Palavras-chave: Aveia preta, azevém, demanda bioquímica de oxigênio, escoamento superficial.

ABSTRACT

MILEN, Larissa Cabral. Universidade Federal do Espírito Santo, Julho de 2014.
Production and content of the mineral nutrient of forages grown on ramps treatment of domestic sewage. Orientador: DSc. Giovanni de Oliveira Garcia.
Coorientador: DSc. Edvaldo Fialho dos Reis

The disposal of wastewater in the soil is a treatment method that involves physical, chemical and biological mechanisms in the removal of organic load and nutrients in the wastewater. Among the techniques disposal in the soil has the superficial runoff in vegetated ramps, based on the scrubbing capacity of the plant-soil system for the removal of pollutants. Given the above, the aim with this work was to study the effects of the application of raw domestic sewage in the production and content of the minerals nutrients in two grass species adapted to cultivation in the fall/winter. The experiment was conducted at experimental area of the CCA-UFES and mounted on the sub-plot scheme 2 x 2 x 3 subdivided, and forage species in the plots of at two levels: black oat (*Avena strigosa Schreb.*) and ryegrass (*Lolium multiflorum Lam.*), the subplots application rates of effluent on two levels: 50 and 100 kg/ha/day biochemical oxygen demand (BOD₅) and the sub-subplots of the ramp sections treatment at three levels: upper, middle and lower third, in a completely randomized with five replications. The planting of forage was done on the ramps of 3.0 x 0.9 x 0.25 meters (length, width and depth), disposed at a slope of 5%. The ramps were filled with soil taken from the natural profile of a Red-Yellow. The plant material was cut after 30 days of application of effluent and sent to the laboratory where it was determined dry mass and of foliar nutrients concentrations. According to the results it was concluded that there was no significant effect for any variable in interaction rate x forage x sections of the ramp. The oats showed higher dry matter production, and obtained positive response regarding the increasing rate of applied sewage; turn ryegrass showed higher absorption of nutrients, except for phosphorus and manganese. The lowest rate applied effluent provided an increase in the concentration of most of the nutrients by the forage. Overall, the plants showed higher production in the

first sections of the ramp treatment, however, this behavior was not observed in the levels of all nutrients.

Keywords: Black oat, ryegrass, biochemical oxygen demand, runoff.

SUMÁRIO

1.0. INTRODUÇÃO	3
2.0. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1. Situação Hídrica Atual e Poluição por Esgoto Doméstico	5
2.2. Tratamento de Esgoto Doméstico por Disposição no Solo	7
2.2.1. Tratamento por Escoamento Superficial	8
2.2.2. Vegetação suporte em sistemas de tratamento de esgoto por escoamento superficial.....	10
3.0. MATERIAL E MÉTODOS	13
4.0. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
4.1. Matéria verde	Erro! Indicador não definido.
4.2. Matéria seca	19
4.3. Nitrogênio	21
4.4. Fósforo.....	22
4.5. Potássio	24
4.6. Cálcio.....	26
4.8. Magnésio	28
4.9. Enxofre	29
4.10. Micronutrientes	30
5.0. CONCLUSÃO	33
6.0. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

1.0. INTRODUÇÃO

A água é um bem indispensável e essencial a todas as formas de vida do planeta, seu uso sustentável torna-se cada vez mais necessário, pois os dejetos gerados após a sua utilização podem causar sérios prejuízos ao meio ambiente e a saúde humana quando não tratados ou dispostos em locais inadequados. .

Um dos requisitos básicos para se preservar a qualidade das águas é o desenvolvimento de sistemas de coleta e tratamento de esgotos domésticos eficientes. No entanto, segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), apenas 28,5% das cidades brasileiras realizam o tratamento de esgoto (IBGE, 2008). Em relação à zona rural e pequenas comunidades, devido às dificuldades como falta de mão de obra, preço e grandes distâncias das estações de tratamentos convencionais, a quase totalidade dos esgotos produzidos são lançados no solo ou corpos hídricos próximos as moradias, poluindo as águas dos próprios mananciais, que são utilizadas para o abastecimento da população.

Desta forma, grande parte dos rios brasileiros vem recebendo cargas de material orgânico e mineral tão alta que supera a capacidade de autodepuração destes corpos receptores, levando a instalação de processos poluidores fortemente prejudiciais aos sistemas aquáticos (LEITE et al., 2005). O tratamento dos esgotos torna-se questão prioritária para a diminuição da degradação dos recursos hídricos e a busca por tecnologias simples e eficientes, tanto nos aspectos econômicos, quanto nos ambientais é necessária para garantir condições sustentáveis de utilização deste recurso.

A disposição de efluentes no solo apresenta atrativos ambientais, como o controle da poluição e reciclagem de nutrientes e econômicos, por representar fonte alternativa de água e nutrientes, e pelos custos mais baixos de operação e manutenção. Desde que haja condições ambientais propícias para a ação dos organismos presentes no solo e não ocorra sobrecarga de aplicação do efluente, o solo apresenta condições de receber e decompor os poluentes encontrados no esgoto. O Brasil possui características favoráveis para a disposição de esgotos no solo, como clima adequado e disponibilidade de áreas devido à sua grande extensão territorial (CORAUCCI FILHO et al., 1999). A disposição de águas residuárias no solo, além de possibilitar a redução da poluição hídrica, pode

elevar a produtividade e a qualidade das culturas agrícolas e ainda promover melhorias em algumas propriedades físicas do solo (RIBEIRO et al., 2009).

Dentre os métodos de disposição no solo, tem-se o escoamento superficial, no qual o efluente é aplicado na parte superior de uma rampa vegetada, ficando sujeito ao escoamento superficial, condição que possibilitará sua depuração ao longo da rampa de tratamento. À medida que o efluente escoar, sofre ação de processos físicos, químicos e biológicos que reduzem sua carga poluidora. O nível de purificação do efluente final sofre interferência da temperatura, da precipitação pluviométrica, do solo, das características do esgoto e do tipo de cobertura vegetal (CORAUCCI FILHO et al., 1999). Os sólidos em suspensão são filtrados e a matéria orgânica é oxidada pela ação das bactérias. A vegetação utiliza a água e os nutrientes para seu desenvolvimento, garante proteção ao solo contra erosão e fornece uma camada suporte na qual os microrganismos se estabelecem. A produção e a remoção de nutrientes pelos vegetais são fatores importantes que devem ser considerados na escolha da vegetação para maximizar a remoção da carga poluidora do efluente.

Assim objetivou-se com este trabalho avaliar os efeitos da aplicação de taxas de esgoto doméstico bruto, calculadas a partir da demanda bioquímica de oxigênio (DBO_5), na produção e teor de nutrientes minerais de duas espécies de forrageiras de inverno utilizadas no sistema de tratamento por escoamento superficial no solo. Espera-se que as informações fornecidas contribuam para o desenvolvimento de critérios para a seleção bem sucedida da vegetação, a fim de melhorar a eficiência do tratamento de efluentes.

2.0. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1. Situação Hídrica Atual e Poluição por Esgoto Doméstico

A água é uma substância essencial para a sobrevivência de todas as formas de vida do planeta. A Terra, apelidada de “planeta água”, por possuir pouco mais de dois terços de sua superfície coberta por este recurso, possui apenas 2,5% de toda essa reserva representada por água doce. No entanto, 68,9% da água doce encontram-se nas calotas polares, geleiras e neves que cobrem os cumes das montanhas mais altas da terra e 30,8% constituem as águas subterrâneas, restando apenas 0,3% de água doce nos rios e lagos, que é a forma mais facilmente disponível para o consumo humano (REBOUÇAS, 2006).

A preocupação em relação à disponibilidade de água não está relacionada apenas com a quantidade, mas também com a desigualdade na sua distribuição e qualidade. O Brasil, por exemplo, possui uma posição privilegiada em relação à maioria dos países quanto ao volume de recursos hídricos. No entanto, mais de 73% da água doce superficial encontra-se na bacia Amazônica que é habitada por menos de 5% da população, restando apenas 27% dos recursos hídricos disponíveis para os demais 95% da população (LIMA, 2001).

Este fato demonstra a necessidade de preservação e uso sustentável dos recursos hídricos principalmente nas áreas de escassez. Entende-se por uso do recurso hídrico qualquer atividade humana que, de algum modo, altere as condições naturais tanto das águas superficiais quanto das subterrâneas. Grande parte dos efeitos das atividades humanas sobre as águas é poluidor; como o lançamento de esgotos urbanos e industriais que provocam poluição orgânica e bacteriológica, além de despejar substâncias tóxicas e elevar a temperatura das águas; a irrigação que carrega agrotóxicos e fertilizantes; e a navegação, que pode lançar óleos e combustíveis nos corpos hídricos (BORSOI; TORRES, 1997).

Nas últimas décadas, o consumo de água vem aumentando significativamente, devido ao crescimento acelerado da população, que quadruplicou seu número no último século, ao desenvolvimento industrial e também à expansão do cultivo irrigado (COSTA; BARROS, 2005).

Somado ao aumento do consumo de água observa-se uma crescente

poluição dos corpos hídricos devido ao lançamento diário de esgotos sanitários sem nenhum tratamento ou parcialmente tratados. Entende-se por poluição das águas a adição de substâncias ou de formas de energia que alteram a natureza do corpo hídrico de forma a prejudicar sua utilização (VON SPERLING, 2005). De acordo com a norma brasileira NBR 9.648 (ABNT, 1986) o esgoto doméstico é definido como o despejo líquido resultante do uso da água para a higiene e necessidades fisiológicas humanas.

Os esgotos domésticos brutos adquirem características diversas resultantes do tipo de uso que sofreram, no entanto, são basicamente constituídos de água e uma parcela de impurezas que lhes confere características bastante acentuadas, como matéria orgânica, nutrientes e microrganismos que podem ser patogênicos. Quando voltam ao meio ambiente tendem a exercer ações deletérias no corpo hídrico receptor, resultando em consequências indesejáveis como contaminação microbiológica, eutrofização, aumento da turbidez, maus odores entre outras que tornam a qualidade da água imprópria para diversos usos (CERQUEIRA, 2004).

Considerando dados da PNSB (IBGE, 2008), estima-se que são lançadas em corpos d'água cargas de esgotos domésticos na ordem de 5,5 mil t DBO₅/dia e que apenas 28,5% das cidades brasileiras realizam o tratamento de esgoto. A contaminação da água no meio rural não é uma realidade diferente, pelo contrário, é uma situação ainda mais preocupante. Na zona rural e em pequenas comunidades o acesso às medidas de saneamento é menor e as atividades agropecuárias são altamente impactantes, poluindo as águas dos mananciais, que são utilizadas para o abastecimento da população. Nestas regiões é alta a incidência de doenças causadas pela utilização de água de má qualidade (SALARO JÚNIOR, 2008).

Em épocas passadas, com uma menor população, a menor quantidade de esgoto gerada era rápida e facilmente diluída e depurada por processos naturais, não causando grandes problemas aos mananciais e ao abastecimento da população. No entanto, atualmente a carga de material orgânico e mineral lançada em grande parte dos rios brasileiros é tão alta que supera a capacidade de autodepuração destes corpos receptores, gerando um grande problema ambiental (LEITE et al., 2005).

Desta forma, controlar a qualidade dos recursos hídricos é uma tarefa indispensável para a manutenção da saúde da população. De acordo com a FUNASA (2010), cada R\$1,00 investido no setor de saneamento, representa cerca de R\$ 4,00 economizados com saúde. O que demonstra a grande vantagem do tratamento e/ou disposição adequada desses esgotos para a proteção da saúde pública.

2.2. Tratamento de Esgoto Doméstico por Disposição no Solo

O tratamento de esgoto busca a remoção dos poluentes contidos neste efluente. Existem diversas técnicas para o tratamento ou recuperação de águas residuárias, algumas possuem custos elevados e operações complexas, no entanto, é possível encontrar alternativas com custos mais baixos e tecnologias mais simples (GASI, 1988). No Brasil diversas metodologias para o tratamento de efluentes estão sendo estudadas a fim de adequá-las à realidade brasileira, alguns exemplos são os reatores anaeróbios de fluxo ascendente por meio de lodo; os decanto-digestores seguidos de filtro anaeróbios; as lagoas de estabilização e as diferentes formas de disposição controlada no solo (ANDRADE NETO; CAMPOS, 1999).

Processos de tratamento naturais são em grande parte alternativas apropriadas, por possuírem baixos custos de instalação e operação e fácil operação (TAEBI; DROSTE, 2008). O termo “sistemas naturais” é utilizado por muitos pesquisadores para designar os sistemas de tratamento não convencionais, onde a interação entre a força gravitacional, os microrganismos, o solo e as plantas são responsáveis pela purificação do efluente não necessitando, portanto, de outras fontes de energia não renováveis (REED et al., 1995).

Existem diferentes métodos de sistemas naturais que buscam aliar a melhoria da qualidade ao uso agrícola de efluentes. Segundo Cerqueira (2004) um método que reúne o tratamento e o reúso é o tratamento por disposição no solo. A disposição controlada de esgotos no solo constitui uma das formas mais antigas de disposição final de efluentes e tem se mostrado eficiente na remoção de microrganismos patogênicos e nutrientes eutrofizantes. Surgiu inicialmente

como forma de tratamento, mas despertou o interesse de agricultores para sua aplicação em cultivos agrícolas (MARA; CAIRNCROSS, 1989; LUCAS FILHO et al., 2001).

A disposição de águas residuárias no solo é uma alternativa interessante, principalmente em regiões de clima tropical e com disponibilidade de áreas, como é o caso do Brasil. Permite o reaproveitamento de água, matéria orgânica e nutrientes, diminuindo a utilização de fertilizantes químicos, proporcionando dessa forma, não apenas benefícios econômicos como também redução dos impactos causados pelo lançamento de esgoto nos corpos hídricos (SINGH et al., 2012). Estudos já demonstraram que a aplicação de águas residuárias no solo, desde que adequadamente manejadas, aumentam significativamente a produtividade agrícola de diversas culturas, substituindo eficientemente a água limpa (ERTHAL et al., 2010).

O objetivo de se utilizar o solo como meio de tratamento de águas residuárias está ligado ao aproveitamento do filtro natural formado pelas plantas, microrganismos e pelas propriedades de adsorção química e física do solo. Os microrganismos possuem a capacidade de transformar a matéria orgânica em compostos mais simples, utilizando-se dessa matéria orgânica para obter alimento e produzir energia. Como resultado final, tem-se um efluente tratado e um solo revitalizado (HUBBARD et al., 1987; CORAUCCI FILHO et al., 2001). No entanto, o conhecimento da capacidade suporte do sistema solo-planta é essencial para que a disposição de efluentes não cause efeitos negativos nas características do solo, como a salinização (MATOS; SEDIYAMA, 1995).

2.2.1. Tratamento por Escoamento Superficial

Uma alternativa de disposição controlada de efluentes no solo é o escoamento superficial. Neste sistema, a cobertura vegetal cresce em um terreno inclinado e relativamente impermeável, o efluente é aplicado na parte superior do leito, que flui lentamente sobre a rampa vegetada. Processos químicos, físicos e biológicos que ocorrem no solo e a capacidade de absorção de nutrientes e produção de biomassa pela vegetação são responsáveis pela remoção de

poluentes do efluente que é recolhido posteriormente ao final da rampa (PARANYCHIANAKIS et al., 2006).

Como em outros sistemas de tratamento natural de efluentes, o desempenho do escoamento superficial depende do solo, das características do efluente, da cobertura vegetal, da carga hidráulica e orgânica, do comprimento das rampas de tratamento, da inclinação e do clima; para cada condição específica, dados adicionais de construção e operação do sistema serão necessários (WEN et al., 2007; TAEBI; DROSTE, 2008).

O desempenho de sistemas de escoamento superficial já foi estudado por diversos autores e os dados obtidos a partir destes estudos indicam que o sistema pode atingir uma redução da DBO₅ e sólidos suspensos totais (SST) de aproximadamente 90%, de nitrogênio entre 70 a 90% e de fósforo total entre 40 a 60% (TAEBI; DROSTE, 2008). Na Flórida, por exemplo, resultados obtidos por Overman e Wolfe (1989) utilizando um sistema de tratamento por escoamento superficial que recebeu efluente doméstico secundário indicaram remoção de cerca de 90% de DBO₅ e SST. Surampalli et al. (1996) avaliando o desempenho de um sistema de escoamento superficial sob condições de inverno e de verão, obtiveram eficiências médias de remoção de DBO₅ e SST de 89% e 85%, respectivamente, nos dias mais quentes, e 81% e 69%, respectivamente, na estação fria.

No Brasil, são poucos os registros da utilização do escoamento superficial para o tratamento de esgotos domésticos. No entanto, na década passada as universidades em parcerias com as companhias de saneamento iniciaram experiências bem sucedidas de tratamento, utilizando forrageiras, dentre estas é possível citar:

- Populina-SP: implantada pela Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo (SABESP), em 1984, esta estação de tratamento de esgoto por escoamento superficial no solo tem capacidade para receber e tratar 12 L/s. A vegetação utilizada é a *Brachiaria humidicola*, e a eficiência na remoção de DBO₅ e DQO (demanda química de oxigênio) alcançada é em média 85% e 81%, respectivamente (TERADA et al., 1985).

- Vila Varejão-DF: em parceria com a Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB), a estação de tratamento por escoamento superficial

tem capacidade de atender 4000 habitantes, utilizando a taboa (*Typha latifolia*) e alcança eficiência de 86,7% de remoção de DBO₅ e 95,9% na remoção de sólidos suspensos totais (BERNARDES; SOUZA, 1996).

- Cana Brava-MG: a estação implantada pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA) possui capacidade de tratamento de esgoto de 3 L/s, sendo utilizada a forrageira *Brachiaria humidicola*, e apresentando redução média de 83% na DBO₅ (FREIRE, 1997).

- Itabirito-MG: em 1996 foi implantada uma unidade piloto de tratamento de esgoto por escoamento superficial pela Universidade Federal de Minas Gerais, a qual utiliza também a forrageira *Brachiaria humidicola*, obtendo eficiências médias de remoção DQO e DBO₅, variando de 48 a 53% (ARAÚJO et al., 1991).

Apesar da eficiência demonstrada por diversos estudos ainda existe uma preocupação em relação à aplicação de efluente no solo, devido à possibilidade de contaminação ambiental. Dessa forma, se faz necessária à compreensão dos mecanismos que afetam o destino e o transporte de nutrientes, a fim de se avaliar com precisão os riscos ecológicos, permitindo a adoção de modelos adequados de gestão de modo a tornar esta prática compatível com os rigorosos padrões ambientais e de saúde atualmente definidos pelos órgãos ambientais (TZANAKAKIS et al., 2009).

Outras questões que ainda precisam ser abordadas para se alcançar melhor entendimento e eficiência sobre a técnica de escoamento superficial e ampliar sua aplicação são as taxas hidráulicas e orgânicas ideais; o impacto para as gramíneas; os efeitos nas características do solo, que são importantes na medida em que determinarão o tempo de vida do sistema e a necessidade de substituição do solo, caso as características deste forem desfavoráveis para o crescimento das plantas; e o efeito de poluentes acumulados no tecido vegetal, uma vez que as gramíneas poderão ser utilizadas na alimentação animal (WEN et al., 2007).

2.2.2. Vegetação suporte em sistemas de tratamento de esgoto por escoamento superficial

No escoamento superficial de águas residuárias sobre o solo, a vegetação tem fundamental influência na eficiência de remoção dos nutrientes contidos no efluente, evitando seu acúmulo no solo, que podem levar a salinização e contaminação dos lençóis freáticos. A cultura ideal deve ser tolerante às condições de umidade, baixa oxigenação e alta salinidade e pouco suscetível a pragas e doenças (MATOS; EMMERICH; RUSSO, 2001).

As principais funções da cobertura vegetal nos sistemas de tratamento de efluentes por escoamento superficial, citadas por Paganini (1997) são:

- Proteção contra erosão: a vegetação proporciona uma superfície com obstáculos, o que reduz a velocidade do fluxo, além de redistribuí-los, evitando os caminhos preferenciais;
- Remoção de nutrientes: a vegetação retira os macro e micronutrientes presentes no efluente e utilizam para seu desenvolvimento e reprodução;
- Suporte de microrganismos: o colo da planta suporta a formação do biofilme onde se desenvolvem os microrganismos e que funciona como filtro biológico.

Em um estudo realizado por Thawale, Juwarkar e Singh (2006) na Índia, utilizando a disposição de esgoto no solo foi observado um decaimento de DBO_5 entre 80 a 94,3% nos solos vegetados e 68 a 79% nos não vegetados. A remoção de nitrogênio e fósforo também demonstrou a importância das plantas neste sistema; a remoção de nitrogênio, por exemplo, foi de 60 a 76,2 % nos solos vegetados, em contraste com 25 a 32 % nos não vegetados. Neste estudo, observou-se também aumento no crescimento das plantas que receberam o esgoto, em comparação com aquelas que receberam apenas água de poço.

Nos sistemas de tratamento por escoamento superficial tem-se utilizado espécies forrageiras. Esse tipo de vegetação permite o desenvolvimento de microrganismos decompositores da matéria orgânica em seu sistema radicular, controla bem a erosão e produz elevada massa verde, absorvendo grandes quantidades de nutrientes do solo (BERTONCINI, 2008).

A quantidade de biomassa e o teor de nutrientes dos tecidos vegetais são fatores importantes que devem ser considerados na escolha da vegetação para maximizar a remoção de nutrientes. A seleção de espécies de plantas com uma alta capacidade de produção de biomassa aliada a práticas de gestão que

induzem o aumento desta produção resultaram em maior remoção de nutrientes (PARANYCHIANAKIS et al., 2006).

É essencial que as culturas utilizadas como cobertura vegetal, em sistema de tratamento por escoamento superficial, sejam eficientes, sobretudo na remoção de nitrogênio, pois este quando mineralizado se transforma em nitrato, um ânion de alta mobilidade que pode vir a contaminar as águas subterrâneas (MATOS et al., 2003).

Na escolha das forrageiras a serem utilizadas no tratamento de efluentes, deve-se preferir espécies perenes, que suportem cortes frequentes e sucessivos, e que apresentem rápida recuperação após o corte, que sejam predominantes sobre espécies invasoras, possuam fechamento homogêneo e denso e sejam aceitáveis aos animais; outras características desejáveis são: boa adaptação às condições de clima e solo locais, baixa susceptibilidade a pragas e doenças e tolerância à salinidade e toxicidade a íons específicos (CORAUCCI FILHO et al., 1999).

As taxas de aplicação de efluente necessárias para suprir a evapotranspiração da cultura geralmente excedem a capacidade da vegetação de absorver os nutrientes (PARANYCHIANAKIS et al., 2006). Este desequilíbrio é agravado em regiões áridas e semi-áridas, com elevadas taxas de evapotranspiração. Dessa forma, o referencial para se definir as taxas de aplicação de efluentes não deve ser lâminas calculadas em função da evapotranspiração da cultura e, sim, da capacidade do sistema solo-planta em absorver o resíduo aplicado sem comprometer a qualidade do solo, da planta nem das águas subterrâneas (ERTHAL et al., 2010).

A avaliação da composição química-bromatológica das forrageiras utilizadas em sistemas de tratamento de esgoto doméstico é fundamental para o controle da eficiência do tratamento. É importante ressaltar que, como a avaliação das forrageiras é feita para que se possa escolher a espécie que melhor se adapte às condições de cultivo em uma rampa de tratamento por escoamento superficial, a produção de forragem não deve ser vista como o objetivo principal de seleção da espécie.

3.0. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, no município de Alegre/ES, no período de julho a dezembro de 2013. O local possui coordenadas geográficas 20°45'2,3" de latitude Sul e 41°29'17,7" de longitude Oeste, e altitude de 119 m. O clima típico da região é quente e úmido no verão e seco no inverno, a temperatura média e a precipitação durante o período de experimento foram, respectivamente, 23,5 °C e 788,2 mm (Figura 1).

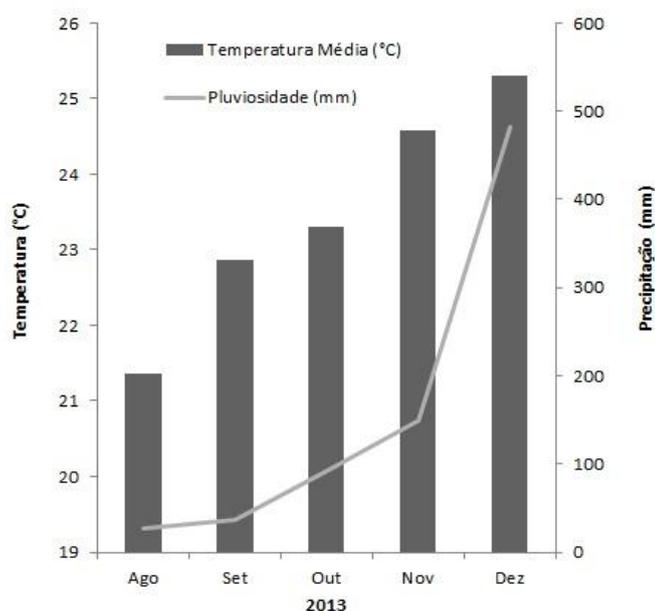


Figura 1 - Valores de temperatura média e precipitação obtida durante o período experimental.

O esgoto doméstico bruto utilizado no experimento foi proveniente de fossas sépticas de comunidades rurais dos Municípios de Jerônimo Monteiro e Cachoeiro de Itapemirim, Espírito Santo. O efluente foi captado nas fossas e transportado em veículos com reservatórios adaptados até o local do experimento. O efluente foi armazenado em dois reservatórios com capacidade de 5.000 litros cada, e diariamente foi conduzido até um sistema de tratamento

preliminar composto de filtros de tela com malha de 2 milímetros e um tanque de 500 litros para decantação, e assim ser destinado a aplicação nas unidades experimentais (Figura 2). Quinzenalmente, foram coletadas amostras do efluente e encaminhadas ao laboratório para caracterização química conforme metodologia preconizada por Silva e Oliveira (2001), os resultados obtidos encontram-se na Tabela 1.



Figura 2 - Abastecimento dos reservatórios com esgoto doméstico bruto (1A e 1B) e filtragem do esgoto doméstico bruto (1C)

Tabela 1 - Características químicas do esgoto doméstico bruto utilizado no experimento

Parâmetros avaliados	Quinzenas			
	1°	2°	3°	4°
pH	7,5	7,5	8,0	7,8
Condutividade elétrica (dS/m)	1,30	0,70	0,70	0,45
Potássio (mg/L)	52,00	20,00	29,00	9,00
Sódio (meq/L)	4,56	2,08	2,08	1,16
Ferro (mg/L)	3,08	2,09	0,04	1,37
Fosfato (mg/L)	2,03	1,51	0,15	0,70
Nitrato (mg/L)	18,40	5,20	20,30	2,70
Sulfato (meq/L)	0,56	0,53	1,13	0,48
Boro (mg/L)	0,16	0,09	0,04	0,03
Cálcio (meq/L)	1,62	1,7	2,75	2,28
Magnésio (meq/L)	0,61	0,43	0,34	0,28
Manganês (mg/L)	0,01	0,01	0,01	0,01
Zinco (mg/L)	0,01	0,01	0,01	0,01
Cobre (mg/L)	0,01	0,01	0,01	0,01
Razão de absorção de sódio (cmol _e /L)	4,32	2,01	1,67	1,02

Para a construção das rampas de tratamento foram utilizadas 10 calhas de fibrocimento com dimensões de 3,0 x 0,9 x 0,25 metros (comprimento, largura e profundidade), dispostas a uma declividade de 5%. Estas foram preenchidas com uma camada de aproximadamente 5, 0 cm de brita e solo de textura média coletado no perfil natural de um Latossolo Vermelho-Amarelo existente na área experimental do Centro de Ciências Agrárias (CCA-UFES). Após a coleta, o solo foi seco ao ar, peneirado em malha de 4 mm e depositado em igual massa em cada unidade experimental. Uma amostra do solo foi coletada e encaminhada ao laboratório para determinação dos atributos físicos e químicos do solo (Tabela 2) conforme metodologia proposta pela Embrapa (2009).

Tabela 2 - Atributos físicos e químicos do solo utilizado no preenchimento das rampas

Atributo	Valores
pH	5,4
Cálcio (cmol _c /dm ³) ¹	1,3
Magnésio (cmol _c /dm ³) ¹	0,5
Fósforo (mg/dm ³) ²	3,3
Potássio (mg/dm ³) ³	101
H + Al (cmol _c /dm ³) ⁴	2,15
Alumínio (cmol _c /dm ³) ⁵	0,0
Matéria Orgânica (dag/kg)	1,86
Sódio (mg/dm ³) ³	0,0
Índice de saturação por sódio (%)	0,0
Soma de bases (cmol _c /dm ³)	2,06
Capacidade de Troca de Cátions Efetiva (cmol _c /dm ³)	2,06
Capacidade de Troca de Cátions Total (cmol _c /dm ³)	4,21
Saturação por Bases (%)	38,25
Saturação por Alumínio (%)	0,0
Ferro (mg/dm ³) ⁶	127,4
Cobre (mg/dm ³) ⁶	2,0
Zinco (mg/dm ³) ⁶	5,5
Manganês (mg/dm ³) ⁶	77,2
Boro (mg/dm ³) ⁷	0,3

Areia (%)	64,015
Silte (%)	5,59
Argila (%)	35,22

1. Extraído com cloreto de potássio 1 mol L^{-1} e determinado por titulometria; 2. Extraído por Mehliche-1 e determinado por calorimetria; 3. Extraído por Mehlich-1 e determinado por fotometria de chama; 4. Extraído com acetato de cálcio $0,5 \text{ mol L}^{-1}$, pH 7,0 e determinado por titulação; 5. Extraído com cloreto de potássio 1 mol L^{-1} e determinado por espectrofotômetro de absorção atômica; 6. Determinado por espectrofotômetro de absorção atômica; 7. Determinado por via seca e leitura em calorimetria (EMBRAPA, 2009).

O experimento foi montado no esquema de parcelas sub-subdivididas 2x2x3, sendo nas parcelas espécies de forrageiras em dois níveis: aveia preta (*Avena strigosa*) e azevém (*Lolium multiflorum*), nas subparcelas taxas de aplicação do esgoto doméstico no tempo em dois níveis: 50 e 100 kg/ha/dia de DBO_5 e nas sub-subparcelas seções da rampa de tratamento em três níveis: terço superior, terço intermediário e terço inferior, em um delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições.

O plantio das forrageiras foi realizado diretamente nas unidades experimentais que receberam adubação mineral conforme exigência nutricional e disponibilidade de nutrientes no solo. As sementes foram semeadas de maneira a cobrir toda a superfície das rampas, a fim de promover a mesma uniformidade de plantas em todas as unidades experimentais, que foram irrigadas até o seu completo estabelecimento, que ocorreu 45 dias após o plantio.

Transcorrido esse período, foi realizado um corte de uniformidade das plantas a 5,0 cm de altura do solo e iniciou-se a aplicação do esgoto doméstico de forma a satisfazer as quantidades determinadas para cada taxa de aplicação, por um período de 28 dias.

O esgoto doméstico foi aplicado por gravidade na parte superior das unidades experimentais, por meio de tubulações perfuradas que continham cada uma, um registro para regulação da vazão aplicada (Figura 3). A aplicação do esgoto se deu cinco dias por semana (de segunda a sexta) por 6 horas/dia.



Figura 3 – Rampas de tratamento (3A) e sistema de registros e tubulações perfuradas utilizados para aplicação do esgoto doméstico nas rampas de tratamento (3B).

Para a correta aplicação da taxa diária de esgoto doméstico é necessário o conhecimento da DBO_5 no momento da aplicação. No entanto, o valor exato desta característica só é possível após cinco dias de incubação das amostras de água residuária. Nesse sentido o controle da DBO_5 do esgoto doméstico foi feito por meio de estimativa obtida a partir de cálculos efetuados utilizando-se uma equação matemática que relaciona a condutividade elétrica com a DBO_5 do esgoto doméstico.

A referida equação (Eq. 1) foi obtida pela determinação de amostras de esgoto doméstico bruto coletado assim que abastecidos os tanques. Com as amostras em laboratório determinou-se a condutividade elétrica (CE) do efluente e sua respectiva DBO_5 , obtendo assim a equação para aplicação das taxas de efluente de EDB.

$$\hat{Y} = 416,05 \times CE^{0,1092} \quad R^2 = 0,9974$$

Eq.1

Transcorridos os 28 dias de aplicação do esgoto doméstico foi feito o corte do material vegetal a 5,0 cm da superfície. A área útil de corte de cada unidade foi dividida em três seções de $0,25 \text{ m}^2$ cada (terço superior, terço intermediário e

terço inferior) e os cortes foram feitos manualmente, com o auxílio de uma tesoura apropriada para cortes de forrageiras ao fim da aplicação de cada taxa de efluente (Figura 4).



Figura 4 - Corte manual das forrageiras em cada seção de corte nas unidades experimentais.

O material vegetal cortado foi acondicionado em sacos de papel devidamente identificados e imediatamente pesado no próprio local do experimento, por meio de balança digital, para quantificação da massa verde; em seguida foi levado a estufa com circulação forçada de ar, a $65\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$, até atingir massa constante, para determinação da massa seca (SILVA; QUEIROZ, 2002). O material seco foi moído em moinho tipo Willey com peneira de 30 mesh de malha, acondicionado em sacos de papel e encaminhado ao laboratório para determinação dos teores foliares de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, cobre, zinco e manganês conforme preconizado pela EMBRAPA (2009).

Os dados foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$) e quando significativo foi aplicado o teste Tukey para $p \leq 0,05$, utilizando o software computacional SAEG 9.1.

4.0. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Matéria seca

Verifica-se na análise de variância (APÊNDICE A), que para o rendimento em matéria seca das forrageiras não houve efeito significativo ($p \leq 0,05$) nas interações forrageira x taxa x seção e forrageira x seção; sendo significativas as interações forrageira x taxa e taxa x seções da rampa de tratamento.

No desdobramento da interação forrageiras x taxa apresentado na Tabela 5, observa-se que não houve diferença entre a matéria seca das forrageiras quando foi utilizada a taxa de 50 kg/ha/dia de DBO₅, no entanto para a taxa de 100 kg/ha/dia de DBO₅ a aveia preta apresentou maior incremento de matéria seca em relação ao azevém. Por sua vez, analisando os resultados entre as taxas aplicadas, observa-se que ao proporcionar aumento da taxa de aplicação, a aveia preta apresentou maior e o azevém menor acúmulo de matéria seca. Estes resultados indicam que a aveia preta apresentou tolerância ao acréscimo das condições salinas no solo.

Tabela 3 - Produção em matéria seca (g) em função das forrageiras e das taxas de esgoto doméstico aplicadas

Forrageiras	Taxas	
	50 kg/ha/dia	100 kg/ha/dia
Azevém (<i>Lolium multiflorum</i>)	36,33 A a	23,29 B b
Aveia preta (<i>Avena strigosa</i>)	31,29 A b	63,39 A a

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula em coluna e minúscula em linha não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey

Estes resultados confrontam os obtidos por Fia et al. (2010) em sistemas alagados construídos para o tratamento das águas residuárias do processamento dos frutos do cafeeiro, onde o azevém, em relação a aveia preta, apresentou maior ganho de matéria seca com o aumento da carga de efluente aplicada.

O maior rendimento da aveia preta observada no presente trabalho deve-se à característica de condições de saturação do solo proporcionada pelo sistema de tratamento por escoamento superficial uma vez que esta forrageira não tolera condições constantes de alagamento (KICHEL; MIRANDA, 2000) conforme caracterizado em sistemas alagados construídos.

Mesmo tendo apresentado decréscimo quando aplicada a taxa de 100 kg/ha/dia de DBO₅ a produção de matéria seca pelo azevém obtida no presente trabalho está próxima ao valor de aproximadamente 1,0 t/ha obtida por Corrêa et al. (2007) e Oliveira et al. (2010). Por sua vez, a aveia preta obteve aumento na produção de matéria seca na maior taxa aplicada, e atingiu a faixa de produtividade da espécie, que encontra-se entre 2 a 6 t/ha (KICHEL; MIRANDA, 2000). No entanto, Matos et al. (2003) obtiveram produções de matéria seca em 11,07 t/ha e 4,41 t/ha, respectivamente, para o azevém e aveia preta, cultivadas em rampas de tratamento de águas residuárias da lavagem e despolpa de café, quando aplicada uma carga orgânica de 250 kg/ha/dia de DBO₅.

A produção de matéria seca entre as seções seguiu uma tendência ao decaimento no rendimento da seção superior da rampa até a inferior, sendo que para a taxa de 100 kg/ha/dia de DBO₅ a seção superior apresentou maior matéria seca e as demais não diferiram entre si, conforme apresentado na Tabela 6. Acredita-se que estes resultados se devem ao maior aporte de água e nutrientes nas seções iniciais e conforme relatado por Grime e Hunt (1975) plantas que crescem em ambientes com alta disponibilidade de recursos tem a produção de matéria seca aumentada. A disponibilidade de nutrientes determina a eficiência com que os vegetais adquirem e utilizam a energia solar, assim a maior quantidade de carbono assimilado é usado para o crescimento e acúmulo de reservas nas forrageiras (NABINGER, 1998; LARCHER, 2000).

Tabela 4 - Produção em matéria seca (g) em função das seções da rampa e das taxas de esgoto doméstico aplicadas

Seções	Taxas	
	50 kg/ha/dia	100 kg/ha/dia
Superior	48,45 A a	48,45 A a
Intermediária	29,89 B b	40,62 B a
Inferior	23,09 C b	42,32 B a

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula em coluna e minúscula em linha não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey

Entre as taxas, na seção superior da rampa não houve diferença significativa, no entanto, nas seções intermediária e inferior a maior taxa (100 kg/ha/dia de DBO₅) proporcionou um maior rendimento em matéria seca (Tabela 6). O maior volume de efluente aplicado na taxa de 100 kg/ha/dia de DBO₅ permitiu maior escoamento superficial e acúmulo de nutrientes nas seções

inferiores, o que não ocorreu para a taxa de 50 kg/ha/dia de DBO₅. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Erthal et al. (2010), que associou as altas produções de forragem às crescentes taxas de aplicação da água residuária de bovinocultura utilizadas sob forma de fertirrigação.

4.3. Nitrogênio

De acordo com os resultados da análise de variância (APÊNDICE B) para o teor de nitrogênio das forrageiras não houve efeito significativo ($p \leq 0,05$) para as interações forrageira x taxa x seção da rampa, forrageira x taxa e forrageira x seção, sendo significativo apenas a interação entre os fatores taxa x seções da rampa de tratamento.

A Tabela 7 apresenta o desdobramento da interação taxa x seção da rampa, onde pode-se observar que ao aplicar a taxa de 100 kg/ha/dia de DBO₅ não houve aumento do teor de nitrogênio entre as seções da rampa estudadas. No entanto, na taxa de 50 kg/ha/dia de DBO₅ verifica-se menor teor deste nutriente na seção superior da rampa de tratamento.

Tabela 5 - Teor foliar de nitrogênio (dag/kg) em função das seções da rampa e das taxas de esgoto doméstico aplicadas

Seções	Taxas	
	50 kg/DBO/dia	100 kg/DBO/dia
Superior	3,72 B a	2,27 A b
Intermediária	4,16 A a	2,04 A b
Inferior	4,00 AB a	2,01 A b

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula em coluna e minúscula em linha não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey

Fonseca (2007) analisando o efluente aplicado em rampas de escoamento superficial verificou que há tendência ao aumento da eficiência de remoção de nitrogênio pelas plantas com o comprimento da faixa de tratamento, fato que pode ser explicado pela grande mobilidade deste nutriente e consequente lixiviação e acúmulo nas seções adjacentes, onde também foi observado maior teor nas forrageiras.

O aumento da taxa e aplicação do esgoto doméstico proporcionou menor teor de nitrogênio nas forrageiras em todas as seções da rampa de tratamento (Tabela 7). Taxas de aplicação maiores proporcionam menor tempo de detenção

do esgoto no solo e no filme biológico, implicam em níveis mais elevados de saturação do solo e, além disso, a umidade excessiva limita e desequilibra a atividade biológica por dificultar a aeração do solo (DOMMERGUES; MANGENOT, 1970), em conjunto estes fatores contribuíram para a menor absorção de nitrogênio e conseqüente menor teor nos tecidos foliares das forrageiras.

Entre as forrageiras avaliadas não houve diferença significativa em relação ao teor foliar de nitrogênio (APÊNDICE B). No entanto, do ponto de vista nutricional, o azevém obteve valores acima e a aveia preta dentro da faixa de suficiência deste nutriente no tecido foliar preconizada pela SBCS (2004), conforme apresentado na Tabela 8.

Tabela 6 - Teor foliar de nitrogênio (dag/kg) das forrageiras e faixa de suficiência para as culturas

FORAGEIRAS	Teor foliar	Faixa de suficiência*
Azevém (<i>Lolium multiflorum</i>)	3,81	2,0 – 3,0
Aveia preta (<i>Avena strigosa</i>)	2,91	2,5 – 3,0

*Fonte: SBCS (2004)

Os valores encontrados neste trabalho estão próximos dos obtidos por Matos et al. (2003) no cultivo do azevém e aveia preta em rampas de tratamento de águas residuárias da lavagem e despolpa dos frutos do cafeeiro. No entanto, foram superiores aos observados por Hellbrugge et al. (2008) que obtiveram 1,92 dag/kg em pastagens de azevém e Barro et al. (2006) que encontraram 1,7 e 2,1 dag/kg, respectivamente para a aveia preta e o azevém.

4.4. Fósforo

Verifica-se na análise de variância (APÊNDICE B), que as interações forrageira x taxa x seção e forrageiras x taxa não foram significativas ($p \leq 0,05$) para o teor foliar de fósforo; apresentando significância as interações entre os fatores forrageiras x seções da rampa e taxas x seções da rampa de tratamento.

Na Tabela 9 está apresentado o desdobramento da interação forrageiras x seção e pode-se observar que entre as seções da rampa houve maior do teor de fósforo para o azevém apenas na seção superior, já o teor foliar de fósforo na

aveia preta não apresentou diferença entre as seções. No entanto, comparando-se as forrageiras, a aveia preta exibiu teores mais elevados deste elemento nas seções intermediária e inferior. Em todas as seções estes valores estão acima dos teores médios de fósforo verificados por Matos et al. (2005 b) ao utilizarem o azevém e a aveia preta como vegetação de cobertura em rampas de escoamento superficial, que foram respectivamente 0,25 e 0,31 dag/kg.

Tabela 7 - Teor de fósforo (dag/kg) em função das forrageiras e das seções da rampa de tratamento

Forrageiras	Seções		
	Superior	Intermediária	Inferior
Azevém (<i>Lolium multiflorum</i>)	0,43 Aa	0,32 B b	0,34 B b
Aveia preta (<i>Avena strigosa</i>)	0,47 Aa	0,47 A a	0,46 A a

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula em coluna e minúscula em linha não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey

O teor de fósforo em todas as seções da rampa para a aveia preta estão abaixo do reportado na literatura por Nakagawa e Rosolem (2005) que obtiveram concentrações de fósforo na matéria seca da aveia de 0,52 dag/kg; inversamente, para o azevém cultivado com diferentes adubações químicas, os teores no presente estudo estão acima do obtido por Soumaré et al. (2003), que foi de 0,23 dag/kg de fósforo.

Em relação à qualidade nutricional de forrageiras, os valores acumulados de fósforo pelo azevém encontram-se dentro da faixa de suficiência deste nutriente no tecido foliar, porém para aveia estão acima. Ambas as forrageiras apresentaram teores acima das exigências de bovinos de corte em crescimento/acabamento, vacas em gestação e lactação (Tabela 10).

Tabela 8 - Teor de fósforo das forrageiras e faixa de suficiência para as culturas (dag/kg)

Forrageiras	Teor foliar	Faixa de suficiência*
Azevém (<i>Lolium multiflorum</i>)	0,36	0,20 – 0,50
Aveia preta (<i>Avena strigosa</i>)	0,46	0,25 – 0,35

*Fonte: SBCS (2004)

Estes resultados caracterizam o esgoto doméstico como uma fonte alternativa de fósforo para as plantas, conforme foi confirmado por Fonseca et al. (2001), que encontrou o dobro dos teores de fósforo na matéria seca do capim

coastcross cultivado com esgoto em comparação ao cultivado com água, em todas as taxas de aplicação.

Conforme observado na Tabela 11, o desdobramento da interação taxa x seção indicou que a seção superior da rampa de tratamento apresentou teor de fósforo significativamente maior que as demais, para a taxa de aplicação de esgoto doméstico de 50 kg/ha/dia de DBO₅, o que pode ter ocorrido devido à baixa mobilidade deste elemento no solo (MARSCHNER, 2002), no entanto, para a taxa de 100 kg/ha/dia de DBO₅ não houve diferença significativa entre as seções da rampa.

Tabela 9 - Teor foliar de fósforo (dag/kg) em função das seções da rampa de tratamento e das taxas de esgoto doméstico aplicadas

Seções	Taxas	
	50 kg/ha/dia	100 kg/ha/dia
Superior	0,44 A a	0,45 A a
Intermediária	0,34 B b	0,45 A a
Inferior	0,33 B b	0,47 A a

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula em coluna e minúscula em linha não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey

Diferente do que foi observado para o nitrogênio, a maior taxa de aplicação de esgoto doméstico proporcionou aumento nos teores de fósforo na seções intermediária e inferior (Tabela 11). A maior remoção de fósforo pela planta pode estar relacionada ao aumento no conteúdo de P-disponível no solo, visto que no esgoto doméstico há quantidades substanciais deste elemento na forma mais prontamente disponível para uso biológico (DUARTE et al., 2008). Este comportamento também foi observado por Loures et al. (2006) utilizando o capim-coastcross e Matos et al. (2013) que encontraram valores médios de fósforo de 0,41 dag/kg, próximo aos obtidos no presente estudo, ao utilizarem a maior taxa de carregamento orgânico de percolado de resíduo sólido urbano.

4.5. Potássio

Verifica-se na análise de variância (APÊNDICE B), que o teor de potássio nas forrageiras apresentou significância ($p \leq 0,05$) na interação forrageiras x taxas

de esgoto doméstico aplicadas, sendo que as interações forrageira x taxa x seção, forrageira x seção e taxa x seção não foram significativas.

Na Tabela 12, observa-se que para ambas as espécies a taxa de 50 kg/ha/dia de DBO₅ de esgoto doméstico proporcionou maior teor de potássio. Estes resultados corroboram com os obtidos por Loures et al. (2005) que verificaram maior remoção de potássio na menor taxa de aplicação de esgoto doméstico em rampas de tratamento por escoamento superficial. Taxas de aplicação menores proporcionam escoamento do efluente mais lento e maior tempo de contato entre a água residuária, o solo e a vegetação permitindo assim a maior absorção do nutriente pelas forrageiras.

Tabela 10 - Teor foliar de potássio (dag/kg) em função das forrageiras e das taxas de esgoto doméstico aplicadas

Forrageiras	Taxas	
	50 kg/DBO/dia	100 kg/DBO/dia
Azevém (<i>Lolium multiflorum</i>)	3,58 A a	2,30 A b
Aveia preta (<i>Avena strigosa</i>)	2,66 B a	2,16 A b

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula em coluna e minúscula em linha não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey

Na aplicação de esgoto na taxa de 50 kg/ha/dia de DBO₅ o azevém apresentou teor de potássio mais elevado que a aveia preta, no entanto, para a taxa de 100 kg/ha/dia de DBO₅ não houve diferença entre as espécies avaliadas (Tabela 12). Segundo Borges (2004) o azevém é superior nutricionalmente quando comparado a outras culturas de forte expressão como as aveias, fazendo que mecanismos intrínsecos da planta, como por exemplo, sistemas radiculares muito desenvolvidos absorvam potássio da água utilizada na irrigação ou do solo.

Matos et al. (2005a) determinaram valores médios de potássio igual a 3,75 dag/kg no azevém e 4,85 dag/kg na aveia. Esta diferença pode ter ocorrido devido ao tipo e taxas diferentes do efluente utilizado, que foram água residuária do beneficiamento do café, na taxa de 250 kg/ha/dia de DBO₅. No entanto, os valores alcançados por ambas as espécies estão acima dos encontrados por Soumaré et al. (2003) e Nakagawa e Rosolem (2005), que obtiveram 2,02 e 1,24 dag/kg de potássio, respectivamente para o azevém e aveia preta, utilizando-se diferentes adubações químicas.

Os teores médios de potássio obtidos pelo azevém e aveia preta encontram-se, respectivamente, acima e dentro faixa de suficiência de macronutrientes no tecido foliar, e dentro do limite estabelecido para alimentação de ruminantes, conforme a Tabela 13. Porém, os teores nas duas espécies estudadas encontram-se compatíveis com as concentrações de potássio em plantas forrageiras com bom suprimento de nutrientes, variando de 1,2 a 2,0 dag/kg (GOMIDE; QUEIROZ, 1994).

Tabela 11 - Teor de potássio das forrageiras e faixa de suficiência para as culturas (dag/kg)

Forrageiras	Teor foliar	Faixa de suficiência*
Azevém (<i>Lolium multiflorum</i>)	2,94	2,0 – 2,5
Aveia preta (<i>Avena strigosa</i>)	2,41	1,5 – 3,0

*Fonte: SBCS (2004)

O teor de potássio não sofreu variação entre as seções da rampa (APÊNDICE B), o que pode ser explicado pela grande mobilidade deste elemento tanto no solo quanto nas plantas. Este comportamento também foi observado por Fonseca (2007) que verificou que existe uma tendência de a concentração de potássio manter-se praticamente constante ao longo da rampa de tratamento utilizada no pós-tratamento de esgoto sanitário.

4.6. Cálcio

O teor de cálcio nas forrageiras apresentou significância ($p \leq 0,05$) na interação forrageiras x taxa de esgoto doméstico aplicadas, sendo que as demais interações não foram significativas, de acordo com a análise de variância (APÊNDICE C).

Na Tabela 14 tem-se o desdobramento da interação forrageira x taxa, onde observa-se que o azevém exibiu maior teor de cálcio na menor taxa de esgoto aplicada, enquanto que a aveia preta não apresentou diferença entre as taxas. Este fato confirma, como já discutido anteriormente, a melhor adaptação da aveia preta às maiores taxas de efluente aplicadas, o que pode ocorrer devido às características agrônômicas da espécie. Os resultados obtidos neste trabalho estão muito próximos aos encontrados por Erthal et al. (2010) na fertirrigação com

efluente de bovinocultura em forrageiras, que não apresentaram diferenças significativas entre as taxas de aplicação de efluente, entretanto, observou-se a tendência de decréscimo do teor de cálcio em taxas maiores.

Tabela 12 - Teor foliar de cálcio (dag/kg) em função das forrageiras e das taxas de esgoto doméstico aplicadas

Forrageiras	Taxas	
	50 kg/DBO/dia	100 kg/DBO/dia
Azevém (<i>Lolium multiflorum</i>)	0,66 A a	0,54 A b
Aveia preta (<i>Avena strigosa</i>)	0,51 B a	0,49 B a

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula em coluna e minúscula em linha não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey

Resultados semelhantes foram relatados por Adeli et al. (2006) e Martin (1997), que demonstraram um efeito linear negativo do teor de cálcio em forrageiras decorrente da aplicação de taxas crescentes. Conforme já discutido anteriormente, taxas de aplicação menores proporcionam o escoamento do efluente mais lento e maior tempo de detenção do efluente no sistema de tratamento permitindo assim maior absorção do nutriente pelas forrageiras. Além disso, solos contendo quantidade de amônio elevadas, também podem diminuir a absorção de cálcio pelas plantas (BLANKENAU et al., 2002) e vale ressaltar que é grande a quantidade deste cátion presente nos esgotos domésticos.

O azevém apresentou teor de cálcio maior do que a aveia preta (Tabela 14), confirmando sua elevada exigência nutricional. No entanto, os teores na aveia preta estão de acordo com os obtidos por Erthal et al. (2010) em todos os tratamentos com utilização de água residuária de bovinocultura, que permaneceram entre 0,43 e 0,58 dag/kg.

Além disso, estão adequados em relação à faixa de suficiência para a espécie, o que indica que a extração deste nutriente foi satisfatória e que não houve toxicidade para a aveia preta decorrentes da aplicação do efluente; já para o azevém esta faixa não foi citada, conforme observado na Tabela 15.

Tabela 13 - Teor de cálcio das forrageiras e faixa de suficiência para as culturas (dag/kg)

Forrageiras	Teor foliar	Faixa de suficiência*
Azevém (<i>Lolium multiflorum</i>)	0,6	no
Aveia preta (<i>Avena strigosa</i>)	0,48	0,25 – 0,5

no: não obtido/*Fonte: SBCS (2004)

4.8. Magnésio

Verifica-se na análise de variância que o teor de magnésio (APÊNDICE C), da mesma forma como observado para o potássio e cálcio apresentou significância ($p \leq 0,05$) na interação forrageiras x taxas de esgoto doméstico aplicadas. A interação tripla e as demais interações duplas não foram significativas.

Conforme apresentado na Tabela 16, houve um decréscimo no teor de magnésio com o aumento da taxa de esgoto doméstico aplicada em ambas as espécies, provavelmente devido ao maior tempo de detenção do efluente nas rampas de tratamento e conseqüente maior absorção de nutrientes; além disso, este comportamento pode ser justificado pela alta relação potássio/magnésio no solo, visto que o excesso de potássio, por competição, reduz a absorção do magnésio (FONSECA; MEURER, 1997). Em contrapartida, Erthal et al. (2010), não observaram significância estatística no teor de magnésio em função das taxas de aplicação de água residuária da bovinocultura, para o capim-Tifton 85 e a aveia preta.

Tabela 14 - Teor de Magnésio (dag/kg) em função das forrageiras e das taxas de esgoto doméstico aplicadas

Forrageiras	Taxas	
	50 kg/ha/dia	100 kg/ha/dia
Azevém (<i>Lolium multiflorum</i>)	0,35 A a	0,20 A b
Aveia preta (<i>Avena strigosa</i>)	0,28 B a	0,22 A b

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula em coluna e minúscula em linha não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey

Em relação às forrageiras utilizadas, na taxa de 50 kg/ha/dia de DBO₅ o azevém apresentou maior teor de magnésio que a aveia preta, sendo que na taxa de 100 kg/ha/dia de DBO₅ não houve diferença significativa entre as mesmas (Tabela 16). Estes resultados se explicam possivelmente, como para os demais nutrientes, pelas características agrônômicas e nutricionais de cada forrageira em estudo. O magnésio possui importante papel na síntese protéica, atua como ativador enzimático, além de participar da constituição da molécula de clorofila, onde em cada espécie é requerido em proporções diferentes (MALAVOLTA, 1980).

Resultados semelhantes foram encontrados por Oliveira et al. (2000) e Fonseca et al. (2001), avaliando o valor nutricional do capim Tifton 85 e do capim coastcross, que observaram decréscimo nos teores deste elemento com o avanço da idade, e atribuíram essa queda ao aumento da senescência foliar ou ao efeito de diluição.

A maior resistência da aveia preta à maior taxa de esgoto doméstico explica o decréscimo no teor de magnésio do azevém em comparação à aveia preta para a taxa de 100 kg/ha/dia de DBO₅, o que ocasionou que não houvesse diferenças significativas entre essas forrageiras.

Em relação à faixa de suficiência para a espécie, os valores de magnésio neste trabalho estão dentro da faixa citada como adequada em relação à aveia preta, conforme observado na Tabela 17.

Tabela 15 - Teor foliar de magnésio (dag/kg) das forrageiras, faixa de suficiência para as culturas e exigência dietética de bovinos

Forrageiras	Teor foliar	Faixa de suficiência*
Azevém (<i>Lolium multiflorum</i>)	0,28	no
Aveia preta (<i>Avena strigosa</i>)	0,25	0,15 – 0,50

no: não obtido

*Fonte: SBCS (2004)

4.9. Enxofre

Conforme a análise de variância (APÊNDICE C) verifica-se que a interação forrageira x taxa de esgoto doméstico aplicada foi significativa ($p \leq 0,05$), sendo que nas demais interações não houve significância.

De acordo com o desdobramento da interação forrageira x taxa apresentado na Tabela 18, o azevém apresentou teor mais elevado que a aveia preta na taxa de 50 kg/ha/dia de DBO₅, sendo que na taxa de 100 kg/ha/dia de DBO₅ não houve diferenças significativas entre as espécies.

Tabela 16 - Teor foliar de enxofre (dag/kg) em função das forrageiras e das taxas de esgoto doméstico aplicadas

Forrageiras	Taxas	
	50 kg/ha/dia	100 kg/ha/dia
Azevém (<i>Lolium multiflorum</i>)	0,36 A a	0,27 A b
Aveia preta (<i>Avena strigosa</i>)	0,24 B a	0,25 A a

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula em coluna e minúscula em linha não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey

O azevém apresentou maior teor de enxofre na menor taxa de esgoto aplicada e a aveia preta não apresentou diferença significativa. O decréscimo observado apenas pelo azevém provavelmente indica sua maior susceptibilidade às doses crescentes de efluente. Estes resultados corroboram com os obtidos por Araújo et al. (2009), que verificaram decréscimo dos teores de enxofre em forrageiras nos tratamentos que receberam as maiores taxas de aplicação de lodo de esgoto.

Em relação à faixa de suficiência de macronutrientes da aveia preta, os teores de enxofre se encontram dentro da faixa citada como adequada para a espécie.

Tabela 17 - Teor foliar de enxofre das forrageiras e faixa de suficiência para as culturas (dag/kg)

Forrageiras	Teor foliar	Faixa de suficiência*
Azevém (<i>Lolium multiflorum</i>)	0,32	no
Aveia preta (<i>Avena strigosa</i>)	0,24	0,15 – 0,40

no: não obtido

*Fonte: SBCS (2004)

Salienta-se que o comportamento do enxofre tem sido pouco estudado em sistemas solo-plantas utilizados para o propósito de disposição de efluentes.

4.10. Micronutrientes

De acordo com a análise de variância para os micronutrientes (APÊNCIDES D e E), constatou-se que para o manganês e o cobre houve efeito significativo na interação forrageiras x taxas de esgoto doméstico aplicadas; para o ferro e novamente para o cobre houve efeito significativo na interação forrageiras x seções da rampa e no fator taxas; para o zinco e o boro não houve interações significativas, sendo para ambos, o fator taxas significativo ($p \leq 0,05$).

No desdobramento da interação forrageira x seção apresentado na Tabela 20, observa-se que o azevém exibiu teores de ferro mais elevados que a aveia preta nas seções superior e inferior das rampas. Em relação ao cobre, os teores para o azevém foram mais elevados apenas na seção superior, confirmando como já explicado anteriormente a maior exigência nutricional da espécie. No entanto, nas demais seções não houve diferença entre os teores de ferro e cobre entre as forrageiras.

Tabela 18 - Teor foliar de ferro e cobre (mg/kg) em função das forrageiras e das seções da rampa de tratamento

Forrageiras	Seções		
	Superior	Intermediária	Inferior
	Ferro		
Azevém (<i>Lolium multiflorum</i>)	393,72 A a	427,10 A a	426,92 A a
Aveia preta (<i>Avena strigosa</i>)	355,19 B a	537,93 A a	357,89 B a
	Cobre		
Azevém (<i>Lolium multiflorum</i>)	19,38 A a	17,98 A a	18,14 A a
Aveia preta (<i>Avena strigosa</i>)	13,64 B b	15,57 A a	17,35 A a

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula em coluna e minúscula em linha, para cada nutriente, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey

Entre as seções não houve diferenças significativas no teor destes micronutrientes para ambas as forrageiras, exceto no teor do cobre para a aveia preta, que na seção da rampa superior foi menor que nas demais seções. Resultados semelhantes foram encontrados por Oliveira et al. (2004) que não verificaram alterações significativas na absorção de ferro pelo milho irrigado com efluente de suinocultura. Estes autores justificaram estes resultados pelo fato de que não há relatos na literatura de respostas das culturas a aplicações de ferro em solos brasileiros. Matos et al. (2013) trabalhando com diferentes forrageiras em sistemas alagados construídos, constataram que houve baixa absorção de cobre, justificando os resultados devido a forte complexação/quelação do cobre ao material orgânico.

De acordo com a Tabela 21, o desdobramento da interação forrageira x taxa aponta que o teor de cobre foi superior na taxa de 100 kg/ha/dia de DBO₅ para ambas as espécies e que nesta taxa o azevém apresentou maior teor deste nutriente em comparação com a aveia preta. Nazário et al. (2014) também descreveram a relação linear do acúmulo de cobre com o aumento das taxas de

aplicação de esgoto doméstico bruto. Estes resultados podem indicar o poder acumulativo deste nutriente no solo, levando a maior absorção e concentração nos tecidos vegetais.

Tabela 19 - Teores de manganês e cobre (mg/kg) em função das forrageiras e das taxas de esgoto doméstico aplicadas

Forrageiras	Taxas			
	Manganês		Cobre	
	50 kg/ha/dia	100 kg/ha/dia	50 kg/ha/dia	100 kg/ha/dia
Azevém (<i>Lolium multiflorum</i>)	269,10 B a	224,67 B b	14,48 A b	22,52 A a
Aveia preta (<i>Avena strigosa</i>)	381,40 A a	280,00 A b	10,33 A b	20,70 B a

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula em coluna e minúscula em linha, para cada nutriente, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey

Queiroz et al. (2004) observaram que todas as gramíneas forrageiras, submetidas à aplicação de efluente de suinocultura, alcançaram extrações de cobre significativamente maiores do que as que receberam água, indicando que as forrageiras são boas extratoras deste elemento.

Contrariamente ao observado para o cobre, os teores de manganês foram superiores para a taxa de 50 kg/ha/dia de DBO₅ para ambas as espécies e a aveia preta apresentou maiores teores deste nutriente nas duas taxas de esgoto doméstico aplicadas (Tabela 21). Nazário et al. (2014) descreveram a relação linear do acúmulo de manganês com o aumento das taxas de aplicação de esgoto doméstico bruto, no entanto, as espécies utilizadas pelos autores foram capim Marandu, capim Tifton e Pojuca, espécies mais adaptadas à época e ao clima da região de estudo.

O teor de zinco foi maior na dose de 50 kg/ha/dia de DBO₅ e o de boro na dose de 100 kg/ha/dia de DBO₅, conforme observado na Tabela 22.

Tabela 20 - Teores de zinco e boro (mg/kg) em função das taxas de esgoto doméstico aplicadas

Nutriente	Taxas	
	50 kg/ha/dia	100 kg/ha/dia
Zinco	130,38 A	57,33 B
Boro	28,69 B	39,72 A

Médias seguidas pela mesma letra em linha não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey

Isso indica, conforme também observado por Fia et al. (2010), que não há tendência de aumento nas concentrações de zinco em forrageiras com o aumento

das cargas orgânicas aplicadas. Todavia, o aumento da disponibilidade de boro no solo implica em maior absorção pelas plantas, conforme evidenciado por Fonseca (2007) em pastagens, onde verificou relações entre as maiores taxas aplicadas de esgoto doméstico e o maior acúmulo deste nutriente nas plantas.

Em relação à faixa de suficiência de micronutrientes no tecido foliar para espécies forrageiras, com exceção do cobre, todos os demais nutrientes estão acima da faixa estabelecida (Tabela 23).

Tabela 21 - Teor foliar de micronutrientes das forrageiras e faixa de suficiência para as culturas (mg/kg)

Forrageiras	Teor foliar	Faixa de suficiência*
		Boro
Azevém (<i>Lolium multiflorum</i>)	31,68	no
Aveia preta (<i>Avena strigosa</i>)	36,72	5,0 – 20,0
		Cobre
Azevém (<i>Lolium multiflorum</i>)	18,50	no
Aveia preta (<i>Avena strigosa</i>)	15,52	5,0 – 25,0
		Ferro
Azevém (<i>Lolium multiflorum</i>)	415,92	no
Aveia preta (<i>Avena strigosa</i>)	527,00	40,0 – 150,0
		Manganês
Azevém (<i>Lolium multiflorum</i>)	246,88	no
Aveia preta (<i>Avena strigosa</i>)	330,70	25,0 – 100,0
		Zinco
Azevém (<i>Lolium multiflorum</i>)	98,92	no
Aveia preta (<i>Avena strigosa</i>)	88,78	15,0 – 70,0

no: não obtido

*Fonte: SBCS (2004)

5.0. CONCLUSÕES

A aveia preta apresentou a maior produção em massa seca, e obteve resposta positiva em relação ao aumento da taxa de esgoto doméstico aplicada.

As taxas de aplicação de esgoto doméstico forneceram nutrientes necessários às forrageiras estudadas, visto que alcançaram a faixa de suficiência para a espécie, contudo, o azevém obteve maior absorção de nutrientes que a aveia preta, com exceção para o fósforo e manganês.

A menor taxa de efluente aplicada proporcionou um maior teor de nutrientes nas forrageiras, exceto para o fósforo, cobre e boro.

No geral, as plantas apresentaram maior produção nas primeiras seções da rampa de tratamento, no entanto, este comportamento não foi observado no teor de todos os nutrientes.

6.0. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9.648: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

ADELI, A.; ROWE, D. E.; REAF, J. J. Effects of soil type on bermudagrass response to broiler litter application. **Agronomy Journal**, v. 98, p.148-155, 2006.

ALSHAMMARY, S. F.; QIAN, Y. L.; WALLNER, S. J. Growth response of four turfgrass species to salinity. **Agricultural Water Management**, v. 66, p. 97–111, 2004.

ANDRADE NETO, C. O.; CAMPOS, J. R. Introdução. In: CAMPOS, J. R.. (Coord.) **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo**. Rio de Janeiro: ABES, 1999. 464 p. (Projeto PROSAB).

ARAÚJO, F. F.; GIL, F. C.; TIRITAN, C. S. Lodo de esgoto na fertilidade do solo, na nutrição de *Brachiaria decumbes* e na atividade da desidrogenase. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 1, p. 1-6, 2009.

ARAÚJO, G. C.; COSTA, R. S.; CHERNICHARO, C. A. L.; SPELING, M. V. Avaliação da operação em regimes hidráulicos permanentes e transiente de um sistema de aplicação superficial de esgotos no solo para o pós-tratamento de efluentes de reatores UASB. In: 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro-RJ, **Anais...** 1991.

BARRO, R. S.; SAIBRO, J. C.; SILVA, J. L. S.; VARELLA, A.; PIMENTA, C. M.; BRAMBILLA, D. M. Valor nutritivo de gramíneas anuais de inverno sob duas

densidades de *Pinus elliotii* e sol pleno no RS. In: Reunião do Grupo Técnico em Forrageiras do Cone Sul, 21, Grupo Campos, Pelotas, **Anais...** Pelotas: GTFCS, 2006. CD-Rom.

BERNARDES, R. S.; SOUZA, L. E. L. In: Assembleia Nacional da Asseae. 22, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, MG, p.126-129, 1996.

BERTONCINI, E. I. Tratamento de efluentes e reuso da água no meio agrícola, **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**, São Paulo, v. 1, n. 1, p 152-169, 2008.

BLANKENAU, K.; OLFS, H. W.; KUHLMANN, H. Strategies to Improve the Use Efficiency of Mineral Fertilizer Nitrogen Applied to Winter Wheat. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 188, n. 3, p. 146–154, 2002.

BORGES, E. P. **Historia do processo integração agricultura-pecuaria**. Viçosa -MG: UFV, p.353-384, 2004.

BORSOI, Z. M. F.; TORRES, S. D. A. A política de recursos hídricos no Brasil. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 8, p. 143-166, 1997.

CERQUEIRA, R. S. **Pós-tratamento de efluente de lagoa anaeróbia por escoamento superficial no solo**. 2004. 200 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de pós-graduação em engenharia civil, UNICAMP, 2004.

CORRÊA, B. O.; MITTELMANN, A.; STUMPF, M. T.; PERES, M. M.; DUARTE, P. R. Caracteres agrônômicos em populações locais de azevém no sul do Brasil. **Magistra**, v.19, n.4, p.274-282, 2007.

COSTA, D. M. A.; BARROS JÚNIOR, A. C. Avaliação da Necessidade do Reúso de Águas Residuais. **Holos**, Ano 21, p. 82, 2005.

CORAUCCI FILHO, B.; CHERNICHARO, C. A. L.; ANDRADE NETO, C. O.; NOUR, E. A.; ANDREOLI, F. N.; SOUZA, H. N.; VON SPERLING, M.; LUCAS FILHO, M.; AISSE, M. M.; FIGUEIREDO, R. F. Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo. **PROSAB**. Rio de Janeiro, Brasil. 1ª Edição, 1999. 456 p.

CORAUCCI FILHO, B. et al. Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios por sistemas de aplicação no solo. In: CHERNICHARO, C. A. L. (Coord.) **Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios**. 2001. Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/PROSAB/livros/PROSABCarlos/Cap-2.pdf> >. Acesso: 09 maio. 2014.

DOMMERGUES, Y.; MANGENOT, F. **Écologie microbienne du sol**. Paris: Masson & Cie, 1970. 796p.

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

ERTHAL, V. J. T.; FERREIRA, P. A.; PEREIRA, O. G.; MATOS, A. T. Características fisiológicas, nutricionais e rendimento de forrageiras fertirrigadas com água residuária de bovinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 5, p.458–466, 2010.

FIA, R.; MATOS, A. T.; FIA, F. R. L.; MATOS, M. P.; LAMBERT, T. F.; NASCIMENTO, F. S. Desempenho de forrageiras em sistemas alagados de tratamento de águas residuárias do processamento do café. **Revista Brasileira de engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 8, p. 842-847, 2010.

FONSECA, J. A.; MEURER, E. J. Inibição da absorção de magnésio pelo potássio em plântulas de milho em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 21, n. 1, p. 47-50, 1997.

FONSECA, S. P. P. **Avaliação de uma estação de tratamento de esgoto doméstico por escoamento superficial.** 2007. 144 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

FONSECA, S. P. P.; SOARES, A. A.; MATOS, A. T.; PEREIRA, O. G. Avaliação do valor nutritivo e contaminação fecal do capim-coastcross cultivado nas faixas de tratamento de esgoto doméstico pelo método do escoamento superficial. **Revista Engenharia Agrícola**, v.21, n.3, p. 293-301, 2001.

FREIRE, A. Estudo de casos de reciclagem de águas residuárias em Minas Gerais - Roças Novas e Canabrava. **Congresso sobre o Benéfico Reuso de Águas e Biosólidos.** p 6-9, Marbella, Málaga, Espanha, 1997.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE – FUNASA. **Manual de saneamento.** Brasília: Ministério da Saúde, 2010.

GASI, T. M. T. **Opções para tratamento de esgotos de pequenas comunidades.** São Paulo: CETESB, 1988. 36 p. (Série manuais, 3)

GOMES FILHO, R. R.; MATOS, A. T.; SILVA, D. D.; MARTINEZ, H. E. P. Remoção de carga orgânica e produtividade da aveia forrageira em cultivo hidropônico com águas residuárias da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.5, n.1, p.131-134, 2001.

GOMIDE, J. A., QUEIROZ, D. S. Valor alimentício das Brachiarias. In: Simpósio Sobre Manejo da Pastagem, 11, 1994, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1994. p.223-248.

GRIME, J. P.; HUNT, R. Relative growth rate: its range and adaptative significance in a local flora. **Journal of Ecology**, v. 63, p. 393-422, 1975.

HELLBRUGGE, C.; MOREIRA, F. B.; MIZUBUTI, I. Y.; PRADO, I. N.; SANTOS, B. P.; PIMENTA, E. P. Desempenho de bovinos de corte em pastagem de azevém (*Lolium multiflorum*) com ou sem suplementação energética. **Semina: Ciências Agrárias**, v.29, n.3, p.723-730, 2008.

HUBBARD, R. D.; THOMAS, D. L.; LEONARD, R. A.; BUTLER, J.L. Surface runoff and shallow ground water quality as affected by center pivot applied dairy cattle waste. **Transactions of ASAE**, St Joseph, v.30, n.2, p.430-437, 1987.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Pesquisa nacional de saneamento básico**. Rio de Janeiro: IBGE; 2008.

KICHEL, A. N.; MIRANDA, C. H. B. **Uso da aveia como planta forrageira**. Campo Grande: Embrapa Pecuária de Corte, 2000. Divulga n.45.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: Rima artes e Textos, 2000.

LEITE, V. D.; ATHAYDE JÚNIOR G. B.; SOUSA, J. T.; LOPES, W. S.; PRASAD, S.; SILVA, S. A. Tratamento de águas residuárias em lagoas de estabilização para aplicação na fertirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.9, p.71-75, 2005.

LIMA, J. E. F. W. **Recursos Hídricos no Brasil e no Mundo**, 1ª ed., Embrapa Cerrados: Planaltina, 2001.

LOURES, A. P. S.; SOARES, A. A.; MATOS, A. T.; CECON, P. R. Concentrações de sódio e potássio em sistema de tratamento de esgoto doméstico por escoamento superficial. **Engenharia na Agricultura**. Viçosa, v. 13, n. 4, p 231-239, 2005.

LOURES, A. P. S.; SOARES, A. A.; MATOS, A. T.; CECON, P. R.; PEREIRA, O. G. Remoção de fósforo em sistema de tratamento de esgoto doméstico, por escoamento superficial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.3, p.706–714, 2006.

LUCAS FILHO, M. et al. Evolução do processo de disposição de esgoto tratado através do escoamento subsuperficial em solo preparado com cobertura vegetal. In: CHERNICHARO, C.A.L. (Coord.). **Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios**. Belo Horizonte: Segrac Editora e Gráfica Ltda, p. 29-38, 2001.

MALAVOLTA, E. 1980. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres. 251p

MARA, D.; CAIRNCROSS, S. **Guidelines for the safe use of wastewater and excreta in agriculture and aquaculture: Measures for public health protection**. World Health Organization, Geneva, p 187, 1989.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press, 2002. 889p.

MARTIM, R. A. **Doses de nitrogênio e potássio para produção, composição e digestibilidade dos capins Coastcross 1 e Tifton 85 em um Latossolo Vermelho-Amarelo**. 10997. 109 p. Dissertação (Mestrado em Ciencia Animal e Pastagens) – Programa de pós-graduação em Ciencia Animal e Pastagens, Piracicaba: ESALQ USP, 1997.

MATOS, A. T.; EMMERICH, I. N.; RUSSO, J. R. Tratamento de águas residuárias da lavagem e despolpa de frutos do cafeeiro em rampas cultivadas com azevém. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL. **Anais...** Vitória, ES, p. 1037-1044, 2001.

MATOS, A. T., PINTO, A. B.; PEREIRA, O. G.; BARROS, F. M. Alterações de atributos químicos no solo de rampas utilizadas no tratamento de águas residuárias. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.9, n.3, p 406-412, 2005a.

MATOS, A. T.; PINTO, A. B.; PEREIRA, O. G.; SOARES, A. A.; BARROS, F. M. Extração de nutrientes por forrageiras cultivadas com água residuária do beneficiamento dos frutos do cafeeiro. **Revista Ceres**, v.53, n.303, p.675-688, 2005b.

MATOS, A. T., PINTO, A. B.; PEREIRA, O. G.; SOARES, A. A.; MONACO, P. A. L. Produtividade de forrageiras utilizadas em rampas de tratamento de águas residuárias da lavagem e despolpa dos frutos do cafeeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.1, p.154-158, 2003.

MATOS, A. T.; SEDIYAMA, M. A. N. Riscos potenciais ao ambiente pela aplicação de dejetos líquidos de suínos ou compostos orgânicos no solo. In: SEMINÁRIO MINEIRO SOBRE MANEJO E UTILIZAÇÃO DE DEJETOS DE SUÍNOS, 1, 1995, Ponte Nova. **Anais...Viçosa**, MG: EPAMIG, p.45-54, 1995.

MATOS, A. T.; SILVA, D. F.; MONACO, P. A. V.; PEREIRA, O. G. Produtividade e composição química do capim-tifton 85 submetido a diferentes taxas de aplicação de percolado de resíduo sólido urbano. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v.33, n.1, p.188-200, 2013.

NABINGER, C. Princípios de manejo e produtividade de pastagens: In: CICLO DE PALESTRAS EM PRODUÇÃO E MANEJO DE BOVINOS DE CORTE, 3., 1998, Porto Alegre. **Anais ...** Porto Alegre: ULBRA, 1998. p. 54-107.

NAKAGAWA, J.; ROSOLEM, C. A. Teores de nutrientes na folha e nos grãos de aveia-preta em função da adubação com fósforo e potássio. **Bragantia**, v.64, n.3, p.441-445, 2005.

NAZÁRIO, A. A.; GARCIA, G. O.; REIS, E. F.; MENDONÇA, E. S.; MELLINE, J. G. B. Acúmulo de nutrientes por forrageiras cultivadas em sistemas de escoamento superficial para o tratamento de esgoto doméstico. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, vol. 9, n.1, p. 97-108, 2014.

NRC – National Research Council. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 6.ed., Washington: National Academy Press, 1989. 157p.

OLIVEIRA, D. B.; SILVA, J. L. S.; MITTELMANN, A.; MONTARDO, D. P.; BRASIL FILHO, J. C. P. A.; SCHRODER, R. F. Resposta do azevém anual BRS Ponteio a adubação nitrogenada na região de terras baixas no Bioma Pampa. In: Encontro de iniciação científica e pós-graduação da Embrapa Clima Temperado. **Anais... Carreira, ética e inovação: o que você está fazendo?** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010.

OLIVEIRA, M. A.; PEREIRA, O. G.; GARCIA, R.; OBEID, J. A.; CECON, P. R.; MORAES, S. A.; SILVEIRA, P. R. Rendimento e valor nutritivo do capim tifton 85 (*Cynodon spp.*) em diferentes idades de rebrota. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.1949-1960, 2000.

OLIVEIRA, R. A.; FREITAS, W. S.; GALVÃO, J. C. C.; PINTO, F. A.; CECON, P. R. Efeito da aplicação de águas residuárias de suinocultura nas características nutricionais do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.3, n.3, p.357-369, 2004.

OVERMAN, A.R., WOLFE, D.W. Overland flow treatment of wastewater at Florida State Prison. **Journal of Water Pollution Control Federation**, v. 58, p. 903-910, 1989.

PAGANINI, W. S. **Disposição de esgotos no solo (escoamento à superfície)**. São Paulo: Fundo Editorial da AESABESP, 1997. 232p.

PARANYCHIANAKIS, N. V.; ANGELAKIS, A. N.; LEVERENZ, H.; TCHOBANOGLIOUS, G. Treating wastewater through land treatments systems: a review of treatment mechanisms and plant functions. **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**. V. 36, p 187-259, 2006.

QUEIROZ, F. M.; MATOS, A. T.; PEREIRA, O. G.; OLIVEIRA, R. A.; LEMOS, A. L. Características químicas do solo e absorção de nutrientes por gramíneas em rampas de tratamento de águas residuárias da suinocultura. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v.12, n.2, p.77-90, 2004.

REBOUÇAS, A. C. Água doce no Brasil e no mundo. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. (Org.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras, 2006. p. 1- 35.

REED, S. C.; CRITES, R. W.; MIDDLEBROOKS, E. J. Natural systems for waste management and treatment. New York: McGraw-Hill, 1995. 435 p.

RIBEIRO, M. S.; LIMA, L. A.; FARIA, F. H. S.; REZENDE, F. C.; FARIA, L.A. Efeitos de águas residuárias de café no crescimento vegetativo de cafeeiros em seu primeiro ano. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 4, p 569-577, 2009.

SAEG. **Sistema para Análises Estatísticas**, Versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes - UFV - Viçosa, 2007.

SALARO JÚNIOR, R. **Avaliação da eficiência de sistema fito-pedológico (wetlands) na depuração de efluentes domésticos gerados em pequenas comunidades**. 2008. 156 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Unesp, Botucatu, 2008.

SILVA, D.J; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2002. 235 p.

SILVA, S.A.; OLIVEIRA, R. **Manual de análises físico-química de águas de abastecimento e residuárias**. Marcone: Capina Grande, 2001, 266p.

SINGH, P. K.; DESHBHRATAR, P. B.; RAMTEKE, D. S. Effects of sewage wastewater irrigation on soil properties, crop yield and environment. **Agricultural Water Management**, v. 103, p. 100-104, 2012.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIAS DO SOLO - RS/SC. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre, 2004. 394p.

SOUMARÉ, M.; TACK, F. M. G.; VERLOO, M. G. Effects of a municipal solid waste compost and mineral fertilization on plant growth in two tropical agricultural soils of Mali. **Bioresource Technology**, v.86, p.15-20, 2003.

SURAMPALLI, R. Y., FELLOW, P. E., CHOU, S. C., BANERJI, S. K. Performance evaluation of overland flow wastewater treatment system under winter and summer conditions. **Journal of Cold Regions Engineering**, v. 10, p. 163-177, 1996.

TAEBI, A.; DROSTE, R. L. Performance of an overland flow system for advanced treatment of wastewater plant effluent. **Journal of Environmental Management**, v. 88, p.688-96, 2008.

TERADA, M.; ZUCCOLO, A. C. F.; PAGANINI, W. S. Tratamento de esgotos domésticos por disposição no solo com utilização de gramíneas. **Revista DAE**, vol. 49, p. 249-254, 1985.

THAWALE, P. R.; JUWARKAR, A. A.; SINGH, S. K. Resource conservation through land treatment of municipal wastewater. **Current Science**, Bangalore, v.90, n.5, p. 704-711, 2006.

TZANAKAKIS, V. A.; PARANYCHIANAKIS, N. V.; ANGELAKIS, A. N. Nutrient removal and biomass production in land treatment systems receiving domestic effluent. **Ecological Engineering**, v. 35, n. 10, p. 1485–1492, 2009.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 2005.

WEN, C.G.; CHEN, T.H.; HSU, F.H.; LU, C.H.; LIN, J.B.; CHANG, C.H.; CHANG, S.P.; LEE, C.S. A high loading overland flow system: Impacts on soil, characteristics, grass constituents, yields and nutrient removal. **Chemosphere**, v. 67, p. 1588-600, 2007.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Resumo da análise de variância da matéria seca (MS)

Fonte de variação	GL	Quadrado médio
		MS
Forageira	1	4431,771*
Res(a)	8	52,97246
Doses	1	1459,862*
Forageira×Taxa	1	7413,282*
Res(b)	8	108,4616
Seção	2	1394,047*
Forageira×Seção	2	77,71578 ^{ns}
Taxa×Seção	2	482,1552*
Forageira×Taxa×Seção	2	46,46401 ^{ns}
Resíduo	32	28,14088
Média geral		38,743
Coef. de variação (%)		13,692

*Significativo a 5% de probabilidade; ns – não significativo.

APÊNDICE B – Resumo da análise de variância do nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K)

Fonte de variação	GL	Quadrado médio		
		N	P	K
Forageira	1	0,1863844E-01 ^{ns}	0,1640651*	4,234727*
Res(a)	8	0,2302320	0,5317396E-02	0,1720017
Doses	1	51,60146*	0,1073151*	11,77494*
Forageira×Taxa	1	0,2130104E-02 ^{ns}	0,2301042E-03 ^{ns}	2,273707*
Res(b)	8	0,4101031E-01	0,1223198E-01	0,1386567
Seção	2	0,5992969E-01 ^{ns}	0,147726E-01*	0,64635E-01 ^{ns}
Forageira×Seção	2	0,2238722 ^{ns}	0,162601E-01*	0,2843717 ^{ns}
Taxa×Seção	2	0,6347347*	0,196451E-01*	0,51905E-01 ^{ns}
Forageira×Taxa×Seção	2	0,2248989 ^{ns}	0,1122604E-02 ^{ns}	0,1222617 ^{ns}
Resíduo	32	0,7250052E-01	0,3285E-02	0,1840517
Média geral		3,0344	0,41471	2,676
Coef. de variação (%)		8,8736	13,821	16,032

*Significativo a 5% de probabilidade; ns – não significativo.

APÊNDICE C – Resumo da análise de variância do cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S)

Fonte de variação	GL	Quadrado médio		
		Ca	Mg	S
Forageira	1	0,1596504*	0,1197094E-01*	0,8251042E-01*
Res(a)	8	0,1464167E-01	0,1681771E-02	0,90075E-02
Doses	1	0,6633375E-01*	0,1714676*	0,3015042*
Forageira×Taxa	1	0,3626042E-01*	0,276276E-01*	0,3675375E-01*
Res(b)	8	0,5174167E-02	0,1203854E-02	0,6425E-02
Seção	2	0,6987917E-02 ^{ns}	0,3938854E-02 ^{ns}	0,688625E-02 ^{ns}
Forageira×Seção	2	0,8129167E-03 ^{ns}	0,1137188E-02 ^{ns}	0,4379167E-03 ^{ns}

Taxa×Seção	2	0,184625E-02 ^{ns}	0,1278854E-02 ^{ns}	0,5529167E-03 ^{ns}
Forrag×Taxa×Seção	2	0,6779167E-03 ^{ns}	0,3938542-E03 ^{ns}	0,27125E-03 ^{ns}
Resíduo	32	0,5416667E-02	0,89343375E-03	0,5225E-03
Média geral		0,54892	0,26346	0,28075
Coef. de variação (%)		13,408	11,345	8,1419

*Significativo a 5% de probabilidade; ns – não significativo.

APÊNDICE D – Resumo da análise de variância do zinco (Zn), ferro (Fe) e manganês (Mn)

Fonte de variação	GL	Quadrado médio		
		Zn	Fe	Mn
Forageira	1	1541,787 ^{ns}	17,65837 ^{ns}	105378,5*
Res(a)	8	520,6749	28606,37	7416,533
Doses	1	80033,58*	196819,8*	79752,6*
Forageira×Taxa	1	124,272 ^{ns}	14743,91 ^{ns}	12169,5*
Res(b)	8	835,2382	30633,47	1382,658
Seção	2	248,3941 ^{ns}	67066,56*	80649,33*
Forageira×Seção	2	1012,911 ^{ns}	46324,33*	10657,43 ^{ns}
Taxa×Seção	2	1245,017 ^{ns}	32825,96 ^{ns}	3113,829 ^{ns}
Forrag×Taxa×Seção	2	870,3255 ^{ns}	19824,53 ^{ns}	243,4292 ^{ns}
Resíduo	32	430,0386	13312,01	3362,671
Média geral		93,852	416,46	288,79
Coef. de variação (%)		22,096	27,704	20,08

*Significativo a 5% de probabilidade; ns – não significativo.

APÊNDICE E – Resumo da análise de variância do cobre (Cu) e boro (B)

Fonte de variação	GL	Quadrado médio	
		Cu	B
Forageira	1	133,5042*	381,6038*
Res(a)	8	7,533313	27,07561
Doses	1	1270,52*	1825,52*
Forageira×Taxa	1	20,41667*	148,6328 ^{ns}
Res(b)	8	3,2289937	67,88167
Seção	2	8,516375 ^{ns}	8288,6589 ^{ns}
Forageira×Seção	2	31,86079*	7,57522 ^{ns}
Taxa×Seção	2	10,37679 ^{ns}	154,0522 ^{ns}

FORAGEIRAXTAXAXSEÇÃO	2	4,727042 ^{ns}	43,03527 ^{ns}
Resíduo	32	6,848531	128,8259
Média geral		17,01	34,207
Coef. de variação (%)		15,385	33,181

*Significativo a 5% de probabilidade; ns – não significativo.