

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA TROPICAL**

THIAGO LOPES ROSADO

**EFEITO DA APLICAÇÃO DE FONTES E DOSES DE
NITROGÊNIO NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO
SOLO, NA EXTRAÇÃO DE NUTRIENTES E NA
PRODUÇÃO DO CAPIM-MOMBAÇA**

**São Mateus, ES
Fevereiro de 2013**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA TROPICAL**

**EFEITO DA APLICAÇÃO DE FONTES E DOSES DE
NITROGÊNIO NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO
SOLO, NA EXTRAÇÃO DE NUTRIENTES E NA
PRODUÇÃO DO CAPIM-MOMBAÇA**

THIAGO LOPES ROSADO

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, para a obtenção do título de mestre em Agricultura Tropical.

Orientador: Prof. Dr. Ivoney Gontijo

**São Mateus, ES
Fevereiro de 2013**

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

R788e Rosado, Thiago Lopes, 1986-
Efeito da aplicação de fontes e doses de nitrogênio nos atributos químicos do solo, na extração de nutrientes e na produção do capim-mombaça / Thiago Lopes Rosado. – 2013. 75 f. : il.

Orientador: Ivoney Gontijo.
Coorientadores: Felipe Vaz Andrade, Marcelo Suzart de Almeida.
Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário Norte do Espírito Santo.

1. Pastagens. 2. Gramínea. 3. Fertilizantes nitrogenados. 4. Solos ácidos. 5. Capim-mombaça. I. Gontijo, Ivoney. II. Andrade, Felipe Vaz. III. Almeida, Marcelo Suzart de. IV. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro Universitário Norte do Espírito Santo. V. Título.

CDU: 63

EFEITO DA APLICAÇÃO DE FONTES E DOSES DE NITROGÊNIO NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO, NA EXTRAÇÃO DE NUTRIENTES E NA PRODUÇÃO DO CAPIM-MOMBAÇA

THIAGO LOPES ROSADO

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, para a obtenção do título de mestre em Agricultura Tropical.

Aprovada: 25 de fevereiro de 2013.

Prof. Dr. Renato Ribeiro Passos
Universidade Federal do Espírito Santo

Prof. Dr. Marcelo Suzart de Almeida
Universidade Federal do Espírito Santo
(Co-orientador)

Prof. Dr. Ivoney Gontijo
Universidade Federal do Espírito Santo
(Orientador)

Feliz o homem que não procede conforme o conselho dos ímpios, não trilha o caminho dos pecadores, nem se assenta entre os escarnecedores...

(Salmo 01)

AGRADECIMENTOS

A Deus, que me deu a vida, saúde, força e oportunidade para buscar e alcançar meus objetivos.

Aos meus queridos pais, Ronaldo Lopes Rosado e Edna Maria Soares Lopes, que mesmo diante das dificuldades, sempre priorizaram minha formação acadêmica. Pelo exemplo de vida, amor incondicional e apoio em todos os momentos.

A minha esposa Márcia Helena Milanezi, pela paciência, compreensão, incentivo, companheirismo e amor. Por ter sido meu porto seguro durante as turbulências, permitindo que eu alcançasse meus objetivos.

Aos meus avós, Etevaldo Lopes Rosado, Ivanda Gava, Simião da Costa Soares e Lindaura Almeida Soares pelo incentivo, respeito e amor.

A minha irmã Thaiz Aparecida Lopes Rosado, aos meus primos Douglas Miguel Lopes Rosado e Mateus Margon Lopes Rosado, às minhas enteadas Lara Milanezi Lima e Mila Lima Milanezi e a todos os familiares, pelo amor e carinho.

Ao programa de Pós graduação em Agricultura Tropical do Centro Universitário Norte do Espírito Santo, pela oportunidade de realização desse trabalho.

Ao Instituto Federal do Espírito Santo *campus* Santa Teresa, pela estrutura cedida para o desenvolvimento desse projeto.

Ao meu amigo e orientador, professor Ivoney Gontijo, pela orientação, colaboração, disponibilidade e apoio inestimável para a realização desse trabalho.

Aos meus co-orientadores, professores Felipe Vaz Andrade e Marcelo Suzart de Almeida, pela amizade, disponibilidade, orientações e ensinamentos.

Aos diretores do Instituto Federal do Espírito Santo *campus* Santa Teresa, Luiz Marcari Júnior e Moacyr Antônio Serafini, pela oportunidade e confiança.

Aos professores do Instituto Federal do Espírito Santo *campus* Santa Teresa, Alberto Chambela Neto, Antônio Fernandes de Souza e Ismail Ramalho Hadadde, pelas orientações.

Ao professor do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, Renato Ribeiro Passos, pela partilha do saber, pelo apoio e principalmente pela amizade construída durante a graduação.

A secretária do Programa de Pós Graduação em Agricultura Tropical Bernadeth Seixas, pela atenção e solicitude.

Aos professores Adriano Alves Fernandes, Antelmo Ralph Falqueto, Bruno Borges Deminicis, Edilson Romais Schmildt, Fábio Ribeiro Pires, Rodrigo Sobreira Alexandre, pelo aprendizado adquirido nas disciplinas cursadas.

Aos laboratoristas Alessandro, Danilo, Elvis, Francisco, Joel e Vagner, pelo apoio na realização das análises.

A amiga Carla da Penha Simon, aluna do curso de Agronomia do Instituto Federal do Espírito Santo *campus* Santa Teresa, pelo apoio irrestrito durante a condução do experimento.

Aos amigos João Paulo Bestete de Oliveira e Rômulo Môra, pela colaboração e amizade.

Aos servidores do Instituto Federal do Espírito Santo *campus* Santa Teresa, Adelino Zamprogno, Fabiana Fardin e Giácomo Luiz dos Santos Sperandio, que colaboraram de modo irrestrito no desenvolvimento das minhas atividades profissionais durante as ausências no trabalho.

Ao responsável pelo setor de Animais de Médio Porte, Aristídes Hell Granke pelo apoio e disponibilidade de auxílio.

A todos aqueles que colaboraram durante a condução do experimento, em especial a Devaldo, Dionísio, Euvécio, Everton, Gustavo, José Sirilo, Kátia, Marcos, Paulo, Rafael, Renan, Sérgio e Valdir.

A todos que contribuíram, direta ou indiretamente, na realização desse trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO GERAL	01
2. REVISÃO DE LITERATURA	03
2.1. Aspectos gerais do <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça.....	03
2.2. Nitrogênio e adubação nitrogenada em pastagens.....	05
2.3. Pecuária nacional e produção de forragem no Brasil.....	07
3. CAPÍTULOS	10
3.1. Fontes e doses de nitrogênio e alterações nos atributos químicos de um Latossolo cultivado com capim-mombaça.....	11
Resumo.....	11
Abstract.....	12
Introdução.....	13
Material e Métodos.....	14
Resultados e Discussão.....	18
Conclusões.....	31
Referências Bibliográficas.....	32
3.2. Extração de nutrientes do capim-mombaça submetido à aplicação de fontes e doses de nitrogênio.....	35
Resumo.....	35
Abstract.....	36

Introdução.....	37
Material e Métodos.....	38
Resultados e Discussão.....	43
Conclusões.....	51
Referências Bibliográficas.....	51
3.3. Produção e perfilhamento do capim-mombaça submetido a diferentes fontes e doses de nitrogênio.....	54
Resumo.....	54
Abstract.....	55
Introdução.....	56
Material e Métodos.....	57
Resultados e Discussão.....	62
Conclusão.....	66
Referências Bibliográficas.....	66
4. CONCLUSÕES GERAIS.....	69
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70

RESUMO

ROSADO, Thiago Lopes; M.Sc.; Universidade Federal do Espírito Santo; Fevereiro de 2013; **Efeito da aplicação de fontes e doses de nitrogênio nos atributos químicos do solo, na extração de nutrientes e na produção do capim-mombaça**; Orientador: Ivoney Gontijo, Co-orientadores: Felipe Vaz Andrade e Marcelo Suzart de Almeida.

As pastagens representam a base da alimentação dos bovinos no Brasil, que em sua maioria, são manejados em pastagens extensivas. Porém, limitações nutricionais, em especial do nitrogênio, contribuem para a baixa produção de forragem nas áreas manejadas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de fontes e doses de nitrogênio nos atributos químicos do solo, no desenvolvimento e extração de nutrientes do capim-mombaça. O experimento foi desenvolvido entre outubro de 2011 e abril de 2012, no Instituto Federal do Espírito Santo *campus* Santa Teresa. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com três repetições, em esquema fatorial 3 x 6, sendo três fertilizantes nitrogenados (ureia, sulfato de amônio e nitrato de cálcio) e seis doses de nitrogênio (0, 120, 240, 360, 480 e 600 kg ha⁻¹), aplicados durante o período experimental, totalizando 54 unidades experimentais. As doses de nitrogênio foram divididas em sete aplicações, sendo os tratamentos aplicados a cada 28 dias, sempre após o corte da forrageira, totalizando sete cortes durante o período experimental de 196 dias. Em cada corte, a planta forrageira foi coletada com auxílio de um quadrado de ferro de 50 x 50 cm e cortada com tesoura de aço. O material coletado em cada parcela foi levado à estufa com circulação de ar, para determinação da matéria pré-seca. Após a secagem, as amostras foram moídas para determinação da matéria

seca. O material moído foi encaminhado para o laboratório para avaliação dos teores dos macronutrientes no tecido vegetal e esses resultados foram utilizados na quantificação da extração de nutrientes pela forrageira. Ao final do experimento, foram coletadas com o auxílio de um trado, amostras de solo nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, para avaliar o efeito da aplicação dos tratamentos sobre os atributos químicos do solo nas diferentes profundidades. Os resultados experimentais mostraram que, em relação à produção de forragem, o capim-mombaça mostrou-se responsivo a adubação nitrogenada, sendo sua resposta em produção de matéria seca e número de perfilhos, para uma mesma dose de nitrogênio, dependente da fonte utilizada. Os melhores resultados para produção de matéria seca e número de perfilhos foram obtidos com o uso do nitrato de cálcio. Observou-se com a análise do tecido vegetal, que a aplicação de nitrogênio promoveu aumento da extração dos macronutrientes pelo capim-mombaça, devido à maior produção de forragem. Além disso, o aumento dos teores de cálcio no solo, devido à aplicação de elevadas doses de nitrato de cálcio, resultou na diminuição da absorção e extração de magnésio. Para os atributos químicos do solo, observou-se elevado potencial de acidificação com o uso do sulfato de amônio. A redução provocada no pH do solo resultou em alterações nos teores de alumínio trocável, acidez potencial e na disponibilidade de fósforo. Além disso, elevadas doses de nitrogênio na forma de sulfato de amônio e nitrato de cálcio, promoveram a lixiviação de bases, especialmente do potássio, para a camada de 20-40 cm.

Palavras-chave: *Panicum maximum*, fertilizantes nitrogenados, matéria seca, acidez do solo, absorção de macronutrientes.

ABSTRACT

ROSADO, Thiago Lopes; M.Sc.; Universidade Federal do Espírito Santo; February, 2013; **Application effect of nitrogen sources and doses on the chemical soil attributes, on the nutrients extraction and on mombaça grass production**; Adviser: Ivoney Gontijo, Co-advisers: Felipe Vaz Andrade e Marcelo Suzart de Almeida.

The pastures represent the basis of bovine feeding in Brazil, which in its most part, are managed in extensive pastures. However, nutritional limitations, especially regarding nitrogen, contribute for the low forages production on the managed areas. The objective of this work was to evaluate the effect of the application of nitrogen sources and doses on the chemical soil attributes, on the development and extraction of mombaça grass nutrients. The experiment was developed among October 2011 and April 2012, on the Federal Institute of Espírito Santo campus Santa Teresa. The experimental design used was in randomized blocks, with three replications, in factorial scheme 3 x 6, with three nitrogenous fertilizers (urea, ammonium sulphate and calcium nitrate) and six nitrogen levels (0, 120, 240, 360, 480 and 600 kg ha⁻¹), applied during the experimental period, totalizing 54 experimental units. The nitrogen doses were divided in 7 applications, and the treatments were applied at each 28 days, always after the forage cut, totalizing 7 cuts during the experimental period of 196 days. In each cut, the forage plant was collected with the assistance of an iron square of 50 x 50 and cut with a steel scissor. The material collected in each fragment was taken to the hothouse with air circulation, for the determination of previous dry matter. After drying, the samples were ground for the dry matter determination. The triturated material was conducted to the laboratory for evaluation

of the macronutrients on the vegetable tissue and these results were used on the quantification of the nutrients extraction by the forage. At the end of the experiment, samples of soil on the depth of 0-20 and 20-40 cm were still collected with assistance of an auger hole, to evaluate the effect of the treatments application upon the chemical attributes of the soil on the different depths. The experimental results showed that, according to forage production, Mombaça grass showed to be responsive to nitrogenous fertilization, and its answer in dry matter production and number of tillers, for the same nitrogen dose, depends on the used source. The best results for dry matter production and number of tillers were obtained with the use of calcium nitrate. It was observed with the vegetable tissue analysis, that the nitrogen application promoted an increase on the macronutrients extraction by mombaça grass, due to the higher forage production. Besides, the increase on the calcium proportion in the soil, due to the application of elevated calcium nitrate doses, resulted on the decrease of absorption and extraction of magnesium. For the soil chemical attributes, it was observed elevated acidification potential with the use of ammonium sulfate. The reduction provoked on the soil pH resulted in alterations on the levels of changeable aluminum, potential acidity and on phosphorus availability. Besides, elevated nitrogen doses as ammonium sulphate and calcium nitrate, promoted basis lixiviation, especially of potassium for the 20-40 cm layer.

Key words: *Panicum maximum*, nitrogenous fertilizers, dry matter, soil acidity, macronutrient absorption.

1. INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil destaca-se na produção pecuária mundial como detentor do maior rebanho bovino comercial do mundo. A bovinocultura desponta como uma das atividades de maior relevância dentro da agropecuária nacional. De acordo com CAMARGO et al. (2004), a atividade está presente em mais de 1,85 milhões de propriedades rurais, distribuída em todos os estados da federação. Estima-se que a produção de carne e leite concentra algo em torno de 7 milhões de empregos diretos e indiretos.

Quando desenvolvida de forma extensiva, a produtividade potencial da bovinocultura é reduzida. O que ocorre frequentemente é a abertura de novas áreas de cultivo para a manutenção ou aumento da produção. Assim, metas de produção geralmente são alcançadas por meio da implantação de um ciclo de expansão da fronteira agrícola sob áreas de vegetação natural (DIAS FILHO, 2011).

Há um consenso entre os pesquisadores que a produção de forragem é seguramente o fator preponderante que limita o desempenho da bovinocultura brasileira, devido principalmente à baixa fertilidade dos solos ocupados por pastagens.

Dentre os nutrientes que limitam a produção das gramíneas forrageiras tropicais, destaca-se o nitrogênio (N). De acordo com FREITAS et al. (2011), o N representa, ao lado do potássio, os nutrientes mais extraídos em pastagens de *Panicum maximum*.

Para MONTEIRO (1995), em condições edafoclimáticas normais e mediante a não ocorrência de outra limitação, o suprimento de N é o fator de maior impacto na produtividade da planta forrageira bem estabelecida e dos animais que a utilizam.

Porém, a utilização da adubação nitrogenada como estratégia para o aumento da produção de forragem influencia não apenas o comportamento da forrageira no que tange a produção de matéria seca. O fornecimento de N altera o comportamento dos atributos químicos do solo, bem como a extração de nutrientes pelas plantas. Além disso, as respostas diferem em função da dose de N aplicada, bem como da fonte utilizada.

Neste trabalho, buscou-se levantar informações sobre os reflexos do fornecimento de diferentes fontes e doses de N em pastagens de capim-mombaça, sua influência na produção de forragem, na extração de nutrientes pelas plantas, bem como sobre as alterações provocadas nos atributos químicos de um Latossolo Amarelo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Aspectos gerais do *Panicum maximum* cv. Mombaça

O gênero *Panicum* pertence à família *Gramíneae*, apresentando cerca de 500 espécies que ocorrem em países de clima quente, especialmente em regiões de clima tropical, destacando dentre essas o *Panicum maximum* (JANK, 1995). O *Panicum maximum* é originário da África e foi introduzido no Brasil no período colonial, quando era utilizado, provavelmente, como cama nos navios negreiros. Sua disseminação ocorreu naturalmente, feita provavelmente por pássaros ou pelas pessoas nos locais próximos onde os escravos eram descarregados (PARSONS, 1972). No Brasil, foi difundido através do capim-colonião e posteriormente, pelas cultivares Tobiata, Tanzânia, Mombaça e Aruana (FREITAS et al., 2005). Dentre as cultivares desse gênero, destaca-se o capim-mombaça.

A espécie *Panicum maximum* cv. Mombaça, cujo lançamento nacional foi realizado em 1993, pelo Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte da EMBRAPA, em parceria com outras instituições brasileiras, como o Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) e Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC), caracteriza-se pelo elevado potencial produtivo, destacando-se por apresentar

excelentes respostas à adubação, ampla adaptabilidade e menor estacionalidade de produção quando comparado a outros cultivares da espécie (MÜLLER, 2000).

É uma planta ereta e cespitosa, com altura média de 1,60 a 1,65 m, apresentando alta porcentagem de folhas. Cerca de 10 a 40% da produção anual ocorre durante o período da seca (CARNEVALLI, 2003). Esta forrageira tropical apresenta seu maior desenvolvimento durante o período de verão, em que as condições de temperaturas são elevadas. Trata-se de um cultivar sensível à geada, que tende a paralisar seu crescimento quando exposto a temperaturas inferiores a 10° C. Por apresentar metabolismo C4 (primeiro composto estável formado apresenta quatro átomos de carbono), são mais eficientes no uso da água quando comparadas às plantas com metabolismo C3, apresentando maior carboxilação enzimática sob altas temperaturas (VALENTE et al., 2011).

O capim-mombaça é considerado uma das forrageiras tropicais mais produtivas à disposição dos pecuaristas, podendo atingir até 41 toneladas ha⁻¹ de massa seca anual, apresentando em média, 81,9% de folhas, 13,4% de proteína bruta nas folhas e 9,7% nos colmos (JANK et al., 1994).

O uso e o interesse pelo *Panicum maximum* cv. Mombaça têm aumentado nos últimos anos provavelmente em virtude de seu grande potencial de produção de massa seca por unidade de área, ampla adaptabilidade, boa qualidade de forragem e facilidade de estabelecimento. Por isso, é hoje, uma das gramíneas forrageiras mais utilizadas em sistema de produção animal no Brasil, prevalecendo, de modo geral, o seu uso em sistemas intensivos de produção (OLIVEIRA et al., 2007).

O capim-mombaça pertence ao grupo de forrageiras consideradas exigentes em fertilidade do solo (MINGOTE et al., 2011), produzindo melhor em solos de média à alta fertilidade. Além disso, este cultivar exige elevada precipitação anual para seu bom desenvolvimento. Em condições de limitações hídricas, trabalhos como o de SOUZA (2003) têm mostrado elevada resposta dessa forrageira à irrigação.

2.2. Nitrogênio e adubação nitrogenada em pastagens

A baixa disponibilidade de nutrientes na exploração da pastagem é um dos principais fatores que interferem tanto no nível de produtividade, quanto na qualidade da forrageira (BATISTA & MONTEIRO, 2006). Na maioria das propriedades, os solos sob pastagens geralmente não recebem as práticas de correção e adubação. Isso se deve ao fato de que ainda há uma grande desconsideração das mesmas como culturas, o que constitui um grave erro. Assim, há necessidade de se empregar técnicas agronômicas na exploração das pastagens, tal qual ocorre em outras culturas com o propósito de melhorar o valor nutricional da forragem produzida e o desempenho animal (BARROS et al., 2002).

De acordo com FAGUNDES et al. (2005), a produtividade de uma pastagem é altamente dependente das condições edafoclimáticas e do manejo a que são submetidas, principalmente em relação à dose de nitrogênio (N) aplicada, por tratar-se do nutriente mais relevante para o aumento de produtividade das pastagens no Brasil.

Os níveis e a disponibilidade do N no solo são dependentes do balanço entre os processos de mineralização e imobilização. Em pastagens tropicais extensivamente manejadas, sem adubação nitrogenada, a disponibilidade de N depende, em grande parte, da mineralização do N dos resíduos vegetais. O balanço entre esses processos pode variar com o tempo e, principalmente, com a natureza do resíduo orgânico em decomposição, além de depender da atividade microbiológica do solo. Para FAGUNDES et al. (2006), o N do solo, proveniente da mineralização da matéria orgânica, não é suficiente para atender à demanda de gramíneas com alto potencial produtivo. Pelo exposto, a adubação nitrogenada torna-se uma prática de manejo indispensável para otimização do uso das pastagens.

O N é componente de aminoácidos, proteínas, ácidos nucléicos, hormônios, enzimas, coenzimas, fitocromos, clorofila, ATP, NADH e NADPH (LAVRES, 2001; RAVEN et al., 2001; LAVRES JUNIOR & MONTEIRO, 2003; FORNASIERI FILHO, 2007) além de ser um dos nutrientes mais extraídos pelas plantas (PRIMAVESI et al., 2005). De acordo com SANTOS JÚNIOR et al. (2004), o adequado fornecimento

de N tem grande influência no processo fotossintético, promovendo aumento na taxa assimilatória líquida. Este nutriente atua promovendo maior estímulo à atividade enzimática e síntese da enzima Rubisco, responsável pela fotossíntese, associado ao estímulo na taxa de transpiração foliar, que favorece a fotossíntese da planta (CABRERA-BOSQUET et al., 2009). Além disso, atua diretamente, tanto na fase fotoquímica, como na fase bioquímica da fotossíntese (TAIZ & ZEIGER, 2009). Na fotoquímica, o N atua provavelmente no aumento da eficiência de captação da luz, pela maior síntese de clorofila “a”, enquanto na fase bioquímica, o adequado fornecimento de N favorece à maior biossíntese de proteínas e enzimas ligadas à fotossíntese (VIEIRA et al., 2010).

Pelas funções que desempenha nos vegetais, o N tem influência marcante nos componentes estruturais das forrageiras, destacam-se o comprimento final das folhas e o número de folhas vivas por perfilho (LEMAIRE & CHAPMAN, 1996) que, em última análise, determinam o índice de área foliar do pasto. Além desses, pode-se citar outras características estruturais como relação folha:colmo, relação material vivo:morto, densidade de folhas verdes e altura do dossel, que interferem na produção e no consumo de forragem pelos animais em pastejo (ALVES et al., 2008; POMPEU et al., 2010).

Pelos efeitos sobre a morfogênese das forrageiras, a adubação nitrogenada tem demonstrado exercer respostas positivas no aumento da densidade de perfilhos (OLIVEIRA et al., 2007; CAMINHA et al., 2010), pela maior rapidez de formação das gemas axilares (VITOR et al., 2009), além de promover aumento na produção total de forragem e seus componentes (LOPES et al., 2011).

A influência da adubação nitrogenada na produtividade das gramíneas forrageiras tropicais tem sido relatada por vários pesquisadores. Resposta de até 200 kg ha⁻¹corte⁻¹ de N foi relatado por CORRÊA et al. (2007), em pastagem de capim-coastcross.

Inúmeros autores, entre eles BRAGA et al. (2004), EUCLIDES et al. (2007), BRAGA et al. (2009) e CANTO et al. (2009) observaram respostas positivas à adubação nitrogenada pelo *Panicum maximum*, onde a aplicação de N influenciou sobremaneira a produção de matéria seca para essa forrageira. Segundo JANK et al. (1994), a espécie *Panicum maximum*, quando submetida à adequada adubação

nitrogenada, pode alcançar produções de até 41 toneladas $\text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ de matéria seca.

A produção de matéria seca de gramíneas forrageiras em resposta à adubação com níveis crescentes de N é normalmente linear dentro de certos limites, que variam principalmente com o potencial genético das diferentes gramíneas, com a frequência de cortes, e com as condições climáticas. Porém, para que ocorra o aumento de produção decorrente da adubação nitrogenada, deve haver um equilíbrio entre os outros nutrientes no solo.

A fonte de N utilizada também apresenta grande importância na resposta das gramíneas forrageiras à adubação nitrogenada. Recentemente, inúmeros trabalhos evidenciando diferenças na produção de matéria seca para uma mesma dose de N, em função de fontes utilizadas foram apresentados por CORRÊA et al. (2007) e COSTA et al. (2010).

Devido à influência do N sobre as características morfofisiológicas das gramíneas forrageiras, explicitadas anteriormente, sua aplicação também resulta em alterações expressivas no que tange à qualidade da forragem. De acordo com COSTA et al. (2011), a aplicação de N promoveu elevação nos conteúdos de proteína bruta, bem como reduções nos teores de fibra em detergente neutro e lignina para o capim-xaraés.

Pelo exposto, a adubação nitrogenada torna-se indispensável para a exploração intensiva das pastagens, devido à influência deste nutriente sobre as características morfofisiológicas e produtivas das gramíneas forrageiras, elencadas anteriormente. Porém, de acordo com MARTHA JÚNIOR et al. (2002), a magnitude de resposta das plantas a este nutriente varia conforme a espécie forrageira explorada, a dose de N aplicada, a fonte utilizada, a forma de aplicação do fertilizante, bem como as condições edafoclimáticas presentes durante o período avaliado.

2.3. Pecuária nacional e produção de forragem no Brasil

A exploração pecuária é uma das mais importantes atividades econômicas do Brasil (CASTAGNARA, 2009). De acordo com dados do IBGE (2011), a população brasileira de bovinos alcançou 212,8 milhões de cabeças, sendo o rebanho brasileiro o segundo maior do mundo, perdendo apenas para a Índia, onde os bovinos não apresentam valor econômico agregado.

Segundo dados da CNA (2012), o PIB da bovinocultura de corte e leite, considerando todas as etapas da cadeia produtiva, representou no ano de 2007, algo em torno de 92,7 bilhões de reais, sendo que deste total, 58,4 bilhões são referentes à bovinocultura de corte e 34,3 bilhões à bovinocultura de leite.

Os ecossistemas pastoris correspondem a 40% da superfície terrestre, desconsiderando a Groenlândia e a Antártida (NABINGER & CARVALHO, 2009). No Brasil, as pastagens constituem um dos maiores e mais importantes agroecossistemas (SILVA NETO et al., 2012). Estima-se que atualmente, a área de pastagens cultivadas e nativas ocupe 250 milhões de hectares, sendo que as pastagens cultivadas correspondem a aproximadamente 46% desse total (MACEDO & SANTOS, 2006). Dentre as gramíneas utilizadas, destacam-se os gêneros *Brachiaria* e *Panicum* (GONÇALVES et al., 1997).

Dentro dos diferentes sistemas de produção, as gramíneas desempenham papel fundamental na cadeia produtiva de bovinos, pois constituem a base da alimentação dos rebanhos de corte e leite (LIMA & DEMINICIS, 2008) em virtude da disponibilidade, alto potencial produtivo e adaptação aos diversos ecossistemas brasileiros (SILVA, 2009). De acordo com GOMIDE et al. (2001), quando bem manejadas, as forrageiras são capazes de sustentar níveis satisfatórios de produção, sobretudo nas épocas mais favoráveis do ano.

Segundo CASTAGNARA (2009), a produção das espécies forrageiras utilizadas no Brasil, mesmo apresentando elevado potencial produtivo, apresentam baixa produtividade com consequente baixas taxas de lotação. FAGUNDES et al. (2005) relatam que o potencial de produção de uma forrageira é geneticamente determinado. Porém, para que seu potencial seja atingido, inúmeros fatores contribuem significativamente, destacando-se entre eles, temperatura, radiação,

umidade, luminosidade, disponibilidade de água e nutrientes, bem como o manejo. Porém, em regiões de clima tropical, a disponibilidade hídrica e a baixa fertilidade do solo são os fatores que mais limitam a produção das forrageiras.

De acordo com DIAS-FILHO (2006), pelo menos a metade das áreas de pastagens no Brasil encontra-se em processo de degradação ou está degradada, principalmente em áreas de pastejo. Os sistemas intensivos de produção, voltados para a intensificação do uso de fertilizantes, irrigação das pastagens e adequado manejo do pasto objetivando a obtenção de elevada produção de forragem, com o aumento das taxas de lotação, tem aumentado em todo o país. Porém, há ainda o predomínio de pastagens exploradas em sistemas extrativistas, rudimentares e pouco profissionais que negligenciam a fertilidade dos solos.

Pelo exposto, entende-se que a busca por melhoria nos índices da pecuária nacional, com aumento de produtividade de carne e leite, passa necessariamente pelo aumento na produção e melhoria na qualidade da forragem fornecida aos animais. Além disso, o aumento da produtividade de forragem implicaria ainda, no aumento da produção, sem a abertura de novas áreas agrícolas, permitindo a preservação de áreas hoje ocupadas com pastagem, em locais impróprios para a pecuária. Dessa forma, o adequado manejo da fertilidade do solo, em especial do N, em sistemas intensivos de produção, pode mudar o cenário da pecuária brasileira, colocando o Brasil, não apenas em posição de destaque por sua produção, mas também pela qualidade e eficiência no processo produtivo.

3. CAPÍTULO

3.1. FONTES E DOSES DE NITROGÊNIO E ALTERAÇÕES NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DE UM LATOSSOLO CULTIVADO COM CAPIM-MOMBAÇA

Resumo

O fornecimento de nitrogênio tem sido utilizado como ferramenta para aumento da produtividade das gramíneas forrageiras tropicais no Brasil. Avaliou-se o efeito da aplicação de diferentes fontes e doses de nitrogênio sobre os atributos químicos de um Latossolo Amarelo cultivado com *Panicum maximum* cv. Mombaça. O experimento foi desenvolvido no Instituto Federal do Espírito Santo *campus* Santa Teresa. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com três repetições, em esquema fatorial 3 x 6, sendo três fertilizantes nitrogenados (ureia, sulfato de amônio e nitrato de cálcio) e seis doses de nitrogênio (0, 120, 240, 360, 480 e 600 kg ha⁻¹), aplicados durante o período experimental, totalizando 54 unidades experimentais. As doses de nitrogênio foram aplicadas a cada 28 dias, sempre após o corte da forrageira, totalizando sete aplicações durante o período experimental de 196 dias. Após o término do experimento, foram coletadas com o auxílio de um trado holandês, amostras de solo nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, para avaliar o efeito da aplicação dos tratamentos sobre os atributos químicos do solo nas diferentes profundidades. Os resultados experimentais mostraram que o sulfato de amônio apresentou elevado potencial de acidificação do solo. As alterações provocadas no pH do solo resultaram em alterações nos teores de

alumínio trocável, acidez potencial e na disponibilidade de fósforo no solo. A aplicação de elevadas doses de nitrogênio na forma de sulfato de amônio e nitrato de cálcio, promoveu a lixiviação de bases, especialmente do potássio, para a profundidade de 20-40 cm.

Palavras-chave: *Panicum maximum*, fertilizantes nitrogenados, acidez do solo, lixiviação de bases.

Abstract

The nitrogen supply has been used as a tool for the increase of productivity of the tropical gramineous forage plants in Brazil. The objective of this work was to evaluate the effect of different sources and nitrogen doses application, upon the chemical attributes of a yellow oxisol cultivated with *Panicum maximum* cv. Mombaça. The experiment was carried at the Federal Institute of Espírito Santo *campus* Santa Teresa. The experimental design used was in randomized blocks, with three replications, in factorial scheme 3 x 6, with three nitrogenous fertilizers (urea, ammonium sulphate and calcium nitrate) and six nitrogen levels (0, 120, 240, 360, 480 and 600 kg ha⁻¹), applied during the experimental period, totalizing 54 experimental units. The nitrogen doses were applied at each 28 days, always after the forage cut, totalizing seven applications during the experimental period of 196 days. After the experiment end, soil samples on the depth of 0-20 e 20-40 cm were collected with the assistance of a Dutch auger, to evaluate the effect of the treatments application upon the chemical attributes of the soil on the different depths. The experimental results showed that the ammonium sulfate presented elevated potential of soil acidification. The alterations promoted on the soil pH resulted in alterations on the aluminum exchangeable levels, potential acidity and on the availability of phosphorus on the soil. The application of elevated nitrogen doses asform of ammonium sulfate and calcium nitrate, promoted basis lixiviation, especially of potassium, for the depth of 20-40 cm.

Key words: *Panicum maximum*, nitrogenous fertilizers, soil acidity, bases lixiviation.

Introdução

O conceito de manejo de pastagem tem mudado nos últimos anos, fazendo com que as pesquisas sejam voltadas principalmente para a busca de variedades mais responsivas à adubação.

No Brasil, o *Panicum maximum* é uma das forrageiras mais utilizadas em sistema de produção animal, pela boa adaptação climática e elevada produtividade (GOMES et al., 2011). Dentre as espécies cultivadas, destaca-se o *Panicum maximum* cv. Mombaça. Segundo MINGOTTE et al. (2011) trata-se de um cultivar que apresenta forragem de boa qualidade, possuindo grande importância para a produção de bovinos nas regiões de clima tropical e subtropical.

Buscando elevar a produtividade das forrageiras, a adubação nitrogenada tem sido utilizada como estratégia para o incremento da produção, aumentando a taxa de lotação das áreas manejadas. De acordo com BARTH NETO et al. (2010), o fornecimento de nitrogênio (N) é fundamental para elevar a produtividade do capim-mombaça.

No Brasil, os fertilizantes nitrogenados mais comercializados e aplicados em pastagens são a ureia e o sulfato de amônio, representando mais de 90% do mercado, sendo a ureia, a fonte mais utilizada (MARTHA JÚNIOR et al., 2004). O uso dessas fontes apresenta vantagens e desvantagens. A ureia destaca-se pelo menor custo por quilograma de N. Porém, do ponto de vista agrônomo, apresenta limitações nas aplicações em superfície, em razão das perdas de N por volatilização. Por sua vez, o sulfato de amônio apresenta menores perdas de N por volatilização quando aplicado em solos ácidos, além de ser fonte de enxofre, embora apresente maior custo por quilograma de N (TEIXEIRA FILHO et al., 2010).

Outros fertilizantes nitrogenados também são utilizados em pastagens, destacando-se entre eles o nitrato de cálcio, por apresentar N na forma nítrica, reduzindo significativamente as perdas de N por volatilização, além de ser fonte de cálcio.

Segundo COSTA et al. (2008), há variações no comportamento dos atributos químicos de um solo que recebe a aplicação de diferentes fontes de N. Isso ocorre

devido às características de cada fertilizante, principalmente no que se refere à forma (nitríca, amoniacal ou amídica) que o N é fornecido.

Objetivou-se no presente trabalho avaliar o efeito da aplicação de diferentes fontes e doses de N em pastagem de capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq.), sobre os atributos químicos de um Latossolo Amarelo.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no período de 01 outubro de 2011 a 14 de abril de 2012, no Setor de Animais de Médio Porte do Instituto Federal do Espírito Santo *campus* Santa Teresa, situado entre as coordenadas 19°48'36" de latitude sul e 40°40'48" de longitude oeste de Greenwich e altitude média de 150 metros, no município de Santa Teresa-ES. O clima da região é temperado úmido com inverno seco e verão quente, Cwa, segundo a classificação de Koppen.

A área utilizada de pastagem foi de 1.200 m², com parcelas de 6 m², totalizando 324 m² de área útil. A pastagem de capim-mombaça encontrava-se estabelecida há mais de quatro anos, com elevada produção e manejo da fertilidade do solo realizado segundo recomendações técnicas de PREZOTTI et al. (2007), para pastagens irrigadas de elevada exigência nutricional.

O solo foi classificado como Latossolo Amarelo eutrófico (LAe), textura argilosa (EMBRAPA, 1999), apresentando 343, 170 e 487 g kg⁻¹ de areia, silte e argila, respectivamente. Quatro meses antes do início do experimento, realizou-se análise química do solo. A partir dos resultados obtidos, realizou-se a calagem, 110 dias antes do início do experimento, com a aplicação de 1000 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico. A adubação (exceto o fornecimento de N) foi realizada 90 dias após a calagem, de acordo com o Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo (PREZOTTI et al., 2007), considerando como cultura o capim-mombaça. Foi aplicado a lanço na área experimental, 463 kg ha⁻¹ de superfosfato triplo, 434 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio e 60 kg ha⁻¹ de FTE BR 10.

Imediatamente antes do início do experimento, foi realizada uma nova amostragem do solo da área experimental, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização química do solo da área experimental, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, antes e após a calagem e adubação do solo

Antes da calagem e adubação do solo												
Profundidade	pH ¹	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC	SB	P	K	S-SO ₄ ²⁻	MO	V
(cm)		-----cmol _c dm ⁻³ -----						-----mg dm ⁻³ -----			%	
0-20	5,0	1,7	0,6	0,3	3,1	5,5	2,4	11	30	6,2	2,60	43
20-40	5,4	1,9	0,6	0,1	2,8	5,4	2,6	3,4	22	5,5	2,2	48

Após a calagem e adubação do solo												
Profundidade	pH ¹	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC	SB	P	K	S-SO ₄ ²⁻	MO	V
(cm)		-----cmol _c dm ⁻³ -----						-----mg dm ⁻³ -----			%	
0-20	5,6	3,2	1,1	0,0	1,2	5,9	4,7	32	155	10,2	2,54	80
20-40	5,3	2,1	0,9	0,1	2,5	5,6	3,2	0,3	14	4,4	1,6	56

⁽¹⁾ pH em H₂O 1:2,5; P e K - extraídos por Mehlich; Ca, Mg e Al - extraídos por KCl; H+Al - extraídos por acetato de cálcio; CTC - capacidade de troca de cátions a pH 7,0; SB - soma de bases; S-SO₄²⁻ - extraído por cloreto de bário; MO - matéria orgânica; V - porcentagem de saturação por bases.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados. Adotou-se o esquema fatorial 3 x 6, sendo 3 fertilizantes nitrogenados (ureia, sulfato de amônio e nitrato de cálcio) e 6 doses de N (0, 120, 240, 360, 480 e 600 kg ha⁻¹), com 3 repetições, totalizando 54 unidades experimentais.

As doses de N estabelecidas foram igualmente divididas e aplicadas a cada 28 dias, sempre após o corte do capim-mombaça, totalizando sete aplicações durante o período experimental de 196 dias.

As parcelas de 3 x 2 m cada, foram demarcadas, com bordadura de 1 metro. Realizou-se em seguida o corte de uniformização em toda a área, com o auxílio de uma roçadora Stihl modelo FS 220® e logo em seguida procedeu-se a aplicação dos tratamentos. Os tratamentos (fontes e doses de N) foram dissolvidos em 10 litros de água e aplicados nas parcelas com o auxílio de um regador, visando melhor distribuição dos fertilizantes nitrogenados (Figura 1).

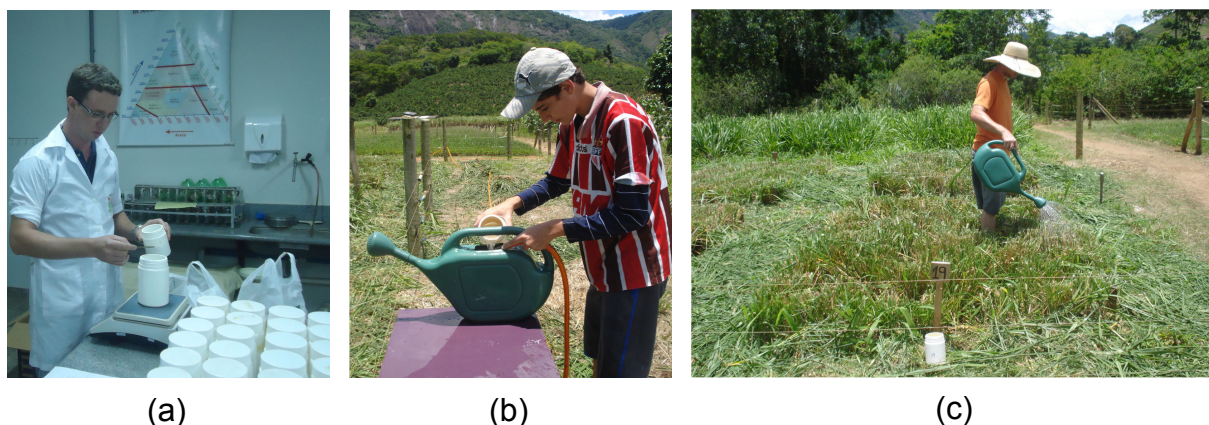


Figura 1. Pesagem (a), solubilização dos fertilizantes (b) e aplicação dos tratamentos com o uso do regador (c).

Imediatamente após cada aplicação das diferentes doses de fontes nitrogenadas, foi aplicado em toda área experimental uma lâmina de irrigação de 8 mm, utilizando um sistema de irrigação por aspersão, com eficiência de aplicação de 74% (Figura 2).



Figura 2. Irrigação da área experimental após a aplicação dos tratamentos.

Durante todo o período experimental, sempre que a precipitação pluvial foi insuficiente, a pastagem foi irrigada, sendo a lâmina aplicada, calculada em função da evapotranspiração da cultura (ET_c). As informações meteorológicas utilizadas para os cálculos da ET_c foram fornecidas por uma estação climatológica automática, localizada a 550 metros da área experimental (Figura 3). Na Figura 4 são apresentadas algumas variáveis climáticas observadas no período experimental.



Figura 3. Estação climatológica automática localizada no Ifes *campus* Santa Teresa.

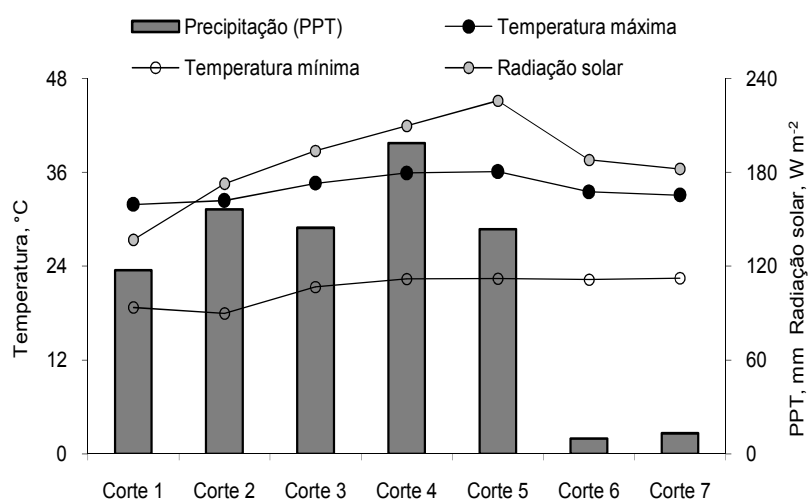


Figura 4. Valores das variáveis climáticas observadas durante o período experimental. Santa Teresa - ES. Outubro/2011 a abril/2012.

Ao final do período experimental, foram coletadas, com o auxílio de um trado holandês, amostras de solo nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, para avaliar o efeito da aplicação de diferentes fontes e doses de N sobre os atributos químicos do solo nas diferentes profundidades. Em cada parcela de 6 m², foram coletadas quatro amostras simples para cada profundidade avaliada, que foram homogeneizadas para a obtenção de uma amostra composta. Esta, posteriormente foi seca ao ar, destorroada e passada em peneira de 2 mm para obtenção de terra fina seca ao ar (TFSA) e em seguida foram encaminhadas para o laboratório para a realização das

seguintes análises químicas: pH (H_2O), cálcio, magnésio e alumínio trocável (extrator KCl), fósforo e potássio (extrator Mehlich), acidez potencial (extrator acetato de cálcio) e enxofre (extrator fosfato de cálcio).

Os dados foram submetidos à análise de variância e, em função da significância para as variáveis, foram ajustadas equações de regressão. Adotou-se o nível de significância de 5% em todos os testes estatísticos, utilizando o programa SAS (1993).

Resultados e Discussão

Na Figura 5 é apresentada a variação do pH do solo para as profundidades de 0-20 e 20-40 cm em função da aplicação de fontes e doses de N. Observa-se na Figura 5a que o aumento das doses de N, para as fontes ureia e sulfato de amônio, promoveram decréscimos lineares nos valores de pH do solo para a profundidade de 0-20 cm. O sulfato de amônio promoveu maior acidificação do solo em todas as doses aplicadas. Estes resultados concordam com os obtidos por COSTA et al. (2008), onde observaram maior acidificação do solo cultivado com capim-braquiária com o uso de sulfato de amônio, quando comparado com a ureia.

Comparado ao controle (ausência de N), a aplicação de 600 kg ha^{-1} de N reduziu o pH do solo em 0,83 e 0,36 unidades para as fontes de sulfato de amônio e ureia, respectivamente. Segundo FONSECA (2011), quando se utilizam adubos nitrogenados amoniacais, ou no caso da ureia, que gera amônio pela sua hidrólise, se espera a acidificação do solo, pois no processo de nitrificação, há formação de íons H^+ na conversão do amônio a nitrato.

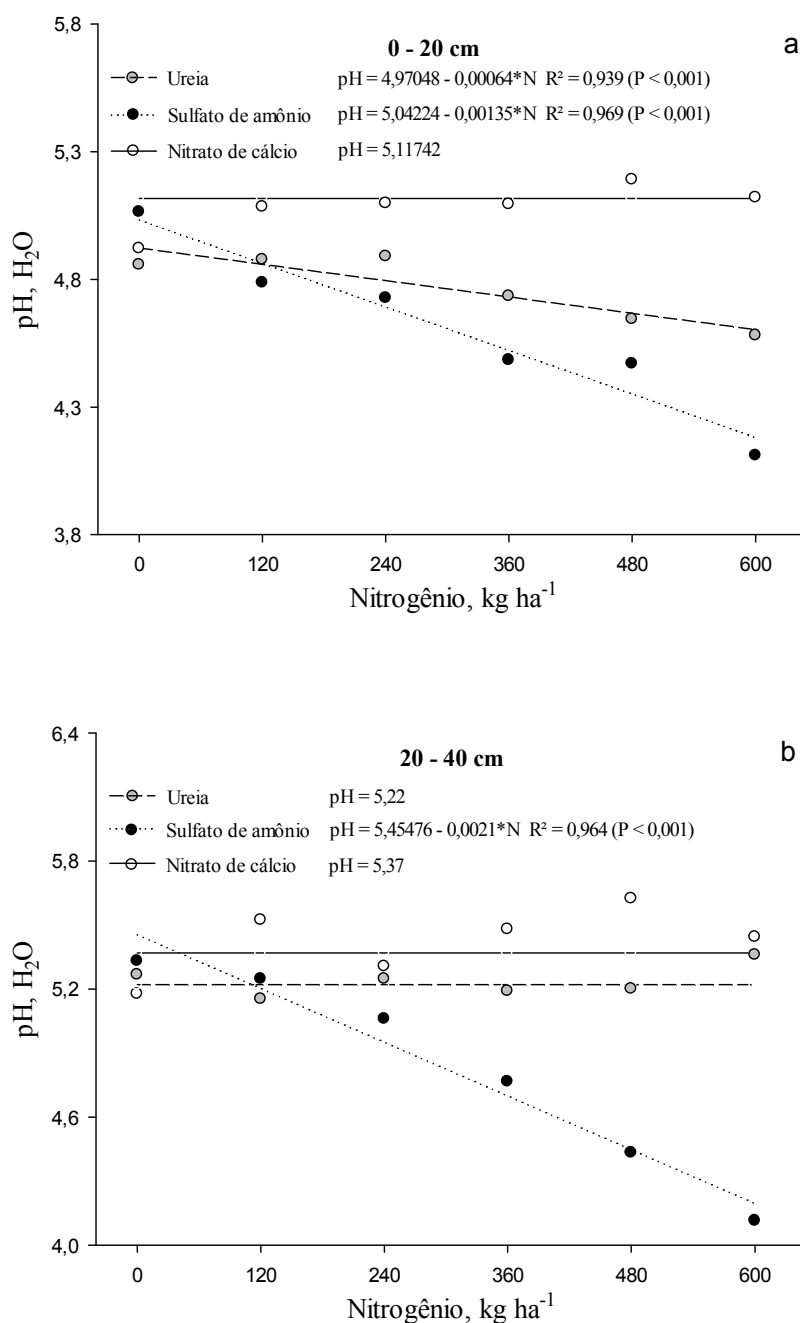


Figura 5. Valores de pH em água nas profundidades de 0-20 (a) e 20-40 cm (b) do solo cultivado com capim-mombaça em resposta à aplicação de fontes e doses de nitrogênio (N).

De acordo com TASCA et al. (2011), após a aplicação ao solo, a ureia é hidrolisada pela enzima *urease*, resultando na formação de amônio $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{CO}_3]$. Durante esse processo, ocorre inicialmente um aumento do pH, principalmente ao redor dos grânulos do fertilizante, devido ao consumo de íons H^+ . Porém, após a nitrificação do amônio $[(\text{NH}_4^+ + 1,5\text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{H}^+)$ e $(\text{NO}_2^- + 0,5\text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_3^-)]$, o pH decresce para valores inferiores aos originais

(ROCHETTE et al., 2009). Desta forma, cada molécula de ureia gera, no final do processo de nitrificação do amônio, um saldo de dois íons H^+ , enquanto para o sulfato de amônio, há a geração de quatro íons H^+ . Isso explica o comportamento dos dados evidenciados na Figura 5a.

De acordo com COSTA et al. (2008), outros fatores contribuem para que o sulfato de amônio apresente maior capacidade de acidificação do solo. Segundo esses autores, a volatilização da NH_3 proveniente da ureia aplicada em superfície reduz as quantidades de NH_4^+ nitrificado e consequentemente a formação de H^+ . Assim, o sulfato de amônio apresenta maior potencial de produzir H^+ .

Além disso, no solo, o sulfato de amônio $[(NH_4)_2SO_4]$ se dissocia e o sulfato (SO_4^{2-}) atua como carreador de cátions para as camadas subsuperficiais do solo. Dessa forma, a remoção de cátions das camadas superficiais promove aumento da acidificação do solo (OLIVEIRA et al., 2002).

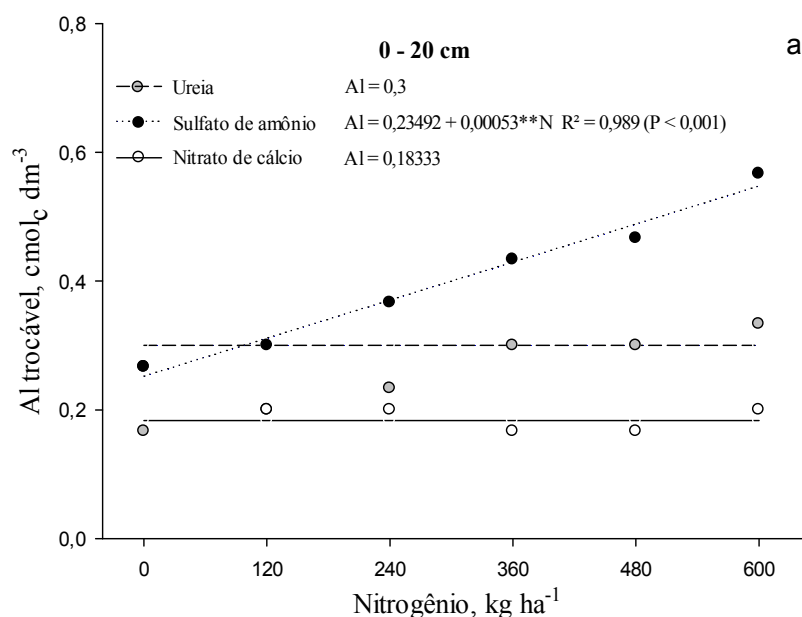
A acidificação do solo observada pode ser justificada não apenas pelas razões anteriormente elencadas. Segundo MALAVOLTA (2006), adicionalmente a nitrificação, a absorção de cátions pelas plantas, com maior importância para o NH_4^+ em função dos tratamentos aplicados, também promove acidificação do solo, devido à extrusão do H^+ celular para a solução do solo. Além disso, o próprio tempo de cultivo promove acidificação do solo, em virtude da extração de bases pela cultura, bem como pela exsudação de ácidos orgânicos pelas raízes. Esses fatos explicam o aumento da acidez do solo mesmo na ausência de aplicação de N, onde o pH do solo sofreu uma redução média de 0,7 unidades durante o período experimental, evidenciado na Tabela 1 e na Figura 5a.

Quando o N foi fornecido na forma de nitrato de cálcio, não ocorreram alterações no pH do solo em função das doses aplicadas nas diferentes profundidades avaliadas. De acordo com MALAVOLTA (1981), o nitrato de cálcio é um fertilizante que contém N na forma nítrica, não passando por transformações no solo. Sendo assim, sua aplicação não promove alterações no pH do solo, concordando com os resultados obtidos neste trabalho.

Para a profundidade de 20-40 cm (Figura 5b), pode-se observar que, quando se utilizou o sulfato de amônio como fonte de N, ocorreram reduções nos valores de pH com o aumento da dose de N aplicada. Esse comportamento não foi observado com a aplicação de ureia, para a qual não foi obtido ajuste de equação com

coeficiente significativo. Esses resultados discordam dos obtidos por COSTA et al. (2008), que observaram aumento da acidez do solo para a profundidade de 20-40 cm utilizando ureia como fonte de N. Provavelmente a discordância dos resultados deva-se, entre outros fatores, às diferenças nas características dos solos utilizados.

Os valores de Alumínio (Al) trocável e da acidez potencial (H + Al) no solo também sofreram alterações em função dos tratamentos aplicados. Comparando as Figuras 5a e 6a e as Figuras 5b e 6b, quando o N foi fornecido na forma de sulfato de amônio, pode-se observar a existência de uma relação inversa muito estreita entre pH do solo e os teores de Al, sendo que a redução do pH do solo provocado pelas doses crescentes de N promoveram aumento nos valores para este atributo. Para os valores de H + Al, observa-se também essa relação, quando se comparam as Figuras 5a e 7a.



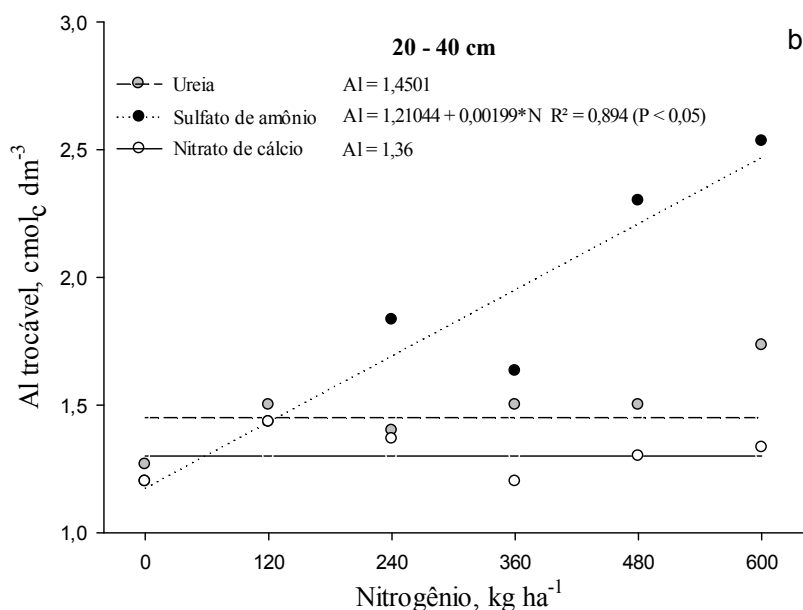


Figura 6. Valores de alumínio (Al) trocável nas profundidades de 0-20 (a) e 20-40 cm (b) do solo cultivado com capim-mombaça em resposta à aplicação de fontes e doses de nitrogênio (N).

Este comportamento para os teores de Al e H + Al, resultante da adição de fertilizantes nitrogenados em solos sob gramíneas foram relatados por outros autores como COSTA et al. (2008) e VALE (2009). Para os teores de Al, nas diferentes profundidades avaliadas (Figuras 6a e 6b), não se observou efeito da adubação nitrogenada quando o N foi fornecido na forma de ureia e nitrato de cálcio. Para o sulfato de amônio, o aumento das doses de N promoveu aumento nos teores de Al, em virtude da maior acidificação do solo provocada por esta fonte.

De acordo com SOUZA et al. (2007), a acidez do solo governa a reação de dissolução do Al $[Al(OH)_3 + 3H^+ \rightarrow Al^{3+} + 3H_2O]$. Dessa forma, com a redução do pH do solo, o alumínio dissocia-se, contribuindo assim para o aumento dos teores de Al no solo, bem como da acidez potencial. Ainda de acordo com esses autores, em pH acima de 5,5, a solubilidade do Al é mínima e seus valores são reduzidos praticamente a zero. De acordo com os resultados apresentados, nota-se que a adubação com sulfato de amônio apresenta maior potencial de acidificação do solo e elevação dos teores de Al e H + Al, e esse comportamento se estende para a profundidade de 20-40 cm, fato não observado com o uso da ureia.

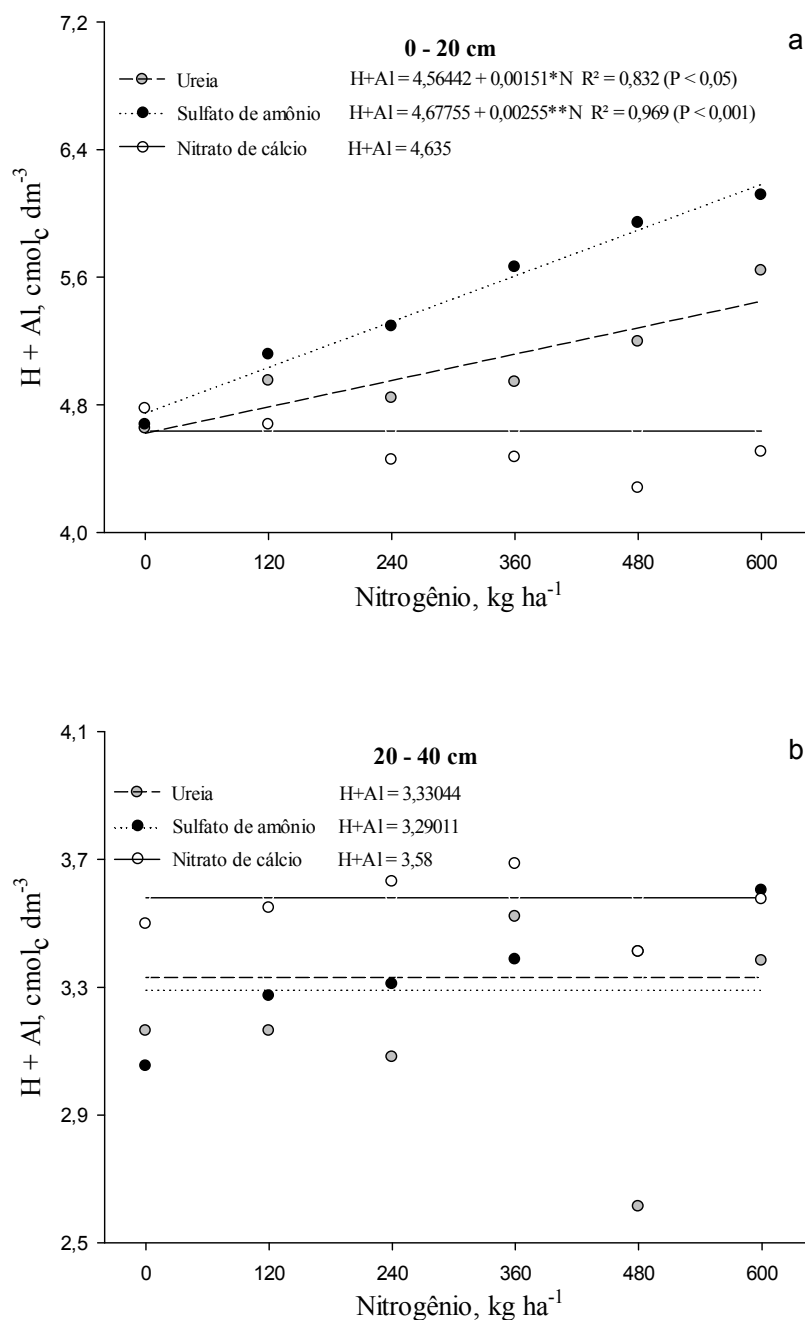


Figura 7. Valores de acidez potencial ($H + Al$) nas profundidades de 0-20 (a) e 20-40 cm (b) do solo cultivado com capim-mombaça em resposta à aplicação de fontes e doses de nitrogênio (N).

Os teores de cálcio (Ca) no solo também foram influenciados pelos tratamentos aplicados. Observa-se na Figura 8a que houve aumento nos teores deste elemento quando se utilizou o nitrato de cálcio como fonte de N. O fertilizante utilizado apresenta em sua composição 19% de Ca. Assim, foram fornecidos 147, 294, 441, 588 e 735 kg ha⁻¹ de Ca, para os tratamentos que receberam 120, 240, 360, 480 e 600 kg ha⁻¹ de N respectivamente. Para as demais fontes, não houve

influência das doses de N sobre os teores deste nutriente no solo. Observa-se ainda que o incremento nos teores de Ca, em função da aplicação de nitrato de cálcio, ficou restrito à profundidade de 0-20 cm (Figura 8b), devido à elevada energia de ligação existente entre este cátion e os colóides do solo, reduzindo sua movimentação no perfil do solo, fato que será melhor discutido posteriormente.

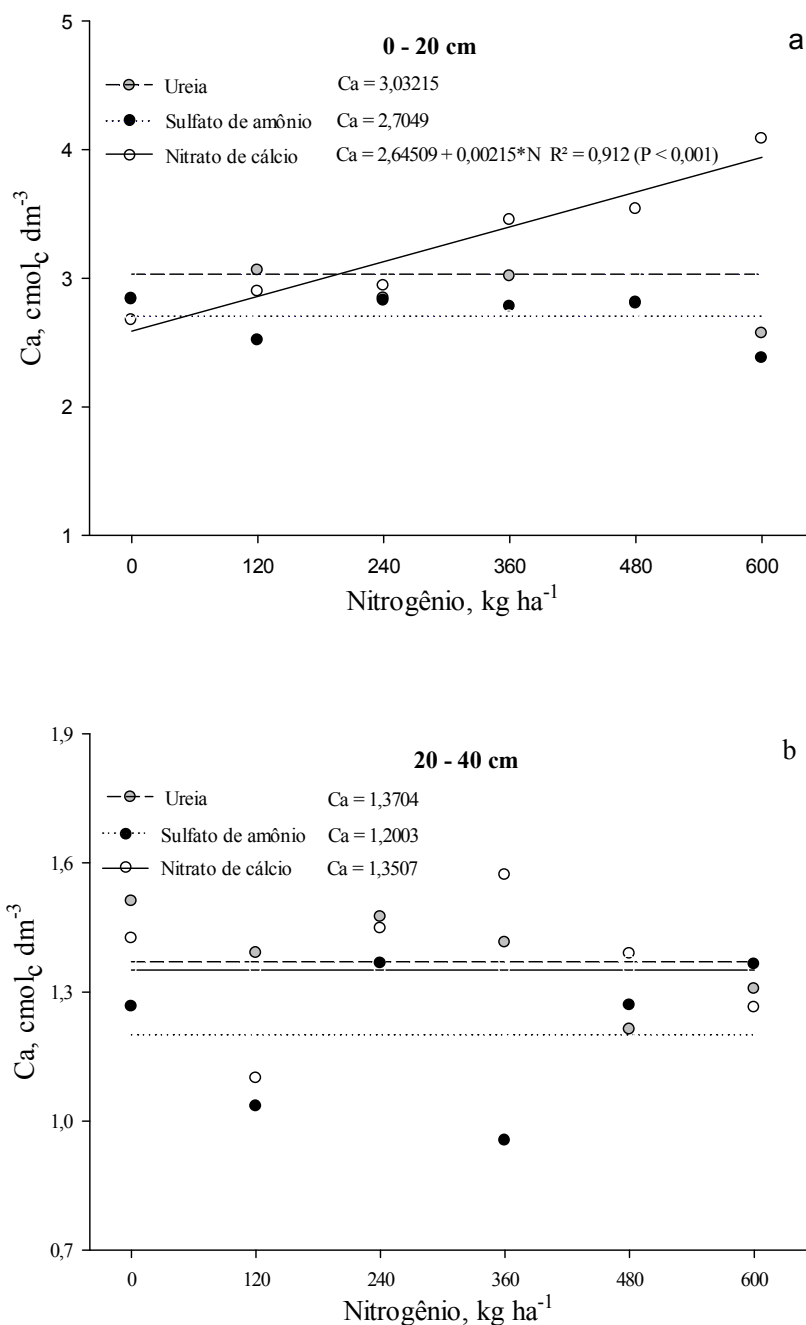
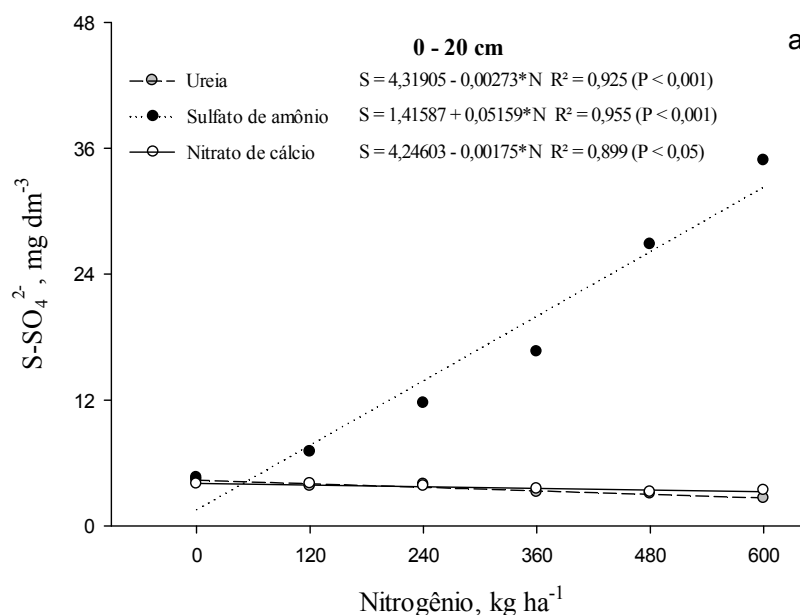


Figura 8. Teores de cálcio (Ca) nas profundidades de 0-20 (a) e 20-40 cm (b) do solo cultivado com capim-mombaça em resposta à aplicação de fontes e doses de nitrogênio (N).

O comportamento dos teores de enxofre ($S-SO_4^{2-}$), para as profundidades de 0-20 e 20-40 cm do solo, em função dos tratamentos aplicados é apresentado na Figura 9a e 9b. Pode-se observar na profundidade de 0-20 cm, uma redução gradual dos teores desse nutriente no solo com o aumento das doses de N, para as fontes ureia e nitrato de cálcio. Esta redução pode ser explicada pela maior absorção deste elemento pelo capim-mombaça nas maiores doses de N. Quando se utilizou o sulfato de amônio como fonte de N, ocorreu elevação dos teores de $S-SO_4^{2-}$ no solo com o aumento da dose aplicada. Este fertilizante apresenta em sua composição 24% de S e para os tratamentos que receberam 120, 240, 360, 480 e 600 kg ha⁻¹ de N, houve adição de 144, 288, 432, 576 e 720 kg ha⁻¹ de $S-SO_4^{2-}$ ao solo, explicando os resultados apresentados. O incremento nos teores de $S-SO_4^{2-}$, em função da aplicação de sulfato de amônio alcançou a profundidade de 20-40 cm, evidenciando sua mobilidade no solo, através da associação do SO_4^{2-} com os cátions Mg e K, que será discutido posteriormente.



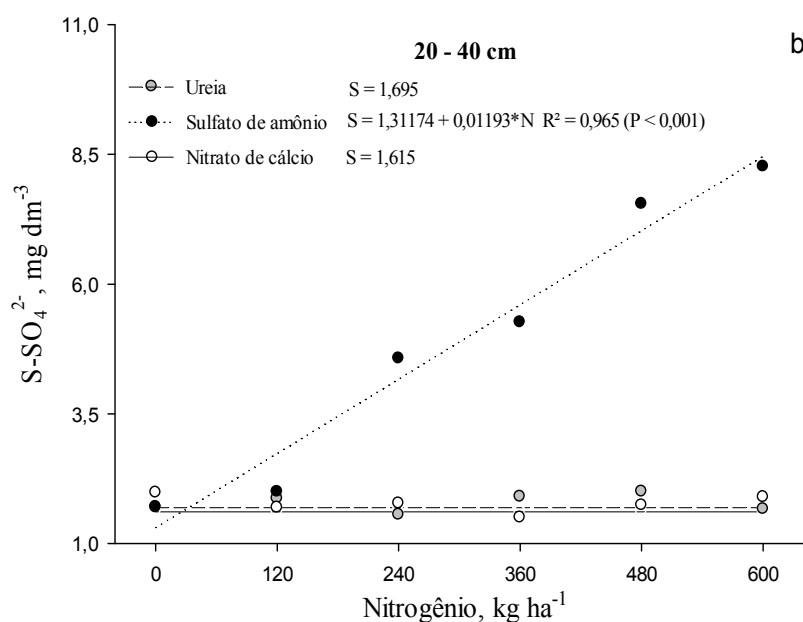


Figura 9. Teores de enxofre ($S-SO_4^{2-}$) nas profundidades de 0-20 (a) e 20-40 cm (b) do solo cultivado com capim-mombaça em resposta à aplicação de fontes e doses de nitrogênio (N).

A aplicação de nitrato de cálcio promoveu redução nos teores de magnésio (Mg) e potássio (K), na profundidade de 0-20 cm do solo, como mostram as Figuras 10a e 11a respectivamente. Comportamento também observado com o uso de sulfato de amônio como fonte de N, onde ocorreram reduções nos teores de K na profundidade de 0-20 cm do solo (Figura 11a). Esses resultados concordam com os obtidos por SARMENTO et al. (2008), que observaram redução dos teores de Mg e K nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm com o aumento das doses de N aplicadas, utilizando o nitrato de amônio como fonte de N.

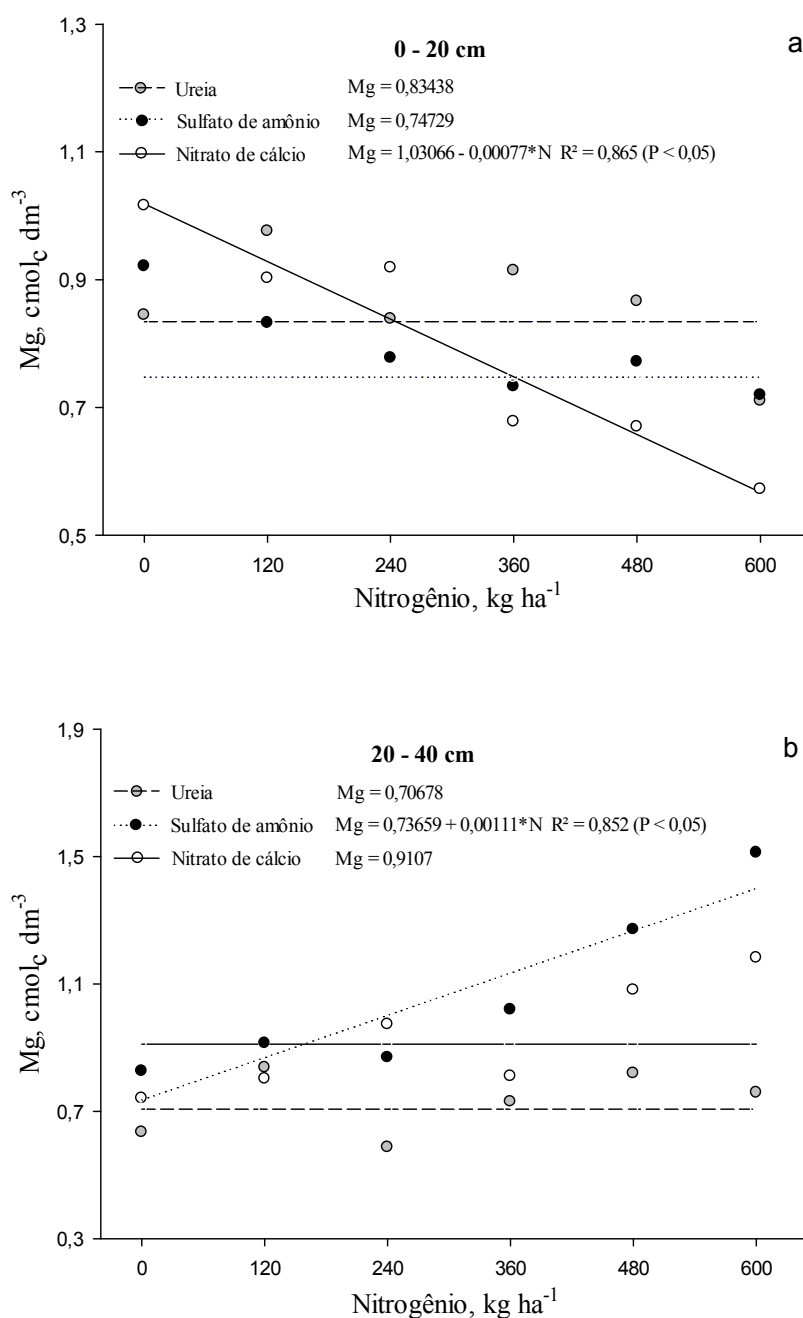


Figura 10. Teores de magnésio (Mg) nas profundidades de 0-20 (a) e 20-40 cm (b) do solo cultivado com capim-mombaça em resposta à aplicação de fontes e doses de nitrogênio (N).

O NO_3^- fornecido pelo nitrato de cálcio, ou resultante da nitrificação do amônio, bem como o SO_4^{2-} , fornecido pelo sulfato de amônio influenciaram a dinâmica dos cátions Mg e K no solo. Trabalhos evidenciando a influência da adubação nitrogenada na movimentação de bases no perfil do solo foram iniciados por PEARSON et al. (1962). De acordo com FOLONI & ROSOLEM (2006), a associação de cátions e ânions na solução do solo, com neutralização momentânea

de cargas, pode intensificar a movimentação descendente de bases no perfil do solo.

Desta forma, para as condições impostas neste trabalho, os ânions NO_3^- e SO_4^{2-} funcionaram como "carregadores" de Mg e K para a profundidade de 20-40 cm do solo. Assim, a redução dos teores desses nutrientes com o aumento das doses de N seria resultado não apenas da maior absorção pelas plantas, mas pela movimentação destes cátions para camadas subsuperficiais do solo. De acordo com OLIVEIRA et al. (2002) e ROSOLEM et al. (2003), os ânions SO_4^{2-} e NO_3^- provenientes da mineralização dos resíduos orgânicos e dos fertilizantes podem promover, em determinadas condições, a movimentação descendente dos cátions básicos (Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+) no perfil, em virtude da associação iônica na solução do solo.

Segundo RAIJ (1991), os cátions diferenciam-se quanto à lixiviação, devido à energia de ligação existente entre as bases trocáveis e os colóides do solo, que segue a seguinte ordem: $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$. Ou seja, conforme o número de valência e o tamanho dos íons hidratados, as bases do solo são adsorvidas com maior ou menor energia de ligação, o que se denomina série liotrópica. Sendo assim, há uma tendência que a lixiviação de $\text{K}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+}$. Estas informações concordam com os resultados apresentados nas Figuras 11a e 11b. Observa-se que a redução dos teores de K observado na profundidade 0-20 cm foi acompanhada pelo incremento desse nutriente na profundidade de 20-40 cm do solo, com o aumento das doses de sulfato de amônio e nitrato de cálcio aplicados. Este fato evidencia claramente o potencial de movimentação de cátions, especialmente o K^+ , adsorvido com menor energia de ligação, quando o solo apresenta elevados teores de NO_3^- e SO_4^{2-} resultante da adubação nitrogenada.

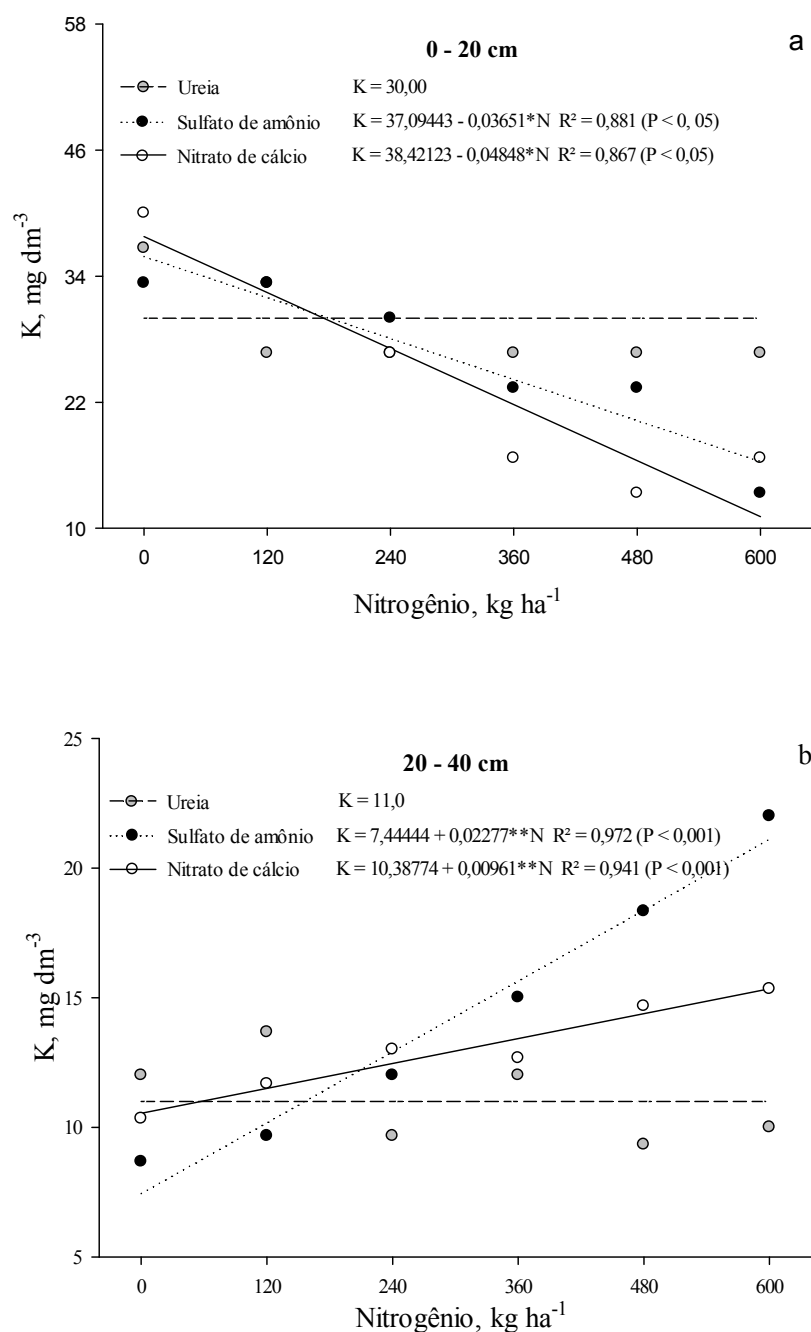


Figura 11. Teores de potássio (K) nas profundidades de 0-20 (a) e 20-40 cm (b) do solo cultivado com capim-mombaça em resposta à aplicação de fontes e doses de nitrogênio (N).

Para o fósforo (P), houve redução dos seus teores no solo para a profundidade de 0-20 cm, com o aumento das doses de N, para as diferentes fontes avaliadas (Figura 12a). Nota-se que as maiores reduções foram observadas para o sulfato de amônio, seguido pela ureia. SARMENTO et al. (2008), avaliando o efeito da adubação nitrogenada no *Panicum maximum*, atribuíram a redução dos teores de

P no final do experimento à redução do pH do solo com consequente formação de fosfatos insolúveis de Fe e de Al. A explicação dada por esses autores pode ser utilizada para compreensão dos resultados obtidos neste trabalho, uma vez que, para o sulfato de amônio, que proporcionou maior acidificação do solo em função das doses de N, houve maior redução dos teores de P, quando comparado com a ureia e ao nitrato de cálcio.

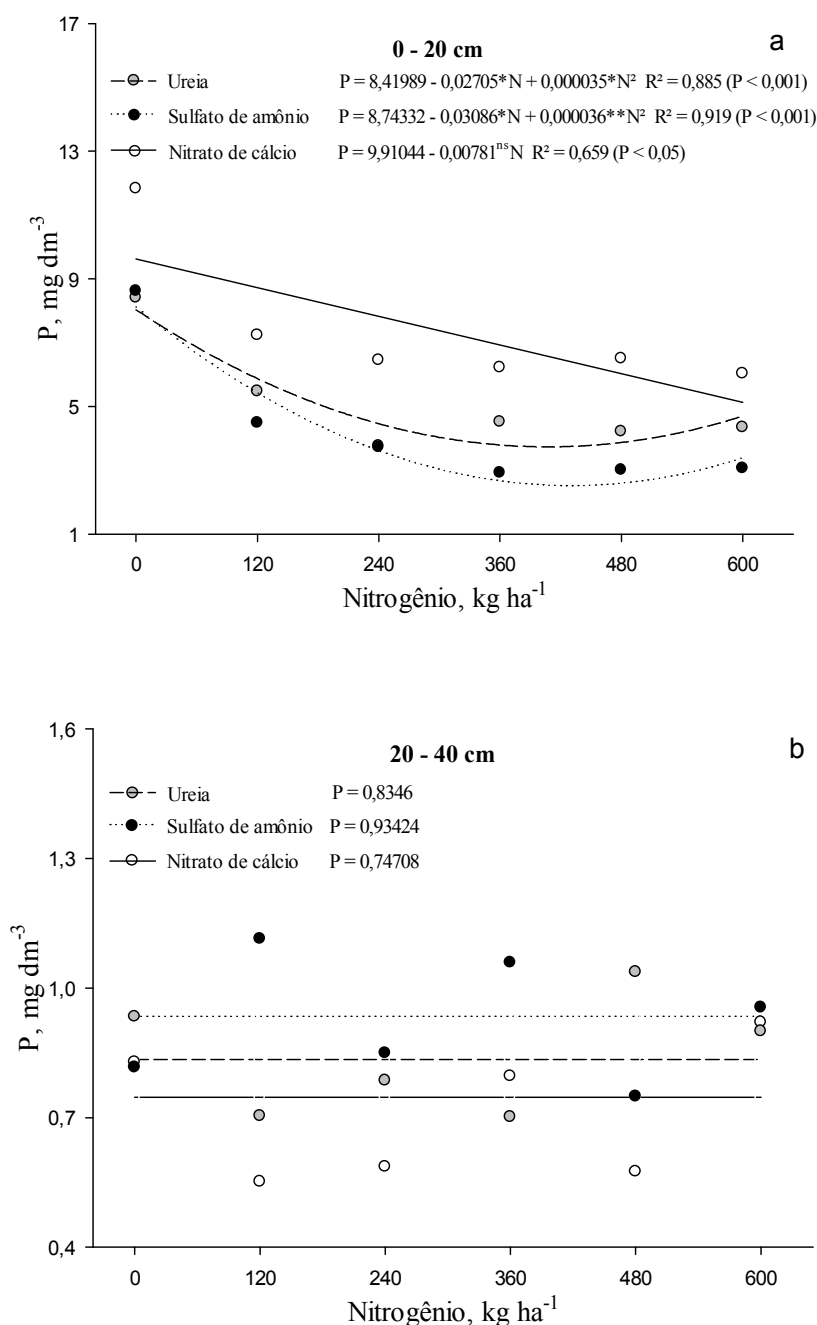


Figura 12. Teores de fósforo (P) nas profundidades de 0-20 (a) e 20-40 cm (b) do solo cultivado com capim-mombaça em resposta à aplicação de fontes e doses de nitrogênio (N).

Mesmo na ausência da aplicação de N, houve redução significativa dos teores de P no solo comparado com aqueles presentes antes do início do experimento. Esse fato pode ser atribuído a extração desse nutriente pelas plantas durante o período experimental.

Nota-se que, com o uso do nitrato de cálcio, houve redução dos teores de P com o aumento das doses de N aplicadas. Como para essa fonte, não houve alterações nos valores de pH e Al trocável do solo em função da aplicação de N, pode-se atribuir essa redução à absorção deste nutriente pelo capim-mombaça. PRIMAVESI et al. (2006) observaram aumento da extração de P pelo capim-marandu com o aumento do fornecimento de N, devido à maior produção de matéria seca pela pastagem.

Para a profundidade de 20-40 cm (Figura 12b), a aplicação de fontes e doses de N não promoveu alterações nos valores desse nutriente no solo.

Conclusões

As fontes de N diferiram quanto aos efeitos provocados no pH do solo, sendo que sulfato de amônio apresentou elevado potencial de acidificação, enquanto o nitrato de cálcio não promoveu alterações significativas do pH para as doses avaliadas.

Os valores de acidez potencial foram influenciados pelas fontes e doses de N aplicadas somente na profundidade de 0-20 cm do solo.

A acidificação do solo provocada pela utilização da ureia e do sulfato de amônio como fonte de N, promoveu reduções nos teores de P devido à precipitação deste nutriente com Al e Fe.

A aplicação de elevadas doses de N na forma de sulfato de amônio e nitrato de cálcio, promoveu lixiviação de bases, especialmente o K, para a profundidade de 20-40 cm do solo.

Referências Bibliográficas

BARTH NETO, A.; BOLETA, V.S.; PANCERA JÚNIOR, E.J.; ALMEIDA, G.M.; CANTO, M.W.; GASPARINO, E.; BALTAZAR, L.F. Nitrogênio e época de colheita nos componentes da produtividade de forragem e sementes de capim-mombaça. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.11, p.1312-1320, 2010.

COSTA, K.A.P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I.P.; RODRIGUES, C.; SEVERIANO, E.C. Doses e fontes de nitrogênio em pastagem de capim-marandu. I - alterações nas características químicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.4, p.1591-1599, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.

FOLONI, J.S.S.; ROSOLEM, C.A. Efeito da calagem e sulfato de amônio no algodão. I - transporte de cátions e ânions no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, n.6, p.425-432, 2006.

FONSECA, I.M. **Atributos químicos do solo, nutrição e produtividade da cana planta em função da aplicação de nitrogênio e de escória de siderurgia**. 2011. 82f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, 2011.

GOMES, R.A.; LEMPP, B.; JANK, L.; CARPEJANI, G.C.; MORAIS, M.G. Características anatômicas e morfofisiológicas de lâminas foliares de genótipos de *Panicum maximum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.2, p.205-211, 2011.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição de plantas**. São Paulo: Ceres, 2006. 638p.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola adubos e adubação**. 3.ed. São Paulo: Ceres, 1981. 596p.

MARTHA JÚNIOR, G.B.; CORSI, M.; TRIVELIN, P.C.O.; VILELA, L.; PINTO, T.L.F.; TEIXEIRA, G.M.; MANZONI, C.S.; BARIONI, L.G. Perdas de amônia por volatilização em pastagem de capim-tanzânia adubada com ureia no verão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.2240-2247, 2004.

MINGOTTE, F.L.C.; SANTOS, C.L.R.; PRADO, R.M.; FLORES, R.A.; TOGORO, A.H.; SILVA, J.A.S.; POLITI, L.S.; PINTO, A.S.; AQUINO, D.S. Manganês na nutrição e na produção de massa seca do capim-mombaça. **Bioscience Journal**, v.27, n.6, p.879-887, 2011.

OLIVEIRA, F.H.T.; NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; CANTARUTTI, R.B.; BARROS, N.F. Fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: TÓPICOS EM CIÊNCIA DO SOLO, 3, 2002, Viçosa. **Resumos...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. p.393-486.

PEARSON, R.W.; ABRUNA, F.; VICENTE-CHANDLER, J. Effect of lime and nitrogen applications on downward movement of calcium and magnesium in two humid tropical soils of Puerto Rico. **Soil Science**, v.93, n.2, p.77-82, 1962.

PREZOTTI, L.C.; GOMES, J.A.; DADALTO, G.G.; OLIVEIRA, J.A. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo**. 5ª aproximação. Vitória: SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007. 305p.

PRIMAVESI, A.C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L.A.; SILVA, A.G.; CANTARELLA, H. Nutrientes na fitomassa de capim-marandu em função de fontes e doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, n.3, p.562-568, 2006.

RAIJ, B.V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres, 1991. 343p.

ROCHETTE, P.; MACDONALD, J.D.; ANGERS, D.; CHANTINI, M.H.; GASSER, M.; BERTRAND, N. Banding urea increased ammonia volatilization in a dry acidic soil. **Journal of Environmental Quality**, v.38, n.4, p.1383-1390, 2009.

ROSOLEM, C.A.; FOLONI, J.S.S.; OLIVEIRA, R.H. Dinâmica do nitrogênio no solo em razão da calagem e adubação nitrogenada, com palha na superfície. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.2, p.301-309, 2003.

SARMENTO, P.; RODRIGUES, L.R.A.; CRUZ, M.C.P.; LUGÃO, S.M.B.; CAMPOS, F.P.; CENTURION, J.F.; FERREIRA, M.E. Atributos químicos e físicos de um argissolo cultivado com *Panicum maximum* Jacq. cv. IPR-86 Milênio, sob lotação rotacionada e adubado com nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.1, p.183-193, 2008.

SOUZA, D.M.G.; MIRANDA, L.N.; OLIVEIRA, S.A. Acidez do solo e sua correção. In: **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. Cap.5, p.205-274.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **SAS Language reference**. Version 6. Cary: SAS Institute, 1993. 1042p.

TASCA, F.A.; ERNANI, P.R.; ROGERI, D.A.; GATIBONI, L.C.; CASSOL, P.C. Volatilização de amônia do solo após a aplicação de ureia convencional ou com inibidor de *urease*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, n.2, p.493-502, 2011.

TEIXEIRA FILHO, M.C.M.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; BENETT, C.G.S. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em trigo irrigado em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.8, p.797-804, 2010.

VALE, D.W. **Efeito da aplicação de nitrogênio nos atributos químicos do solo, na nutrição e na produção de cana-de-açúcar**. 2009. 120f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, 2009.

3.2. EXTRAÇÃO DE NUTRIENTES DO CAPIM-MOMBAÇA SUBMETIDO À APLICAÇÃO DE FONTES E DOSES DE NITROGÊNIO

Resumo

A extração de nutrientes é dependente das condições edafoclimáticas, do manejo que as plantas são submetidas e de sua produção. Avaliou-se o efeito da aplicação de fontes e doses de nitrogênio sobre a extração de macronutrientes do *Panicum maximum* cv. Mombaça. O experimento foi desenvolvido no Instituto Federal do Espírito Santo *campus* Santa Teresa. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com três repetições, em esquema fatorial 3 x 6, sendo três fertilizantes nitrogenados (ureia, sulfato de amônio e nitrato de cálcio) e seis doses de nitrogênio (0, 120, 240, 360, 480 e 600 kg ha⁻¹), aplicados durante o período experimental, totalizando 54 unidades experimentais. Em cada corte, a planta forrageira foi coletada com auxílio de um quadrado de ferro de 50 x 50 cm e cortada com tesoura de aço. O material coletado em cada parcela foi levado à estufa com circulação de ar, para determinação da matéria pré-seca. Após a secagem, as amostras foram moídas para determinação da matéria seca e encaminhadas ao laboratório para avaliação dos teores dos macronutrientes no tecido vegetal e esses resultados foram utilizados para quantificar a extração de nutrientes pela forrageira. Observou-se que a extração de nutrientes é dependente da produção de forragem,

sendo maior para as doses mais elevadas de nitrogênio, em virtude da maior produção de matéria seca. Além disso, quando o nitrogênio foi fornecido na forma de nitrato de cálcio, houve redução na extração de magnésio, devido à competição entre os cátions.

Palavras-chave: *Panicum maximum*, fertilizantes nitrogenados, absorção de macronutrientes, interação entre íons.

Abstract

The nutrients extraction depends on the edaphoclimatic conditions of the management that the plants are submitted and of their production. It was evaluated the effect of sources application and nitrogen doses upon the macronutrients extraction of *Panicum maximum* cv. Mombaça. The experiment was developed at the Federal Institute of Espírito Santo *campus* Santa Teresa. The experimental design used was the one in randomized blocks, with three replications, in factorial scheme 3 x 6, with threenitrogenous fertilizers (urea, ammonium sulphate and calcium nitrate) and six nitrogen doses (0, 120, 240, 360, 480 and 600 kg ha⁻¹), applied during the experimental period, totalizing 54 experimental units. In each cut, the forage plant was collected with the assistance of an iron square of 50 x 50 and cut with a steel scissor. The material collected in each fragment was taken to the hothouse with air circulation, for the determination of previous dry matter. After dried, the samples were triturated for the determination of dry matter and conducted to the laboratory for evaluation of the macronutrients levels on the vegetable tissue and these results were used for quantifying the extraction of nutrients by the forage. It was observed that the nutrients extraction depends on the forage production, and it is higher for the more elevated nitrogen doses, in the face of higher production of dry matter. Besides, when the nitrogen was supplied as calcium nitrate, there was reduction on the magnesium extraction, due to the competition between the cations.

Key words: *Panicum maximum*, nitrogenous fertilizers, macronutrients absorption, interaction among ions.

Introdução

A produção animal a pasto é, sem dúvida, um dos maiores responsáveis pelo sucesso atingido pela bovinocultura brasileira, por possibilitar o baixo custo de produção e a competitividade da pecuária nacional frente a outros países, além de favorecer os produtores a superarem as barreiras sanitárias impostas pelo mercado internacional (ALMEIDA et al., 2011). Porém, mesmo com os resultados obtidos, a produção de carne e leite poderia atingir valores ainda mais elevados. Isso não ocorre, entre outros fatores, porque a baixa produção e a qualidade da forragem fornecida aos animais limitam o desempenho animal.

Inúmeros fatores contribuem para a baixa produtividade das pastagens presentes nas propriedades rurais brasileiras. Porém, merece destaque aqueles relacionados ao manejo da fertilidade do solo. A produção de forragem é comprometida não apenas pela ausência de um nutriente. Existem hoje, na maioria das áreas sob pastagem, deficiências múltiplas, em função do manejo adotado, caracterizado pela ausência da correção da acidez do solo e da adubação.

Dentre os nutrientes que limitam a produção das gramíneas forrageiras tropicais, destaca-se o nitrogênio (N), por ser quantitativamente, o nutriente mais importante para o crescimento das plantas (PRIMAVESI et al., 2005).

A essencialidade do N para as plantas justifica-se pela presença desse nutriente na composição das mais importantes biomoléculas dos vegetais, como aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, hormônios, enzimas, coenzimas, fitocromos, clorofila, ATP, NADH e NADPH (TAIZ & ZEIGER, 2009). Sua deficiência limita a produtividade das gramíneas forrageiras, resultando na queda acentuada da taxa de lotação das pastagens e no ganho de peso animal.

Buscando elevar a produtividade das pastagens, a adubação nitrogenada tem sido utilizada como estratégia para o aumento da produção de forragem. Porém, de acordo PRIMAVESI et al. (2004), o manejo inadequado do N em áreas de pastagem pode causar conseqüências negativas à fertilidade do solo. Isso ocorre, pois com o aumento da produção de forragem como conseqüência da adubação nitrogenada, há conseqüentemente maior extração de outros nutrientes do solo, que,

se não repostos, podem limitar a eficiência futura da adubação nitrogenada, além de promover o empobrecimento do solo, podendo levá-lo à degradação.

Dessa forma, o conhecimento da absorção e extração de nutrientes das pastagens é de fundamental importância para o adequado manejo da fertilidade do solo em áreas submetidas à adubação nitrogenada (SILVA, 2008).

Desse modo, objetivou-se no presente trabalho avaliar a extração de macronutrientes pelo capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq.) quando submetido à aplicação de diferentes fontes e doses de N.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no período de 01 outubro de 2011 a 14 de abril de 2012, no Setor de Animais de Médio Porte do Instituto Federal do Espírito Santo *campus* Santa Teresa, situado entre as coordenadas 19°48'36" de latitude sul e 40°40'48" de longitude oeste de Greenwich e altitude média de 150 metros, no município de Santa Teresa-ES. O clima da região é temperado úmido com inverno seco e verão quente, Cwa, segundo a classificação de Koppen.

A área utilizada de pastagem foi de 1.200 m², com parcelas de 6 m², totalizando 324 m² de área útil. A pastagem de capim-mombaça encontrava-se estabelecida há mais de quatro anos, com elevada produção e manejo da fertilidade do solo realizado segundo recomendações técnicas de PREZOTTI et al. (2007), para pastagens irrigadas de elevada exigência nutricional.

O solo foi classificado como Latossolo Amarelo eutrófico (LAe), textura argilosa (EMBRAPA, 1999), apresentando 343, 170 e 487 g kg⁻¹ de areia, silte e argila, respectivamente. Quatro meses antes do início do experimento, realizou-se análise química do solo. A partir dos resultados obtidos, realizou-se a calagem, 110 dias antes do início do experimento, com a aplicação de 1000 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico. A adubação (exceto o fornecimento de N) foi realizada 90 dias após a calagem, de acordo com o Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo (PREZOTTI et al., 2007), considerando como cultura o

capim-mombaça. Foi aplicado a lanço na área experimental, 463 kg ha⁻¹ de superfosfato triplo, 434 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio e 60 kg ha⁻¹ de FTE BR 10. Imediatamente antes do início do experimento, foi realizada uma nova amostragem do solo da área experimental, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização química do solo da área experimental, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, antes e após a calagem e adubação do solo

Antes da calagem e adubação do solo												
Profundidade	pH ¹	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC	SB	P	K	S-SO ₄ ²⁻	MO	V
(cm)		-----cmol _c dm ⁻³ -----						-----mg dm ⁻³ -----			%	
0-20	5,0	1,7	0,6	0,3	3,1	5,5	2,4	11	30	6,2	2,60	43
20-40	5,4	1,9	0,6	0,1	2,8	5,4	2,6	3,4	22	5,5	2,2	48

Após a calagem e adubação do solo												
Profundidade	pH ¹	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC	SB	P	K	S-SO ₄ ²⁻	MO	V
(cm)		-----cmol _c dm ⁻³ -----						-----mg dm ⁻³ -----			%	
0-20	5,6	3,2	1,1	0,0	1,2	5,9	4,7	32	155	10,2	2,54	80
20-40	5,3	2,1	0,9	0,1	2,5	5,6	3,2	0,3	14	4,4	1,6	56

⁽¹⁾ pH em H₂O 1:2,5; P e K - extraídos por Mehlich; Ca, Mg e Al - extraídos por KCl; H+Al - extraídos por acetato de cálcio; CTC - capacidade de troca de cátions a pH 7,0; SB - soma de bases; S-SO₄²⁻ - extraído por cloreto de bário; MO - matéria orgânica; V - porcentagem de saturação por bases.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados. Adotou-se o esquema fatorial 3 x 6, sendo 3 fertilizantes nitrogenados (ureia, sulfato de amônio e nitrato de cálcio) e 6 doses de N (0, 120, 240, 360, 480 e 600 kg ha⁻¹), com 3 repetições, totalizando 54 unidades experimentais.

As doses de N estabelecidas foram igualmente divididas e aplicadas a cada 28 dias, sempre após o corte do capim-mombaça, totalizando sete aplicações durante o período experimental de 196 dias.

As parcelas de 3 x 2 m cada, foram demarcadas, com bordadura de 1 metro. Realizou-se em seguida o corte de uniformização em toda a área (Figura 1), com o auxílio de uma roçadora Stihl modelo FS 220® e logo em seguida procedeu-se a aplicação dos tratamentos. Os tratamentos (fontes e doses de N) foram dissolvidos em 10 litros de água e aplicados nas parcelas com o auxílio de um regador, visando melhor distribuição dos fertilizantes nitrogenados.



Figura 1. Área experimental antes (a) e após o corte de uniformização (b).

Imediatamente após cada aplicação das diferentes doses de fontes nitrogenadas, foi aplicado em toda área experimental uma lâmina de irrigação de 8 mm, utilizando um sistema de irrigação por aspersão, com eficiência de aplicação de 74%.

Durante todo o período experimental, sempre que a precipitação pluvial foi insuficiente, a pastagem foi irrigada, sendo a lâmina aplicada, calculada em função da evapotranspiração da cultura (ET_c). As informações meteorológicas utilizadas para os cálculos da ET_c foram fornecidas por uma estação climatológica automática, localizada a 550 metros da área experimental. Na Figura 2 são apresentadas algumas variáveis climáticas observadas no período experimental.

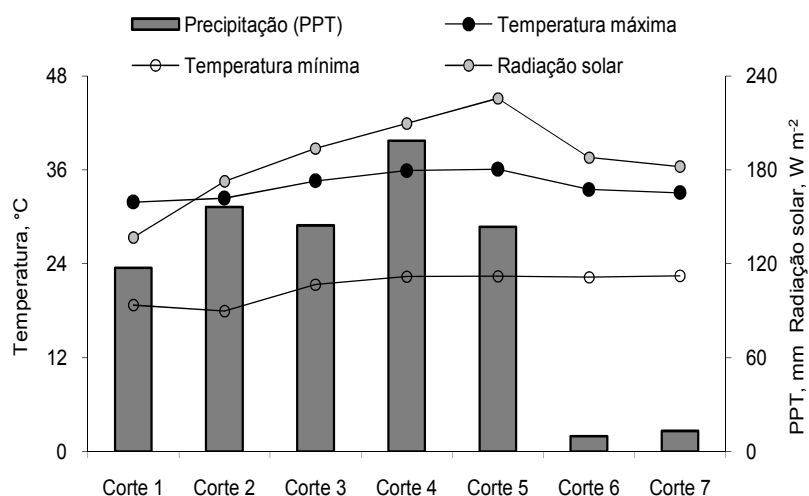


Figura 2. Valores das variáveis climáticas observadas durante o período experimental. Santa Teresa - ES. Outubro/2011 a abril/2012.

O período entre 01 de outubro a 24 de dezembro, referente aos três primeiros cortes foi utilizado como adaptação da pastagem. Como antes da calagem, a pastagem era manejada intensivamente e recebia elevadas doses de N, utilizou-se esse período de adaptação buscando reduzir o estoque de N no solo, de forma que a resposta do capim-mombaça ocorresse em função dos tratamentos aplicados e não do estoque de N que o solo dispunha.

Para a realização das avaliações dos últimos quatro cortes, a planta forrageira foi coletada com auxílio de um quadrado de ferro de 50 x 50 cm e cortada com tesoura de aço a 30 cm da superfície do solo (Figura 3).



Figura 3. Demarcação da área de pastagem utilizando um quadrado de ferro (a) e corte do capim-mombaça (b) utilizando um apoio para o ajuste da altura de corte.

Após cada corte de avaliação, foi realizado o corte de uniformização de toda a área experimental, na mesma altura de corte das plantas avaliadas, sendo retirado o resíduo resultante dessa uniformização (Figura 4).



Figura 4. Corte de uniformização (a) e retirada dos resíduos (b).

O material coletado em cada corte, em 0,25 m², foi acondicionado em um balde plástico, identificado e imediatamente pesado, obtendo-se o peso da massa fresca da gramínea. Posteriormente, uma amostra representativa da forragem de aproximadamente 400 g foi retirada do material coletado, acondicionada em saco de papel (Figura 5), identificada e em seguida levada à estufa com circulação de ar, onde a temperatura foi mantida entre 60° e 65° C, até atingir massa constante, para determinação da matéria pré-seca. Após a secagem, as amostras foram moídas em moinho do tipo Willey, com peneira de 1 mm e acondicionado em sacos de polietileno. Posteriormente, o material moído foi novamente levado para estufa, para remoção da umidade residual. A produção de matéria seca (PMS) por hectare foi determinada utilizando a massa fresca do material coletado na área de 0,25 m² e o teor de matéria seca obtido após o processamento da amostra, pela fórmula: $PMS = [\%MS \times (MF \times 40000)]/100$, onde: PMS: Produção de Matéria Seca, em kg ha⁻¹; %MS: Percentual de Matéria Seca da amostra após o processamento; MF: Matéria Fresca, coletada em 0,25 m²; 40000: fator utilizado para conversão da produção em hectare.



Figura 5. Pesagem da material coletado (a), escolha de uma amostra representativa de forragem (b) e acondicionamento da forragem em sacos de papel (c).

A análise química da parte aérea da forragem foi realizada para determinação das concentrações de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, de acordo com metodologias descritas por MALAVOLTA et al. (1997).

Com os dados da análise química da forragem e a PMS, foi calculada a extração de nutrientes em cada corte, pela fórmula: $NE = 0,001 \times (MS \times CN)$, onde: NE: Nutriente Extraído, em $kg\ ha^{-1}$; MS: Matéria Seca, em $kg\ ha^{-1}$; CN: Concentração do Nutriente, em $g\ kg^{-1}$; 0,001: fator utilizado para conversão da extração de nutrientes em $kg\ ha^{-1}$. Os resultados apresentados representam o somatório da extração de nutrientes dos últimos quatro cortes.

Os dados foram submetidos à análise de variância e, em função da significância para as variáveis, foram ajustadas equações de regressão. Adotou-se o nível de significância de 5% em todos os testes estatísticos, utilizando para tal o programa SAS (1993).

Resultados e Discussão

Para auxiliar na compreensão dos resultados, é apresentada na Figura 6 a PMS do capim-mombaça em função de fontes e doses de N. Observa-se que nas maiores doses de N, a resposta em PMS foi maior quando se utilizou o nitrato de cálcio como fonte de N, seguido pelo sulfato de amônio, sendo a ureia a fonte com menor resposta em PMS. Quando submetido à dose máxima de N, a PMS do capim-mombaça foi 49%, 71% e 102% superior ao controle ($0\ kg\ ha^{-1}$ de N), para as fontes ureia, sulfato de amônio e nitrato de cálcio, respectivamente. Comparando a PMS obtida na dose máxima de N, tem-se que a produção obtida com a aplicação do sulfato de amônio e nitrato de cálcio foi 15% e 36% superior à ureia.

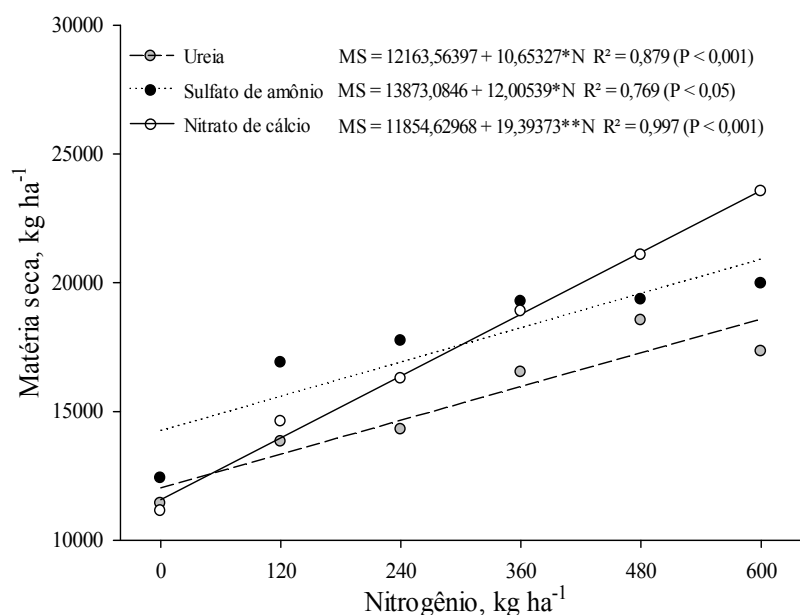


Figura 6. Produção acumulada de matéria seca (MS) do capim-mombaça em resposta à aplicação de fontes e doses de nitrogênio (N).

A extração de N foi influenciada pelas fontes e doses de N (Figura 7). Pode-se observar que o aumento na dose de N aplicada resultou na maior extração deste nutriente pelas plantas. A maior extração de N foi obtida com a aplicação de nitrato de cálcio, seguida pelo sulfato de amônio e ureia, demonstrando a relação existente entre PMS e extração de nutrientes, como observado por COSTA et al. (2008) para o capim-xaraés. O aumento na extração de N em função do aumento da dose de N aplicada foi relatado por COSTA et al. (2010) para o capim-marandu. Observa-se ainda na Figura 7, que o modelo de ajuste quadrático foi o que melhor representou o comportamento dos dados obtidos, semelhante ao observado por PRIVAVESI et al. (2004) em pastagem de capim-coastcross. Para os tratamentos que receberam a dose máxima de N, a extração deste nutriente pelo capim-mombaça foi 292%, 307% e 359% superior ao controle (0 kg ha^{-1} de N), para as fontes ureia, sulfato de amônio e nitrato de cálcio respectivamente, evidenciando a elevada exigência deste nutriente para a manutenção de altos níveis de produção de forragem.

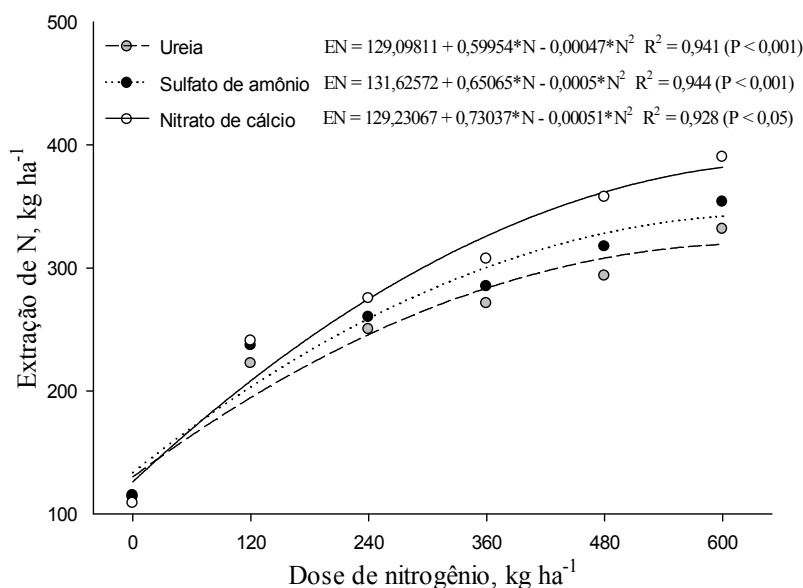


Figura 7. Extração acumulada de nitrogênio (EN) na fitomassa do capim-mombaça submetido a fontes e doses de nitrogênio (N).

A extração de fósforo (P) pelo capim-mombaça foi influenciada pelas fontes e doses de N (Figura 8). Para as fontes nitrato de cálcio e ureia, houve ajuste linear para os dados apresentados, nas quais o aumento das doses de N promoveu maior extração de P. O aumento na extração de P para as maiores doses deve-se à maior PMS do capim-mombaça, demandando maiores quantidades deste nutriente para promover o aumento da produção. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por COSTA et al. (2010) e COSTA et al. (2008) avaliando a extração de nutrientes no capim-marandu e capim-xaraes, respectivamente.

Além disso, o sinergismo existente entre N x P contribuiu para o aumento da extração de P nas doses elevadas de N. Resultados semelhantes foram obtidos por FRANCO et al. (2007), que relataram o efeito sinérgico existente entre esses dois nutrientes. Para a cana-de-açúcar, esses autores observaram que o aumento do fornecimento de N favoreceu a absorção de P pelas plantas. De acordo com MALAVOLTA et al. (1997), na avaliação do estado nutricional das plantas, também deve ser considerada a interação entre os nutrientes, ou seja, a capacidade que um determinado nutriente tem de alterar a absorção de outro, devido ao antagonismo, inibição ou sinergismo existente entre ambos.

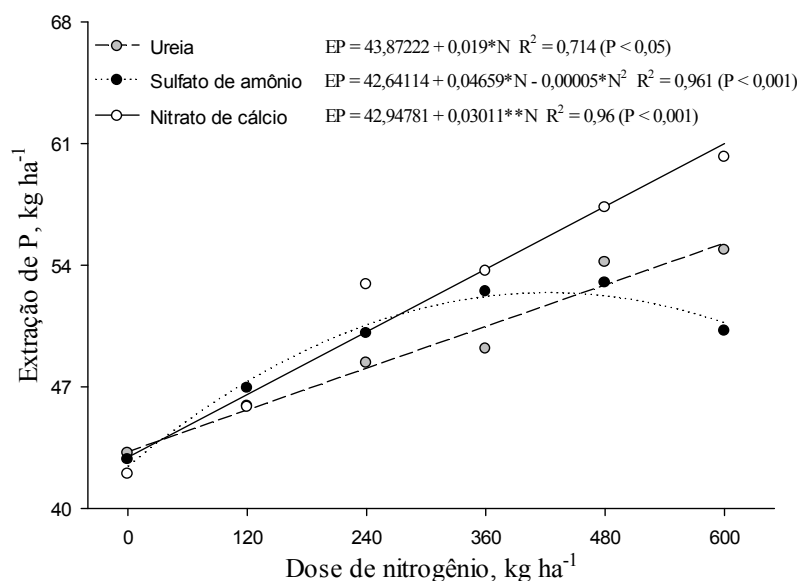


Figura 8. Extração acumulada de fósforo (EP) na fitomassa do capim-mombaça submetido a fontes e doses de nitrogênio (N).

Comparado ao tratamento que não recebeu o fornecimento de N, a aplicação de 600 kg ha⁻¹ de N promoveu aumento de 28% e 41% na extração de P para as fontes ureia e nitrato de cálcio, respectivamente.

Para o sulfato de amônio, a aplicação de doses elevadas de N (acima de 465 kg ha⁻¹) provocou redução na extração de P pelas plantas. Estes resultados podem ser explicados pelas alterações provocadas por esse fertilizante no pH do solo. SARMENTO et al. (2008) observaram em pastagens de *Panicum maximum*, que a aplicação de sulfato de amônio provocou redução nos teores de P no final do experimento devido à redução do pH do solo com consequente formação de fosfatos insolúveis de Fe e de Al. Assim, para este trabalho, a acidificação do solo, o aumento da concentração de alumínio e a redução na disponibilidade de P, provocada pela aplicação do sulfato de amônio, contribuíram para a redução da disponibilidade de P no solo e consequente redução na extração deste nutriente pelas plantas, para as maiores doses de N. Além disso, o aumento na concentração de enxofre no solo, ocasionado pela aplicação de elevadas doses de sulfato de amônio, pode ter contribuído para a redução na extração de P, devido ao antagonismo existente entre esses nutrientes.

Nas Figuras 9 e 10 são apresentadas, respectivamente, as extrações de potássio (K) e cálcio (Ca) pelo capim-mombaça. Observa-se que o aumento do

fornecimento de N, para as diferentes fontes (exceto para o cálcio, com o uso do nitrato de cálcio), promoveu aumento linear na extração de K e Ca. Para ambos nutrientes, a extração foi maior quando o N fornecido na forma de nitrato de cálcio, seguido pelo sulfato de amônio, mostrando que estes resultados estão intimamente ligados à PMS da forrageira.

Quando o capim-mombaça recebeu a aplicação de 600 kg ha⁻¹ de N, a fonte nitrato de cálcio extraiu 12% mais K quando comparado à ureia. Para o sulfato de amônio, a extração comparada à ureia foi 6% superior. Trabalhos evidenciando diferenças na extração de K de forrageiras tropicais, em função de fontes de N, foram apresentados por COSTA et al. (2009). Esses autores observaram, para o capim-marandu, aumento na extração de K com o uso de sulfato de amônio como fonte de N, comparado a ureia. Os resultados foram atribuídos à maior PMS pela forrageira com o uso do sulfato de amônio.

Além disso, o efeito sinérgico existente entre N x K e N x Ca pode ter contribuído para o aumento da extração dos cátions K e Ca pelo capim-mombaça. Estudos relatando o sinergismo existente entre N x K e N x Ca foram relatados por CANTARELA (2007). FRANCO (2008) observou para a cana-de-açúcar, que o aumento da adubação nitrogenada resultou em maior absorção de K pelas plantas, e atribuiu esse comportamento ao sinergismo existente entre os nutrientes.

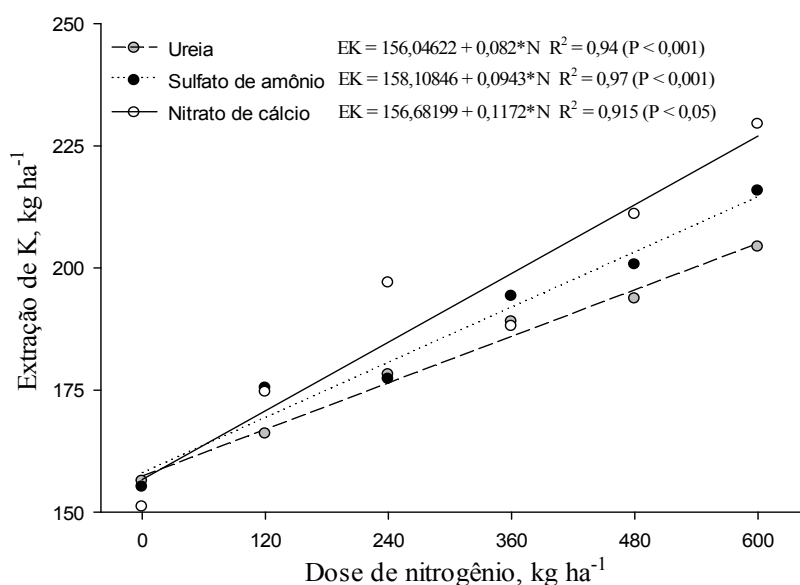


Figura 9. Extração acumulada de potássio (EK) na fitomassa do capim-mombaça submetido a fontes e doses de nitrogênio (N).

Quando se utilizou o nitrato de cálcio, a extração de Ca pela pastagem apresentou ajuste quadrático, com valores superiores às demais fontes de N. Esses resultados podem ser explicados pelo fornecimento indireto do Ca ao solo através do fertilizante nitrogenado, permitindo maior absorção deste nutriente pelas plantas.

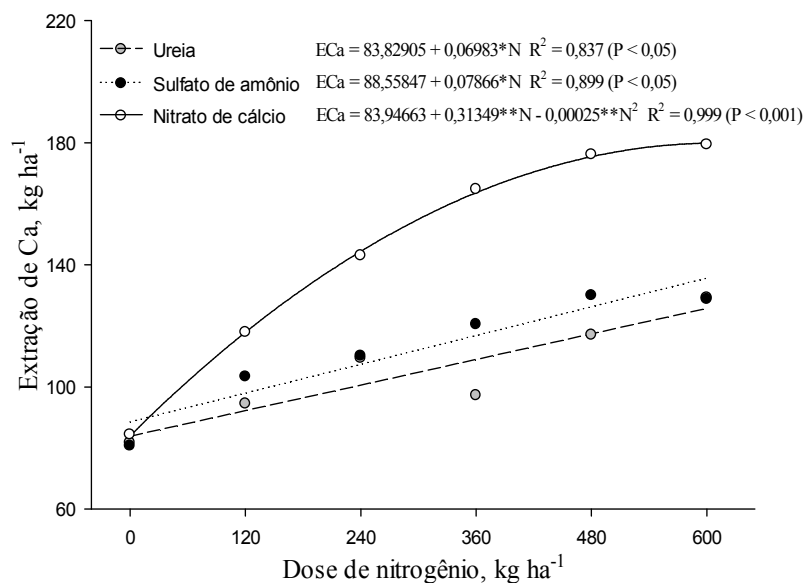


Figura 10. Extração acumulada de cálcio (ECa) na fitomassa do capim-mombaça submetido a fontes e doses de nitrogênio (N).

Observa-se na Figura 11, que a aplicação de N, utilizando como fonte a ureia e o sulfato de amônio, promoveu aumento linear na extração de magnésio (Mg) pelo capim-mombaça. Comparado ao tratamento que não recebeu o fornecimento de N, a aplicação de 600 kg ha⁻¹ de N promoveu aumento de 57% e 71% na extração de Mg para as fontes ureia e sulfato de amônio, respectivamente.

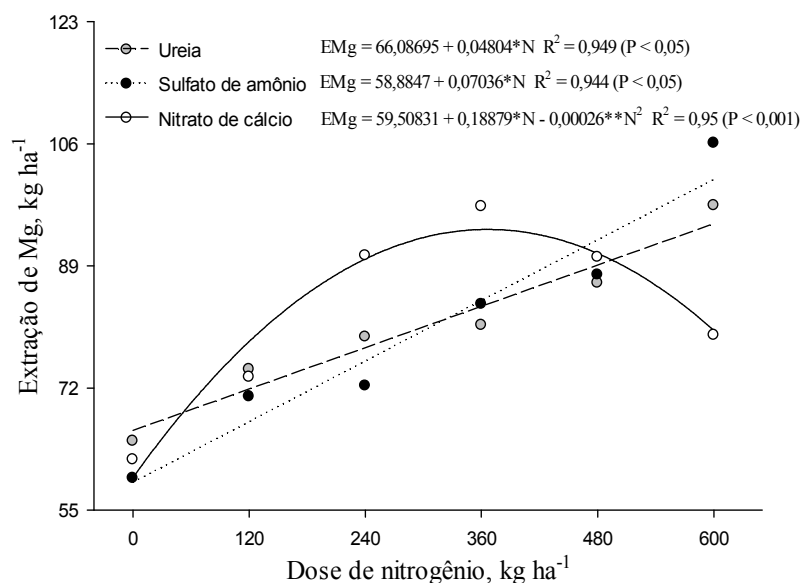


Figura 11. Extração acumulada de magnésio (EMg) na fitomassa do capim-mombaça submetido a fontes e doses de nitrogênio (N).

Para a fonte nitrato de cálcio, a aplicação de doses elevadas de N (acima de 363 kg ha^{-1}) provocou redução na extração de Mg pelas plantas. Isso pode ser explicado pelo aumento na concentração do Ca no solo e conseqüente redução da absorção de Mg. O nitrato de cálcio apresenta 19% de Ca em sua composição. Assim, para o tratamento que recebeu a dose máxima de N, foi fornecido indiretamente ao solo, 735 kg ha^{-1} de Ca. De acordo com MALAVOLTA (2006), os íons Ca e Mg competem pelo mesmo sítio de absorção nas plantas. Sendo assim, o excesso de um elemento resulta na diminuição na absorção do outro (EPSTEIN, 2006), devido à inibição competitiva. Para MALAVOLTA (2006), o desequilíbrio nutricional provocado pelo excesso de um nutriente pode interferir no desenvolvimento e na produção do vegetal.

Resultados evidenciando redução na absorção de Mg devido à elevada concentração de Ca no solo foram obtidos por SALVADOR et al. (2011) para a cultura da soja e MEDEIROS et al. (2008) para a cultura do milho.

Houve efeito significativo na extração de enxofre ($S\text{-SO}_4^{2-}$) pelo capim-mombaça em função de fontes e doses de N. Todas as fontes responderam de forma linear com acréscimo na extração de S com o aumento das doses de N (Figura 12). Resultado semelhante foi obtido por BATISTA & MONTEIRO (2006) em

trabalho realizado com o capim-marandu. Esses autores observaram aumentos marcantes na extração de S pelas plantas, com o aumento das doses de N.

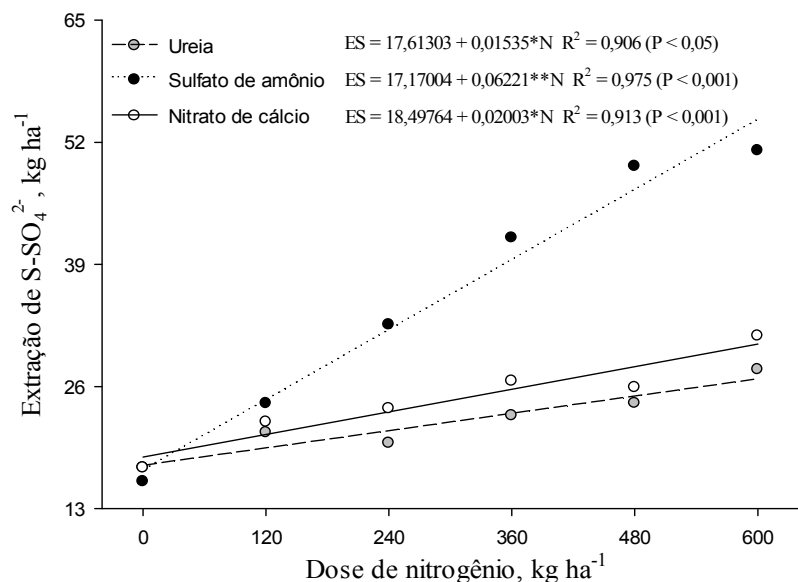


Figura 12. Extração acumulada de enxofre (ES) na fitomassa do capim-mombaça submetido a fontes e doses de nitrogênio (N).

De acordo com os resultados, a extração de S na dose máxima de N, com o uso do sulfato de amônio foi 84% maior quando comparado à ureia. Resultados semelhantes foram observados por COSTA et al. (2009). Esses autores obtiveram aumento de 105% na extração de S na dose máxima de N (300 kg ha⁻¹), com o uso de sulfato de amônio, quando comparado à ureia.

De acordo com PRIMAVESI et al. (2004), esse acentuado incremento na extração de S com o uso do sulfato de amônio, deve-se a presença de 24% de S na composição deste fertilizante, que indiretamente é fornecido ao solo e disponibilizado às plantas.

Para o *Panicum maximum* cv. Mombaça, a ordem decrescente de extração dos macronutrientes, considerando a dose máxima de N foi: N > K > Ca > Mg > P > S.

Conclusões

O aumento do fornecimento de nitrogênio resultou na maior extração dos macronutrientes pelo capim-mombaça, devido à maior produção de matéria seca.

A aplicação de elevadas doses de nitrogênio, utilizando como fonte nitrato de cálcio, promoveu redução da absorção de magnésio, devido à competição com o cálcio.

As alterações provocadas nos atributos químicos do solo com o uso do sulfato de amônio reduziram a absorção de fósforo pela forrageira.

A adubação nitrogenada em pastagens deve ser acompanhada pelo manejo dos demais nutrientes, buscando evitar o desequilíbrio nutricional ou o esgotamento da fertilidade do solo.

Referências Bibliográficas

ALMEIDA, M.C.C.; CHIARI, L.; JANK, L.; VALLE, C.B. Diversidade genética molecular entre cultivares e híbridos de *Brachiaria* spp. e *Panicum maximum*. **Ciência Rural**, v.41, n.11, p.1998-2003, 2011.

BATISTA, K.; MONTEIRO, F.A. Respostas morfológicas e produtivas do capim-marandu adubado com doses combinadas de nitrogênio e enxofre. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1281-1288, 2006.

CANTARELA, H. Nitrogênio. In: **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. Cap.7, p.375-470.

COSTA, K.A.P.; OLIVEIRA, I.P.; SEVERIANO, E.C.; SAMPAIO, F.M.T.; CARRIJO, M.S.; RODRIGUES, C.R. Extração de nutrientes pela fitomassa de cultivares de *Brachiaria brizantha* sob doses de nitrogênio. **Ciência Animal Brasileira**, v.11, n.2, p.307-314, 2010.

COSTA, K.A.P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I.P.; SEVERIANO, E.C.; SIMON, G.A.; CARRIJO, M.S. Extração de nutrientes do capim-marandu sob doses e fontes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.10, n.4, p.801-812, 2009.

COSTA, K.A.P.; ARAUJO, J.L.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I.P.; FIGUEIREDO, F.C.; GOMES, K.W. Extração de macronutrientes pela fitomassa do capim-xaraés em função de doses de nitrogênio e potássio. **Ciência Rural**, v.38, n.4, p.1162-1166, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral das plantas: princípios e perspectivas**. São Paulo: Planta, 2006. 403p.

FRANCO, H.C.J. **Eficiência agrônômica da adubação nitrogenada de cana-planta**. 2008. 127f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2008.

FRANCO, H.C.J.; BOLOGNA, I.R.; FARONI, C.E.; VITTI, A.C.; TRIVELIN, P.C.O. Acúmulo de macronutrientes em cana-de-açúcar em função da adubação nitrogenada e dos resíduos culturais incorporados ao solo no plantio. **Bragantia**, v.66, n.4, p.521-526, 2007.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição de plantas**. São Paulo: Ceres, 2006. 638p.

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

MEDEIROS, J.C.; ALBUQUERQUE, J.A.; MAFRA, A.L.; ROSA, J.D.; GATIBONI, L.C. Relação cálcio:magnésio do corretivo da acidez do solo na nutrição e no desenvolvimento inicial de plantas de milho em um Cambissolo Húmico Álico. **Semina**, v.29, n.4, p.799-806, 2008.

PREZOTTI, L.C.; GOMES, J.A.; DADALTO, G.G.; OLIVEIRA, J.A. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo**. 5ª aproximação. Vitória: SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007. 305p.

PRIMAVESI, A.C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L.A.; CANTARELLA, H.; SILVA, A.G. Absorção de cátions e ânions pelo capim-coastcross adubado com ureia e nitrato de amônio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.3, p.247-253, 2005.

PRIMAVESI, A.C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L.A.; CANTARELLA, H.; SILVA, A.G.; FREITAS, A.R.; VIVALDI, L.F. Adubação nitrogenada em capim-coastcross: efeitos na extração de nutrientes e recuperação aparente do nitrogênio. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.33, n.1, p.68-78, 2004.

SALVADOR, J.T.; CARVALHO, T.C.; LUCCHESI, L.A.C. Relações cálcio e magnésio presentes no solo e teores foliares de macronutrientes. **Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais**, v.9, n.1, p.27-32, 2011.

SARMENTO, P.; RODRIGUES, L.R.A.; CRUZ, M.C.P.; LUGÃO, S.M.B.; CAMPOS, F.P.; CENTURION, J.F.; FERREIRA, M.E. Atributos químicos e físicos de um argissolo cultivado com *Panicum maximum* Jacq. cv. IPR-86 Milênio, sob lotação rotacionada e adubado com nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.1, p.183-193, 2008.

SILVA, A.G. **Potencial produtivo e valor nutritivo do capim-mombaça submetido a doses de nitrogênio e alturas de cortes**. 2008. 70f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, 2008.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **SAS Language reference**. Version 6. Cary: SAS Institute, 1993. 1042p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848p.

3.3. PRODUÇÃO E PERFILHAMENTO DO CAPIM-MOMBAÇA SUBMETIDO A DIFERENTES FONTES E DOSES DE NITROGÊNIO

Resumo

O nitrogênio influencia inúmeras características morfofisiológicas das gramíneas forrageiras, que em última análise, interferem diretamente na produção e na qualidade da forragem. Avaliou-se a produção de matéria seca e número de perfilhos do *Panicum maximum* cv. Mombaça, submetido a diferentes fontes e doses de nitrogênio. O experimento foi desenvolvido no Instituto Federal do Espírito Santo *campus* Santa Teresa. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com três repetições, em esquema fatorial 3 x 6, sendo três fertilizantes nitrogenados (ureia, sulfato de amônio e nitrato de cálcio) e seis doses de nitrogênio (0, 120, 240, 360, 480 e 600 kg ha⁻¹), aplicados durante o período experimental, totalizando 54 unidades experimentais. As doses de nitrogênio foram divididas em sete aplicações, sendo os tratamentos aplicados a cada 28 dias, sempre após o corte da forrageira. O material coletado foi levado à estufa com circulação de ar, para determinação da matéria pré-seca. Após a secagem, as amostras foram moídas para determinação da matéria seca. Os resultados apresentados mostram que o capim-mombaça é responsivo à adubação nitrogenada e sua resposta em produção de matéria seca e número de perfilhos para uma mesma dose de nitrogênio varia em função da fonte utilizada. Dentre as fontes de nitrogênio, o nitrato

de cálcio apresentou desempenho superior para as variáveis avaliadas. Para essa fonte, a produção de matéria seca obtida na dose máxima de nitrogênio foi 18% e 36% superior a aquela observada com o uso do sulfato de amônio e ureia respectivamente.

Palavras-chave: *Panicum maximum*, adubação, fertilizantes nitrogenados, matéria seca.

Abstract

The nitrogen influences innumerable morphophysiological characteristics of the gramineous forage, which on a last analysis, directly interfere on the production and quality of the forage. The production of dry matter and number of tillers of *Panicum maximum* cv. mombaça was evaluated, when submitted to different sources and levels of nitrogen. The experiment was carried at the Federal Institute of Espírito Santo campus Santa Teresa. The experimental design used was in randomized blocks, with three replications, in factorial scheme 3 x 6, with three nitrogenous fertilizers (urea, ammonium sulphate and calcium nitrate) and six nitrogen levels (0, 120, 240, 360, 480 and 600 kg ha⁻¹), applied during the experimental period, totalizing 54 experimental units. The nitrogen doses were divided in seven applications, and the treatments were applied at each 28 days, always after the forage cut. The material collected was taken to the hothouse with air circulation, for the determination of previous dry matter. After drying, the samples were ground for the dry matter determination. The results presented show that mombaça grass is responsive to nitrogenous fertilization and its answer in dry matter production and number of tillers for the same nitrogen dose varies according to the used source. Among the nitrogen sources, calcium nitrate showed superior performance to the evaluated variables. For this source, the dry matter production obtained on the maximum nitrogen dose was of 18% and 36% superior to the one observed with the use of ammonium sulfate and urea respectively.

Key words: *Panicum maximum*, fertilization, nitrogenous fertilizers, dry matter.

Introdução

As pastagens são consideradas a forma mais prática e econômica de alimentação dos bovinos, desempenhando papel fundamental nos sistemas de produção de carne e leite (VITOR et al., 2009). Calcula-se que aproximadamente 90% do plantel de bovinos brasileiros sejam manejados a pasto, em sistemas extensivos de produção.

Para obtenção de elevada produtividade de forragem, é necessário considerar que as gramíneas forrageiras são tão exigentes quanto as culturas tradicionais. Portanto, para a exploração intensiva, a correção e a adubação do solo estão entre os fatores determinantes do nível de produção das pastagens.

A produtividade das pastagens está aquém da sua produtividade potencial, em decorrência do baixo grau de tecnologia adotado. Inúmeros fatores contribuem para esses resultados, porém merecem destaques aqueles relacionados ao manejo da fertilidade do solo.

A deficiência de nitrogênio (N) é um dos fatores mais limitantes para a obtenção de elevadas produtividades em sistemas de produção de forragem. Este nutriente é de fundamental importância, pois pode proporcionar aumento na produtividade das pastagens, refletindo em dietas mais nutritivas, acréscimo na taxa de lotação das pastagens e no ganho de peso vivo (BARBERO et al., 2009).

Segundo FAGUNDES et al. (2005) o suprimento de N normalmente não atende à demanda das gramíneas, estando sua produtividade limitada pelos níveis deste nutriente no solo. Dessa forma, o fornecimento de N em quantidades adequadas e em proporções equilibradas é fundamental no processo produtivo das pastagens (COSTA et al., 2009).

Sabe-se que o fornecimento de N implica no aumento da produtividade das pastagens. Porém esta resposta varia quando se avalia diferentes espécies forrageiras. Pastagens de *Panicum maximum* normalmente apresentam alta resposta ao N, nutriente que tem influência marcante sobre a fisiologia e o potencial produtivo de forragem (BRAGA et al., 2009). De acordo com JANK et al. (1994), o *Panicum maximum*, quando submetido a elevados níveis de N, em equilíbrio com os demais nutrientes no solo, pode atingir até 41 toneladas ha⁻¹ ano⁻¹ de matéria seca.

Desse modo, objetivou-se no presente trabalho avaliar o efeito da aplicação de diferentes fontes e doses de N na produção do capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq.), durante o período das águas, no município de Santa Teresa-ES.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no período de 01 outubro de 2011 a 14 de abril de 2012, no Setor de Animais de Médio Porte do Instituto Federal do Espírito Santo *campus* Santa Teresa (Figura 1), situado entre as coordenadas 19°48'36" de latitude sul e 40°40'48" de longitude oeste de Greenwich e altitude média de 150 metros, no município de Santa Teresa-ES. O clima da região é temperado úmido com inverno seco e verão quente, Cwa, segundo a classificação de Koppen.



Figura 1. Vista do Setor de Animais de Médio Porte do Ifes *campus* Santa Teresa.

A área utilizada de pastagem foi de 1.200 m², com parcelas de 6 m², totalizando 324 m² de área útil. A pastagem de capim-mombaça encontrava-se estabelecida há mais de quatro anos, com elevada produção (Figura 2) e manejo da fertilidade do solo realizado segundo recomendações técnicas de PREZOTTI et al. (2007), para pastagens irrigadas de elevada exigência nutricional.



Figura 2. Área experimental antes do início do experimento.

O solo foi classificado como Latossolo Amarelo eutrófico (LAe), textura argilosa (EMBRAPA, 1999), apresentando 343, 170 e 487 g kg⁻¹ de areia, silte e argila, respectivamente. Quatro meses antes do início do experimento, realizou-se análise química do solo. A partir dos resultados obtidos, realizou-se a calagem, 110 dias antes do início do experimento, com a aplicação de 1000 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico. A adubação (exceto o fornecimento de N) foi realizada 90 dias após a calagem, de acordo com o Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo (PREZOTTI et al., 2007), considerando como cultura o capim-mombaça. Foi aplicado a lanço na área experimental, 463 kg ha⁻¹ de superfosfato triplo, 434 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio e 60 kg ha⁻¹ de FTE BR 10. Imediatamente antes do início do experimento, foi realizada uma nova amostragem do solo da área experimental, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização química do solo da área experimental, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, antes e após a calagem e adubação do solo

Antes da calagem e adubação do solo												
Profundidade (cm)	pH ¹	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC	SB	P	K	S-SO ₄ ²⁻	MO	V
		-----cmol _c dm ⁻³ -----						-----mg dm ⁻³ -----			%	
0-20	5,0	1,7	0,6	0,3	3,1	5,5	2,4	11	30	6,2	2,60	43
20-40	5,4	1,9	0,6	0,1	2,8	5,4	2,6	3,4	22	5,5	2,2	48

Após a calagem e adubação do solo												
Profundidade (cm)	pH ¹	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC	SB	P	K	S-SO ₄ ²⁻	MO	V
		-----cmol _c dm ⁻³ -----						-----mg dm ⁻³ -----			%	
0-20	5,6	3,2	1,1	0,0	1,2	5,9	4,7	32	155	10,2	2,54	80
20-40	5,3	2,1	0,9	0,1	2,5	5,6	3,2	0,3	14	4,4	1,6	56

⁽¹⁾ pH em H₂O 1:2,5; P e K - extraídos por Mehlich; Ca, Mg e Al - extraídos por KCl; H+Al - extraídos por acetato de cálcio; CTC - capacidade de troca de cátions a pH 7,0; SB - soma de bases; S-SO₄²⁻ - extraído por cloreto de bário; MO - matéria orgânica; V - porcentagem de saturação por bases.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados. Adotou-se o esquema fatorial 3 x 6, sendo 3 fertilizantes nitrogenados (ureia, sulfato de amônio e nitrato de cálcio) e 6 doses de N (0, 120, 240, 360, 480 e 600 kg ha⁻¹), que foram divididas e aplicadas durante os sete cortes, ao longo do período experimental. Foram utilizadas 3 repetições, totalizando 54 unidades experimentais (Figura 3).



Figura 3. Vista aérea da área experimental, evidenciando as parcelas e os três blocos, dispostos horizontalmente.

As parcelas de 3 x 2 m cada, foram demarcadas, com bordadura de 1 metro (Figura 4). Realizou-se em seguida o corte de uniformização em toda a área, com o auxílio de uma roçadora Stihl modelo FS 220® e logo em seguida procedeu-se a aplicação dos tratamentos. Os tratamentos (fontes e doses de N) foram dissolvidos em 10 litros de água e aplicados nas parcelas com o auxílio de um regador, visando melhor distribuição dos fertilizantes nitrogenados



Figura 4. Demarcação das parcelas experimentais.

Os cortes do capim-mombaça foram realizados a cada 28 dias, levando-se em consideração o intervalo ideal de pastejo para essa forrageira (SANTOS et al., 2004), sendo o primeiro realizado em 29 de outubro de 2011, e o último em 14 de abril de 2012, totalizando sete cortes. Sempre após cada corte, eram aplicadas as diferentes fontes e doses de N de acordo com cada tratamento, totalizando sete aplicações. Imediatamente após a aplicação das diferentes doses das fontes nitrogenadas, foi aplicado em toda área experimental uma lâmina de irrigação de 8 mm, utilizando um sistema de irrigação por aspersão, com eficiência de aplicação de 74%.

A coleta da forrageira foi realizada com auxílio de um quadrado de ferro de 50 x 50 cm e cortada com tesoura de aço a 30 cm da superfície do solo, simulando a altura ideal de rebaixamento desta forrageira (SILVA et al., 2009). Após cada corte de avaliação, foi realizado o corte de uniformização de toda a área experimental, na mesma altura de corte das plantas avaliadas, sendo retirado da área, o material vegetal resultante da uniformização.

O material coletado em cada corte, em 0,25 m², foi acondicionado em um balde plástico, identificado e imediatamente pesado, obtendo-se o peso da massa fresca da gramínea. Em seguida, uma amostra representativa da forragem de aproximadamente 400 g foi retirada do material coletado, acondicionada em saco de papel, identificada e em seguida levada à estufa com circulação de ar, onde a temperatura foi mantida entre 60° e 65° C, até atingir massa constante, para determinação da matéria pré-seca. Após a secagem, as amostras foram moídas em moinho do tipo Willey, com peneira de 1 mm e acondicionado em sacos de polietileno. Posteriormente, o material moído foi novamente levado para estufa, para remoção da umidade residual. A produção de matéria seca (PMS) por hectare foi determinada utilizando a massa fresca do material coletado na área de 0,25 m² e o teor de matéria seca obtido após o processamento da amostra, pela fórmula: $PMS = [\%MS \times (MF \times 40000)]/100$, onde: PMS: Produção de Matéria Seca, em kg ha⁻¹; %MS: Percentual de Matéria Seca da amostra após o processamento; MF: Matéria Fresca, coletada em 0,25 m²; 40000: fator utilizado para conversão da produção em hectare.

Durante todo o período experimental de 196 dias, sempre que a precipitação pluvial foi insuficiente, a pastagem foi irrigada, sendo a lâmina aplicada calculada em função da evapotranspiração da cultura (ET_c). As informações meteorológicas utilizadas para os cálculos da ET_c foram fornecidas por uma estação climatológica automática, localizada a 550 metros da área experimental. Na Figura 5 são apresentadas algumas variáveis climáticas observadas no período experimental.

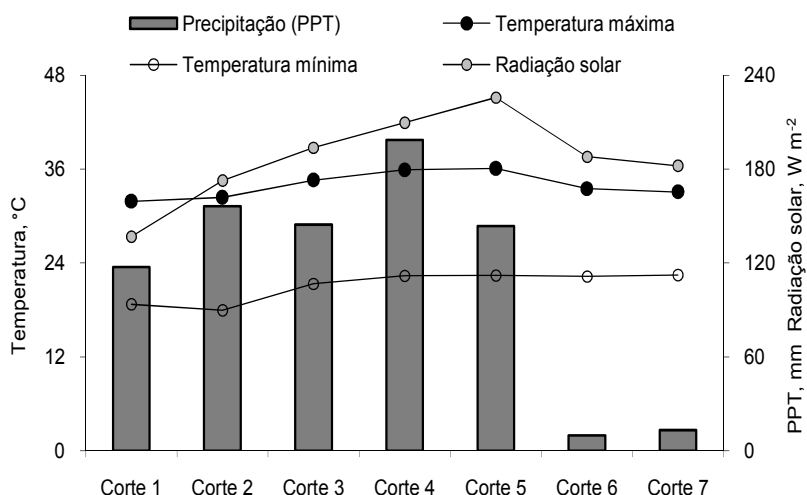


Figura 5. Valores das variáveis climáticas observadas durante o período experimental. Santa Teresa - ES. Outubro/2011 a abril/2012.

O período entre 01 de outubro a 24 de dezembro, referente aos três primeiros cortes foi utilizado como adaptação da pastagem. Como antes da calagem, a pastagem era manejada intensivamente e recebia elevadas doses de N, utilizou-se esse período de adaptação buscando reduzir o estoque de N no solo, de forma que a resposta do capim-mombaça ocorresse em função dos tratamentos aplicados e não do estoque de N de que o solo dispunha. Assim, os resultados apresentados são referentes aos quatro últimos cortes.

Foi avaliado a PMS e a densidade de perfilhos para os diferentes tratamentos. Os dados foram submetidos à análise de variância e, posteriormente, realizado a análise de regressão, utilizando o programa SAS (1993).

Resultados e Discussão

Na Figura 6 é apresentada a PMS do capim-mombaça em função das fontes e doses de N. Observa-se que a PMS foi influenciada pelos tratamentos avaliados. Para as diferentes fontes de N, houve aumento linear até 600 kg ha^{-1} de N, onde os

melhores resultados foram obtidos com o uso do nitrato de cálcio, para as doses maiores que 273 kg ha^{-1} de N, sendo a ureia, a fonte com menor resposta para PMS. Quando submetido a aplicação de 600 kg ha^{-1} de N, a produção obtida com a aplicação do nitrato de cálcio foi 36% superior a aquela observada com o uso da ureia e 18% superior a aquela observada com o uso do sulfato de amônio. De acordo com BOIN (1986), a PMS das gramíneas em resposta à adubação com níveis crescentes de N é normalmente linear dentro de certos limites, que variam principalmente com o potencial genético das diferentes gramíneas, com a frequência de cortes, e com as condições climáticas.

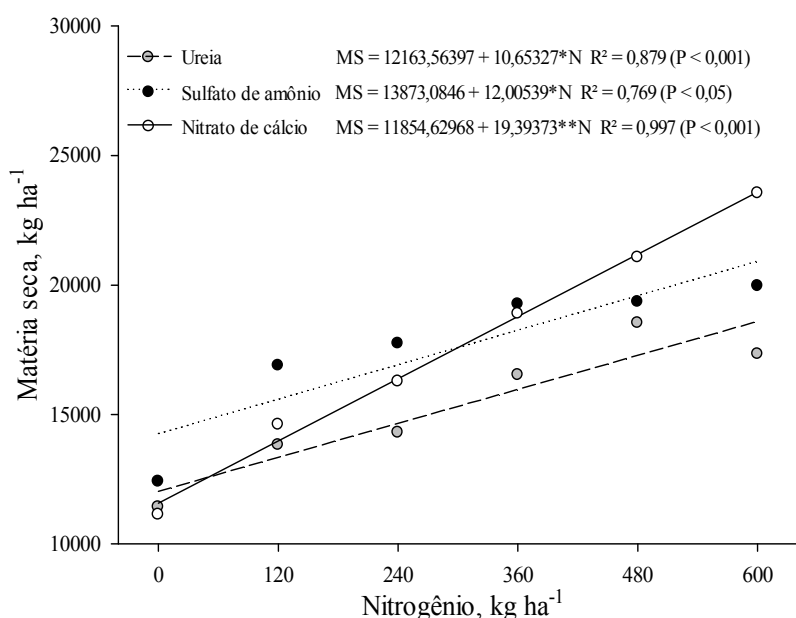


Figura 6. Produção acumulada de matéria seca (MS) do capim-mombaça em resposta à aplicação de fontes e doses de nitrogênio (N).

Assim, independente da fonte utilizada, houve incremento na PMS com o aumento das doses de N. Segundo COSTA et al. (2009), o N atua aumentando a densidade volumétrica de forragem e, sobretudo, a produção de folhas no perfil do dossel, decorrente do aparecimento e alongamento de folhas, aumentando assim a PMS. Desta forma, a adubação nitrogenada equilibrada assume importância fundamental no processo produtivo das pastagens, pois o N proveniente da mineralização da matéria orgânica do solo, não é suficiente para atender à demanda de gramíneas com alto potencial produtivo (FAGUNDES et al., 2006).

Observa-se ainda na figura 6, que para a dose máxima de N, a produção obtida com a aplicação do sulfato de amônio foi 15% superior a aquela observada

com o uso da ureia. Resultados semelhantes foram obtidos por COSTA et al. (2010). Esses autores observaram que, para o capim-marandu, na dose máxima de N (300 kg ha^{-1}), houve uma redução de 18% na PMS quando utilizou-se a ureia como fonte de N comparado ao sulfato de amônio. Este fato pode ser explicado pelas transformações que a ureia sofre no solo, resultando em maiores perdas de N. Após a aplicação ao solo, a ureia $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$ é hidrolisada pela enzima *urease*, resultando na formação de carbonato de amônio $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3]$, que se decompõe rapidamente, originando amônio, bicarbonato e hidroxila $[(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- + \text{HCO}_3^-]$, o que implica na elevação do pH ao redor dos grânulos do fertilizante (ROCHETTE et al., 2009). Dessa forma, parte do amônio se converte em NH_3 , que pode se perder na atmosfera, caso a ureia não seja incorporada ao solo (SANGOI et al., 2003). Assim, mesmo com a adoção do manejo recomendado, através da incorporação deste fertilizante com uma lâmina de irrigação após a aplicação do N dissolvido em água, possivelmente ocorreram perdas de N, justificando os resultados inferiores para esta fonte. Além disso, o enxofre proveniente do sulfato de amônio pode ter contribuído para o aumento da PMS. SANTOS et al. (1999), avaliando a resposta de diferentes doses de enxofre no capim-braquiária, concluíram que as forrageiras são responsivas à aplicação de enxofre, onde o aumento da dose, dentro de certos limites, proporciona incrementos na PMS e no número de perfilhos.

A densidade de perfilhos também foi influenciada pelas diferentes fontes e doses de N. Observa-se na Figura 7, que a partir de 430 kg ha^{-1} de N, a densidade de perfilhos foi maior para o nitrato de cálcio, seguido pela ureia e sulfato de amônio. De acordo com as equações exibidas no gráfico, tem-se como ponto de máxima densidade de perfilhos a dose de 385 kg ha^{-1} de N quando se utilizou a ureia e o sulfato de amônio como fonte de N, sendo que para o nitrato de cálcio, houve dentro dos limites avaliados, aumento linear para essa variável, em função da aplicação de N. De acordo com BARTH NETO et al. (2010), a adubação nitrogenada acelera o perfilhamento do capim-mombaça, refletindo na maior PMS. COSTA et al. (2011), avaliando o efeito da adubação nitrogenada e potássica no capim-xaraés, observaram aumento linear no número de perfilhos com o aumento das doses de N, evidenciando que o incremento nas doses de N influenciaram positivamente na densidade populacional de perfilhos.

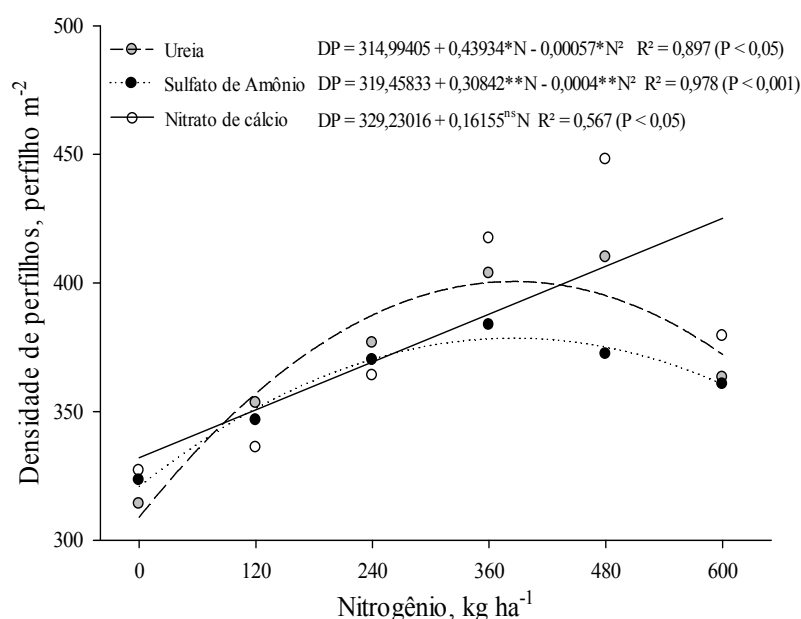


Figura 7. Densidade de perfilhos (DP), referente à média dos últimos quatro cortes do capim-mombaça, em resposta à aplicação de fontes e doses de nitrogênio (N).

O aumento na densidade de perfilhos observado com o uso do nitrato de cálcio, bem como os resultados obtidos no presente estudo para PMS com o uso dessa fonte de N, pode ser explicado pela contribuição do cálcio fornecido à pastagem com a aplicação dessa fonte de N. De acordo com SOUZA et al. (2007), o cálcio é um elemento essencial para o crescimento de meristemas, especialmente para o crescimento e funcionamento apropriado dos ápices radiculares. O cálcio é componente da lamela média, exercendo função cimentante como pectato de Ca, além de exercer papel estrutural na manutenção da integridade da membrana citoplasmática e atuar como modulador da ação de hormônios vegetais, que controlam, por exemplo, a senescência e abscisão das folhas. Segundo FREITAS et al. (2011), este elemento é fundamental no desenvolvimento do capim-mombaça, que apresenta concentrações em seus tecidos variando de 0,55 a 0,83 dag kg⁻¹.

Houve ajuste quadrático para densidade de perfilhos, com o uso das fontes ureia e sulfato de amônio. Devido à influência que exerce nas características morfofisiológicas das gramíneas forrageiras, o N atua promovendo o aumento na densidade de perfilhos. Porém, para elevadas doses de N, há uma estabilização ou até redução na densidade de perfilhos, como observado por BATISTA et al. (2002). Isso ocorre, pois o número excessivo de perfilhos promove aumento na competição por luz. Assim, há por parte das plantas, o controle na densidade de perfilhos, onde o

aumento na PMS deve-se ao maior número de folhas por perfilho. Desta forma, as plantas conseguem, mesmo com redução na densidade de perfilhos, sustentar aumentos na PMS nas elevadas doses de N.

Conclusões

O capim-mombaça é responsivo à adubação nitrogenada e sua resposta em PMS e densidade de perfilhos para uma mesma dose de N varia em função da fonte utilizada.

Dentre as fontes de N, o nitrato de cálcio apresentou desempenho superior para as variáveis avaliadas.

Independentemente da fonte de N, não foi possível identificar dentro dos limites avaliados, um ponto de máxima PMS para o capim-mombaça.

Referências Bibliográficas

BARBERO, L.M.; CECATO, U.; LUGÃO, S.M.B.; GOMES, J.A.N.; LIMÃO, V.A.; BASSO, K.C. Produção de forragem e componentes morfológicos em pastagem de *coastcross* consorciada com amendoim forrageiro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.5, p.788-795, 2009.

BARTH NETO, A.; BOLETA, V.S.; PANCERA JÚNIOR, E.J.; ALMEIDA, G.M.; CANTO, M.W.; GASPARINO, E.; BALTAZAR, L.F. Nitrogênio e época de colheita nos componentes da produtividade de forragem e sementes de capim-mombaça. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.11, p.1312-1320, 2010.

BATISTA, K. **Respostas do capim-marandu a combinações de doses de nitrogênio enxofre**. 2002. 91f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola

Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2002.

BOIN, C. Produção animal em pastos adubados. In: SIMPÓSIO SOBRE CALAGEM E ADUBAÇÃO DE PASTAGENS, 1, 1986, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p.382.

BRAGA, G.J.; MELLO, A.C.L.; PEDREIRA, C.G.S.; MEDEIROS, H.R. Fotossíntese e taxa diária de produção de forragem em pastagens de capim-tanzânia sob lotação intermitente. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.1, p.84-91, 2009.

COSTA, K.A.P.; OLIVEIRA, I.P.; FAQUIN, V.; SEVERIANO, E.C.; GUIMARÃES, K.C.; MOREIRA, J.F.M.; BENTO, J.C. Adubação nitrogenada e potássica na produção de massa seca e composição bromatológica do capim-xaraés. **Global Science and Technology**, v.4, n.1, p.51-60, 2011.

COSTA, K.A.P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I.P. Doses e fontes de nitrogênio na recuperação de pastagens do capim-marandu. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, n.1, p.192-199, 2010.

COSTA, K.A.P.; OLIVEIRA, I.P.; FAQUIN, V.; SILVA, G.P.; SEVERIANO, E.C. Produção de massa seca e nutrição nitrogenada de cultivares de *Brachiaria brizantha* sob doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, n.6, p.1578-1585, 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.

FAGUNDES, J.L.; FONSECA, D.M.; MORAIS, R.V.; MISTURA, C.; VITOR, C.M.T.; GOMIDE, J.A.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; SANTOS, M.E.R.; LAMBERTUCCI, D.M. Avaliação das características estruturais do capim braquiária em pastagens adubadas com nitrogênio nas quatro estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.1, p.30-37, 2006.

FAGUNDES, J.L.; FONSECA, D.M.; GOMIDE, J.A.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; VITOR, C.M.T.; MORAIS, R.V.; MISTURA, C.; REIS, G.C.; MARTUSCELLO, J.A. Acúmulo de forragem em pastos de *Brachiaria decumbens* adubados com nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.4, p.397-403, 2005.

FREITAS, K.R.; ROSA, B.; NASCIMENTO, J.L.; BORGES, R.T.; BARBOSA, M.M.; SANTOS, D.C. Composição química do capim-mombaça (*Panicum maximum* jacq.) submetido à adubação orgânica e mineral. **Ciência Animal Brasileira**, v.12, n.3, p.407-414, 2011.

JANK, L.; SAVIDAN, Y.H.; SOUZA, M.T.; COSTA, J.C.G. Avaliação de germoplasma de *Panicum maximum* introduzido da África. I. Produção forrageira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.23, n.3, p.433-440, 1994.

PREZOTTI, L.C.; GOMES, J.A.; DADALTO, G.G.; OLIVEIRA, J.A. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo**. 5ª aproximação. Vitória: SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007. 305p.

ROCHETTE, P.; MACDONALD, J.D.; ANGERS, D.; CHANTINI, M.H.; GASSER, M.; BERTRAND, N. Banding urea increased ammonia volatilization in a dry acidic soil. **Journal of Environmental Quality**, v.38, n.4, p.1383-1390, 2009.

SANGOI, L.; ERNANI, P.R.; LECH, V.A.; RAMPAZZO, C. Volatilização de N-NH₃ em decorrência da forma de aplicação de ureia, manejo de resíduos e tipo de solo, em laboratório. **Ciência Rural**, v.33, n.4, p.687-692, 2003.

SANTOS, A.R.; MONTEIRO, F.A. Produção e perfilhamento de *Brachiaria decumbens* Stapf. em função de doses de enxofre. **Scientia Agricola**, v.56, n.6, p.689-692, 1999.

SANTOS, P.M.; BALSALOBRE, M.A.A.; CORSI, M. Características morfogenéticas e taxa de acúmulo de forragem do capim-mombaça submetido a três intervalos de pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.4, p.843-851, 2004.

SILVA, S.C.; BUENO, A.A.O.; CARNEVALLI, R.A.; UEBELE, M.C.; BUENO, F.O.; HODGSON, J.; MATTHEW, C.; ARNOLD, G.C.; MORAIS, J.P.G. Sward structural characteristics and herbage accumulation of *Panicum maximum* cv. Mombaça subjected to rotational stocking managements. **Scientia Agricola**, v.66, n.1, p.8-19, 2009.

SOUZA, D.M.G.; MIRANDA, L.N.; OLIVEIRA, S.A. Acidez do solo e sua correção. In: **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. Cap.5, p.205-274.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **SAS Language reference**. Version 6. Cary: SAS Institute, 1993. 1042p.

VITOR, C.M.T.; FONSECA, D.M.; CÓSER, A.C.; MARTINS, C.E.; JÚNIOR, D.N.; JÚNIOR, J.I.R. Produção de matéria seca e valor nutritivo de pastagem de capim-elefante sob irrigação e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.3, p.435-442, 2009.

4. CONCLUSÕES GERAIS

A aplicação de nitrogênio eleva a produtividade em pastagens de capim-mombaça, promovendo redução da fertilidade do solo em função do aumento da extração de nutrientes.

O Fornecimento de nitrogênio pode ser utilizado como estratégia para adequação da produtividade do capim-mombaça, dentro da faixa de resposta da forrageira à adubação nitrogenada.

A produção de matéria seca, bem como os efeitos sobre os atributos químicos do solo e extração de nutrientes são dependentes das fontes e doses utilizadas.

Para o adequado manejo da fertilidade do solo em áreas cultivadas com capim-mombaça, deve-se levar em consideração a fonte utilizada e suas particularidades, quanto à forma que o nitrogênio é fornecido, ao potencial de acidificação do fertilizante, a presença de cátions e ânions acompanhantes, que poderão alterar o comportamento dos atributos químicos do solo e o desenvolvimento do vegetal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, J.S.; PIRES, A.J.V.; MATSUMOTO, S.N.; FIGUEIREDO, M.P.; RIBEIRO, G.S. Características morfológicas e estruturais da *Brachiaria decumbens* stapf. submetida a diferentes doses de nitrogênio e volumes de água. **Acta Veterinaria Brasilica**, v.2, n.1, p.1-10, 2008.

BARROS, C.O.; PINTO, J.C.; EVANGELISTA, A.R.; MUNIZ, J.A.; ANDRADE, I.F.; SANTOS, R.A. Rendimento e composição química do capim tanzânia estabelecido com milho sob três doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, v.26, n.5, p.1068-1075, 2002.

BRAGA, G.J.; MELLO, A.C.L.; PEDREIRA, C.G.S.; MEDEIROS, H.R. Fotossíntese e taxa diária de produção de forragem em pastagens de capim-tanzânia sob lotação intermitente. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.1, p.84-91, 2009.

BRAGA, G.J.; LUZ, P.H.C.; HERLING, V.R.; LIMA, C.G. Resposta do capim-mombaça a doses de nitrogênio e a intervalos de corte. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.26, n.1, p.123-128, 2004.

BATISTA, K.; MONTEIRO, F.A. Respostas morfológicas e produtivas do capim-marandu adubado com doses combinadas de nitrogênio e enxofre. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1281-1288, 2006.

CABRERA-BOSQUET, L.; ALBRIZIO, R.; ARAUS, J.L.; NOGUÉS, S.N. Photosynthetic capacity of field-grown durum wheat under different N availabilities: A comparative study from leaf to canopy. **Environmental and Experimental Botany**, v.67, n.1, p.145-152, 2009.

CAMARGO, S.H.C.R.V.; NEVES, M.F.; MARTINELLI D.P. Negociação no agronegócio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 42, 2004, Cuiabá. **Resumos...** Cuiabá: SOBER, 2004. p.15-22.

CAMINHA, F.O.; SILVA, S.C.; PAIVA, A.J.; PEREIRA, L.E.T.; MESQUITA, P.; GUARDA, V.D. Estabilidade da população de perfilhos de capim-marandu sob lotação contínua e adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.2, p.213-220, 2010.

CANTO, M.W.; BONA FILHO, A.; MORAES, A.; HOESCHL, A.R.; GASPARINO, E. Animal production in Tanzania grass swards fertilized with nitrogen. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.7, p.1176-1182, 2009.

CARNEVALLI, R.A. **Dinâmica da rebrotação de pastos de capim-mombaça submetidos a regimes de desfolhação intermente**. 2003. 136f. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagem) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2003.

CASTAGNARA, D.D. **Adubação nitrogenada sobre o crescimento, a produção e a qualidade de gramíneas forrageiras tropicais**. 2009. 97f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, PR, 2009.

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL - CNA. **Análise do PIB das cadeias produtivas de algodão, cana-de-açúcar, soja, pecuária de corte e de leite no Brasil**. Brasília: Sistema CNA Brasil, 2012. 68p.

CORREA, L.A.; CANTARELLA, H.; PRIMAVESI, A.C.; PRIMAVESI, O.; FREITAS, A.R.; SILVA, A.G. Efeito de fontes e doses de nitrogênio na produção e qualidade da forragem de capim-coastcross. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.763-772, 2007.

COSTA, K.A.P.; OLIVEIRA, I.P.; FAQUIN, V.; SEVERIANO, E.C.; GUIMARÃES, K.C.; MOREIRA, J.F.M.; BENTO, J.C. Adubação nitrogenada e potássica na produção de massa seca e composição bromatológica do capim-xaraés. **Global Science and Technology**, v.4, n.1, p.51-60, 2011.

COSTA, K.A.P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I.P. Doses e fontes de nitrogênio na recuperação de pastagens do capim-marandu. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, n.1, p.192-199, 2010.

DIAS FILHO, M.B. Os desafios da produção animal em pastagens na fronteira agrícola brasileira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.4, p.243-252, 2011.

DIAS-FILHO, M.B. **Sistemas silvipastoris na recuperação de pastagens degradadas**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2006. 31p. (Documentos, 258).

EUCLIDES, V.P.B.; COSTA, F.P.; MACEDO, M.C.M.; FLORES, R.; OLIVEIRA, M.P. Eficiência biológica e econômica de pasto de capim-tanzânia adubado com nitrogênio no final do verão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.9, p.1345-1355, 2007.

FAGUNDES, J.L.; FONSECA, D.M.; MORAIS, R.V.; MISTURA, C.; VITOR, C.M.T.; GOMIDE, J.A.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; SANTOS, M.E.R.; LAMBERTUCC, D.M. Avaliação das características estruturais do capim braquiária em pastagens adubadas com nitrogênio nas quatro estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.1, p.30-37, 2006.

FAGUNDES, J.L.; FONSECA, D.M.; GOMIDE, J.A.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; VITOR, C.M.T.; MORAIS, R.V.; MISTURA, C.; REIS, G.C.; MARTUSCELLO, J.A. Acúmulo de forragem em pastos de *Brachiaria decumbens* adubados com nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.4, p.397-403, 2005.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. Jaboticabal: Funep, 2007. 574p.

FREITAS, K.R.; ROSA, B.; NASCIMENTO, J.L.; BORGES, R.T.; BARBOSA, M.M.; SANTOS, D.C. Composição química do capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq.) submetido à adubação orgânica e mineral. **Ciência Animal Brasileira**, v.12, n.3, p.407-414, 2011.

FREITAS, K.R.; ROSA, B.; RUGGIERO, J.A.; NASCIMENTO, J.L.; HEINEMAM, A.B.; FERREIRA, P.H.; MACEDO, R. Avaliação do capim mombaça (*Panicum maximum* Jacq.) submetido a diferentes doses de nitrogênio. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.27, n.1, p.83-89, 2005.

GOMIDE, J.A.; WENDLING, I.J.; BRAS, S.P.; QUADROS, H.B. Consumo e produção de leite de vacas mestiças em pastagem de *Brachiaria decumbens* manejada sob duas ofertas diárias de forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.4, p.1194-1199, 2001.

GONÇALVES, A.C.; CAMARÃO, A.P.; SIMÃO NETO, M.; DUTRA, S. Consorciação de gramíneas e leguminosas forrageiras e fertilização fosfatada no nordeste paraense, Brasil. **Pasturas Tropicais**, v.19, n.3, p.45-50, 1997.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Anuário estatístico do Brasil**. Rio de Janeiro: SIDRA, 2011. 474p.

JANK, L. Melhoramento e seleção de variedades de *Panicum maximum*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 14, 1995, Piracicaba. **Resumos...** Piracicaba: FEALQ, 1995. p.21-58.

JANK, L.; SAVIDAN, Y.H.; SOUZA, M.T.; COSTA, J.C.G. Avaliação de germoplasma de *Panicum maximum* introduzido da África. I. Produção forrageira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.23, n.3, p.433-440, 1994.

LAVRES JUNIOR, J.; MONTEIRO, F.A. Perfilhamento, área foliar e sistema radicular do capim-mombaça submetido a combinações de doses de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.5, p.1068-1075, 2003.

LAVRES, JUNIOR, J. **Combinações de doses de nitrogênio e potássio para o capim-mombaça**. 2001. 103f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2001.

LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D.F. Tissue flows in grazed plant communities. In: **The ecology and management of grazing systems**. Oxon: CAB International, 1996. Cap. 1, p.3-36.

LIMA, E.S.; DEMINICIS, B.B. Produção e composição química de cultivares de capim-elefante. **PUBVET**, v.2, n.14, p.1982-1993, 2008.

LOPES, M.N.; CÂNDIDO, M.J.D.; POMPEU, R.C.F.F.; SILVA, R.G.; LOPES, J.W.B.; BEZERRA, F.M.L. Biomass components in Massai grass during establishment and regrowth under five nitrogen fertilization levels. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.8, p.1629-1637, 2011.

MACEDO, L.O.B.; SANTOS, T.S. **Evolução da agropecuária regional 2001-2005**. São Paulo: Uniesp, 2006. 28p. (Informativo, 3).

MARTHA JUNIOR, G.B.; BARIONI, L.G.; CEZAR, I.M.; VILELA, L. **Sistema de produção animal em pastejo: um enfoque de negócio**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. 33p. (Documentos, 63).

MINGOTTE, F.L.C.; SANTOS, C.L.R.; PRADO, R.M.; FLORES, R.A.; TOGORO, A.H.; SILVA, J.A.S.; POLITI, L.S.; PINTO, A.S.; AQUINO, D.S. Manganês na nutrição e na produção de massa seca do capim-mombaça. **Bioscience Journal**, v.27, n.6, p.879-887, 2011.

MONTEIRO, F.A. Nutrição mineral e adubação. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 12, 1995, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1995. p.219-244.

MÜLLER, M.S. **Desempenho de *Panicum maximum* (cv. Mombaça) em pastejo rotacionado, sob sistema de irrigação por pivô central, na região do cerrado.** 2000. 101f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2000.

NABINGER, C.; CARVALHO, P.C.F. Ecofisiología de sistemas pastoriles: aplicaciones para su sustentabilidad. **Agrociencia**, v.13, n.3, p.18-27, 2009.

OLIVEIRA, A.B.; PIRES, A.J.V.; NETO, U.M.; CARVALHO, G.G.P.; VELOSO, C.M.; SILVA, F.F. Morfogênese do capim-tanzânia submetido a adubações e intensidades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.1006-1013, 2007.

PARSONS, J.J. Spread of african pasture grasses to the american tropics. **Journal of Range Management**, v.25, n.1, p.12-17, 1972.

POMPEU, R.C.F.F.; CÂNDIDO, M.J.D.; LOPES, M.N.; GOMES, F.H.T.; LACERDA, C.F.; AQUINO, B.F.; MAGUALHÃES, J.A. Características morfofisiológicas do capim-aruana sob diferentes doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal**, v.11, n.4, p.1187-1210, 2010.

PRIMAVESI, A.C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L.A.; CANTARELLA, H.; SILVA, A.G. Absorção de cátions e ânions pelo capim-*coastcross* adubado com ureia e nitrato de amônio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.3, p.247-253, 2005.

RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. **Biologia vegetal**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. 906p.

SANTOS JUNIOR, J.D.; MONTEIRO, F.A.; LAVRES JUNIOR, J. Análise de crescimento do capim-marandu submetido a doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1985-1991, 2004.

SILVA, M.W.R. **Características estruturais, produtivas e bromatológicas das gramíneas Tifton 85, Marandu e Tanzânia submetidas à irrigação.** 2009. 55f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, BA, 2009.

SILVA NETO, S.P.; SANTOS, A.C.; LIMA LEITE, R.L.; DIM, V.P.; NEVES NETO, D.N.; CRUZ, R.S. Dependência espacial em levantamentos do estoque de carbono em áreas de pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Acta Amazonica**, v.42, n.4, p.547-556, 2012.

SOUZA, E.M. **Efeitos da irrigação e adubação nitrogenada sobre a produção de matéria seca e qualidade da forragem de cultivares de *Panicum maximum* Jacq.** 2003. 60f. Dissertação (Mestrado em Sistema de Produção Animal) -

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, SP, 2003.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848p.

VALENTE, T.N.P.; LIMA, E.S.; HENRIQUES, L.T.; MACHADO NETO, O.R.; GOMES, D.I.; SAMPAIO, C.B.; COSTA, V.A.C. Anatomia de plantas forrageiras e a disponibilidade de nutrientes para ruminantes: revisão. **Revista de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.18, n.3, p.347-358, 2011.

VIEIRA, D.A.P.; PORTES, T.A.; STACCIARINI-SERAPHIN, E.; TEIXEIRA, J.B. Fluorescência e teores de clorofilas em abacaxizeiro cv. Pérola submetido a diferentes concentrações de sulfato de amônio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.32, n.2, p.360-368, 2010.

VITOR, C.M.T.; FONSECA, D.M.; CÓSER, A.C.; MARTINS, C.E.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; RIBEIRO JÚNIOR, J.I. Produção de matéria seca e valor nutritivo de pastagem de capim-elefante sob irrigação e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.3, p.435-442, 2009.