



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

DANIEL RODRIGUES CHAVES

**BALANÇO DOS NUTRIENTES E DO CARBONO EM PASTAGENS COM
DIFERENTES NÍVEIS DE INTENSIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO DE LEITE NO
TRÓPICO ÚMIDO BRASILEIRO**

FORTALEZA

2016

DANIEL RODRIGUES CHAVES

BALANÇO DOS NUTRIENTES E DO CARBONO EM PASTAGENS COM DIFERENTES
NÍVEIS DE INTENSIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO DE LEITE NO TRÓPICO ÚMIDO
BRASILEIRO

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Zootecnia. Área de concentração: Forragicultura e Pastagens.

Orientador:

Prof. D. Sc. José Neuman Miranda Neiva.

Co-orientador:

Prof. D. Sc. Magno José Duarte Cândido.

FORTALEZA

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- C438b Chaves, Daniel Rodrigues.
Balanço dos nutrientes e do carbono em pastagens com diferentes níveis de intensificação da produção de leite no trópico úmido brasileiro / Daniel Rodrigues Chaves. – 2016.
80 f. : il. color.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Fortaleza, 2016.
Orientação: Prof. Dr. José Neuman Miranda Neiva.
Coorientação: Prof. Dr. Magno José Duarte Cândido.
1. Capim-Mombaça. 2. Carbono. 3. Nutrientes. 4. Produção. 5. Sistemas intensificados. I. Título.
CDD 636.08
-

DANIEL RODRIGUES CHAVES

BALANÇO DOS NUTRIENTES E DO CARBONO EM PASTAGENS COM DIFERENTES
NÍVEIS DE INTENSIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO DE LEITE NO TRÓPICO ÚMIDO
BRASILEIRO

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Zootecnia. Área de concentração: Forragicultura e Pastagens.

Aprovada em 22/12/2016.

BANCA EXAMINADORA

Prof. D. Sc. Jose Neuman Miranda Neiva
Orientador (UFT)

Prof. D. Sc. Maria Socorro de Sousa Carneiro
Membro (UFC)

Prof. D. Sc. Patrícia Guimarães Pimentel
Membro (UFC)

Prof. D. Sc. Rodrigo Gregório da Silva
Membro (IFCE)

D. Sc. Roberto Claudio Fernandes Franco Pompeu
Membro (Embrapa caprinos e ovinos)

Ao nobre homem que me ensinou como devo ser: leal aos meus princípios e à minha família, amigo dos amigos, bom filho e bom pai, José Francisco Bastos Chaves. À mulher que colocou sua família em primeiro lugar, capaz de mover qualquer obstáculo em favor dos seus filhos, Riveuda Carneiro Rodrigues. À minha adorável esposa Emanuela Iana de Paiva Lima Chaves e à minha linda filha Ana Beatriz Lima Chaves.

AGRADECIMENTOS

A Deus em primeiro lugar, por me dar coragem de enfrentar mais esse desafio grandioso.

À Universidade Federal do Ceará (UFC), por tornar possível mais uma realização em minha vida.

À Universidade Federal do Tocantins (UFT), que contribuiu para realização da primeira parte da pesquisa (experimental).

À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP), por concessão de parte da bolsa de doutorado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de parte da bolsa de doutorado.

Aos meus orientadores Prof. D. Sc. José Neuman Miranda Neiva e em especial ao Prof. D. Sc. Magno José Duarte Cândido, por acreditarem que esse trabalho seria possível e pelo incentivo financeiro para a realização da pesquisa.

Ao nobre Prof. D. Sc. Rodrigo Gregório da Silva, pela contribuição intelectual, colaboração no projeto de tese e condução dos trabalhos.

À Prof. D. Sc. Elzânia Sales Pereira, pela contribuição durante os estudos de qualificação.

Ao D. Sc. Roberto Claudio Fernandes Franco Pompeu, pelo incentivo e participação nos meus estudos.

Ao D. Sc. Rafael Nogueira Furtado, pela contribuição e sugestões para tese.

Aos professores do Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia (PDIZ-UFC).

Ao Núcleo de Ensino e Estudo em Forragicultura NEEF/UFC e aos seus integrantes, pelo apoio quando necessário.

Ao pessoal do laboratório de nutrição animal do Departamento de Zootecnia da UFC.

Ao meu amigo Theyson Duarte Maranhão, pela colaboração no trabalho de análises laboratoriais.

À minha família que esteve do meu lado todo esse tempo, sempre crente no esforço do meu trabalho. Ao meu inesquecível pai José Francisco Bastos Chaves; à minha mãe Riveuda Carneiro Rodrigues; às minhas irmãs Nancy Rodrigues Chaves e Carolly Rodrigues Chaves; à minha esposa Emanuela Iana de Paiva Lima Chaves; ao meu sogro Benedito Rodrigues Lima,

à minha sogra Iracema de Paiva Lima; à minha cunhada Aline de Paiva Lima; e ao meu cunhado João Pedro de Paiva Lima;

A todos que contribuíram direta ou indiretamente com a elaboração desta tese.

Cabra da peste

Eu sou de uma terra que o povo padece
Mas não esmorece, procura vencer,
Da terra querida, que a linda cabocla
Com riso na boca zomba no sofrer

Não nego meu sangue, não nego meu nome,
Olho para fome e pergunto: o que há?
Eu sou brasileiro fio do Nordeste,
Sou Cabra da Peste, sou do Ceará

Tem muita beleza minha boa terra,
Derne o vale à serra, da serra ao sertão
Por ela eu me acabo, dou a própria vida,
É terra querida do meu coração

Meu berço adorado tem bravo vaqueiro
E tem jangadeiro que domina o má
Eu sou brasileiro fio do Nordeste,
Sou Cabra da Peste fio do Ceará

Ceará valente que foi muito franco
Ao guerreiro branco Soares Moreno,
Terra estremecida, terra predileta
Do grande poeta Juvená Galeno

Sou dos verde mare da cor da esperança,
Qui as água balança pra lá e pra cá.
Eu sou brasileiro fio do Nordeste,
Sou Cabra da Peste, sou do Ceará

Ninguém me desmente, pois, é com certeza
Quem quer vê beleza vem ao Cariri,
Minha terra amada possui mais ainda,
A muié mais linda que tem o Brasi.

Terra da Jandaia, berço de Iracema,
Dona do poema de Zé de Alencar
Eu sou brasileiro fio do Nordeste,
Sou Cabra da Peste, sou do Ceará

Patativa do Assaré

RESUMO

Este estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar a intensificação do sistema de produção de leite na extração e retorno dos macros e micronutrientes e no valor nutritivo da gramínea. O experimento foi iniciado em 2009, com quatro sistemas de produção de leite em pastagens de capim-Mombaça (*Megathyrsus maximus*) durante o período das águas. Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições (piquetes) e arranjo fatorial 2 x 2 (duas doses de nitrogênio com e sem suplementação concentrada aos animais em pastejo). As doses de nitrogênio correspondiam a 400 e 800 kg.ha⁻¹.ano⁻¹ e a suplementação foi utilizada apenas para dois dos quatro grupos de animais que apresentavam produção de leite superior a 11 L.dia⁻¹. Foram utilizadas 48 vacas sem padrão racial definido para rebaixar o pasto até o IAF residual preconizado 32 de prova e 16 de equilíbrio. Foram avaliados os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, além do Cu, Fe, Mg e Zn da biomassa de lâminas verdes (BLV), colmo verde (BCV), material morto (BMM), serrapilheira em decomposição (BDEG) e fezes. As amostras da BLV colhidas do pasto também foram analisadas quanto ao seu valor nutritivo. Foram quantificados os teores de PB, MM, EE, FDN, FDA, Lignina, os carboidratos totais e suas frações A+B1, B2 e C. Os sistemas manejados com a maior dose de nitrogênio aumentaram a extração de todos os macronutrientes analisados, com exceção do enxofre. A serrapilheira em decomposição representa a principal fonte de retorno dos nutrientes na pastagem, com destaque para o cálcio, o fósforo e o nitrogênio. A dose de 800 kg de N ha⁻¹.ano⁻¹ reduz os teores de zinco nas BLV e de cobre na fração BCV. Em contrapartida, os teores de zinco tiveram maiores concentrações na serrapilheira em degradação com a maior dose de N. A suplementação aumentou os teores de ferro e zinco das fezes. Os Sistemas mais intensificados apresentam maiores teores de PB, menores teores de FDA, MM e carboidratos totais. A intensificação pelo uso do nitrogênio melhora a qualidade do pasto de capim-Mombaça.

Palavras-chave: Capim-Mombaça; carbono; nutrientes; produção; sistemas intensificados.

ABSTRACT

To evaluate the effect of increased milk production system in the extraction and return of macros and micronutrients this study was conducted. The experiment was started in 2009 with four of milk production systems in Mombaça grass pastures (*Megathyrus maximus*) during the rainy season. A completely randomized design with four replications (paddocks) and factorial arrangement of 2 x 2 (two nitrogen doses with and without concentrate supplementation to grazing animals) was used. Nitrogen doses corresponded to 400 and 800 kg ha⁻¹.year⁻¹ and supplementation was only used for two of the four groups of animals had higher milk production 11 L.dia⁻¹. 48 cows with no racial pattern set were used to reduce the pasture to the recommended residual LAI, 32 test and 16 balance. Were evaluated the levels of N, P, K, Ca, Mg, S, in addition to Cu, Fe, Mg and Zn of green leaf blades (GLB), green stem (GSB), dead material (DMB), litter decomposition (LDEC) and faeces. The Samples of the GLB harvested pasture were also analyzed for their nutritional value. Levels were quantified, CP, Ash, EE, NDF, ADF, lignin, total carbohydrates and their fractions A + B1, B2 and C. The pastures managed with higher nitrogen dose increase the extraction of all analyzed macronutrients, with the exception of sulfur. The litter decomposition is the main source of return for the nutrients in the pasture, especially calcium, phosphorus and nitrogen. The dose of 800 kg N ha⁻¹ year⁻¹ reduced the zinc content in GLB and copper content in the GSB. By contrast, the zinc levels had higher concentrations in the litter in degradation with the higher dose of N. Supplementation, increased levels of iron and zinc in the faeces. The more intensified systems showed higher CP levels, lower levels of ADF, MM and total carbohydrates. Intensifying the use of nitrogen improved the quality of Mombaça grass pasture.

Keywords: Carbon; intensified systems; Mombaça grass; nutrients; production.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Dinâmica do nitrogênio no sistema solo-planta. Adaptado de Cecato et al. (2011) e Ledgard et al. (2009)	18
Figura 2 - Dados climáticos durante o período experimental	27
Figura 3 - Teores de matéria orgânica pré-experimental do solo dos diferentes níveis de intensificação do sistema de produção de leite em pastagens de capim-Mombaça (<i>Megathyrus maximus</i>), sendo 400 SS igual a 400 kg de N ha ⁻¹ .ano ⁻¹ sem suplementação, 400 CS igual a 400 kg de N ha ⁻¹ .ano ⁻¹ com suplementação, 800 SS igual a 800 kg de N ha ⁻¹ .ano ⁻¹ sem suplementação e 800 CS igual a 800 kg de N ha ⁻¹ .ano ⁻¹ com suplementação	27
Figura 4 - Degradação da matéria orgânica e concentração de potássio, magnésio e cálcio em pastagens de capim-Mombaça	41
Figura 5 - Dados climáticos em Araguaína durante o experimento	45
Figura 6 - Teores de matéria orgânica pré-experimental do solo dos diferentes níveis de intensificação do sistema de produção de leite em pastagens de capim-Mombaça (<i>Megathyrus maximus</i>), sendo 400 SS igual a 400 kg de N ha ⁻¹ .ano ⁻¹ sem suplementação, 400 CS igual a 400 kg de N ha ⁻¹ .ano ⁻¹ com suplementação, 800 SS igual a 800 kg de N ha ⁻¹ .ano ⁻¹ sem suplementação e 800 CS igual a 800 kg de N ha ⁻¹ .ano ⁻¹ com suplementação	45
Figura 7 - Degradação da matéria orgânica, concentração de cobre, zinco e manganês em diferentes intervalos de tempo	58
Figura 8 - Dados climáticos durante o período experimental	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Propriedades químicas e físicas do solo da aérea implantada com o capim-Mombaça	26
Tabela 2 - Período de descanso em dias e número de piquetes para os tratamentos, durante os ciclos de pastejo	28
Tabela 3 - Composição do alimento concentrado	29
Tabela 4 - Teor de nitrogênio, fósforo e potássio (g.kg^{-1}) das frações da planta de capim-Mombaça sob diferentes níveis de intensificação da produção de leite	33
Tabela 5 - Teores de cálcio, magnésio e enxofre (g.kg^{-1}) das frações do pasto de capim-Mombaça sob diferentes níveis de intensificação da produção de leite	34
Tabela 6 - Extração de nutrientes da fração de lâminas foliares nos diferentes sistemas de intensificação de produção de leite	36
Tabela 7 - Nutrientes presentes no material morto em degradação do pasto nos diferentes níveis de intensificação da produção de leite	37
Tabela 8 - Teores de nutrientes das fezes nos diferentes sistemas de intensificação de produção de leite	38
Tabela 9 - Dinâmica de macronutrientes em pastagem de capim-Mombaça	42
Tabela 10 - Propriedades químicas e físicas do solo da aérea implantada com o capim-Mombaça	44
Tabela 11 - Período de descanso em dias e número de piquetes para os tratamentos, durante os ciclos de pastejo	46
Tabela 12 - Composição do alimento concentrado	47
Tabela 13 - Teores (mg.kg^{-1}) de cobre, ferro, manganês e zinco das frações do pasto de capim-Mombaça sob diferentes níveis de intensificação da produção de leite ..	49
Tabela 14 - Teores de cobre, ferro, manganês e zinco (mg.kg^{-1}), na serrapilheira de pastagens de capim-Mombaça sob diferentes níveis de intensificação do sistema de produção de leite	54
Tabela 15 - Teores (mg.kg^{-1}) de cobre, ferro, manganês e zinco nas fezes de animais em pastagens de capim-Mombaça sob diferentes níveis de intensificação do sistema de produção de leite	55
Tabela 16 - Dinâmica do cobre, ferro, manganês e zinco em pastagens de capim-Mombaça sob diferentes níveis de intensificação	59

Tabela 17 - Propriedades químicas e físicas do solo da aérea implantada com o capim-Mombaça	62
Tabela 18 - Período de descanso em dias e número de piquetes para os tratamentos, durante os ciclos de pastejo	64
Tabela 19 - Composição do alimento concentrado	65
Tabela 20 - Teores de proteína bruta (PB), material mineral (MM) e extrato etéreo (EE) em lâminas foliares verdes de capim-Mombaça sob diferentes níveis de intensificação da produção de leite	67
Tabela 21 - Teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (LIG) em lâminas foliares verdes de capim-Mombaça sob diferentes níveis de intensificação da produção de leite	68
Tabela 22 - Teores de carboidratos totais (CT), frações A+B1, fração B2 e C dos carboidratos em lâminas foliares verdes de capim-Mombaça sob diferentes níveis de intensificação da produção de leite	70

SUMÁRIO

1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1	Dinâmica do N no solo	17
2.2	Tipos de solo	18
2.3	Impacto do pastejo e das dejeções na dinâmica do nitrogênio	20
2.4	Eficiência de uso do nitrogênio	20
2.4.1	<i>Época de adubação</i>	21
2.4.2	<i>Fontes de nitrogênio</i>	22
2.5	Suplementação alimentar	23
3	CAPÍTULO I – CICLAGEM DE NUTRIENTES EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE LEITE SOB DIFERENTES NÍVEIS DE INTENSIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO	25
3.1	Material e Métodos	26
3.2	Resultados e Discussão	31
3.3	Conclusões	42
4	CAPÍTULO II – CICLAGEM DE MICRONUTRIENTES EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE LEITE SOB DIFERENTES NÍVEIS DE INTENSIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO	43
4.1	Material e Métodos	44
4.2	Resultados e Discussão	49
4.3	Conclusões	59
5	CAPÍTULO III – COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA DO CAPIM-MOMBAÇA EM QUATRO SISTEMAS INTENSIFICADOS DE PRODUÇÃO DE LEITE	61
5.1	Material e Métodos	62
5.2	Resultados e Discussão	66
5.3	Conclusões	71
	REFERÊNCIAS	73

1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A produção de bovinos sob o regime de pastagens na região dos trópicos brasileiros experimentou marcante declínio na última década. O principal motivo decorre da restrição do uso de tecnologias e de capital, conduzindo à redução da capacidade produtiva das pastagens (BARCELLOS et al., 2008).

Segundo Mello et al. (2008), pelo menos 80% da área de pastagem do Brasil encontra-se degradada, o que pode levar ao aumento da pressão sobre o ambiente, devido ao uso de novas áreas.

O uso sustentável da terra é um conceito que ganhou muito destaque nos últimos anos, na tentativa de deter os avanços do desmatamento e emissão de gases prejudiciais ao ambiente. Práticas de manejo que visem à sustentabilidade, assim como a máxima eficiência do sistema, são recomendadas para redução dos efeitos deletérios que as constantes mudanças do uso da terra podem trazer.

As principais modificações ambientais geradas pelo desmatamento é o acréscimo do nível de CO₂ lançado na atmosfera. Lal (2004) sugere que o manejo racional pode melhorar o balanço de carbono no ambiente, além de melhorar as características do solo que são responsáveis pelo aumento da produção.

O uso de fertilizantes, prática comum em sistemas de produção, tem como principal função o aumento da produtividade primária (pasto e grãos), secundária (carne, leite e lã), e consequente melhoria econômica do sistema, mas também pode ser implementada para recuperação de pastagens degradadas. A reposição de nitrogênio e potássio, demandados em maior quantidade pelas plantas forrageiras (ANDRADE, 2000 e STICHLER, 2002), aumentam o perfilhamento, melhoram o desenvolvimento das plantas, além de aumentarem a produção e oferta de forragem aos animais.

O nitrogênio pode modificar algumas características morfogênicas, promovendo maior produção de matéria seca (MARTELLO et al., 2000; MELLO et al., 2008), sendo o efeito potencializado pelo ambiente (MELLO et al., 2008), aumentando sua produção no período das águas e/ou possivelmente no período seco. O nitrogênio também pode alterar as características relacionadas ao valor nutritivo da planta, como o aumento no teor de proteína bruta (RIBEIRO et al., 1999).

O solo também pode ser modificado pela ação do aumento da quantidade de nitrogênio disponível e, este, por sua vez, pode alterar a velocidade de decomposição da

matéria orgânica em resposta à redução da relação carbono/nitrogênio (SEGATO et al., 2012). A imobilização do nitrogênio pela microbiota do solo é outro aspecto notável, podendo, assim, reduzir as perdas, além de disponibilizá-lo posteriormente de forma lenta a outras culturas (AZAM et al., 1985). A interação com outros fatores como precipitação, temperatura, além de outros minerais como o fósforo e o enxofre, pode potencializar estes processos, tornando o ciclo do N no solo mais dinâmico.

A dinâmica do nitrogênio em pastagens tem sido alvo de alguns trabalhos que mostram uma absorção de cerca de 50% do nitrogênio disponível, enquanto que as perdas por diferentes mecanismos giram em torno de 25%, sendo armazenado no solo 25% em formas imóveis (AZAM et al., 1985). As perdas de nitrogênio em pastagens podem estar relacionadas, principalmente, à volatilização, lixiviação e desnitrificação. Perdas de 68 kg de N por volatilização de amônia, 130 kg por lixiviação e 25 kg por desnitrificação foram relatadas por Ledgard et al. (2009) em pasto, adubados com 410 kg de nitrogênio por ha por ano na Nova Zelândia.

A reposição dos nutrientes do solo assim como o correto manejo das pastagens são as principais medidas a serem tomadas para melhoria dos sistemas de produção a pasto. Estudos têm mostrado que pastos bem manejados podem fixar mais carbono e tornar positivo o balanço de equivalente carbono dentro do sistema. Carvalho (2010) relatou que pastagens bem manejadas podem contribuir com até 73,88 Tg de C ano⁻¹. Szakács (2003) e Braga (2010) apontam o IAF como a principal ferramenta de manejo para incrementar o balanço de equivalente carbono em pastagem.

O estoque de carbono está diretamente ligado à disponibilidade de nutrientes para as plantas, assim como capacita o fluxo energético em ecossistemas como o das pastagens. A maior produção de biomassa de plantas que se encontram em solos com altos níveis de carbono orgânico no solo, não é explicada apenas pelo maior aporte nutricional, mas pela estruturação, aeração e retenção de água, além de potencializar a atividade microbológica do solo (LAL, 2004).

A contínua transmissão energética entre os diversos componentes, pasto, animais e solo é uma maneira simples de ver o complexo fluxo de energia no ecossistema das pastagens. No entanto, essa transmissão não é perfeita, tornando o sistema vulnerável em alguns desses componentes. Briske e Heitschmidt (1991) afirmaram que durante a condução da energia há perdas relacionadas à transformação da energia e que 90% dessa energia não está acessível

aos diversos níveis tróficos, sendo apenas 1,0% dessa energia transformada em energia química pela vegetação.

Assim como o correto manejo da pastagem, a suplementação dos animais é uma alternativa eficiente para o aumento da produção animal. Segundo Hodgson (1990), na maioria das situações, a biomassa de forragem disponível na pastagem não disponibiliza os nutrientes essenciais de forma proporcional, segundo a exigência dos animais em pastejo. A condição necessária para a suplementação é que haja elevada disponibilidade de biomassa na pastagem, mesmo sendo de baixa qualidade. Nesse caso, o consumo, a digestão, a absorção dos nutrientes e o metabolismo seriam negativamente influenciados pela condição do pasto. Deste modo, a estratégia de suplementação adequada seria aquela que proporcionasse aumento do consumo e da digestibilidade da forragem disponível (CARDOSO, 1997).

O nível de suplementação concentrada pode impactar o fluxo de energia pelo crescimento das plantas, em função do nível de nutrientes das excretas que chegam ao solo. As concentrações de N em determinados pontos do pasto podem acelerar o crescimento das plantas forrageiras. Segundo Baron et al. (2002), o valor nutritivo da dieta tem influência direta sobre o material que retorna ao pasto sobre a forma de fezes e urina, sendo a urina a principal fonte de N no processo de reciclagem desse nutriente (BARON et al., 2002; SCHOLEFIELD et al., 1991; SØRENSEN, 2004).

Deste modo, objetivou-se com a pesquisa investigar os efeitos da intensificação da produção de leite no trópico úmido, obtida a partir dos fatores adubação nitrogenada e suplementação concentrada na extração e na ciclagem de nutrientes, valor nutritivo das pastagens de capim-Mombaça.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O uso de fertilizantes nitrogenados tem sido bastante utilizado em sistemas de produção a pasto como fator responsável pelo aumento da produtividade e conseqüentemente melhorar a viabilidade econômica do sistema. Grande volume de estudos tem mostrado as respostas das plantas forrageiras aos fertilizantes nitrogenados, proporcionando um nível técnico ótimo do uso destes em pastagens. Embora muito já tenha sido desvendado quanto ao uso do nitrogênio em sistemas pastoris, ainda existem perguntas que precisam ser respondidas. A maximização do aproveitamento do nitrogênio é de fundamental importância, visto que a viabilidade econômica do sistema depende em grande parte dos gastos referentes ao uso de fertilizantes, cujos nitrogenados têm maior expressividade.

Nos últimos anos, a balança comercial brasileira de fertilizantes tem apresentado altos e baixos, refletindo o cenário mundial do comércio de fertilizantes. A fabricação de fertilizantes nitrogenados tem como principais insumos a amônia e o enxofre que, por sua vez, são subprodutos do petróleo e do gás natural, cujas potencialidades nacionais são reconhecidas. No entanto, ainda são importados aproximadamente 75% dos fertilizantes nitrogenados (SEAE, 2014). Estes dados sinalizam uma grande demanda por estes fertilizantes pelo setor agropecuário que acarreta elevação do custo e conseqüente redução das margens de lucro.

A dinâmica do nitrogênio em pastagens tem sido alvo de alguns trabalhos que mostram um percentual de absorção de cerca de 50% do nitrogênio disponível, enquanto que as perdas por diferentes mecanismos giram em torno de 25%, sendo armazenado no solo 25% em formas imóveis (AZAM et al., 1985). As perdas de nitrogênio em pastagens podem estar relacionadas, principalmente, à volatilização, lixiviação e desnitrificação. As perdas, segundo Ledgard et al. (2009), podem ser de 68 kg de N por volatilização de amônia, 130 kg de por lixiviação e 25 kg por desnitrificação em pastos de uso intensivo na Nova Zelândia adubados com 410 kg de nitrogênio por ha por ano. Para Cecato et al. (2011) as perdas de N em pastagens podem também estar relacionadas às fontes de N que em pastagens temperadas apresentam médias de perdas para o fosfato monoamônio (MAP) iguais a 1 a 2%, fosfato diamônico (DAP) iguais a 4 a 6%, nitrato de amônio iguais a 1 a 3% e ureia iguais a 15 a 20%.

Concomitante às perdas, há outros fatores que possibilitam a entrada de N no sistema. Os animais em pastejo, por exemplo, podem contribuir de maneira significativa para a entrada

de nitrogênio no sistema solo-planta. A intensidade de desfolhação provocada pelos animais resulta em uma diminuição do índice de área foliar, promovendo um desbalanço entre parte aérea e raiz, as quais podem disponibilizar carbono e nitrogênio ao solo. Os resíduos sujeitos à decomposição e ciclagem de nutrientes também podem contribuir com a entrada de N pelo aumento de material disponível à mineralização. Baron et al. (2002), trabalhando com *Bromus riparius* Rhem, relataram que as relações carbono / nitrogênio da parte aérea, assim como dos resíduos pós-pastejo diminuíram com o aumento da intensidade de pastejo. A mineralização é inversamente correlacionada à relação carbono / nitrogênio, sendo mais eficiente em relações C/N menores.

Apesar da contribuição da biomassa do pasto ser importante, as dejeções podem contribuir com valores significativos de nitrogênio. Segundo Sørensen (2004), 75% do nitrogênio presente na dieta é escretado nas fezes e urina. Para Scholefield et al. (1991), o valor pode chegar a 80% do nitrogênio excretado apenas na urina a uma concentração de 40 mg por kg de alimento ingerido.

2.1 Dinâmica do N no solo

O solo tem na matéria orgânica sua principal fonte de nitrogênio (MELLO et al., 2008). No entanto, o uso inapropriado da terra tem diminuído os percentuais de matéria orgânica do solo. Ações como as queimadas tornam mais rápidos os processos de mineralização, acarretando perdas por lixiviação do nitrogênio da matéria orgânica. Nas últimas décadas, tem-se buscado soluções para que as perdas provocadas pela agricultura sejam diminuídas. O uso do plantio direto na palha, construção de terraços (curva de nível), adubação verde e com adubo orgânico, são técnicas utilizadas para prevenir erosão e, conseqüentemente, perda de material orgânico.

Cerca de 95% do N no solo é oriundo da matéria orgânica. No entanto, o nitrato, o amônio, o N₂ e outros gases são encontrados no solo (CECATO et al., 2011). A entrada do N no solo pode ocorrer pela decomposição atmosférica, fixação biológica simbiótica entre microrganismos e plantas e pela ação humana com fertilizantes nitrogenados, além das constantes deposições de matéria orgânica disponível à mineralização. O clima e o tipo de solo podem alterar a permanência do N no sistema, sendo que em climas com temperaturas médias mais baixas as perdas por volatilização podem ser menores. Entretanto, a lixiviação de NO₃⁻ pode ser maior em climas com altas precipitações, uma vez que é bastante solúvel em

argilosos apresentem maior eficiência em reter nitrogênio, provavelmente pela maior capacidade de reter água, reduzindo a percolação e a lixiviação do nutriente. Segundo Sôffa da Cruz et al. (2010), a produção de capim-elefante Cameroon atingiu maiores valores de produção para a mesma dose de N em Argissolo = 75,64 kg de MS kg N⁻¹ comparado ao Neossolo = 59 kg MS kg N⁻¹. Segundo os autores, esse efeito pode ter sido ocasionado pelas maiores perdas do N neste último. No entanto, os resultados parecem inconclusivos quanto às diferentes culturas, uma vez que La Scala Jr et al. (2012) relataram não haver diferença no acúmulo de matéria orgânica entre solos argilosos e arenosos.

Além da estruturação do solo, a compactação também pode restringir o crescimento radicular, inibindo a busca de nutrientes e água pela planta. Os efeitos da compactação em pastagens podem ser agravados pelas altas taxas de lotação e pisoteio intenso. Embora esses efeitos sejam nocivos às plantas, a compactação parece não limitar a absorção de N pelas plantas forrageiras (RODRIGUES et al., 2011). Ainda que não tenha influência direta na absorção de nitrogênio, a compactação pode promover outros problemas como a diminuição da macroporosidade, aumento da densidade do solo e resistência à penetração (BEUTLER et al., 2006) e, conseqüente, redução na capacidade de retenção de água, além da deficiência de aeração (FLOWERS e LAL, 1998).

O pH do solo é outro fator que contribui com a dinâmica do N no solo. A transformação do nitrogênio através da nitrificação, processo de oxidação do nitrogênio amoniacal, é favorecida pelo pH mais alto (DORLAND et al., 2013). No entanto, a nitrificação pode ocasionar redução do pH, limitando a absorção de outros nutrientes pela planta. Taiz e Zeiger (2013) sugerem faixa ótima de 6,0 para absorção da maioria dos minerais exigidos pelas plantas. Quando o pH é mantido em faixa mais baixa, as perdas por volatilização também podem ser reduzidas, principalmente se a fonte de N for amoniacal (ureia, sulfato de amônio, etc.). O nitrogênio na forma de íon amônio NH₄⁺ prevalece se o pH é mais baixo. Se ocorre um aumento do pH, a forma que prevalece é a amônia NH₃ que é volátil (CECATO et al., 2011). Desta maneira, há a necessidade de considerar solos com pH ligeiramente ácidos e com maior potencial de retenção de matéria orgânica como solos mais eficientes em reter e aproveitar nitrogênio.

2.3 Impacto do pastejo e das dejeções na dinâmica do nitrogênio

Os sistemas de produção animal a pasto são complexos pelas muitas variáveis que os compõem, sendo necessário um nível de conhecimento integrado de fatores ambientais, edáficos e os relacionados às plantas (morfofisiológicos) e animais (genéticos, nutricionais, reprodutivos). A pastagem pode ser encarada como um ecossistema em que o animal ocupa um nível de consumidor primário cuja interação pode modificar o ambiente, tornando-o desequilibrado, caso haja má gestão dos diversos componentes do sistema.

Em geral, o pastejo pode promover aceleração na reciclagem dos nutrientes, em particular o nitrogênio. No entanto, podem ocorrer perdas, principalmente em sistemas intensificados com altos níveis de adubação. Essas perdas de N em pastejo aumentam com o aumento do nível de adubação, podendo ser até cinco vezes maior que as perdas causadas por sistemas que usam o corte mecânico da forragem (NEVENS e REHUEL, 2003). Segundo os autores, as maiores perdas são referentes à lixiviação de nitrato. As perdas de N não são oriundas apenas da adubação, mas também das fezes e urinas dos animais. Segundo Baron et al. (2002), o valor nutritivo da dieta tem influência direta sobre o material que retorna ao pasto sob a forma de fezes e urina, sendo a urina a principal fonte de N no processo de reciclagem desse nutriente (SØRENSEN, 2004; BARON et al., 2002; SCHOLEFIELD et al., 1991).

2.4 Eficiência de uso do nitrogênio

A alta eficiência da utilização de fertilizantes nitrogenados é buscada constantemente pelo impacto econômico que causa no sistema de produção. Tem-se sugerido inúmeras alternativas para atingir este objetivo, desde plantas melhoradas e mais bem adaptadas, épocas mais propícias à adubação, sinergismo entre fatores (adubos fosfatados, potássicos, etc.) e níveis de adubação que propiciem uma máxima produção econômica.

Vários trabalhos têm demonstrado que a produção de forragem aumenta com o aumento dos níveis de adubação. Porém, nem todos mostram a eficiência de conversão de massa produzida por kg de N aplicado. Contudo, a eficiência de conversão parece comportar-se de maneira inversa à disponibilidade de N. Mello et al. (2008), que corroboraram com essa teoria mostrando que a eficiência de conversão aparente de biomassa do *Megathyrus maximus* cv. Mombaça diminui com o acréscimo de nitrogênio. Por outro lado, há ainda a necessidade de estudos que mostrem a curva de absorção para muitas espécies nas diferentes

idades, tendo em vista o estabelecimento de manejos que promovam menores perdas durante as aplicações do N.

A variação sazonal na produção forrageira durante os períodos chuvosos e secos conduz, de certa forma, a ampliação da visão e a busca não mais apenas pela máxima produção, mas sim por uma distribuição da produção mais uniforme durante o ano. Para Martello et al. (2000), a aplicação do nitrogênio no final do período das águas promoveu o aumento da produção de matéria seca total anual e aumentou de 27 para 34% a proporção de forragem produzida no período das secas, quando elevou a adubação nitrogenada de 60 para 240 kg ha⁻¹. A reduzida perda por lixiviação, provavelmente, seria o principal efeito desta aplicação ao final da época chuvosa. Resultados semelhantes foram obtidos por Mello et al. (2008) trabalhando com capim-Mombaça que também apresentou maior produção total durante o ano, sendo a dose de 307 kg N ha⁻¹ a mais eficiente.

2.4.1 Época de adubação

O grande potencial de produção das plantas forrageiras tropicais é função das condições ambientais, assim como do solo. A eficiência do uso de fatores de crescimento como o nitrogênio cuja importância econômica se destaca, depende deste entendimento. Desta maneira, espera-se que a combinação entre o conhecimento destas variações e o entendimento do comportamento do nitrogênio no sistema solo-planta possa gerar um padrão de decisões de quando e como usar o nitrogênio, tornando o seu aproveitamento mais eficiente.

Os trabalhos de Martello et al. (2000) e Mello et al. (2008) demonstraram que a produção pode ser aumentada durante o período seco quando são aplicadas doses de N no final da época chuvosa. Os autores justificam que os aumentos de produção de matéria seca foram incrementados pelas condições climáticas como a precipitação que não foi limitante. No entanto, o aumento do N residual no final da estação chuvosa somado ao incremento de matéria morta (matéria orgânica), início da seca, contribuiu para o aumento da produção. Werner (1971), citado por Euclides et al. (2007), concluiu, ao comparar épocas de adubação para o *Panicum maximum* cv. Colonião, atualmente *Megathyrsus maximus* cv. Colonião, que pelo menos 1/3 da dose total de N deve ser aplicada no final do período chuvoso. Deste modo, haveria uma distribuição mais uniforme da produção de forragem ao longo do ano. Assim como os demais autores, Euclides et al. (2007), que trabalharam com *Panicum maximum* cv. Tanzânia, atualmente *Megathyrsus maximus* cv. Tanzânia, relataram aumento da matéria seca

produzida na época de escassez de chuvas ao adicionar 50 kg de N ha⁻¹ no último mês do período de chuvas.

O efeito residual do nitrogênio parece ser maior quando as adubações estão concentradas em épocas cuja precipitação é menor. Isto se deve, possivelmente, ao fato de que nesta época as perdas por lixiviação são menores. Além da época de aplicação do N, outro fator que pode contribuir com a redução das perdas é o fracionamento da dose aplicada. O nitrogênio apresenta grande dinâmica no solo, então as perdas podem ser reduzidas quando doses grandes são divididas e aplicadas de forma parcelada. Além dos mecanismos envolvidos nas perdas de N, a absorção pelas plantas muda com o seu crescimento, sendo necessárias diferentes quantidades ao longo do seu desenvolvimento. Ledgard (2001) relatou que a sincronia entre a disponibilidade e a demanda de nutrientes é muito importante em sistemas cujas perdas por lixiviação são altas.

2.4.2 Fontes de nitrogênio

A eficiência dos fertilizantes nitrogenados geralmente está associada aos níveis de adubação, sendo menos eficientes em doses maiores de N. No entanto, há algumas fontes de nitrogênio que apresentam maior efeito na produção de forragem ou na recuperação deste na planta. Cecato et al. (2011) e Silva et al. (2011) citam os sais amoniacais como os fertilizantes nitrogenados que apresentam perdas por volatilização entre 2 e 12% e a ureia de 10 a 25% podendo chegar a 88% em condições desfavoráveis.

Para Cecato et al. (2011), o nitrato de amônio apresenta a melhor eficiência entre os fertilizantes supracitados, com perdas entre 1 e 3%. No entanto, a avaliação de qual fertilizante deve ser usado é importante tendo em vista o preço e a compensação econômica. Deve ser salientado que a planta absorve NH₄⁺ e NO₃⁻ podendo ser necessário uma alternância de fonte de nitrogênio em função da idade da planta.

A fonte de nitrogênio pode ainda ser escolhida em conformidade com o ambiente no qual a planta está inserida. Em ambientes cujo pH apresenta-se em níveis mais baixos deve-se utilizar fertilizantes amoniacais, pela predominância do amônio e, este reduzir as possíveis perdas por lixiviação. Em contrapartida, em solos alcalinos ou em pH mais altos estes fertilizantes apresentam maiores perdas, sendo preferidas fontes nítricas (CANTARELLA e MARCELINO, 2008).

2.5 Suplementação alimentar

O desenvolvimento de estudos para equacionar as necessidades dos animais de produção foi necessário, pois a eficiência e os custos de produção se tornaram cada vez mais importantes dentro das fazendas. Este fato fez com que países como a Inglaterra, França, Estados Unidos e Austrália iniciassem o processo de avaliação dos requerimentos de nutrientes pelos animais e avaliassem a composição dos principais alimentos produzidos em seus respectivos países.

O alimento expresso em matéria seca, na qual os aminoácidos, a energia e os demais nutrientes estão presentes, é responsável para atender aos requerimentos dos animais. A taxa de crescimento microbiano e a taxa de digestão e de passagem que estão diretamente ligadas à função das frações de carboidratos e proteínas impactam diretamente no consumo e, conseqüentemente, na produção (CNCPS, 2003).

A energia dos carboidratos somada aos aminoácidos disponíveis ao animal pela ingestão das proteínas atende de modo simultâneo aos microrganismos que degradam carboidratos não estruturais. Assim, bactérias responsáveis pela degradação destes carboidratos podem aumentar em até 18,7% quando proteínas ou peptídeos estão disponíveis naquele instante (RUSSELL et al., 1992).

Os carboidratos presentes na alimentação suplementar representam uma importante fonte de energia para os ruminantes. Segundo o NRC (2001), os carboidratos podem ser divididos em dois tipos: a) carboidratos estruturais (CE); e b) carboidratos não estruturais (CNE). Nestes, encontra-se de 60 a 70% da energia requerida pelo animal durante o dia. Os carboidratos não estruturais são compostos por açúcares como a glicose sacarose e as frutanas. Os CNE e a pectina apresentam alta digestibilidade em geral, mas pode haver variação em função do tipo de alimento e dos métodos de processamento e conservação do alimento (NRC, 2001).

A suplementação também deve atender às necessidades diárias de PB (proteína bruta) dos animais. Do ponto de vista econômico, é importante determinar a real necessidade de cada nutriente. No caso da proteína, esta representa importante parcela dos custos gerados pelo suplemento. Portanto, é interessante ter o mínimo de conhecimento sobre este nutriente e suas interações no trato gastrointestinal dos animais.

A proteína para a produção, segundo NRC (2001), é dividida em duas porções, as que escaparam da degradação ruminal e aquela que está totalmente indisponível em função das

suas ligações com compostos fenólicos e os produtos da reação de Maillard. No entanto, as quantidades que chegam ao intestino delgado estão em função da taxa de passagem que varia com o CMS.

O requerimento de proteína para lactação é baseado na proteína metabolizável, sendo atribuída a esta a proteína não degradável no rúmen, a microbiana e a proteína endógena. O NRC considera que para a maximização da síntese proteica, a absorção dos aminoácidos essenciais deve ser de tal forma que corresponda ao perfil requerido pelo animal. Segundo O'Connor et al. (1993), o suprimento de aminoácidos é oriundo da proteína microbiana, da proteína de escape e da proteína endógena secretada pelo aparelho digestivo do animal. Para o NRC (2001), o conhecimento de como a sequência de aminoácidos essenciais está disposta no alimento pode ajudar a encontrar alimentos que melhorem o perfil de aminoácidos da proteína metabolizável.

O conhecimento das exigências nutricionais dos animais, assim como o valor nutritivo dos alimentos, é fundamental para maximizar o desempenho dos animais. Deste modo, destaca-se a abordagem das diversas interações existentes dentro do sistema de produção. Portanto, o sincronismo entre proteínas e carboidratos, promovendo maior desenvolvimento da microbiota ruminal, assim como a redução da excreção de nitrogênio pelo animal é elementar para o bom manejo alimentar dos animais de produção.

3 CAPÍTULO I - CICLAGEM DE NUTRIENTES EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE LEITE SOB DIFERENTES NÍVEIS DE INTENSIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO

A reposição dos nutrientes absorvidos pela pastagem é, sem dúvida, uma medida efetiva para evitar o enfraquecimento e degradação das pastagens. No entanto, esta é uma prática que tem sido negligenciada, tornando cada mais tênue a linha que limita pastos longevos daqueles em iminência de degradação.

O nitrogênio e o potássio são os nutrientes demandados em maior quantidade pelas plantas forrageiras (ANDRADE et al., 2000; STICHLER, 2002), mas em algumas regiões dos trópicos, o fósforo pode ser mais limitante ao crescimento destas plantas (SANTOS et al., 2002). Os solos ácidos e com altos níveis de ferro e alumínio são responsáveis pela retenção do fósforo e redução da disponibilidade desse nutriente às plantas, diminuindo sua produtividade (RESENDE & FURTINI NETO, 2007).

As gramíneas do gênero *Megathyrus*, anteriormente, *Panicum*, são caracterizadas pela alta produtividade. No entanto, são bastante exigentes em fertilidade do solo (SILVA, 2008). A deficiência de nutrientes como o nitrogênio reduz o crescimento e a produção, levando ao processo de degradação das pastagens (CASTANGNARA et al., 2011).

O nitrogênio é o principal promotor de crescimento das plantas forrageiras (MELLO et al., 2008). No entanto, é o mais oneroso nutriente dentro do sistema de produção (ALFARO et al., 2009). Dentre os efeitos promovidos pelo nitrogênio cita-se o aumento do perfilhamento (SILVEIRA & MONTEIRO, 2007), maior produção de matéria seca (MELLO et al., 2008; MARTELLO et al., 2000; SILVA, 2008) e alterações no valor nutritivo do pasto (OLIVEIRA et al., 2011).

A extração de nutrientes pela planta é acentuada em sistemas intensivos de produção. Entretanto, grandes quantidades destes nutrientes extraídos podem retornar ao solo pela decomposição da biomassa morta do pasto, assim como pelas dejeções dos animais em pastejo. A utilização de pastos ricos, sobretudo, em nitrogênio, possibilita o aumento deste nas excretas, o que pode alterar a extração de outros nutrientes como fósforo, potássio cálcio e magnésio enxofre e alguns micronutrientes (COSTA et al., 2009).

A suplementação concentrada é um fator adicional ao balanço de nutrientes dos solos das pastagens. A suplementação aumenta o aporte de nutrientes, o que tem reflexo direto na taxa de lotação e na quantidade e qualidade dos dejetos produzidos pelos animais na

pastagem. Segundo Sørensen (2004), cerca de 75% do nitrogênio da dieta é excretado nas fezes e urina.

Objetivou-se com o presente trabalho avaliar os efeitos da intensificação da produção de leite obtida a partir dos fatores de adubação nitrogenada e suplementação concentrada na extração e na ciclagem de nutrientes da pastagem.

3.1 Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal do Tocantins (EMVZ–UFT), do Campus de Araguaína-TO, de coordenadas geográficas 7° 5' 37" S de latitude e 48° 12' 16" W de longitude. O clima é classificado como Aw (quente úmido), com temperatura média de 28° C e precipitação pluviométrica média de 1.800 mm anuais de acordo com Koppen. O solo da área foi classificado como Neossolo Quartzarenico Ortico típico (EMBRAPA 2013). As características químicas e físicas do solo e os dados climáticos durante o período experimental encontram-se apresentados na Tabela 1 e Figura 2, respectivamente. Os teores de matéria orgânica presente individualmente no solo de cada tratamento podem ser vistos na Figura 3.

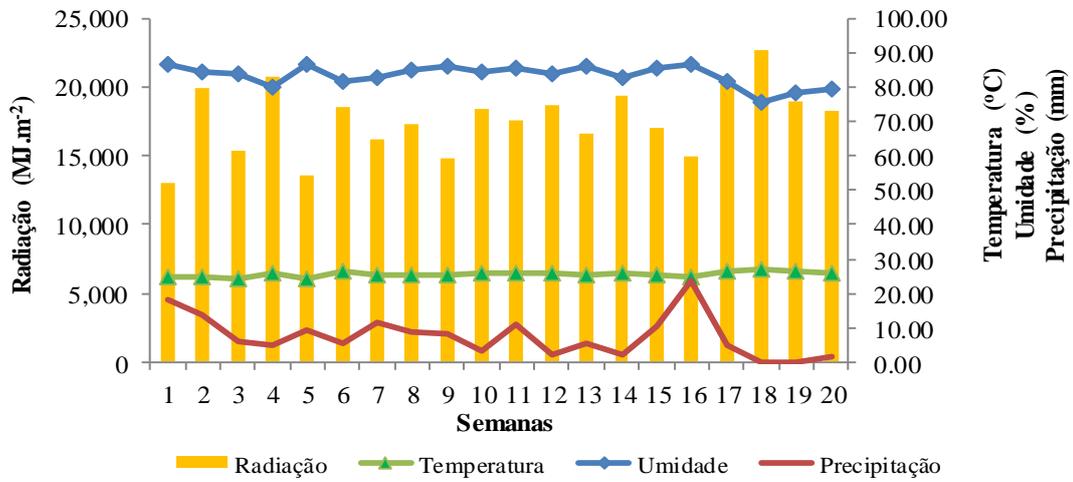
Tabela 1 – Propriedades químicas e físicas do solo da aérea implantada com o capim-Mombaça

Camadas	M.O. ⁽¹⁾	pH	H ⁺ +Al ³⁺	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB ⁽²⁾	CTC ⁽³⁾	CTC ⁽⁴⁾
	g.dm ⁻³	CaCl ₂	cmol.dm ⁻³	g.dm ⁻³	cmol.dm ⁻³				cmol.dm ⁻³	
0-10	16,10	4,06	2,20	0,92	0,003	0,87	0,30	1,30	3,40	1,75
10-20	10,74	4,17	1,60	0,65	0,003	0,90	0,20	1,13	2,73	1,67
	V ⁽⁵⁾	m ⁽⁶⁾	CE ⁽⁷⁾	Areia	Silte	Argila	Classific. Text. ⁽⁸⁾			
	%		ds m ⁻¹							
0-10	35,32	31,40	0,07	94,85	1,90	3,25	Areia			
10-20	41,37	32,36	0,06	93,75	2,75	3,50	Areia			

(1) M.O.: matéria orgânica, (2) SB: soma de bases, (3) CTC: capacidade de troca de cátions, (4) CTCe: capacidade efetiva de troca de cations, (5) V: saturação por bases, (6) m: saturação por alumínio, (7) CE: condutividade elétrica, (8) Clas. Text.: classe textural.

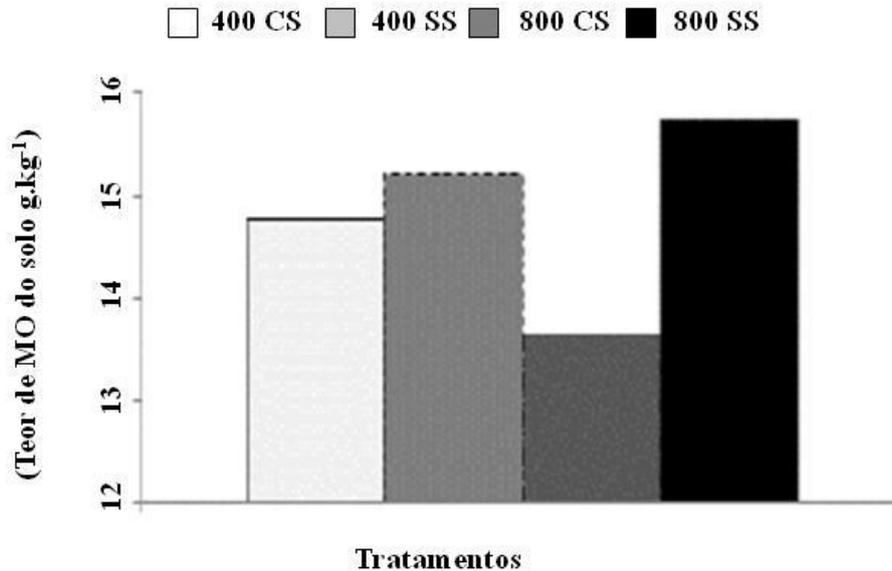
Fonte: Silva, 2011.

Figura 2 – Dados climáticos durante o período experimental



Fonte: Silva, 2011.

Figura 3 – Teores de matéria orgânica pré-experimental do solo dos diferentes níveis de intensificação do sistema de produção de leite em pastagens de capim-Mombaça (*Megathyrus maximus*), sendo 400 SS igual a 400 kg de N ha⁻¹.ano⁻¹ sem suplementação, 400 CS igual a 400 kg de N ha⁻¹.ano⁻¹ com suplementação, 800 SS igual a 800 kg de N ha⁻¹.ano⁻¹ sem suplementação e 800 CS igual a 800 kg de N ha⁻¹.ano⁻¹ com suplementação



Fonte: Silva, 2011.

O período experimental se estendeu de 24 de dezembro de 2009 a 10 de maio de 2010. Na área experimental, implantou-se a pastagem de capim-Mombaça (*Megathyrus maximus*)

dividida em quatro subáreas. Cada subárea era composta por dezesseis piquetes de 25 m x 48 m, totalizando 1.200 m². Dos dezesseis piquetes disponíveis por tratamento, utilizou-se parte desses, em número suficiente, para a expansão de 2,5 novas folhas. Os demais foram utilizados pelos animais de equilíbrio, os quais foram introduzidos quando necessário para o rebaixamento do pasto ao IAF residual 2,0, segundo Cândido et al. (2005). O período de descanso e a quantidade de piquetes utilizada por ciclo é apresentado na Tabela 2.

O delineamento usado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 2, sendo dois níveis de adubação nitrogenada (400 e 800 kg ha⁻¹.ano⁻¹) e dois níveis de suplementação, com e sem concentrado. Deste modo, os tratamentos foram assim dispostos: 400 kg de N ha⁻¹.ano⁻¹ sem suplementação (400 SS), 400 kg N.ha⁻¹.ano⁻¹ com suplementação (400 CS), 800 kg de N ha⁻¹.ano⁻¹ sem suplementação (800 SS) e 800 kg de N ha⁻¹.ano⁻¹ com suplementação (800 CS).

Tabela 2 – Período de descanso em dias e número de piquetes para os tratamentos durante os ciclos de pastejo

Tratamentos		Ciclos			
		1	2	3	4
N (kg.ha ⁻¹)	Suplementação	Período de descanso (dias)			
400	SS	30	30	27	27
400	CS	30	30	27	27
800	SS	21	27	24	27
800	CS	27	33	24	30
		Número de piquetes			
400	SS	11	11	10	10
400	CS	11	11	10	10
800	SS	8	10	9	10
800	CS	10	12	9	11

As letras SS significam sem suplementação e CS com suplementação.

Fonte: Silva, 2011.

Foram utilizadas 48 vacas leiteiras sem padrão racial definido, oriundas da própria Fazenda da Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia e de produtores da região, divididas em 32 animais de prova e 16 de equilíbrio. Os lotes foram separados após um período de observação de 15 dias. Durante esse período, todos os animais tiveram acesso à suplementação concentrada *ad libitum*, mantidos na mesma pastagem. Após essa fase, foram identificadas as vacas por nível de produção. Foram separados quatro grupos de animais, cada um com oito animais. Dois grupos foram compostos por aqueles que responderam à

suplementação (> 11,0 L de leite ao dia). Outros dois grupos foram compostos por animais que não responderam à suplementação (\leq 11,0 L de leite ao dia).

Foi realizada a adubação da área experimental com fósforo, potássio e micronutrientes, nas doses de 40,0 kg de P_2O_5 , 100,0 kg de K_2O e 30,0 kg de fonte de micronutrientes. Foram utilizados os fertilizantes supersimples, cloreto de potássio e FTE BR12, como fonte de fósforo, potássio e micronutrientes, respectivamente. O fósforo e o FTE BR12 foram aplicados em parcela única no início do experimento (dezembro 2009). Já o potássio, foi parcelado em duas vezes. Uma junto com o fósforo e o FTE BR12 e outra, 60 dias após.

O alimento concentrado foi formulado para apresentar em média 20% de proteína bruta e 80% de NDT na matéria seca e foi composto por: 76,7% de fubá de milho moído, 18,6% de farelo de soja, 1,25% de suplemento mineral (Fospec-80), 1,16% de calcário calcítico e 2,32% de ureia pecuária. Na Tabela 3, pode ser observada a composição bromatológica e mineral do alimento concentrado. O suplemento concentrado foi ofertado na proporção de 3 kg de leite para 1 kg de concentrado (3:1).

Tabela 3 – Composição do alimento concentrado

Bromatologia	
MS%	87,71
PB%	20,81
EE%	4,07
EB Mcal.kg ⁻¹	3,79
NDT%	83,34
Macronutrientes (g.kg⁻¹)	
Fósforo	8,59
Potássio	6,39
Sódio	3,28
Cálcio	3,84
Magnésio	1,72
Enxofre	1,51
Micronutrientes (mg.kg⁻¹)	
Cobre	85,69
Ferro	183,46
Manganês	31,30
Zinco	65,42

As siglas significam, (MS) matéria seca, (PB) proteína bruta, (EE) extrato etéreo, (EB) energia bruta, (NDT) nutrientes digestíveis totais.

Fonte: Autor.

Após cada período de descanso, foram realizados os cortes da biomassa de forragem. Foram realizadas duas amostragens por tratamento, utilizando uma moldura de 1,43 m × 0,7 m, tendo sido realizado o corte a 5 cm acima da superfície do solo. Posteriormente, a biomassa de forragem foi então separada nas frações de lâminas verdes (BLV), colmos (BCV) e material morto (BMM). Estas amostras foram levadas ao laboratório e colocadas em estufa de ventilação forçada a uma temperatura de 55 °C até peso constante.

As fezes dos animais de prova foram coletadas imediatamente após a defecação, utilizando as placas de fezes recém-defecadas presentes no solo. A quantidade coletada foi de aproximadamente 550 g para todos os tratamentos. As fezes dos animais alocados em cada subárea foram pré-secas a exemplo das frações do pasto.

A serrapilheira em degradação foi obtida a partir da incubação no solo da biomassa morta do pasto em sacos permeáveis. Os tempos de incubação utilizados foram: 0,0; 60; 91 e 244 dias, com total de cinco repetições. Foram utilizados sacos de nylon com uma porosidade de, aproximadamente, 2,0 mm. Os sacos foram preenchidos com 50 g de biomassa morta intacta colhida no pasto. O material colhido foi levado ao laboratório e pré-seco em estufa de ventilação forçada a uma temperatura de 55 °C até peso constante.

Foram realizadas avaliações de três classes de amostras. A primeira classe refere-se às amostras de forragem colhidas para determinação da biomassa seca de forragem verde (BFV), de lâmina verde (BLV), de colmos verdes (BCV) e da forragem morta (BFM). A segunda classe de amostra diz respeito às fezes colhidas nos respectivos piquetes experimentais, via placas de fezes recém-defecadas. A terceira classe de amostra é referente ao material em degradação da serrapilheira (MDEG).

Determinou-se os teores de N, P, K, Ca, Mg e S da BLV, BCV, BFM, MDEG e fezes. O nitrogênio total (NT) foi quantificado por meio de digestão sulfúrica, seguida de destilação de Kjeldahl, conforme método (AOAC, 2012). Os teores de fósforo foram determinados pela espectroscopia com azul de molibdênio. Os teores de potássio foram determinados pela fotometria de chama. Para o cálcio e magnésio foi usada a espectrofotometria de absorção atômica (SILVA, 1990).

Os dados referentes aos teores de nutrientes nas frações BLV, BCV, BMM, assim como na serrapilheira e fezes foram submetidos à análise de variância e comparação de médias. Os dados referentes à degradação da matéria orgânica e das concentrações dos macronutrientes em intervalos de tempo foram submetidos à análise de regressão. As interações foram desdobradas quando significativa a 5% de probabilidade. As médias foram

comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o programa computacional SAS versão 9.0.

Para os dados referentes à decomposição da MO e desaparecimento de macronutrientes foram utilizados modelos não lineares para ajustar a curva de decaimento, utilizando o programa estatístico R. Primeiramente, foi utilizado o modelo quadrático para explicar as curvas de decaimento e quando não era significativo ($P \geq 0,05$), foi utilizado o modelo linear para melhor ajuste dos dados.

3.2 Resultados e Discussão

Não houve interação dos fatores adubação e suplementação. No entanto, as frações da planta apresentaram diferenças nos teores de nitrogênio em função da dose de nitrogênio aplicada (Tabela 4). Os pastos que receberam maiores quantidades de nitrogênio apresentaram maiores teores do elemento mineral comparado aos pastos manejados com dose menor. Não houve efeito da suplementação dos animais no teor de N nas frações de lâminas verdes e de colmos verdes ($P > 0,05$).

Estudos realizados em pastagens utilizando adubação nitrogenada têm evidenciado maiores quantidades de N presentes nos tecidos das plantas em função do aumento da dose. Aumento dos teores de nitrogênio total com doses a partir de 100 kg ha⁻¹ ano em capim-elefante anão foram constatados por Ribeiro et al. (1999). Resultados semelhantes foram obtidos para capim-elefante (MARTELLO et al., 2000; VITOR et al., 2009), azevém (SOEGAARD, 2009), capim-Mombaça (FREITAS et al., 2005) e capim-marandu (PRIMAVESI et al., 2006). A possível causa desse incremento é que o nitrogênio faz parte de todas as proteínas e enzimas da planta, dentre estas a clorofila, razão pela qual o aumento dos teores pode ser evidenciado principalmente nas frações verdes da planta (SENGIK, 2003).

Outros fatores como as concentrações de nitrogênio no solo acima das exigidas pela planta poderiam acionar um mecanismo de armazenamento deste nutriente em organelas especializadas dentro das células (vacúolos). Este mecanismo, segundo Argenta et al. (2002), é descrito como consumo de luxo.

Não houve interação dos fatores para os teores de P nas frações BLV e BCV. Apesar disto, houve interação entre adubação e o não uso da suplementação para a fração de BMM (Tabela 4). O pasto que apresentou o maior teor de fósforo foi o de 400 kg N sem suplementação.

Segundo Santos et al. (2002), o fósforo apresenta baixo potencial de remobilização das partes velhas da planta, causando acúmulo no material senescente. Estes autores relataram, ainda, que os teores de fósforo presentes na planta poderiam estar em função da maior disponibilidade deste no solo. Provavelmente estas plantas tiveram maior absorção de fósforo em decorrência de fatores relacionados ao maior teor de matéria orgânica deste solo (Figura 2). Os teores de matéria orgânica do solo nos pastos manejados sem suplementação foram superiores aos pastos manejados com suplementação. Segundo Pereira et al. (2010), solos com maiores proporções de matéria orgânica podem reduzir a adsorção do fósforo pelos complexos de ferro e alumínio do solo.

Em solos com alta concentração de nitrogênio, o crescimento radicular pode ser reduzido por um efeito sistêmico inibitório sobre a ativação de meristemas laterais de raiz (SILVA e DELATORRE, 2009). De acordo com Silveira e Monteiro (2011), há redução do crescimento radicular pelo aumento do suprimento nitrogênio. No entanto, uma vez que ocorra diminuição do fornecimento destes nutrientes a planta produz raízes mais longas. Nesta condição, é possível que a planta aumente a redistribuição do fósforo aos novos tecidos, por não absorvê-lo em quantidade suficiente pela redução do crescimento radicular. Este fato torna o material senescente menos concentrado em fósforo devido ao aumento da remobilização.

O teor de potássio variou entre as frações do pasto, embora apenas a fração BMM apresentou diferença para o efeito da suplementação ($P < 0,05$; Tabela 4). Os valores foram superiores nos sistemas onde se tinham animais suplementados. O potássio na planta apresenta alta mobilidade, sendo possível o transporte das folhas mais velhas para as mais novas (TORRES & PEREIRA, 2008). Portanto, em condição de baixo suprimento, ocorre a redistribuição, tornando as partes velhas e/ou senescentes mais pobres em potássio.

O nível de remobilização do potássio dentro da planta varia dependendo da necessidade nos processos fisiológicos. A ativação enzimática é um dos principais processos ao qual o potássio está envolvido. O potássio está intimamente ligado ao metabolismo do nitrogênio e síntese proteica na planta (VIANA, 2007), sendo mais exigido em altas concentrações de N. Segundo Marschner (2012), a deficiência de K na planta pode resultar em altas concentrações de amônio e outros compostos nitrogenados como aminoácidos e proteínas. Verdadeiramente, os valores de N encontrados para a fração de material morto (Tabela 4) são maiores em pastos com animais não suplementados, comprovando que maiores quantidades de potássio foram utilizadas nestes sistemas.

Tabela 4 - Teor de nitrogênio, fósforo e potássio (g.kg^{-1}) das frações da planta de capim-Mombaça sob diferentes níveis de intensificação da produção de leite

N (kg.ha^{-1})	SS	CS	MÉDIA	CV%
FRAÇÃO DE LÂMINAS FOLIARES VERDES (N)				
400	17,16	16,75	16,95 ^B	4,15
800	19,98	19,77	19,87 ^A	
MÉDIA	18,57	18,26		
FRAÇÃO DE COLMOS VERDES (N)				
400	7,83	8,37	8,10 ^B	8,64
800	10,48	10,00	10,24 ^A	
MÉDIA	9,15	9,19		
FRAÇÃO DE MATERIAL MORTO (N)				
400	5,88	5,15	5,51 ^B	12,22
800	7,76	7,45	7,61 ^A	
MÉDIA	6,82 ^a	6,30 ^b		
FRAÇÃO DE LÂMINAS FOLIARES VERDES (P)				
400	2,97	3,14	3,05	8,73
800	2,97	3,07	3,02	
MÉDIA	2,97	3,10		
FRAÇÃO DE COLMOS VERDES (P)				
400	2,91	2,69	2,80	11,46
800	2,97	2,59	2,78	
MÉDIA	2,9450	2,6437		
FRAÇÃO DE MATERIAL MORTO (P)				
400	2,01 ^{Aa}	1,65 ^{Ab}	1,83	12,22
800	1,56 ^{Ba}	1,66 ^{Aa}	1,61	
MÉDIA	1,7900	1,6575		
FRAÇÃO DE LÂMINAS FOLIARES VERDES (K)				
400	14,34	13,08	13,71	27,00
800	19,00	13,33	16,16	
MÉDIA	16,67	13,20		
FRAÇÃO DE COLMOS VERDES (K)				
400	18,64	15,75	17,19	38,92
800	15,59	15,21	15,40	
MÉDIA	17,11	15,48		
FRAÇÃO DE MATERIAL MORTO (K)				
400	0,45	3,88	2,17	26,45
800	0,83	3,69	2,26	
MÉDIA	0,64 ^b	3,78 ^a		

Médias na mesma linha e na mesma coluna, seguidas por letras minúsculas e maiúsculas iguais, respectivamente, não diferem ($P > 0,05$), pelo teste de Tukey. As letras SS significam sem suplementação, CS com suplementação. As letras entre parênteses correspondem ao nutriente analisado (N) nitrogênio, (P) fósforo e (K) potássio.

Fonte: Autor.

Quanto ao cálcio, não houve interação entre adubação e suplementação para as frações BLV e BCV. Já para a fração de BMM foi constatada interação entre a dose de 800 kg de N.ha^{-1} e a suplementação sem concentrado, a qual apresentou o menor valor observado (Tabela 5).

A maior produção de biomassa de forragem produzida em função da maior dose de N.ha^{-1} somada ao solo com maior teor de matéria orgânica pode ter promovido um efeito de

diluição do cálcio nos tecidos das plantas. Segundo Ribeiro (1999), ocorre um processo natural de diluição do cálcio quando as plantas estão sob doses crescentes de nitrogênio. Ainda segundo o autor esse efeito pode ocorrer em antagonismo aos teores de potássio na planta.

Não houve diferença nos teores de magnésio e enxofre de cada fração da planta entre os pastos estudados (Tabela 5). Os teores de magnésio na fração de lâminas verdes apresentaram-se semelhantes aos relatados por Conceição et al. (2013). Já os teores de enxofre apresentaram-se superiores aos relatados por Batista e Monteiro (2007).

O magnésio, por ser componente da molécula de clorofila (CONCEIÇÃO et al., 2013; SENGÍK, 2003), assim como o nitrogênio, deveria ter suas proporções crescentes de acordo com o aumento da dose de N. No entanto, por ser um nutriente exigido em menores quantidades pela planta suas variações são menores em relação ao nitrogênio.

O teor de enxofre na lâmina foliar de gramíneas pode variar em função da dose de N (BATISTA & MONTEIRO, 2007). Para Sengik (2003), a razão para haver variação no teor de enxofre está na necessidade de enxofre para a síntese de aminoácidos sulfurados, envolvidos na fotossíntese e formação de raízes. Realmente, houve acréscimo do teor de enxofre na dose de 800 kg ha⁻¹ano. No entanto, não foi suficiente para diferenciar significativamente entre os pastos.

Tabela 5 – Teores de cálcio, magnésio e enxofre (g.kg⁻¹) das frações do pasto de capim-Mombaça sob diferentes níveis de intensificação da produção de leite

N (kg,ha ⁻¹)	SS	CS	MÉDIA	CV%
FRAÇÃO DE LÂMINAS FOLIARES VERDES (Ca)				
400	4,00	4,63	4,31	76,12
800	8,03	3,85	5,94	
MÉDIA	6,01	4,24		
FRAÇÃO DE COLMOS VERDES (Ca)				
400	2,24	2,22	2,23	19,54
800	1,92	2,26	2,09	
MÉDIA	2,08	2,24		
FRAÇÃO DE MATERIAL MORTO (Ca)				
400	5,88 ^{Aa}	6,71 ^{Aa}	6,29	11,29
800	4,76 ^{Bb}	6,80 ^{Aa}	5,78	
MÉDIA	5,32	6,76		
FRAÇÃO DE LÂMINAS FOLIARES VERDES (Mg)				
400	4,45	4,51	4,48	11,63
800	5,48	4,29	4,89	
MÉDIA	4,97	4,40		
FRAÇÃO DE COLMOS VERDES (Mg)				
400	4,64	4,96	4,80	13,57

800	5,08	4,96	5,02	
MÉDIA	4,86	4,96		
FRAÇÃO DE MATERIAL MORTO (Mg)				
400	3,99	4,08	4,04	14,81
800	3,85	3,82	3,83	
MÉDIA	3,92	3,95		
FRAÇÃO DE LÂMINAS FOLIARES VERDES (S)				
400	2,91	3,75	3,33	73,16
800	3,92	6,46	5,19	
MÉDIA	3,41	5,10		
FRAÇÃO DE COLMOS VERDES (S)				
400	5,04	5,63	5,33	25,06
800	4,37	3,87	4,12	
MÉDIA	4,70	4,75		
FRAÇÃO DE MATERIAL MORTO (S)				
400	1,96	1,74	1,85	14,57
800	2,04	1,71	1,88	
MÉDIA	2,00	1,73		

Médias na mesma linha e na mesma coluna, seguidas de letras minúsculas e maiúsculas iguais, respectivamente, não diferem ($P > 0,05$), pelo teste de Tukey. As letras SS significam sem suplementação, CS com suplementação. As letras entre parênteses correspondem ao nutriente analisado (Ca) Cálcio, (Mg) Magnésio e (S) enxofre. Fonte: Autor.

A quantidade de nutrientes extraída pelas plantas variaram em função da dose de N aplicado (Tabela 6). Todos os nutrientes, com exceção do enxofre, tiveram maiores quantidades de nutrientes extraídos nos pastos quando a dose foi de 800 kg de N. A extração de nutrientes pelas plantas é o produto dos teores destes nutrientes em seu tecido (g.kg^{-1}) pela biomassa produzida em um período de tempo (ciclo). Os maiores valores de extração obtidos para o N e K foi de 64,59 e 61,28 $\text{kg ha}^{-1}.\text{ciclo}^{-1}$, respectivamente. Os demais macronutrientes apresentaram os seguintes valores: 25,6; 18,00; 17,78 e 9,64 para Ca, S, Mg e P, respectivamente.

A maior quantidade de N presente no solo contribuiu para elevar a demanda de outros nutrientes, possivelmente pelo maior crescimento das lâminas foliares e dos demais órgãos da planta (COSTA et al., 2009). Segundo Martello et al. (2000), o incremento da produção de matéria seca de capim elefante Guaçu aumentou 6000 kg quando houve aumento de 180 kg de N $\text{ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$. Ainda segundo os autores a extração também aumentou linearmente com o aumento das doses de N. Para Mello et al. (2008), o nitrogênio desempenha as funções de modulador, regulador e potencializador do crescimento das gramíneas, sendo necessária a participação de outros minerais.

Outro aspecto referente ao nível de intensificação 800 kg.ha^{-1} x SS está ligado à característica intrínseca ao solo onde este tratamento foi alocado. Os teores de nutrientes

presentes nesse solo podem estar em parte influenciados pela maior quantidade de matéria orgânica que é o fator inerente ao próprio solo capaz de dispor nutrientes à planta (MELLO et al., 2008). Segundo Rodrigues et al. (2011), a matéria orgânica é o principal fornecedor de nitrogênio do solo, sendo este um fator fundamental para prover o nitrogênio necessário ao seu desenvolvimento.

Tabela 6 – Extração de nutrientes da fração de lâminas foliares nos diferentes sistemas de intensificação de produção de leite

N (kg,ha ⁻¹)	SS	CS	MÉDIA	CV%
Nitrogênio				
400	47,11	44,94	46,03 ^B	11.43
800	64,59	59,08	61,84 ^A	
MÉDIA	55,85	52,01		
Fósforo				
400	8,11	8,38	8,25 ^B	10.27
800	9,64	9,14	9,39 ^A	
MÉDIA	8,87	8,76		
Potássio				
400	39,07	34,90	36,98 ^B	27.50
800	61,28	39,86	50,57 ^A	
MÉDIA	50,17	37,37 ^a		
Cálcio				
400	10,89	12,29	11,59 ^B	78.90
800	25,59	11,44	18,51 ^A	
MÉDIA	18,24	11,87		
Magnésio				
400	12,22	11,99	12,10 ^B	16.86
800	17,78	12,59	15,18 ^A	
MÉDIA	14,99 ^a	12,28 ^b		
Enxofre				
400	7,97	10,05	9,01	62.39
800	12,78	17,99	15,38	
MÉDIA	10,37	14,02		

Médias na mesma linha e na mesma coluna, seguidas de letras minúsculas e maiúsculas iguais, respectivamente, não diferem ($P>0,05$), pelo teste de Tukey. As letras SS significam sem suplementação, CS com suplementação. Fonte: Autor.

O teor de nitrogênio da serrapilheira foi menor para os pastos com a dose de N 400 kg de N (Tabela 7), não sendo observada interação entre adubação e suplementação para este nutriente na serrapilheira. Os resultados são coerentes, considerando-se a mobilidade do N na planta. A menor porção de compostos nitrogenados no material em degradação evidenciado, provavelmente decorreu da remobilização para as partes mais jovens da planta. Esta resposta encontra-se em conformidade com os resultados apresentados pelas frações de lâmina, colmo e material morto, os quais tiveram menores teores de N nos pastos com doses menores do nutriente.

Foi constatada variação dos teores de fósforo do material em degradação por efeito da dose de N e da suplementação ($P < 0,05$). Os valores do nutriente foram reduzidos para o nível de intensificação com dose de 400 kg de N e com suplementação. Segundo Freire et al. (2010), a decomposição de resíduos orgânicos pode experimentar algumas interferências, como a qualidade da serrapilheira, temperatura do solo e a umidade. Além destas particularidades, há ainda a possibilidade da contaminação do material exposto no solo. Em uma análise das frações da planta, não se observa diferença para os teores de fósforo nos pastos com maiores doses de N. Dessa maneira, é possível que tenha havido um acúmulo de fósforo no material, oriundo de outras fontes.

Nos níveis de intensificação sem suplementação os teores de matéria orgânica foram superiores aos suplementados (Figura 2). Segundo Fonseca (2002), as características do solo e o carbono presente na matéria orgânica influencia positivamente o P presente na microbiota e a disponibilidade de P no solo, sendo a matéria orgânica de fundamental importância como fonte fornecedora de P.

Tabela 7 – Nutrientes presentes no material morto em degradação do pasto nos diferentes níveis de intensificação da produção de leite

N (kg,ha ⁻¹)	SS	CS	MÉDIA	CV%
Nitrogênio				
400	7,19	7,96	7,57 ^B	11,40
800	9,25	8,36	8,81 ^A	
MÉDIA	8,22	8,16		
Fósforo				
400	1,17	0,66	0,91 ^B	45,25
800	3,66	0,65	2,16 ^A	
MÉDIA	2,42 ^a	0,65 ^b		
Potássio				
400	0,29	0,32	0,30	53,75
800	0,29	0,33	0,31	
MÉDIA	0,29	0,32		
Cálcio				
400	3,24	3,34	3,29	38,71
800	4,14	4,51	4,32	
MÉDIA	3,69	3,92		
Magnésio				
400	1,00	1,33	1,16	37,99
800	1,32	1,06	1,19	
MÉDIA	1,16	1,20		
Enxofre				
400	1,67	1,48	1,58	15,64
800	1,61	1,56	1,59	
MÉDIA	1,64	1,52		

Médias na mesma linha e na mesma coluna, seguidas de letras minúsculas e maiúsculas iguais, respectivamente, não diferem ($P > 0,05$), pelo teste de Tukey. As letras SS significam sem suplementação, CS com suplementação. Fonte: Autor.

Quanto ao teor de N nas fezes, houve interação ($P < 0,05$) entre os fatores dose de N e suplementação (Tabela 8). O menor valor obtido foi evidenciado no sistema 800 kg de N $\text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ x CS. De modo geral, há um aumento da quantidade excretada deste nutriente no ambiente com o aumento da quantidade de proteína bruta ingerida do pasto e suplementação. No entanto, a excreção de N é fracionada em fezes e urina. Grande parte do N excretado está presente na urina, sendo esta a principal forma de excreção do N pelo animal. Segundo Scholefield et al. (1991), até 80% do N consumido pode ser excretado apenas pela urina. Portanto, é possível que os animais mantidos em pasto com maior teor de N e suplementação concentrada tenham aumentado a excreção de N na urina e, conseqüentemente, reduzido a excreção nas fezes. A possível justificativa para esse aumento da excreção de N via urina pode ser um desbalanço das quantidades de energia e proteína no rúmen, ocasionando proteólise para o suprimento de energia necessária ao crescimento microbiano. Grandes quantidades de aminoácidos resultantes da proteólise são utilizadas como fonte de energia. Desta maneira, há uma maior produção de amônia pela proteólise, sendo absorvido o excesso e excretado na forma de ureia pela urina (RENNÓ et al., 2000).

Tabela 8 – Teores de nutrientes das fezes nos diferentes sistemas de intensificação de produção de leite

N ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)	SS	CS	MÉDIA	CV%
Nitrogênio				
400	11,63 ^{Aa}	11,25 ^{Aa}	11,44	8,93
800	12,04 ^{Aa}	9,04 ^{Bb}	10,54	
MÉDIA	11,84	10,14		
Fósforo				
400	5,69	3,57	4,63	17,69
800	4,41	3,86	4,13	
MÉDIA	5,05 ^a	3,71 ^b		
Potássio				
400	2,58	2,36	2,47	17,48
800	2,48	2,26	2,37	
MÉDIA	2,53	2,31		
Cálcio				
400	9,10	7,26	8,18 ^A	8,16
800	8,17	6,80	7,48 ^B	
MÉDIA	8,63 ^a	7,03 ^b		
Magnésio				
400	7,24	4,57	5,91	10,72
800	7,45	5,03	6,24	
MÉDIA	7,34 ^a	4,80 ^b		
Enxofre				
400	1,53	1,39	1,46	10,16
800	1,52	1,37	1,44	
MÉDIA	1,52	1,38		

Médias na mesma linha e na mesma coluna, seguidas de letras minúsculas e maiúsculas iguais, respectivamente, não diferem ($P>0,05$), pelo teste de Tukey. As letras SS significam sem suplementação, CS com suplementação. Fonte: Autor.

As fezes dos animais não suplementados apresentaram maiores quantidades de fósforo ($P<0,05$) em relação aos animais suplementados (Tabela 8). A absorção de fósforo nos ruminantes depende de alguns fatores como, por exemplo, a relação com outros minerais como o cálcio (NRC, 2001). Segundo Pancoti et al. (2013) e Teixeira (1997), a absorção depende diretamente da quantidade ingerida e da fonte. Para Teixeira, (1997) a absorção relaciona-se ainda, com pH intestinal, idade e níveis dietéticos de Ca, ferro, alumínio, manganês, potássio, magnésio e gordura.

A excreção de fósforo nas fezes também se relaciona com o coeficiente de absorção associado a cada alimento. O NRC (2001) assume os coeficientes de 64 e 70% para forragens e concentrados, respectivamente. Deste modo, com a menor absorção haveria aumento na excreção fecal de fósforo.

As quantidades de cálcio e magnésio nas fezes foram maiores para aqueles pastos sem suplementação (Tabela 8). Segundo Braz et al. (2002), o cálcio e o magnésio são excretados principalmente pelas fezes, não havendo excreção via urina. Os resultados das frações de lâminas foliares e colmos verdes não foram diferentes para os respectivos pastos, sugerindo que o alimento forrageiro não disponibilizou diferentes quantidades deste nutriente. O NRC (2001) atribuiu um coeficiente de absorção de cálcio de 30 e 60% para forrageiras e alimentos concentrados, respectivamente. No entanto, o balanceamento da dieta para os animais suplementados tende a diminuir as perdas fecais, tendo em vista o conhecimento da exigência deste mineral para aqueles animais.

A absorção de magnésio pelos ruminantes depende de alguns fatores, sendo o pH do fluido ruminal um deles. Geralmente, com o aumento do pH ruminal há uma diminuição da solubilidade e conseqüente absorção deste pela mucosa (NRC, 2001). Em dietas exclusivamente forrageira, o pH do líquido ruminal apresenta valores superiores à dietas contendo grãos (NRC, 2001). O estímulo à ruminação causado pela forragem contribui para o aumento do pH ruminal. Este efeito é atribuído às frações fibrosas dos carboidratos que oferecem ao animal maiores condições para a intensa salivação (MERTENS, 1997). Portanto, a maior excreção fecal de magnésio pode ter decorrido em parte pela menor absorção deste pelos animais que não tiveram acesso à suplementação concentrada.

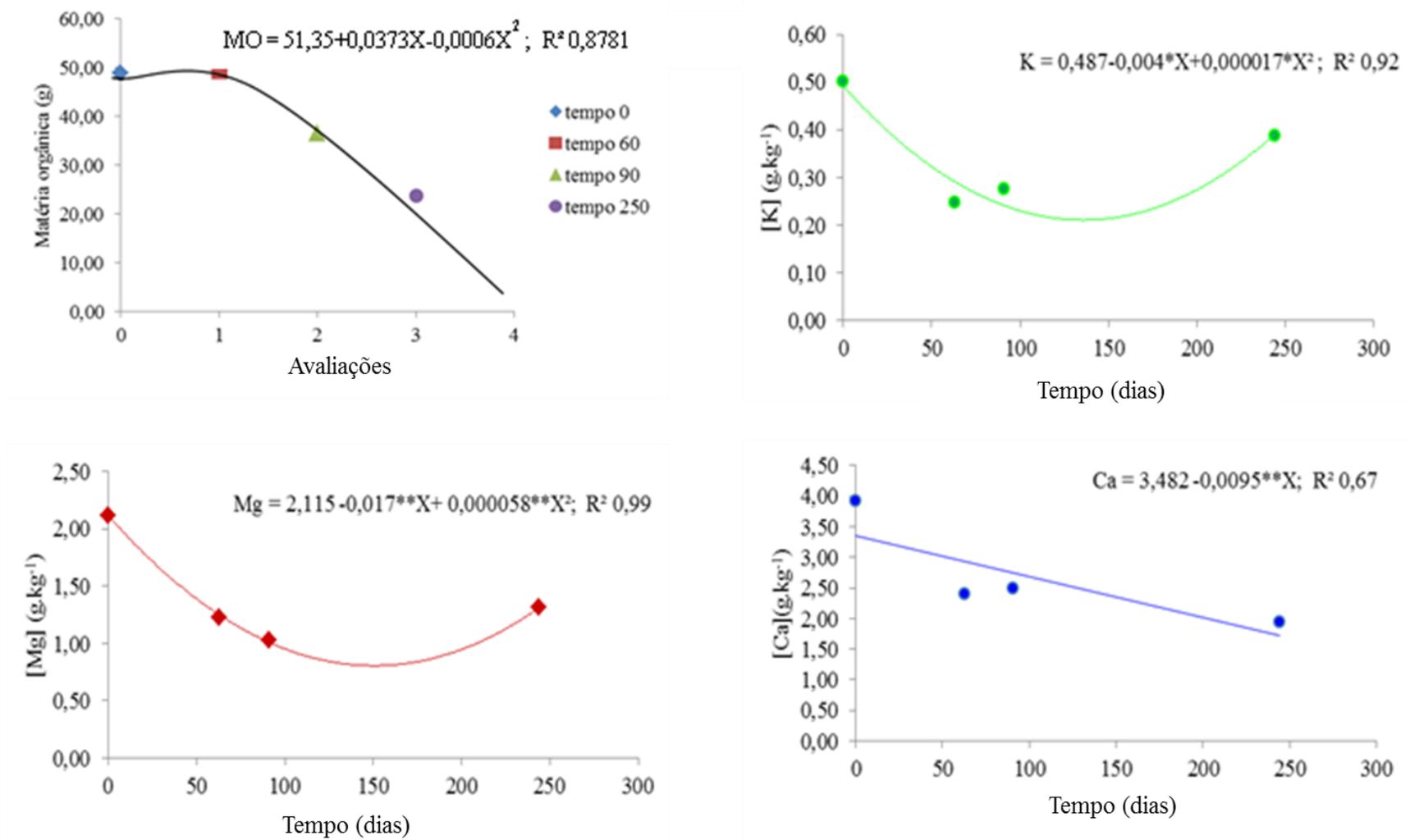
A degradação da matéria orgânica apresentou resposta decrescente ao longo do tempo total de incubação. A análise de variância demonstrou significância apenas para os modelos do potássio, magnésio, ambos com comportamento quadrático e para o cálcio, linear. As concentrações de potássio na serrapilheira em decomposição demonstraram redução até aos 117 dias. A partir deste tempo houve aumento do teor de potássio na serrapilheira (Figura 4).

Segundo Sengik (2003), o potássio apresenta-se principalmente na forma de cátion monovalente na planta e conseqüentemente no material morto em degradação, tornando-o muito propenso às alterações do ambiente. Deste modo, o potássio tornar-se-ia facilmente lixiviado, absorvido, fixado e adsorvido às argilas. Por outro lado, a redução desproporcional entre matéria orgânica e potássio poderia causar este efeito. Neste ponto de vista, o desaparecimento da matéria orgânica em maiores proporções em relação ao potássio poderia proporcionar aumento da concentração do íon.

A curva descrita pelas concentrações de magnésio mostrou-se semelhante à do potássio (Figura 4). A redução das concentrações e seguinte estabilização, seguido por aumento da concentração podem estar também em função do efeito de concentração dos nutrientes e no material remanescente. Assim como o efeito sugerido acima, outros podem estar associados. O processo de estabilização depende diretamente dos minerais associados à fração argila, que podem saturar os complexos de troca, impedindo o processo de lixiviação desse nutriente (FONTANA, 2009).

As concentrações de cálcio na serrapilheira apresentaram redução ao passar do tempo (Figura 4). A disponibilidade de cálcio da serrapilheira reduziu aproximadamente 2 g.kg^{-1} durante o tempo analisado. Os complexos de troca de cátions podem adsorver o cálcio liberado pelo processo de decomposição da serrapilheira. O cálcio está presente no material em degradação como cátion bivalente, sendo influenciado pela textura do solo e pelo material de origem. Segundo Sengik (2003), a concentração de cálcio como de outros cátions (potássio e magnésio), é influenciada pelo grau de saturação do complexo de troca e da relação com os outros cátions do complexo coloidal. No entanto, a redução dos teores de cálcio no material em degradação parece não experimentar alterações promovidas pela competição de outros nutrientes presentes no solo. Assim como a interação das partículas do solo, a demanda por cálcio pelos microrganismos pode diferir dos demais nutrientes em questão, sendo exigido em maiores quantidades.

Figura 4 – Degradação da matéria orgânica e concentração de potássio, magnésio e cálcio em pastagens de capim-Mombaça



Fonte: Autor.

A quantidade total dos nutrientes que retornou ao solo é apresentada na Tabela 9. O cálcio, o fósforo e o nitrogênio foram os nutrientes que apresentaram as maiores capacidades de retorno por ciclo de pastejo. Este fato se deve às maiores quantidades desses nutrientes presentes, tanto na fração de matéria orgânica em degradação, quanto nas fezes. As fezes contribuíram com uma parcela menor do total de nutrientes reciclados na pastagem. O potássio foi o nutriente que apresentou a menor proporção de retorno ao solo. No entanto, foi o que obteve maior contribuição das fezes, sendo estas responsáveis por mais de 43% do total de potássio reciclado na pastagem.

Tabela 9 – Dinâmica de macronutrientes em pastagem de capim-Mombaça

Nutrientes	Saída FLV	Entrada		Total	
		Fezes	Serrapilheira		
		(kg.ha ⁻¹ .ciclo ⁻¹)		(%)	
Nitrogênio	53,93	3,01	22,95	25,96	48,13
Fósforo	8,82	1,20	4,31	5,51	62,47
Potássio	43,78	0,66	0,87	1,53	3,49
Cálcio	15,04	2,14	10,67	12,81	85,17
Magnésio	13,65	1,66	3,30	4,96	36,33
Enxofre	12,20	0,4	4,42	4,82	39,50

Fonte: Autor.

3.3 Conclusões

O aumento da intensificação do sistema de produção aumenta substancialmente a extração de nutrientes pelas plantas, principalmente o nitrogênio e o potássio. O nitrogênio, principal fator de crescimento das plantas forrageiras, provoca aumento da demanda por outros nutrientes pela planta. O cálcio, o fósforo e o nitrogênio são os elementos minerais que apresentam as maiores capacidades de retorno à pastagem. Entretanto, o potássio é o nutriente que menos retorna ao solo. O material em degradação é o principal responsável pelo retorno dos nutrientes ao solo das pastagens.

4 CAPÍTULO II - CICLAGEM DE MICRONUTRIENTES EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE LEITE SOB DIFERENTES NÍVEIS DE INTENSIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO

As pastagens, de modo geral, representam uma importante parcela da alimentação de ruminantes, produtores de carne e leite no mundo. A reposição de nutrientes é fundamental para a persistência e produtividade das pastagens, considerando a extração de nutrientes do solo pelas frequentes colheitas de biomassa.

Os micronutrientes desempenham funções essenciais para o desenvolvimento das plantas forrageiras (MARTHA JÚNIOR et al., 2007). Ao negligenciar a fertilização de micronutrientes nas pastagens, o produtor pode provocar a redução da produção forrageira, além de deficiências nutricionais dos animais em pastejo. Em solos ácidos, cujas calagens são geralmente empregadas, as deficiências são ainda mais frequentes pela maior adsorção dos micronutrientes às partículas do solo (VENDRAME et al., 2007).

O solo pobre em zinco, por exemplo, pode reduzir o crescimento das plantas forrageiras, principalmente das gramíneas, cuja predominância é observada em países de clima tropical. Outros nutrientes como o cobre e o manganês desempenham funções essenciais na produção de clorofila e síntese de aminoácidos (SENGIK, 2003), sendo estes compostos relevantes ao desenvolvimento da planta.

A ciclagem dos micronutrientes nas pastagens é essencial para a viabilidade dos sistemas de produção, pois reduz custos adicionais com a compra de nutrientes. A disponibilidade de micronutrientes nas pastagens, segundo Oliveira et al. (1998), depende principalmente das interações entre a matéria orgânica, as argilas e os óxidos de ferro e alumínio presentes no solo. Segundo estes autores, a formação de ácidos oriundos da matéria orgânica inicia o processo de intemperização das argilas e óxidos, liberando nutrientes.

O acúmulo de serrapilheira e a ação de exudados radiculares, além das dejeções dos animais podem contribuir com a ciclagem de micronutrientes. A redução da relação C/N proporcionada pelos exudados, fezes e urina têm implicações diretas na degradação microbiana, acelerando a decomposição da serrapilheira presente nos solos das pastagens.

O uso de nutrientes externos ao sistema como nitrogênio (adubo) e a adição de suplementos concentrados aos animais são ferramentas de manejo que além de aumentar a produtividade, podem intensificar o processo de ciclagem dos micronutrientes. O nitrogênio, por promover o crescimento das plantas forrageiras (MELLO et al., 2008), pode proporcionar

aumento da extração de nutrientes do solo (COSTA et al., 2009), sendo que uma parte desses nutrientes é reutilizada pelas pastagens devido ao processo de ciclagem.

Com base no exposto, objetivou-se investigar o efeito da combinação do uso do nitrogênio e suplementos alimentares sobre a ciclagem de micronutrientes em pastagens de capim-Mombaça.

4.1 Material e Métodos

O trabalho foi conduzido na fazenda da Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal do Tocantins (EMVZ–UFT), do Campus de Araguaína. O local possui as seguintes coordenadas geográficas: 7° 5' 37" S de latitude e 48° 12' 16" W de longitude. O clima da região, segundo a classificação de Koppen, é classificado como Aw (quente úmido), com temperatura média de 28° C e precipitação pluviométrica média de 1.800 mm anuais de acordo com. O solo da área foi classificado como Neossolo Quartzarenico Ortico típico, segundo a metodologia da Embrapa (EMBRAPA, 2013). As características químicas e físicas do solo e os dados climáticos durante o período experimental encontram-se apresentadas na Tabela 10 e Figura 5, respectivamente. Também foi feita a análise dos teores de matéria orgânica presente individualmente no solo de cada tratamento (Figura 6).

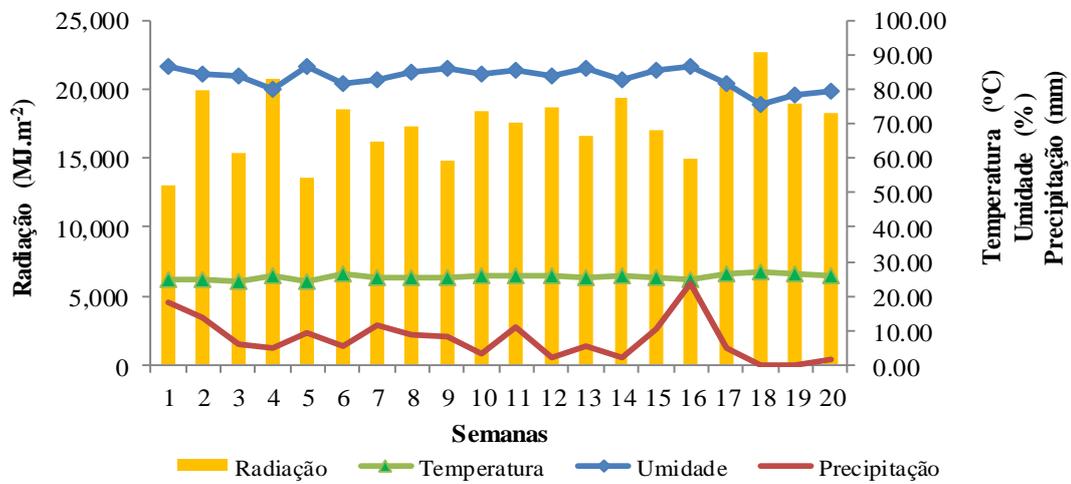
Tabela 10 – Propriedades químicas e físicas do solo da aérea implantada com o capim-Mombaça

Camadas	M.O. ⁽¹⁾	pH	H ⁺ +Al ³⁺	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB ⁽²⁾	CTC ⁽³⁾	CTC ⁽⁴⁾
	g.dm ⁻³	CaCl ₂	cmol.dm ⁻³	g.dm ⁻³		cmol.dm ⁻³			cmol.dm ⁻³	
0-10	16,10	4,06	2,20	0,92	0,003	0,87	0,30	1,30	3,40	1,75
10-20	10,74	4,17	1,60	0,65	0,003	0,90	0,20	1,13	2,73	1,67
	V ⁽⁵⁾	m ⁽⁶⁾	CE ⁽⁷⁾	Areia	Silte	Argila	Classific. Text. ⁽⁸⁾			
	%		ds m ⁻¹							
0-10	35,32	31,40	0,07	94,85	1,90	3,25	Areia			
10-20	41,37	32,36	0,06	93,75	2,75	3,50	Areia			

(1) M.O.: matéria orgânica, (2) SB: soma de bases, (3) CTC: capacidade de troca de cátions, (4) CTCe: capacidade efetiva de troca de cations, (5) V: saturação por bases, (6) m: saturação por alumínio, (7) CE: condutividade elétrica, (8) Clas. Text.: classe textural.

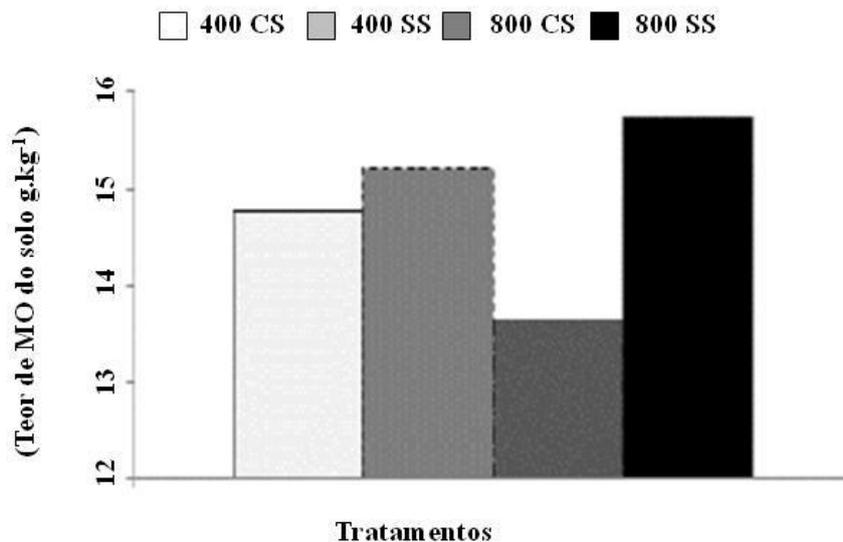
Fonte: Silva, 2011.

Figura 5 – Dados climáticos em Araguaína durante o experimento



Fonte: Silva, 2011.

Figura 6 – Teores de matéria orgânica pré-experimental do solo dos diferentes níveis de intensificação do sistema de produção de leite em pastagens de capim-Mombaça (*Megathyrus maximus*), sendo 400 SS igual a 400 kg de N ha⁻¹.ano⁻¹ sem suplementação, 400 CS igual a 400 kg de N ha⁻¹.ano⁻¹ com suplementação, 800 SS igual a 800 kg de N ha⁻¹.ano⁻¹ sem suplementação e 800 CS igual a 800 kg de N ha⁻¹.ano⁻¹ com suplementação



Fonte: Silva, 2011.

O período experimental se estendeu de 24 de dezembro de 2009 a 10 de maio de 2010. Na área experimental, implantou-se a pastagem de capim-Mombaça (*Megathyrus maximus*) dividida em quatro subáreas. Cada subárea era composta por dezesseis piquetes de 25 m x 48 m, totalizando 1.200 m². Dos dezesseis piquetes disponíveis por tratamento, utilizou-se parte desses, em número suficiente, para a expansão de 2,5 novas folhas. Os demais foram utilizados pelos animais de equilíbrio, os quais foram introduzidos quando necessário para o rebaixamento do pasto ao IAF residual 2,0, segundo Cândido et al. (2005). O período de descanso e a quantidade de piquetes utilizada por ciclo é apresentado na Tabela 11.

O delineamento usado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 2, sendo dois níveis de adubação nitrogenada (400 e 800 kg ha⁻¹.ano⁻¹) e dois níveis de suplementação, com e sem concentrado. Deste modo, os tratamentos foram assim dispostos: 400 kg de N ha⁻¹.ano⁻¹ sem suplementação (400 SS), 400 kg N.ha⁻¹.ano⁻¹ com suplementação (400 CS), 800 kg de N ha⁻¹.ano⁻¹ sem suplementação (800 SS) e 800 kg de N ha⁻¹.ano⁻¹ com suplementação (800 CS).

Tabela 11 – Período de descanso em dias e número de piquetes para os tratamentos, durante os ciclos de pastejo

Tratamentos		Ciclos			
		1	2	3	4
N (kg.ha ⁻¹)	Suplementação	Período de descanso (dias)			
400	SS	30	30	27	27
400	CS	30	30	27	27
800	SS	21	27	24	27
800	CS	27	33	24	30
		Número de piquetes			
400	SS	11	11	10	10
400	CS	11	11	10	10
800	SS	8	10	9	10
800	CS	10	12	9	11

As letras SS significam sem suplementação e CS com suplementação.

Fonte: Silva, 2011.

Foram utilizadas 48 vacas leiteiras sem padrão racial definido, oriundas da própria Fazenda da Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia e de produtores da região, divididas em 32 animais de prova e 16 de equilíbrio. Os lotes foram separados após um período de observação de 15 dias. Durante esse período, todos os animais tiveram acesso à suplementação concentrada *ad libitum*, mantidos na mesma pastagem. Após essa fase, foram

identificadas as vacas por nível de produção. Foram separados quatro grupos de animais, cada um com oito animais. Dois grupos foram compostos por aqueles que responderam a suplementação (> 11,0 L de leite ao dia). Outros dois grupos foram compostos por animais que não responderam a suplementação (\leq 11,0 L de leite ao dia).

Foi realizada a adubação da área experimental com fósforo, potássio e micronutrientes nas doses de 40,0 kg de P_2O_5 , 100,0 kg de K_2O e 30,0 kg de fonte de micronutrientes. Foram utilizados os fertilizantes supersimples, cloreto de potássio e FTE BR12, como fonte de fósforo, potássio e micronutrientes, respectivamente. O fósforo e o FTE BR12 foram aplicados em parcela única, no início do experimento (dezembro 2009). Já o potássio, foi parcelado em duas vezes: uma junto com o fósforo e o FTE BR12 e outra, 60 dias após.

O alimento concentrado foi formulado para apresentar em média 20% de proteína bruta e 80% de NDT na matéria seca e foi composto por 76,7% de fubá de milho moído, 18,6% de farelo de soja, 1,25% de suplemento mineral (Fospec-80), 1,16% de calcário calcítico e 2,32% de ureia pecuária. Na Tabela 12, pode ser observada a composição bromatológica e mineral do alimento concentrado. O suplemento concentrado foi ofertado na proporção de 3 kg de leite para 1 kg de concentrado (3:1).

Tabela 12 – Composição do alimento concentrado

Bromatologia	
MS%	87,71
PB%	20,81
EE%	4,07
EB Mcal.kg ⁻¹	3,79
NDT%	83,34
Macronutrientes (g.kg⁻¹)	
Fósforo	8,59
Potássio	6,39
Sódio	3,28
Cálcio	3,84
Magnésio	1,72
Enxofre	1,51
Micronutrientes (mg.kg⁻¹)	
Cobre	85,69
Ferro	183,46
Manganês	31,30
Zinco	65,42

As siglas significam, (MS) matéria seca, (PB) proteína bruta, (EE) extrato etéreo, (EB) energia bruta, (NDT) nutrientes digestíveis totais.

Fonte: Autor.

Após cada período de descanso, foram realizados os cortes da biomassa de forragem. Foram realizadas duas amostragens por tratamento, utilizando uma moldura de 1,43 m × 0,7 m, tendo sido realizado o corte a 5 cm acima da superfície do solo. Posteriormente, a biomassa de forragem foi então separada nas frações de lâminas verdes (BLV), colmos (BCV) e material morto (BMM). Estas amostras foram levadas ao laboratório e colocadas em estufa de ventilação forçada a uma temperatura de 55 °C até peso constante.

As fezes dos animais de prova foram coletadas imediatamente após a defecação, utilizando as placas de fezes presentes no solo. A quantidade coletada foi de aproximadamente 550 g para todos os tratamentos. As fezes dos animais alocados em cada subárea foram pré-secas a exemplo das frações do pasto.

A serrapilheira em degradação foi obtida a partir da incubação no solo da biomassa morta do pasto em sacos permeáveis. Os tempos de incubação utilizados foram: 0,0; 60; 91 e 244 dias, com total de cinco repetições. Foram utilizados sacos de nylon com uma porosidade de, aproximadamente, 2,0 mm. Os sacos foram preenchidos com 50 g de biomassa morta intacta colhida no pasto. O material colhido foi levado ao laboratório e pré-seco em estufa de ventilação forçada a uma temperatura de 55 °C até peso constante.

Foram realizadas avaliações de três classes de amostras. A primeira classe refere-se às amostras de forragem colhidas para determinação da biomassa seca de forragem verde (BFV), de lâmina verde (BLV), de colmos verdes (BCV) e da forragem morta (BFM). A segunda classe de amostra diz respeito às fezes colhidas nos respectivos piquetes experimentais, via placas de fezes recém-defecadas. A terceira classe de amostra é referente ao material em degradação da serrapilheira (MDEG).

Determinaram-se os teores de Cu, Fe, Mn e Zn, utilizando o espectrofotômetro de absorção atômica, como descrito em Embrapa (2000).

Os dados referentes aos teores de nutrientes nas frações BLV, BCV, BMM, assim como na serrapilheira e fezes foram submetidos à análise de variância e comparação de médias. Os dados referentes à degradação da matéria orgânica e das concentrações dos micronutrientes em intervalos de tempo foram submetidos à análise de regressão. As interações foram desdobradas quando significativa a 5% de probabilidade. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o programa computacional SAS versão 9.0.

Para os dados referentes à decomposição da MO e desaparecimento de micronutrientes, foram utilizados modelos não lineares para ajustar a curva de decaimento,

utilizando o programa estatístico R. Foram utilizados modelos quadráticos para explicar as curvas de concentração quando era significativo ($P = 0,05$).

4.2 Resultados e Discussão

Houve interação dos fatores suplementação e adubação para os teores de cobre presentes na fração de lâminas verdes ($P < 0,05$; Tabela 13). O sistema de intensificação com suplementação concentrada obteve maior teor de cobre quando a dose de N foi de 800 kg.ha^{-1} . Também foi observado efeito da adubação para a fração de colmos verdes. No entanto, os maiores valores de cobre foram obtidos na doses de 400 kg.ha^{-1} .

A variação dos teores de cobre em lâminas foliares de gramíneas, segundo Tebaldi et al. (2000), poderia estar correlacionada positivamente aos conteúdos de cobre no solo. Os valores de correlação entre os teores de cobre e os respectivos solos foram de ($r = 0,48$ e $P = 0,06$), sendo maior o teor de cobre dos tecidos verdes da planta em solos com maior presença de cobre.

A absorção de cobre pela planta também pode experimentar algumas variações em função de outros micronutrientes. A competição entre cobre e o ferro pelos sítios de troca das partículas do solo pode ocorrer, dificultando a absorção de cobre. Ao comparar as médias da FLV dos tratamentos sem suplementação concentrada, verifica-se um incremento de ferro de aproximadamente 52,0% e uma redução para os mesmos tratamentos de cerca de 36,0% de cobre. Portanto, é possível que a maior presença de ferro nos solos dos tratamentos sem suplementação concentrada tenha interferido na absorção de cobre pela planta.

Tabela 13 - Teores (mg.kg^{-1}) de cobre, ferro, manganês e zinco das frações do pasto de capim-Mombaça sob diferentes níveis de intensificação da produção de leite

N (kg,ha^{-1})	SS	CS	MÉDIA	CV
FRAÇÃO DE LÂMINAS FOLIARES VERDES (Cu)				
400	5,92 ^{Aa}	7,92 ^{Aa}	6,92	26,66
800	3,81 ^{Ab}	7,14 ^{Aa}	5,47	
MÉDIA	4,86	7,53		
FRAÇÃO DE COLMOS VERDES (Cu)				
400	3,35	5,20	4,27 ^A	40,60
800	3,05	2,32	2,69 ^B	
MÉDIA	3,20	3,76		
FRAÇÃO DE MATERIAL MORTO (Cu)				
400	2,60	1,33	1,97	35,00
800	8,14	3,06	5,60	
MÉDIA	5,37	2,20		
FRAÇÃO DE LÂMINAS FOLIARES VERDES (Fe)				
400	67,04	39,81	53,42	87,42

800	26,59	21,72	24,15	
MÉDIA	46,81	30,76		
FRAÇÃO DE COLMOS VERDES (Fe)				
400	39,20	67,88	53,54	86,16
800	35,01	29,52	32,26	
MÉDIA	37,1100	48,70		
FRAÇÃO DE MATERIAL MORTO (Fe)				
400	104,30 ^{Ba}	123,80 ^{Aa}	114,05	38,47
800	189,90 ^{Aa}	124,16 ^{Aa}	157,03	
MÉDIA	147,10	123,98		
FRAÇÃO DE LÂMINAS FOLIARES VERDES (Mn)				
400	68,98	87,42	78,20	26,41
800	91,37	93,95	92,66	
MÉDIA	80,18	90,68		
FRAÇÃO DE COLMOS VERDES (Mn)				
400	136,46	141,47	138,96	28,18
800	131,13	140,06	135,59	
MÉDIA	133,79	140,76		
FRAÇÃO DE MATERIAL MORTO (Mn)				
400	204,16	189,73	196,94	23,96
800	189,73	218,91	213,05	
MÉDIA	205,68	204,32		
FRAÇÃO DE LÂMINAS FOLIARES VERDES (Zn)				
400	18,96 ^{Aa}	22,00 ^{Aa}	20,48	25,06
800	11,9100 ^{Ba}	13,76 ^{Ba}	12,83	
MÉDIA	15,4350	17,8812		
FRAÇÃO DE COLMOS VERDES (Zn)				
400	38,54 ^{Aa}	40,71 ^{Aa}	39,62	26,09
800	42,52 ^{Aa}	33,30 ^{Ab}	37,91	
MÉDIA	40,53	37,00		
FRAÇÃO DE MATERIAL MORTO (Zn)				
400	27,40 ^{Aa}	19,62 ^{Ab}	23,51	15,73
800	29,46 ^{Aa}	20,79 ^{Ab}	25,12	
MÉDIA	28,43	20,20		

Médias na mesma linha e na mesma coluna, seguidas de letras minúsculas e maiúsculas iguais, respectivamente, não diferem ($P > 0,05$), pelo teste de Tukey. As letras SS significam sem suplementação, CS com suplementação. Fonte: Autor.

Quanto ao efeito da dose de N sobre a média dos teores de cobre na FCV ($P < 0,05$; Tabela 13). Os pastos cuja dose foi 800 kg de N apresentaram menores teores de cobre comparado aos pastos com dose de 400 kg de N. O resultado apresentado pode está, em parte, relacionado ao efeito de diluição do nutriente, causado pelo maior crescimento das plantas presentes sob esta dose. Segundo Mello et al. (2008), o nitrogênio desempenha importante função no crescimento das plantas forrageiras, agindo como modulador e regulador do crescimento. Deste modo, com o aumento da biomassa, há uma desproporção dos nutrientes na planta, caracterizando efeito de diluição do cobre.

Não houve interação entre adubação e suplementação sobre os teores de ferro para as frações de lâminas verdes e colmos verdes, sendo evidenciada interação apenas para a fração material morto ($P < 0,05$; Tabela 13). O menor valor apresentado foi para o tratamento 400 kg

de N ha⁻¹ sem suplementado concentrada, com 104,31 mg de Fe kg⁻¹ de MS. Não houve efeito direto da suplementação e nem da dose de N aplicada (P>0,05) para esta variável.

A absorção de ferro pela planta pode ser limitada segundo alguns aspectos, dentre eles: maiores teores de matéria orgânica, calagem, altas doses de fósforo, além de desequilíbrio com outros micronutrientes como o cobre, o manganês e o molibdênio (SENGIK, 2003). Há evidências de que o fósforo cause inibição da absorção de ferro pela planta. Malavolta (1980) sugere que plântulas de feijão adubadas com altos níveis de ferro possam apresentar reduzidos teores desse mineral nos tecidos. Este fato é atribuído, possivelmente, à alta relação P/Fe. Segundo Missio e Nicoloso (2005), os parâmetros de crescimento biomassa seca de folha, biomassa seca de raiz, massa seca total e comprimento de raiz de grápia (*Apuleia leiocarpa*) foram reduzidos em maiores relações P/Fe. Ao analisarmos os teores de fósforo para este tratamento foi evidenciado que este apresentou o maior valor entre os pastos estudados, podendo ter havido inibição do fósforo a mais baixa absorção de ferro pela planta.

Alguns micronutrientes como o zinco podem induzir a uma absorção antagonista ao ferro (SILVA e TREVIZAM, 2015). Os teores de zinco apresentados para os pastos com dose 400 kg de N foram superiores aos pastos com dose 800 Kg de N, justificando os resultados apresentados para o ferro nesta fração.

Não houve diferença dos teores de manganês para nenhuma das frações do pasto (P >0,05) (Tabela 12). Os resultados descritos neste estudo demonstram que os teores de manganês estão acima dos valores mínimos sugeridos pelo NRC (2001) de 16,7 mg.kg⁻¹ de dieta, sendo adequado ao requerimento animal.

O manganês é um dos micronutrientes mais disponíveis presentes nos solos do cerrado brasileiro. Para Vendrame et al. (2007), o baixo pH do solo é um dos fatores que mais influenciam a disponibilidade de manganês nestes solos. Segundo os autores, isto ocorre porque há a diminuição da retenção do manganês aos óxidos do solo. Em solos orgânicos, de pH neutro e de alta alcalinidade há uma tendência de menor disponibilidade e até deficiência de manganês (SENGIK, 2003). Outros fatores estão envolvidos na disponibilidade e consequente absorção, são eles: balanço nutricional, rápido crescimento pela adição de NPK e níveis elevados de matéria orgânica. Segundo Malavolta (1996), as fontes de nitrogênio podem influenciar a disponibilidade de Mn. As fontes de N amoniacal, tais como sulfato de amônio, ureia, nitrato de amônio e amônia, aumentam a absorção de Mn pela planta. Possivelmente pelo fato de que estes adubos causem redução do pH do solo.

Houve interação dos fatores adubação e suplementação para todas as frações da planta

($P < 0,05$). As lâminas foliares apresentaram os teores de zinco menores para os sistemas de intensificação que receberam a maior dose de nitrogênio, 800 kg.ha^{-1} (Tabela 13).

Os menores teores de zinco apresentados pelos sistemas sob a maior dose de N podem ser explicados em função do efeito de diluição. O aumento da biomassa causado pelo maior aporte de nitrogênio disponível à planta poderia promover o efeito de diluição do zinco na biomassa de lâminas foliares. O nitrogênio é o principal nutriente demandado para o crescimento de forrageiras (ANDRADE et al., 2000 e STICHLER, 2002), exercendo forte efeito no desenvolvimento e acúmulo de biomassa, o que poderia reduzir em termos proporcionais os teores de zinco presentes nesse material.

O pasto o com adubação de 800 kg de N.ha^{-1} e com suplementação apresentou o menor teor de zinco para a FCV. Solos com baixo percentual de argila, solos ácidos e com baixo teor de matéria orgânica são de maneira geral deficientes em micronutrientes. Os solos arenosos apresentam maior potencial para lixiviação de micronutrientes, sendo o efeito potencializado pela calagem e adubação fosfatada (MALAVOLTA, 1996). O solo onde foi alocado o tratamento 800 kg de N.ha^{-1} com suplementação concentrada foi o que apresentou o menor teor de matéria orgânica (Figura 6), o que pode ter contribuído para os reduzidos teores de zinco na fração de colmos verdes.

A FMM apresentou os maiores teores de zinco ($P < 0,05$) para os sistemas sem suplementação concentrada (Tabela 13). O zinco na planta é um elemento com pouca mobilidade (SENGIK, 2003), permanecendo grande quantidade no material senescente. A matéria orgânica é um dos principais fornecedores de zinco para as plantas, podendo ser atribuída a ela grande parte do zinco absorvido pela planta. De fato, nestes pastos a proporção de matéria orgânica é bem superior aos pastos com suplementação, evidenciando seu efeito. O zinco pode ainda formar compostos com outros minerais como o cálcio e fósforo, reduzindo sua disponibilidade. A menor quantidade de cálcio presente nesta fração é provavelmente um indicativo de interação entre os dois nutrientes, o que pode também ter contribuído para esta resposta.

No material em degradação da serapilheira apenas o teor de ferro apresentou interação entre adubação e suplementação ($P < 0,05$). O menor valor médio de ferro da serrapilheira foi obtido pelo sistema com 400 kg de N.ha^{-1} com suplementação (Tabela 14). A adubação nitrogenada apresentou efeito direto sobre os teores de zinco dos sistemas de intensificação estudados ($P < 0,05$), sendo atribuídos os maiores valores de zinco para a maior dose de N utilizada, 800 kg.ha^{-1} .

As variações constatadas para os teores de ferro da serrapilheira não podem ser creditadas ao material de origem, frações de lâminas e colmos verdes, uma vez que este material não apresentou diferenças quanto ao ferro. Deste modo, pode-se desconsiderar que o menor valor do sistema 400 kg de N.ha⁻¹ com suplementação concentrada comparado ao sistema 400 kg de N.ha⁻¹ sem suplementação concentrada tenha sido causado pelas frações vivas da planta.

O nitrogênio presente em maiores quantidades pode reduzir pH do solo, tornando outros minerais mais disponíveis como o zinco, que tem relação antagonista ao ferro. Este fato poderia ocasionar redução dos teores de ferro no sistema.

A serrapilheira apresentou maiores teores de ferro comparado às frações da planta. O ferro é um elemento com pouca mobilidade na planta (TAIZ & ZEIGER, 2013), acumulando-se nas partes mortas e conseqüentemente no material em degradação da serrapilheira. Este aspecto também pode estar relacionado ao fato de a serrapilheira estar diretamente em contato com o solo, agindo como coletor de alguns minerais como ferro, zinco, manganês e cobre (Tabela 14). Segundo Abreu et al. (2007), os metais nas formas de oxido, entre eles o ferro, pode ser fortemente adsorvido pela matéria orgânica. De acordo com os autores, esta associação depende da ligação ente os grupos funcionais existentes nos compostos húmicos e o metal.

A degradação da serrapilheira pela biota do solo também poderia contribuir com altos teores de nutrientes obtidos nesse material. Em decorrência da ação de fungos e bactérias responsáveis pela decomposição da biomassa morta, a matéria orgânica reduziu sua massa em função da mineralização de compostos carbônicos. Essa redução desproporcional entre os compostos orgânicos e inorgânicos pode ter causado um efeito de concentração de ferro.

Com relação aos teores de zinco na serrapilheira, houve efeito da adubação nitrogenada, cujos valores foram maiores para a dose de 800 kg ha⁻¹ ano. O nitrogênio presente em maiores quantidades no solo aumentaria a velocidade de decomposição da matéria orgânica, em resposta à redução da relação carbono/nitrogênio. Este efeito pode ainda ser potencializado se outros minerais como o fósforo e o enxofre também estiverem presentes em boas proporções. Os resíduos de N no solo podem aumentar a taxa de crescimento da microbiota do solo (AZAM et al., 1985), que disponibilizam mais rapidamente os micronutrientes como o zinco.

Tabela 14 – Teores de cobre, ferro, manganês e zinco (mg.kg^{-1}), na serrapilheira de pastagens de capim-Mombaça sob diferentes níveis de intensificação do sistema de produção de leite

N (kg,ha^{-1})	SS	CS	MÉDIA	CV
COBRE				
400	26,84	63,26	45,05	70,00
800	33,01	58,96	45,98	
MÉDIA	29,92	61,11		
FERRO				
400	4508,14 ^{Aa}	2648,08 ^{Ab}	3578,11	38,88
800	3676,82 ^{Aa}	1974,22 ^{Aa}	2825,52	
MÉDIA	4092,48	2311,15		
MANGANÊS				
400	209,98	178,01	194,00	34,78
800	184,09	253,40	218,74	
MÉDIA	197,03	215,70		
ZINCO				
400	39,29	50,04	44,6650 ^B	36,25
800	81,65	64,44	73,0475 ^A	
MÉDIA	60,47	57,24		

Médias na mesma linha e na mesma coluna, seguidas de letras minúsculas e maiúsculas iguais, respectivamente, não diferem ($P>0,05$), pelo teste de Tukey. As letras SS significam sem suplementação, CS com suplementação. Fonte: Autor.

As fezes apresentaram altos teores de micronutrientes, demonstrando que os animais tiveram acesso às quantidades adequadas ou superiores às suas exigências. Os teores de cobre das fezes mostraram diferença apenas para o sistema com 400 kg de N.ha^{-1} e sem suplementação, que apresentou o menor valor entre os sistemas estudados (Tabela 15).

Ao analisar a FLV, preferencialmente consumida pelos animais em pastejo, verificou-se que não houve restrição quanto aos teores de cobre e que os referentes valores encontram-se acima do nível mínimo sugerido por Tebaldi et al. (2000), de $5,0 \text{ mg.kg}^{-1}$. No entanto, a absorção deste nutriente pelos ruminantes parece se relacionar com outros fatores. O NRC (2001) relatou que o aumento das proporções de enxofre e molibdênio pode deprimir a absorção de cobre pelos animais. A presença de minerais no solo pode variar dentro de espaços curtos, sendo responsável, muitas vezes, pelas alterações nos teores de nutrientes nas frações da planta (TEBALDI et al., 2000).

A absorção de cobre pode ser reduzida pela interação de outros micronutrientes como o ferro e zinco (NRC, 2001). O requerimento de ferro de uma vaca adulta com produção diária de aproximadamente 25 kg de leite é de 24 mg.kg^{-1} de MS. Os teores de ferro para FLV demonstrados na Tabela 13 para o pasto 400 kg de N sem suplementação de $67,08 \text{ mg.kg}^{-1}$ é 2,8 vezes o exigido para um animal desta categoria. Estes resultados representam um desbalanço entre os nutrientes presentes no alimento, promovendo reduções na absorção do cobre.

Tabela 15 - Teores (mg.kg^{-1}) de cobre, ferro, manganês e zinco nas fezes de animais em pastagens de capim-Mombaça sob diferentes níveis de intensificação do sistema de produção de leite

N (kg.ha^{-1})	SEM SUPLE.	COM SUPLE.	MÉDIA	CV%
COBRE				
400	11,17 ^{Ba}	53,94 ^{Aa}	32,56	73,21
800	86,26 ^{Aa}	46,53 ^{Aa}	66,40	
MÉDIA	48,7212	50,2412		
FERRO				
400	776,60 ^{Ab}	1288,58 ^{Aa}	1032,59	13,45
800	743,50 ^{Ab}	1406,08 ^{Aa}	1074,79	
MÉDIA	760,05	1347,33		
MANGANÊS				
400	141,67 ^{Aa}	82,21 ^{Bb}	111,94	19,10
800	127,19 ^{Aa}	139,21 ^{Aa}	92,12	
MÉDIA	93,35	110,71		
ZINCO				
400	34,74 ^{Ab}	57,29 ^{Aa}	46,02	24,37
800	45,03 ^{Ab}	63,15 ^{Aa}	54,09	
MÉDIA	39,89	60,22		

Médias na mesma linha e na mesma coluna, seguidas de letras minúsculas e maiúsculas iguais, respectivamente, não diferem ($P>0,05$), pelo teste de Tukey. As letras SS significam sem suplementação, CS com suplementação. Fonte: Autor.

Os maiores teores de ferro das fezes foram dos animais pertencentes aos sistemas com suplementação ($P<0,05$). Segundo o NRC (2001), o mecanismo de regulação da absorção de ferro pelos bovinos é caracterizado por um processo de retroalimentação, sendo que quanto maior for a disponibilidade pela dieta, menor a absorção. Esse controle da absorção é obtido para a redução das chances de intoxicação por ferro. A dieta de bovinos suplementados pode disponibilizar quantidades maiores de ferro. Como consequência da maior quantidade de ferro ofertado na dieta, ocorreria uma diminuição na taxa de absorção, aumentando os teores deste nas fezes.

Houve interação dos fatores adubação e suplementação para os teores de manganês nas fezes ($P<0,05$). As fezes dos animais alocados no pasto com dose 400 kg.ha^{-1} e com suplementação apresentaram menores valores, comparado aos demais (Tabela 15). Não houve variação quanto aos teores de manganês das LFV ($P>0,05$) (Tabela 13), demonstrado que os níveis de manganês do pasto não se correlacionaram com as variações encontradas nas fezes.

A excreção de manganês nas fezes, segundo o NRC (2001), é aumentada quando as concentrações de cálcio, fósforo, potássio, ferro e zinco da dieta são altas. A suplementação ofertada aos animais poderia ocasionar maior concentração de ferro e zinco, que interagem para reduzir a absorção intestinal de manganês, resultando em maior excreção fecal deste

nutriente. Os maiores teores de ferro e zinco presentes nas fezes dos animais alocados nos pastos com suplementação comparados aos pastos sem suplementação representam um indicativo deste efeito, sustentando esta afirmação.

Houve efeito da suplementação para a concentração de zinco das fezes, as quais apresentaram maiores teores para os animais suplementados. Inicialmente, deve-se considerar que os teores de zinco nas lâminas foliares verde não eram suficientes para atenderem às exigências de vacas em lactação. Os animais alimentavam-se principalmente das lâminas foliares, tendo em vista o resíduo pós pastejo preconizado no experimento que era 2,0. A média dos teores de zinco das lâminas de pastos não suplementados foi de $15,44 \text{ mg.kg}^{-1}$, bem inferior ao exigido por animais lactantes produzindo em torno de 12 kg leite por dia⁻¹. O NRC (2001) estabeleceu que vacas em média de 454 kg de peso corporal precisam de uma quantidade diária de zinco em torno de 67 mg.kg^{-1} . Os animais experimentais recebiam uma mistura comercial de minerais que garantiam seu suprimento. No entanto, animais suplementados podem exceder as necessidades diárias de minerais, tendo em conta o consumo forçado por meio do concentrado. O zinco presente na ração concentrada foi em média de $65,42 \text{ mg.kg}^{-1}$ de MS. Estes valores são quatro vezes maiores que os valores apresentados pela lâminas foliares dos pastos não suplementados.

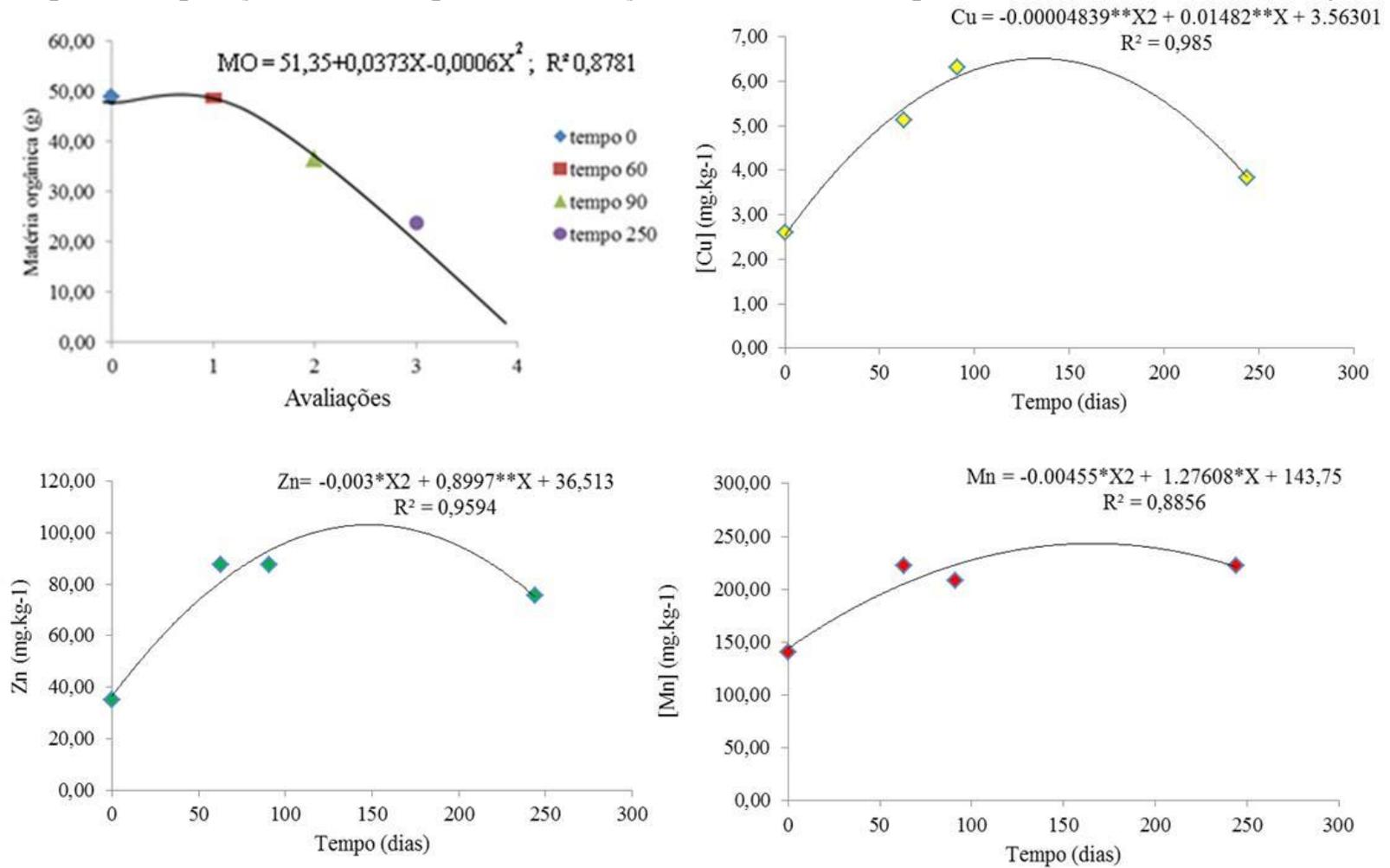
A forma que o mineral é ofertado aos animais como compostos orgânicos ou inorgânicos é outro fator que pode restringir a disponibilidade de zinco. Segundo Cortinhas (2009), o zinco na forma orgânica pode ser menos disponível aos animais, sendo mais presente em alimentos volumosos. Os animais não suplementados provavelmente teriam proporcionalmente mais desses compostos em sua dieta, ocasionando diferenças em sua absorção. De maneira análoga, os animais suplementados tinham em sua dieta, minerais na forma inorgânica em proporções possivelmente maiores, otimizado pelo consumo forçado na ração, proporcionando maiores teores em suas fezes.

A matéria orgânica em degradação apresentou resposta quadrática, reduzindo sua massa ao longo do tempo de incubação (Figura 7). Com a análise de variância, pode-se verificar significância para os modelos do cobre, manganês e zinco (Figura 7), todos quadráticos. Os resultados apresentados para cobre, zinco e manganês revelaram aumento das concentrações desses nutrientes até os tempos de 153; 150; 140 dias, respectivamente. Após estes períodos, houve redução das concentrações para todos os nutrientes.

O ponto máximo de concentração dos nutrientes, possivelmente, ocorreu em função da redução dos teores de matéria orgânica, que obteve resposta contrária aos nutrientes nos

primeiros 150 dias do período de incubação. A matéria orgânica a partir dos 31 primeiros dias de incubação do material apresentou declínio em sua massa. Uma vez que os nutrientes presentes na serrapilheira apresentavam-se disponíveis e sujeitos aos processos naturais como chuvas, poderiam ocorrer perdas por lixiviação e outras condições do ambiente da pastagem.

Figura 7 – Degradação da matéria orgânica, concentração de cobre, zinco e manganês em diferentes intervalos de tempo



Fonte: Autor.

O retorno dos nutrientes via fezes e serrapilheira ao solo das pastagens foi superior à extração pelas plantas (Tabela 16). Em termos percentuais, o cobre foi o nutriente que apresentou o maior retorno, seguido do ferro, zinco e manganês. A serrapilheira, de maneira geral, foi a principal fonte de retorno para os nutrientes estudados. O ferro foi o único nutriente que não apresentou maiores concentrações na serrapilheira, sendo as fezes a principal fonte de retorno para este nutriente.

Os altos teores de nutrientes da serrapilheira e das fezes podem ser justificados pelo fato de alguns desses nutrientes possuírem baixa mobilidade nas plantas, acumulando-se no material morto e conseqüentemente no material em degradação. No caso do ferro ter tido o maior valor dentre os nutrientes nas fezes pode ser explicado pelo fator da suplementação aumentar a concentração deste na dieta, resultando em fezes com maiores teores deste nutriente.

O maior percentual de nutrientes que retornam via serrapilheira pode ser decorrente do processo de acúmulo desses nutrientes durante o período de avaliação. O material em degradação da serrapilheira ficou no solo durante um período maior que o número total de dias dos quatro ciclos de crescimento do pasto. Entretanto, a extração leva em conta a quantidade de nutrientes extraídos por ciclo de pastejo. Este fato explica o alto percentual de retorno dos nutrientes.

Tabela 16 – Dinâmica do cobre, ferro, manganês e zinco em pastagens de capim-Mombaça sob diferentes níveis de intensificação

Nutrientes	Extração	Retorno			g.ha ⁻¹ .ciclo ⁻¹	Total (%)
	FLV	Fezes	Serrapilheira	Total		
Cobre	17,90	13,69	123,60	137,29	766,98	
Ferro	799,15	2989,09	155,10	3144,19	393,44	
Manganês	250,74	33,50	584,33	617,83	246,40	
Zinco	47,33	14,39	165,36	179,75	379,78	

Fonte: Autor.

4.3 Conclusões

A intensificação da produção altera os teores dos micronutrientes nas frações da planta, serrapilheira e nas fezes dos animais. A decomposição da matéria orgânica promove concentração dos micronutrientes, atingindo o ponto máximo por volta dos 150 dias. A taxa

de retorno dos micronutrientes é superior à extração destes pelas plantas.

5 CAPÍTULO III - COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA DO CAPIM-MOMBAÇA EM QUATRO SISTEMAS INTENSIFICADOS DE PRODUÇÃO DE LEITE

A busca pelo aumento da produtividade no setor agropecuário tem sido uma constante nas últimas décadas. O aumento da população e o crescente consumo de alimentos como carne e leite, ditos de necessidade básica, somado a necessidade de prover as classes mais exigentes com produtos de qualidade ditam a evolução do processo.

Dentre os vários fatores que impulsionam a produção, destacam-se pelo efeito em curto prazo o melhoramento das pastagens, uso de insumos, gerenciamento e manejo. O uso de forrageiras de alta produção como as gramíneas tropicais é uma importante contribuição ao objetivo da intensificação da produção. Nos últimos anos, o número de cultivares tem crescido, visando o lançamento de gramíneas mais produtivas e com melhor valor nutricional.

As gramíneas do gênero *Megathyrsus* tiveram grande ascensão e atualmente são muito utilizadas em sistemas de produção a pasto. Os principais motivos são a boa resposta à adubação nitrogenada e os bons resultados obtidos devido ao seu valor nutritivo. Freitas et al. (2005), trabalhando com capim-mombaça, relataram que as doses crescentes de nitrogênio, além de promoverem aumento linear da produção de biomassa de forragem contribuem para o aumento das concentrações de N nos tecidos da planta.

Muitos autores concordam que o nitrogênio é o principal promotor de crescimento das plantas forrageiras (MARTELLO et al., 2000; PRIMAVESI et al., 2006; SOEGAARD, 2009). Entretanto, as pesquisas têm apontado o nitrogênio não apenas como promotor do crescimento, mas também como fator responsável por alterações no valor nutritivo das plantas (OLIVEIRA et al., 2011; RIBEIRO et al., 1999). Desta maneira, o objetivo global do aumento no uso do nitrogênio em pastagens seria o aumento da produtividade, melhoria do valor nutricional, como da proteína bruta e, consecutivamente, aumento na intensificação da produção.

A intensificação da produção também é alcançada pela introdução de outros fatores como o uso de suplementos concentrados na dieta dos animais. O suplemento promove o aumento da concentração de nutrientes, resultando em maior produtividade. Outro resultado de dietas mais ricas em nitrogênio e outros nutrientes como cálcio e fósforo é a presença destes em maior quantidade nas dejeções (BARON et al., 2002), o que poderia ocasionar aumento dos níveis destes nutrientes no local. Com isso, as plantas que tiveram acesso a

quantidades maiores de nutrientes podem apresentar maiores concentrações destes e de outros nutrientes nas frações do pasto utilizadas pelo animal (COSTA et al., 2009).

Objetivou-se com o presente trabalho investigar o efeito da intensificação da produção obtida pelo uso de nitrogênio (adubo) e suplementação concentrada na dieta de vacas de leite sobre o valor nutritivo do pasto de capim-mombaça.

5.1 Material e Métodos

As amostras utilizadas para as análises foram colhidas de um experimento conduzido na fazenda da Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal do Tocantins (EMVZ-UFT), do Campus de Araguaína, de coordenadas 7° 5' 37" S de latitude e 48° 12' 16" W de longitude. O clima, segundo a classificação de Koppen é do tipo Aw (quente úmido). O solo foi caracterizado como Neossolo Quartzarenico Ortico típico (EMBRAPA, 2013). As características químicas e físicas do solo e os dados climáticos durante o período experimental encontram-se na Tabela 17 e Figura 8, respectivamente.

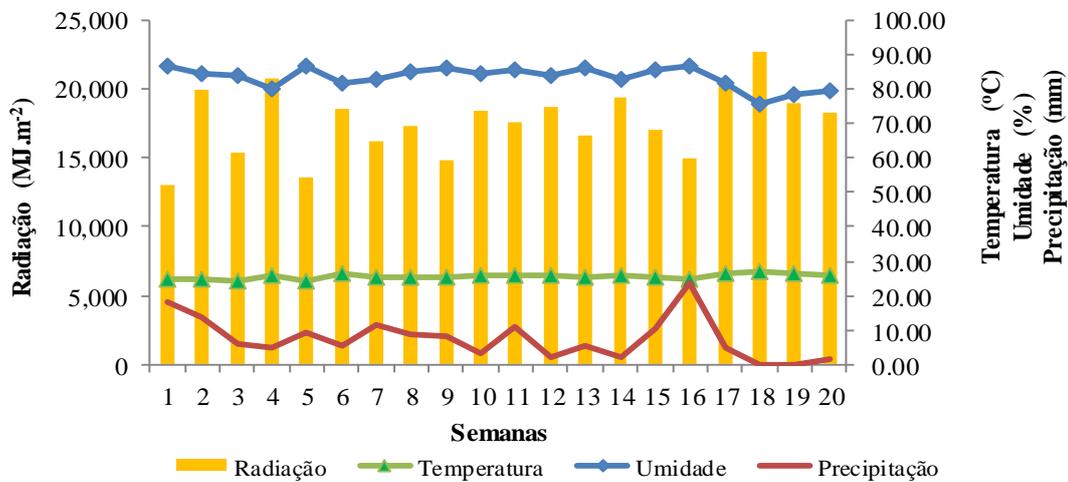
Tabela 17 - Propriedades químicas e físicas do solo da aérea implantada com o capim-Mombaça

Camadas	M.O. ⁽¹⁾	pH	H ⁺ +Al ³⁺	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB ⁽²⁾	CTC ⁽³⁾	CTC ⁽⁴⁾
	g.dm ⁻³	CaCl ₂	cmol.dm ⁻³	g.dm ⁻³		cmol.dm ⁻³			cmol.dm ⁻³	
0-10	16,10	4,06	2,20	0,92	0,003	0,87	0,30	1,30	3,40	1,75
10-20	10,74	4,17	1,60	0,65	0,003	0,90	0,20	1,13	2,73	1,67
	V ⁽⁵⁾	m ⁽⁶⁾	CE ⁽⁷⁾		Areia	Silte	Argila	Classific. Text. ⁽⁸⁾		
	%		ds m ⁻¹							
0-10	35,32	31,40	0,07		94,85	1,90	3,25	Areia		
10-20	41,37	32,36	0,06		93,75	2,75	3,50	Areia		

(1) M.O.: matéria orgânica, (2) SB: soma de bases, (3) CTC: capacidade de troca de cátions, (4) CTCe: capacidade efetiva de troca de cations, (5) V: saturação por bases, (6) m: saturação por alumínio, (7) CE: condutividade elétrica, (8) Clas. Text.: classe textural.

Fonte: Silva, 2011.

Figura 8 - Dados climáticos durante o período experimental em Araguaína-TO



Fonte: Silva, 2011.

O experimento foi realizado no período de 24 de dezembro de 2009 a 10 de maio de 2010, intervalo de tempo em que há condições climáticas para o crescimento do pasto. Na área experimental foi implantada a pastagem de capim-Mombaça (*Megathyrsus maximus*) com quatro subáreas, que apresentavam diferentes níveis de intensificação da produção de leite.

Cada subárea era composta por dezesseis piquetes de 25 m x 48 m, totalizando 1.200 m². Dos dezesseis piquetes disponíveis por tratamento, utilizou-se parte desses, em número suficiente, para a expansão de 2,5 novas folhas. Os demais foram utilizados pelos animais de equilíbrio, os quais foram introduzidos quando necessário para o rebaixamento do pasto ao IAF residual 2, segundo Cândido et al. (2005). O período de descanso e a quantidade de piquetes utilizada por ciclo é apresentado na Tabela 18.

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado num fatorial 2 x 2, sendo dois níveis de adubação nitrogenada (400 e 800 kg ha⁻¹.ano⁻¹) e dois níveis de suplementação com e sem concentrado. Assim, os tratamentos foram: 400 kg de N ha⁻¹.ano⁻¹ sem suplementação (400 SS), 400 kg de N ha⁻¹.ano⁻¹ com suplementação (400 CS), 800 kg de N ha⁻¹.ano⁻¹ sem suplementação (800 SS) e 800 kg de N ha⁻¹.ano⁻¹ com suplementação (800 CS).

Tabela 18 - Período de descanso em dias e número de piquetes para os tratamentos, durante os ciclos de pastejo

Tratamentos		Ciclos			
		1	2	3	4
N (kg.ha ⁻¹)	Suplementação	Período de descanso (dias)			
400	SS	30	30	27	27
400	CS	30	30	27	27
800	SS	21	27	24	27
800	CS	27	33	24	30
		Número de piquetes			
400	SS	11	11	10	10
400	CS	11	11	10	10
800	SS	8	10	9	10
800	CS	10	12	9	11

As letras SS significam sem suplementação e CS com suplementação.

Fonte: Silva, 2011.

Foram utilizadas 48 vacas leiteiras sem padrão racial definido, oriundas da própria Fazenda da Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia e de produtores da região, divididas em 32 animais de prova e 16 de equilíbrio. Os lotes foram separados após um período de desafio de 15 dias. Durante esse período, todos os animais tiveram acesso à suplementação concentrada *ad libitum*, mantidos na mesma pastagem. Após essa fase, foram identificadas as vacas por nível de produção. Foram separados quatro grupos de animais, cada um com oito animais. Dois grupos foram compostos por aqueles que responderam a suplementação (> 11,0 L de leite ao dia). Outros dois grupos foram compostos por animais que não responderam a suplementação (≤ 11,0 L de leite ao dia).

A área experimental foi adubada com fósforo, potássio e micronutrientes nas doses de 40,0 kg de P₂O₅, 100,0 kg de K₂O e 30,0 kg de fonte de micronutrientes. Foram utilizados os fertilizantes supersimples, cloreto de potássio e FTE BR12 como fonte de fósforo, potássio e micronutrientes, respectivamente. O fósforo e o FTE BR12 foram aplicados em parcela única no início do experimento (dezembro 2009). Já o potássio, foi parcelado em duas vezes: uma junto com o fósforo e o FTE BR12 e outra, 60 dias após.

O concentrado foi formulado para se obter em média 20% de proteína bruta e 80% de NDT na matéria seca e foi composto por: 76,7% de fubá de milho, 18,6% de farelo de soja, 1,25% de suplemento mineral (Fospec-80), 1,16% de calcário calcítico e 2,32% de ureia pecuária. Na tabela 19 pode ser observada a composição bromatológica e mineral do alimento concentrado.

Tabela 19 – Composição do alimento concentrado

Bromatologia	
MS%	87,71
PB%	20,81
EE%	4,07
EB Mcal.kg ⁻¹	3,79
NDT%	83,34
Macronutrientes (g.kg⁻¹)	
Fósforo	8,59
Potássio	6,39
Sódio	3,28
Cálcio	3,84
Magnésio	1,72
Enxofre	1,51
Micronutrientes (mg.kg⁻¹)	
Cobre	85,69
Ferro	183,46
Manganês	31,30
Zinco	65,42

Fonte: Autor.

Após cada período de descanso, antes da entrada dos animais, foram realizados os cortes das biomassas de forragem dos respectivos tratamentos. O corte foi realizado a cinco cm de altura da superfície do solo. Posteriormente ao corte, a biomassa de forragem foi então separada nas frações de biomassa de lâminas verdes (BLV), colmos (BCV) e material morto (BMM). Estas amostras foram levadas ao laboratório e colocadas em estufa de ventilação forçada a uma temperatura de 55° C até peso constante.

Em seguida, as amostras foram trituradas em moinho de faca com peneira de porosidade de 1 mm e acondicionadas em frascos plásticos. Foram determinados os teores de proteína bruta (PB) pelo método de Kjeldahl, material mineral (MM) e extrato etéreo (EE), segundo método descrito em AOAC (2012), Lignina (LIG) pelo método do ácido sulfúrico, fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA). A obtenção das FDN e FDA foram realizadas em aparelho digestor de fibras (modelo Tecnal TE-149) (SILVA E QUEIROZ, 2002).

Os carboidratos totais (CT) foram determinados segundo Sniffen et al. (1992). As frações A + B1 foram agrupadas como carboidratos não fibrosos (CNF) e foram calculadas segundo método descrito em AOAC (2012), em que: $CNF(\%) = 100 - MM - PB - EE - FDN_{CP}$. A fração C ou fibra em detergente ácido indigestível (FDAi) foi obtida de acordo com

a fórmula descrita por Sniffen et al. (1992), a qual pode ser obtida da concentração da lignina multiplicada pela constante 2,4. Já a fração B2, constituída da FDN potencialmente degradável, foi obtida a partir da diferença da fração C do teor da FDN_{CP}, assim: $B2 = FDN_{CP} - C$.

Os dados foram analisados com o auxílio do programa computacional SAS 9.0 por meio do procedimento GLM. Os dados foram submetidos à análise de variância, teste de comparação de médias. As interações foram desdobradas quando significativa a 5% de probabilidade. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

5.2 Resultados e Discussão

Os teores de PB foram superiores para os sistemas que receberam a maior dose de nitrogênio ($P < 0,05$; Tabela 4). Não houve efeito da suplementação dos animais em pastejo nos teores de PB da fração de BLV ($P > 0,05$).

Os resultados apresentados neste trabalho estão de acordo com outros autores que também relataram incremento dos teores de PB nas plantas quando aumentadas as doses de nitrogênio (RIBEIRO et al., 1999 e VITOR et al., 2009). Possivelmente o aumento do teor de PB nesta fração decorre do fato de que o nitrogênio constitui enzimas e proteínas que têm em média 16% de nitrogênio presente em suas moléculas. O aumento das concentrações de N no solo disponibiliza mais nitrogênio à absorção da planta e conseqüentemente maior síntese proteica. A clorofila é recorrentemente citada como uma enzima que exemplifica este efeito, tendo a lâmina foliar intensa coloração de verde pelo aumento de sua concentração na célula em consequência do aumento do N disponível à planta.

Houve interação entre adubação e suplementação para os teores do material mineral, sendo significativo o efeito no sistema com 800 kg de N ha⁻¹ e com suplementação, que mostrou ser o menor em relação ao sistema não suplementado (Tabela 20). Não foram constatados efeitos diretos da suplementação e adubação nos teores do material mineral presente na BLV ($P > 0,05$). De modo geral, pastos submetidos à doses maiores de nitrogênio apresentam maior proporção de biomassa seca, como relatado por Mello et al. (2008) e Silva (2008). O nitrogênio por promover o rápido crescimento da planta pode causar um efeito desproporcional entre a biomassa de BLV produzida e o teor de minerais presentes nesta fração, resultando em um efeito de diluição dos minerais nos tecidos das BLV.

Ao analisar o efeito, provavelmente, deveria ocorrer uma redução dos teores de minerais de ambos os tratamentos com dose de 800 kg.ha⁻¹ano⁻¹. No entanto, só foi observado para o sistema 800 kg de N ha⁻¹ano⁻¹ com suplementação. A possível justificativa para tal resposta é que nos piquetes alocados com este tratamento houve disponibilidade menor de nutrientes em decorrência do menor teor de matéria orgânica em relação ao outro sistema com dose de 800 kg.ha⁻¹.

Não houve interação ou efeito direto dos fatores adubação e suplementação para os teores de extrato etéreo da fração BLV ($P > 0,05$; Tabela 20). Os teores de EE das lâminas foliares apresentaram valores baixos, não ultrapassando 1,62% da matéria seca. Os teores de EE apresentados neste trabalho foram superiores aos apresentados por Queiroz (2010) para o capim-tifton, semelhantes aos apresentados por Chambela neto et al. (2008) para o capim-Tanzânia e inferiores aos apresentados por estes autores para o capim-estrela e capim-marandu.

Diferentemente da PB que aumentou segundo a intensificação do sistema pelo acréscimo de N, o extrato etéreo parece não responderem positivamente às adições de N. De acordo com o estudo conduzido por Henriques et al. (2007), que analisaram quatro gramíneas em diferentes idades de corte e doses crescentes de N, não há um padrão definido do teor de EE na planta quanto ao aumento da dose de nitrogênio. As variações demonstradas por Henriques et al. (2007) provavelmente se devem à natureza heterogênea do EE. Segundo Salman et al. (2010); Silva e Queiroz (2002) o extrato etéreo não é constituído apenas por lipídeos, mas também por compostos apolares que são extraídos pelo solvente como fosfolipídios, esteróis, pigmentos vitaminas e ceras.

Tabela 20 – Teores de proteína bruta (PB), material mineral (MM) e extrato etéreo (EE) em lâminas foliares verdes de capim-Mombaça sob diferentes níveis de intensificação da produção de leite

N (kg.ha ⁻¹)	SS	CS	MÉDIA	CV%
PB(%)				
400	10,36	10,18	10,29 ^B	3,75
800	12,20	12,16	12,12 ^A	
MÉDIA	11,28	11,17		
MM(%)				
400	5,06 ^{Aa}	4,99 ^{Aa}	5,02	11,71
800	5,42 ^{Aa}	4,37 ^{Ab}	4,89	
MÉDIA	5,24	4,68		
EE(%)				
400	1,61	1,50	1,55	9,69

800	1,53	1,32	1,43
MÉDIA	1,57	1,41	

Médias na mesma linha e na mesma coluna, seguidas de letras minúsculas e maiúsculas iguais, respectivamente, não diferem ($P>0,05$), pelo teste de Tukey. As letras SS significam sem suplementação, CS com suplementação. Fonte: Autor.

Não houve interação entre adubação e suplementação nem efeito direto para os teores de FDN da BLV ($P>0,05$; Tabela 21). Segundo Benett et al. (2008), há uma tendência de redução da FDN de plantas sob doses mais altas de N em função da maior proporção de tecidos jovens. No entanto, para Mistura et al. (2007), com o aumento das doses adubação nitrogenada, pode ocorrer o incremento de tecidos de sustentação, consecutivamente da FDN, já que há maior crescimento dos perfilhos e lâminas foliares.

Os teores de FDA foram inferiores para os sistemas com dose de 800 kg de N ha⁻¹.ano⁻¹. Também foi constatada diferença para os sistemas com animais suplementados. Estes obtiveram menores médias comparados aos sistemas sem suplementação ($P<0,05$; Tabela 21).

A redução dos teores de FDA decorrida pelo aumento das doses de N é relatada por Benett et al. (2008); Henriques et al. (2007) e Barros et al. (2002). A redução dos carboidratos totais, que também representa os compostos da parede celular comprometeu o crescimento proporcional, no caso a celulose, composto da FDA. A biomassa de lâminas foi 2673; 2747; 2987 e 3252 kg.ha⁻¹.ciclo⁻¹ para os pastos 400 CS, 400 SS, 800 CS e 800 SS, respectivamente. Esse incremento da produção de BLV possivelmente ocasionou maior quantidade de tecidos mais tenros e de menor proporção de parede celular. Segundo Van Soest (1994), a relação folha/colmo é um indicativo de qualidade da forragem e reforça a teoria anteriormente citada. No pasto com dose 800 CS a relação folha/colmo obtida foi de 1,86, a mais alta se comparada aos demais pastos que obtiveram 1,55; 1,73 e 1,51 para 400 CS, 400 SS e 800 SS respectivamente.

Tabela 21 – Teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (LIG) em lâminas foliares verdes de capim-Mombaça sob diferentes níveis de intensificação da produção de leite

N (kg.ha ⁻¹)	SS	CS	MÉDIA	CV%
FDN(%)				
400	64,34	62,90	63,62	5,96
800	61,10	62,66	61,88	
MÉDIA	62,72	62,78		
FDA(%)				
400	41,09	39,84	40,79 ^A	1,65

800	40,52	39,37	39,94 ^B	
MÉDIA	40,80 ^a	39,91 ^b		
LIG(%)				
400	4,73	4,42	4,57	34,87
800	5,00	4,71	4,85	
MÉDIA	4,86	4,56		

Médias na mesma linha e na mesma coluna, seguidas de letras minúsculas e maiúsculas iguais, respectivamente, não diferem ($P>0,05$), pelo teste de Tukey. As letras SS significam sem suplementação, CS com suplementação. Fonte: Autor.

O efeito direto do Nitrogênio sobre os compostos da parede celular, principalmente carboidratos, é a redução dos teores de açúcar da célula. Este fato se dá em decorrência da síntese proteica usar os açúcares como precursores para produção de aminoácidos e proteínas (VAN SOEST, 1994). Deste modo, é pertinente que o aumento da dose de N altere os teores de FDA das plantas presentes nestes tratamentos.

Não houve efeito direto ou interação dos fatores adubação e suplementação sobre os teores de lignina presentes na FLV ($P>0,05$; Tabela 5). Os resultados apresentados neste trabalho são inferiores aos resultados apresentados por Brâncio et al. (2003), para os capins Tanzânia, Mombaça e Massai.

O processo de lignificação dos tecidos das plantas forrageiras, segundo Van Soest (1994), está intimamente ligada à temperatura ambiental. Esta resposta decorre do aumento do metabolismo dos nutrientes do conteúdo celular oriundos da fotossíntese. Assim, estes compostos são transformados em componentes estruturais da parede celular.

Houve interação entre adubação e suplementação para os teores de carboidratos totais (Tabela 22). O menor valor observado foi para o sistema 800 SS ($P<0,05$). Observou-se que os sistemas que receberam a maior dose de N apresentaram os menores teores de CT.

As variações obtidas para os teores de CT podem ser atribuídas ao aumento da dose de nitrogênio, o qual direcionou a síntese proteica em prejuízo da quantidade total de carboidratos (VAN SOEST, 1994). Os resultados apresentados estão de acordo com avaliação de Brâncio et al. (2003), que justifica as variações do valor nutritivo como uma medida indicativa de manejo alimentar, pois impactam diretamente o consumo.

Tabela 22 – Teores de carboidratos totais (CT), frações A+B1, fração B2 e C dos carboidratos em lâminas foliares verdes de capim-Mombaça sob diferentes níveis de intensificação da produção de leite

N (kg.ha ⁻¹)	SS	CS	MÉDIA	CV%
CT(%)				
400	82,98 ^{Aa}	83,33 ^{Aa}	83,16	0,87
800	80,86 ^{Bb}	82,15 ^{Ba}	81,50	
MÉDIA	81,91	82,74		
A+B1(%)				
400	18,64	20,43	19,53	17,24
800	19,76	19,48	19,62,	
MÉDIA	19,20	19,95		
B2(%)				
400	53,00	52,29	52,64	8,28
800	49,11	51,38	50,24	
MÉDIA	51,05	51,83		
C(%)				
400	11,35	10,61	10,98	34,87
800	11,99	11,28	11,64	
MÉDIA	11,67	10,95		

Médias na mesma linha e na mesma coluna, seguidas de letras minúsculas e maiúsculas iguais, respectivamente, não diferem ($P>0,05$), pelo teste de Tukey. As letras SS significam sem suplementação, CS com suplementação. Fonte: Autor.

O sistema de intensificação que apresentou o menor valor para o teor de CT foi o com 800 kg de N ha⁻¹ano⁻¹ sem suplementação. Este resultado é referente à interação do fator dose de N e o não uso de suplemento aos animais. Além do efeito causado pelo nitrogênio, outro aspecto que poderia contribuir ao resultado apresentado por este pasto é a fertilidade do solo. Ocasionalmente, o solo deste sistema foi classificado como o solo onde se obtiveram os maiores teores de matéria orgânica dentre os tratamentos estudados (Dados disponíveis no capítulo I e II). Os CT correlacionaram-se negativamente ($P = 0,05$) com o teor de minerais. Isto é, o sistema com 800 kg de N ha⁻¹ano⁻¹ sem suplementação foi o que apresentou o maior teor de minerais entre os demais. Os maiores teores de minerais presentes naquele solo é um indicativo de maior fertilidade, contribuindo ao alto teor de PB e reduzidos teores de CT.

As frações dos carboidratos A+B1, B2 e C não apresentaram interação ou variação significativa quanto à dose e à suplementação ($P>0,05$; Tabela 22). Segundo Sniffen et al. (1992), a fração A é a fração de mais rápida degradação ruminal, sendo os açúcares simples e os ácidos orgânicos. A fração B1 é composta de carboidratos que possuem velocidade intermediária de degradação como o amido e a pectina. A fração B2 é representada por carboidratos de lenta degradação, presentes na parede celular, celulose e hemicelulose. A

fração C representa a parte indigestível, tendo na lignina associada à parede celular e seus polímeros de celulose como seu principal representante.

A variação que provavelmente ocasionou a redução dos CT foi relacionada aos carboidratos da parede celular, pois não há tendência de diminuição dos carboidratos das frações A+B1. Embora o coeficiente de variação para esta variável apresente um valor relativamente alto é notável uma disposição divergente dos dados para os carboidratos pertencentes às frações A e B1.

Quanto à fração B2, de mais lenta degradação (SNIFFEN et al., 1992), foi observado uma redução, embora que não significativa dos teores de B2 para os pastos com 800 kg de N ha⁻¹. Quanto ao coeficiente de variação também é considerado relativamente alto se comparado ao coeficiente de variação da variável CT. É possível que a redução desses compostos possa ter contribuído à redução dos CT. Os resultados obtidos neste trabalho para a fração B2 encontram-se abaixo dos valores obtidos por Cabral et al. (2000), para capim-elefante (42 e 63 dias), capim-tifton 85 (30 e 50 cm), silagem de milho, silagem de sorgo 69,32; 69,35; 68,73; 78,76; 58,60; 54,89% da MS respectivamente. Possivelmente, os menores teores da fração B2 obtidos neste trabalho devem-se ao menor tempo de rebrota. De acordo com Van Soest (1994) e Wilson 1994 citados por Cabral et al. (2000), há redução da qualidade das gramíneas tropicais em função do aumento da idade principalmente pelo incremento de tecidos estruturais lignificados.

A fração C não variou pela combinação dos fatores dose de N e suplementação ($P > 0,05$; Tabela 22). Segundo Sniffen et al. (1992), a fração C é constituída pela parede celular associada à lignina, composto indigestível. As concentrações de lignina não variaram pelos arranjos de dose de N e suplementação estudados. A lignina por ser um dos componentes desta fração, ocasionaria variação nas concentrações de C. As concentrações de lignina foram responsáveis por aumentar em 17% da fração C em capim-tifton 85 com aumento de 23% na FDN (CABRAL et al., 2000). Deste modo, pode-se atribuir à lignina os principais efeitos na fração C.

5.3 Conclusões

O aumento da intensificação pelo acréscimo de nitrogênio aumenta significativamente os teores de PB da BLV. O aumento da intensificação da produção promove alteração das quantidades de minerais, FDA e carboidratos totais das frações da planta. A intensificação

promovida pelo aumento da dose de nitrogênio melhora a qualidade do pasto de capim-Mombaça nas referidas condições experimentais.

REFERÊNCIAS

- ABREU, C. A. de; LOPES, A. S.; SANTOS, C. C. G. dos. Micronutrientes. In: **Fertilidade do Solo**. p. 645–736.
- ALFARO, M.; *et al.* Nutrients balances in beef cattle production systems and their implications for the environment. **Jounal Soil Sc. Planta Nutrient**, v. 9, n. 1, p. 40–54, 2009.
- ANDRADE, A. C.; *et al.* Elephant grass Napier cv . Mass Production and Nutritive Value under Increasing Levels of Nitrogen and Potassium Fertilizers. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 6, p. 1589–1595, 2000.
- ARGENTA, G.; *et al.* Plant parameters as indicators of nitrogen status in maize crop. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 4, p. 519-527, 2002.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official methods of analysis International**. 19th edition, 2012.
- AZAM, F.; MALIK, K. A.; SAJJAD, M. I. Transformations in soil and availability to plants of ¹⁵N applied as organic fertilizer and legumes residues. **Plant and Soil**. The Hague, v. 86, p. 3-13, 1985.
- BARCELLOS, A. O.; *et al.* Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína, nos trópicos brasileiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.51-67, 2008.
- BARON, V.S.; *et al.* Grazing intensity impacts on pasture carbon and nitrogen flow. **Journal of Range Management**, v. 55, n. 6, p. 535-541, 2002.
- BARROS, C. O.; *et al.* Rendimento e composição química do capim-Tanzânia estabelecido com milho sob três doses de nitrogênio. **Ciências Agrotécnicas**, v. 26, n. 5, p. 1068–1075, 2002.
- BATISTA, K.; MONTEIRO, F. A. Nitrogen and sulphur in marandu grass - relationship between supply and concentration in leaf tissues. **Scientia Agricola**, v. 64, n. 1, p. 44–51, 2007.
- BENETT, C. G. S.; *et al.* Produtividade e Composição. **Ciências Agrotécnicas**, v. 32, n. 5, p. 1629–1636, 2008.
- BEUTLER, A.N.; *et al.* Efeito da compactação na produtividade de cultivares de soja em latossolo vermelho. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v. 30, p. 787-794, 2006.
- BRAGA, G. J. Sequestro de carbono em pastagens cultivadas. **Pesquisa & Tecnologia**, vol. 7, n. 1, p. 6, 2010.
- BRÂNCIO, P. A.; *et al.* Avaliação de Três Cultivares de Panicum maximum Jacq. sob Pastejo. Composição Química e Digestibilidade da Forragem. **R. Bras. Zootec.**, v.31, n.4,

p.1605-1613, 2002.

BRASIL. Ministério da Fazenda. **Panorama do mercado de fertilizantes**. <https://www.gov.br/participamaisbrasil/me-seae>. SEAE. 2014.

BRAZ, S. P.; *et al.* Aspectos quantitativos do processo de reciclagem de nutrientes pelas fezes de bovinos sob pastejo em pastagem de brachiaria decumbens na zona da mata de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 2, p. 858–865, 2002.

BRISKE, D.D. & HEITSCHMIDT, R.K. An ecological perspective. In: EITSCHMIDT, R.K. & STUTH, J.W. **Grazing management: An ecological perspective**. Oregon: Timber Press, 1991. p.11-26.

CABRAL, S.; *et al.* **Frações de Carboidratos de Alimentos Volumosos e suas Taxas de Degradação Estimadas pela Técnica de Produção de Gases**. Forage Carbohydrate Fractions and its Degradation Rates Estimated by Gas Production Technique. v. 29, n. 6, p. 2087–2098, 2000.

CÂNDIDO, M. J. D.; *et al.* Morfofisiologia do dossel de panicum maximum cv . mombaça sob lotação intermitente com três periodos de descanso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 2, p. 406–415, 2005.

CANTARELLA, H. & MARCELINO, R. Fontes alternativas de nitrogênio para a cultura do milho. **Informações Agronômicas** 122 (2008): p.12-14.

CARDOSO, E. G. Suplementação de bovinos de corte em pastejo (semiconfinamento). In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL: Confinamento de bovinos, 9, 1997, Piracicaba. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1997. p. 97-120.

CARVALHO, J. L. N.; *et al.* Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.34: p.277-289, 2010.

CASTAGNARA, D. D.; *et al.* (2011). Valor nutricional e características estruturais de gramíneas tropicais sob adubação nitrogenada. **Archivos de zootecnia**, 60(232), 931-942.

CECATO, U.; *et al.* Uso de nitrogênio em pastagens. In Ulysses Cecato... (et al.) ed. **Simpósio de produção animal a pasto** (2011 nov. 10-12: Maringá, PR) SIMPAPASTO, p. 117 – 161.

CHAMBELA NETO, A.; *et al.* Composição química-bromatológica e digestibilidade de três gramíneas tropicais em Minas Gerais. **Archivos de Zootecnia**, v. 57, n. 219, p. 357–360, 2008.

CONCEIÇÃO, G. M.; *et al.* Determinação de macronutrientes (N, P, K, Ca, S, e Mg) nas espécies de Poaceae de uma área de cerrado maranhense. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 17, p. 1052, 2013.

CORTINHAS, C. S. **Fornecimento de zinco, cobre e selênio orgânicos para vacas leiteiras**

e efeitos sobre a qualidade do leite e saúde da glândula mamária. 2009. 2009.

COSTA, K. A. P; *et al.* Extração de nutrientes do capim-marandu sob doses e fontes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Saúde Animal**, v. 10, n. 4, p. 801–812, 2009.

DORLAND, E.; *et al.* Differential Effects of Oxidised and Reduced Nitrogen on Vegetation and Soil Chemistry of Species-Rich Acidic Grasslands. **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 224, n. 9, p. 1-13, 2013/08/07 2013. ISSN 0049-6979. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s11270-013-1664-4> .

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos** / Humberto Gonçalves dos Santos [et al.]. 3 ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013, 353 p. ISBN 978-85-7035-198-22013.

Métodos de análise de tecidos vegetais utilizados na Embrapa Solos / Ciríaca Arcangela Ferreira de Santana do Carmo ... [et al.]. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000. 41 p. ISSN 1517-5146.

EUCLIDES, V.P.B.; *et al.* Características do pasto de capim-tanzânia adubado com nitrogênio no final do verão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 8, p. 1189-1198, 2007.

FLOWERS, M.D.; LAL, R. Axle load and tillage effects on soil physical properties and soybean grain yield on a mollic ochraqualf in northwest Ohio. **Soil and Tillage Research**, v. 48, n. 1–2, p. 21-35, 1998. ISSN 0167-1987. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198798000956>.

FONTANA, A. **Fracionamento da matéria orgânica e caracterização dos ácidos húmicos e sua utilização no sistema brasileiro de classificação de solos.** 2009. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Tese_Ademir+Fontana_UFRRJ_Solos_000gn99qfjg02wx5ok0liq1mqtdbgtdz.pdf.

FONSECA, D. M. **Reciclagem de nutrientes sob condições de pastejo.** 2002.

FREITAS, K. R.; *et al.* Avaliação do capim mombaça (*Panicum maximum* Jacq .) submetido a diferentes doses de nitrogênio. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 27, n. 1, p. 83–89, 2005.

HENRIQUES, L. T.; *et al.* Frações de carboidratos de quatro gramíneas tropicais em diferentes idades de corte e doses de adubação nitrogenada. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 59, n. 3, p. 730–739, 2007.

HODGSON, J. **Grazing management: Science into practice**, Longman Science and Technical, Logma Group, U. K., p. 203, 1990.

LAL, R. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. **Science**, v. 304, p. 1623-1627, 2004.

LA SCALA JR, N.; DE FIGUEIREDO, E.B.; PANOSSO, A.R. A review on soil carbon accumulation due to the management change of major Brazilian agricultural activities. **Brazilian Journal of Biology**, v. 72, n. 3 SUPPL., p. 775-785, 2012. Disponível em:

<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84867079814&partnerID=40&md5=5e8d2f6d0246d0cc9a0ca8ecc7190ea7>.

LEDGARD, S.; *et al.* Environmental impacts of grazed clover/grass pastures. **Irish Journal of Agricultural and Food Research**, v. 48, n. 2, p. 209-226, 2009.

LEDGARD, S. Nitrogen cycling in low input legume-based agriculture, with emphasis on legume/grass pastures. **Plant and Soil**, v. 228, n. 1, p. 43-59, 2001/01/01 2001. ISSN 0032-079X. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1023/A%3A1004810620983>.

MALAVOLTA, E. **Tradução e adaptação do original "Required by Plants"**, PPI, Norcross, EUA. ARQUIVO DO AGRÔNOMO Nº 10, 1996.

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

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3.ed London: Elsevier, 2012. 643p.

MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L.; SOUSA, D. M. G. de. Adubação nitrogenada. In: MARTHAJÚNIOR, G. B.; VILELA, L.; SOUSA, D. M. G.de (Ed.). **Cerrado: uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens**. Planaltina, DF: EmbrapaCerrados, 2007. p. 117-144.

MARTELLO, B. V. P; *et al.* Doses de nitrogênio para maximização da produção do capim-elefante cv. guaçu no período das secas. **Brazilian Industria Animal**, v. 57, n. 2, p. 151–161, 2000.

MELLO, S. Q. S.; *et al.* Adubação nitrogenada em capim-mombaça: produção, eficiência de conversão e recuperação aparente do nitrogênio. **Ciência Animal Brasileira**, v. 9, n. 4, p. 935–947, 2008.

MERTENS, D. R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of dairy science**, v. 80, n. 7, p. 1463–81, 1997. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030297760752>.

MISSIO, E. L.; NICOLOSO, F. T. Distúrbios nutricionais induzidos pela adubação de fósforo e ferro em plantas jovens de grápia (*Apuleia leiocarpa*). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 4, p. 377-389, 2005.

MISTURA, C.; *et al.* Efeito da adubação nitrogenada e irrigação sobre a composição químico-bromatológica das lâminas foliares e da planta inteira de capim-elefante sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 6, p. 1707-1714, 2007.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrients requirements of dairy cattle**. Seventh edition revised, 2001.

NEVENS, F.; REHUEL, D. Effects of cutting or grazing grass swards on herbage yield, nitrogen uptake and residual soil nitrate at different levels of N fertilization. **Grass and Forage Science**, v. 58, n. 4, p. 431-449, 2003. ISSN 1365-2494. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2494.2003.00396.x>.

NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. Seventh Re ed. [s.l.] National Academies Press, 2001.

O'CONNOR, J.D.; *et al.* A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets; IV. Predicting Amino Acid adequacy. **Jornal of Animal Science**. 1993. 71:1298-1311.

OLIVEIRA, I. P.; *et al.* **Sistema barreirão**: Empregperação de micronutrientes na recuperaação de pastagens. Santo Antonio de Goiás EMBRAPA-CNPAF, 1998. 36p. (EMBRAPA-CNPAF. circular técnica, 30).

OLIVEIRA, M. A.; *et al.* Produção e valor nutritivo do capim-coastcross sob doses de nitrogênio e idades de rebrotação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia**, v. 63, n. 3, p. 694–703, 2011.

PANCOTI, C. G.; *et al.* **O fósforo na alimentação de bovinos**. p. 6, 2013.

PEREIRA, M. G.; *et al.* Carbono, matéria orgânica leve e fósforo remanescente em diferentes sistemas de manejo do solo. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 45, n. 5, p. 508–514, 2010.

PRIMAVESI, A.C; *et al.* Nutrientes na fitomassa capim-marandu. **Ciência Agrotecnológica**, v. 30, p. 562–568, 2006.

QUEIROZ, C. I. A. **Produção de forragem e desempenho de cabritos em pastejo**. p. 1–104, 2010.

RENNÓ, L. N., *et al.* Concentração plasmática de uréia e excreções de uréia e creatinina em novilhos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 4, p. 1235-1243, 2000.

RESENDE, A.V.; FURTINI NETO, A.E. **Aspectos relacionados ao manejo da adubação fosfatada em solos do Cerrado (Documentos/ Embrapa Cerrados, ISSN 1517-5111; 195)**, 2007. . Disponível em:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28917>\n<http://dmd.aspetjournals.org/content/6/4/379.sh> ort\nhttp://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAC-2009/28917/1/doc_195.pdf.

RIBEIRO, K. G.; GOMIDE, J. A., & PACIULLO, D. S. C. Adubação nitrogenada do capim- elefante cv. Mott. 2. Valor nutritivo ao atingir 80 e 120 cm de altura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, n. 6, p. 1194-1202, 1999. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-35981999000600004&script=sci_arttext.

RODRIGUES, P. N. F.; *et al.* Efeito do composto orgânico e compactação do solo no milho e nutrientes do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 8, p. 788–793, 2011. Disponível em: <http://go.galegroup.com/ps/i.do?id=GALE%7CA263250693&v=2.1&u=capes&it=r&p=AON E&sw=w&asid=eec64f4176dbe5b4dd60d898d12fd983> .

RUSSELL, J. B.; *et al.* A Net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. ruminal fermentation. **Journal of Animal Science**. n.70, p.3551-3561, 1992.

SALMAN, A. K. D.; *et al.* **Metodologias para avaliação de alimentos para ruminantes domésticos**. p. 26, 2010.

SANTOS, H.Q.; *et al.* Níveis críticos de fósforo no solo e na planta para gramíneas forrageiras tropicais, em diferentes idades. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 26, p. 173–182, 2002.

SCHOLEFIELD, D.; *et al.* A model to predict transformations and losses of nitrogen in UK pastures grazed by beef cattle. **Plant and Soil**, v. 132, n. 2, p. 165–177, 1991. ISSN 0032-079X. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/BF00010397>.

SEGATTO, M. P.; *et al.* Decomposição de resíduos industriais no solo. **Ciência e Natura**, v. 34, n. 1, p. 49, 2012.

SENGIK, E. S. **Os macronutrientes e os micronutrientes das plantas**. 2003, 22p.

SILVA, A. A.; DELATORRE, C. A. Alterações na arquitetura de raiz em resposta à disponibilidade de fósforo e nitrogênio. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. v.8, n.2, p. 152-163, 2009.

SILVA, D. J. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. Viçosa, MG: UFV. 165p., 1990.

SILVA, D. R. G.; *et al.* Eficiência nutricional e aproveitamento do nitrogênio pelo capim-marandu de pastagem em estágio moderado de degradação sob doses e fontes de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, p. 242-249, 2011. ISSN 1413-7054. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542011000200003&nrm=iso.

SILVA, G. A. **Potencial produtivo e valor nutritivo do capim mombaça submetido a doses de nitrogênio e alturas de cortes**. 2008.

SILVA, M.L.S.; TREVIZAM, A.R. Interações iônicas e seus efeitos na nutrição de plantas. **Informações Agronômicas**, n. 149, p. 10-16, 2015.

SILVEIRA, C. P. & MONTEIRO, F. A. Influence of nitrogen and calcium fertilizations on morphological and productive characteristics of Tanzania guineagrass roots grown in nutrient solution. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 1, p. 47-52, 2011.

SILVEIRA, C. P.; MONTEIRO, F. A. Morfogênese e produção de biomassa do capim-tanzânia adubado com nitrogênio e cálcio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 2, p. 335–342, 2007.

SISTEMA DE CARBOIDRATOS E PROTEÍNAS LÍQUIDOS. Para a avaliação da nutrição de rebanhos e excreção de nutrientes. (CNCPS Versão 5.0) **Documentação do Modelo CNCPS**. Tradução: Fernando César Ferraz Lopes, Heloísa Carneiro, Jaílton da Costa Carneiro, Limirio de Almeida Carvalho, Oriel Fajardo de Campos, Pedro Braga Arcuri. Juiz de Fora, MG, 2003.

SNIFFEN, C. J.; *et al.* A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of animal science**, v. 70, n. 11, p. 3562–3577, 1992.

SOEGAARD, K. Nitrogen fertilization of grass/clover swards under cutting or grazing by dairy cows. **Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Plant Soil Science**, v. 59, n. 2, p. 139–150, 2009. Disponível em:
<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09064710802022911>.

SÔFFA DA CRUZ, R.; *et al.* Produtividade do Capim-Cameroon estabelecida em duas classes de solos e submetido a doses crescentes de nitrogênio no norte tocantinense. **Acta Scientiarum. Animal Sciences (UEM)**, v. 32, n. 4, p. 393+, 2010. ISSN 18062636. Disponível em:
<http://go.galegroup.com/ps/i.do?id=GALE%7CA243527131&v=2.1&u=capes&it=r&p=AONE&sw=w&asid=26623e292c9cafa34f6e7220ee639748>.

SØRENSEN, P. Immobilisation, remineralisation and residual effects in subsequent crops of dairy cattle slurry nitrogen compared to mineral fertiliser nitrogen. **Plant and Soil**, v. 267, n. 1-2, p. 285-296, 2004.

STICHLER, C. **Grass growth and development**. 2002, p. 12.

SZAKÁCS, G.G.J. **Sequestro de carbono nos solos**. Avaliação das potencialidades dos solos arenosos sob pastagens, Anhembi-Piracicaba/SP. Dissertação. Piracicaba, São Paulo, 2003. Centro de Energia Nuclear na Agricultura. p. 128.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. [tradução Armando Molina Divan Junior]; revisão técnica: Paulo Luiz de Oliveira. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013, 918p. ISBN 978-85-363-2795-2.

TEBALDI, F. L. H.; *et al.* Composição Mineral das Pastagens das Regiões Norte e Noroeste do Estado do Rio de Janeiro. Manganês, Ferro, Zinco, Cobre, Cobalto, Molibdênio e Chumbo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 2, p. 616–629, 2000.

TEIXEIRA, J. C. **Nutrição de ruminantes**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997, 200p.

TORRES, J.L.R. & PEREIRA, M. G. Dinâmica do potássio nos resíduos vegetais de plantas de cobertura no cerrado. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 32, n. 1, p. 1609–1618, 2008.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant, second edition**. 1994, 122p.

VITOR, C. M. T.; *et al.* 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.

VENDRAME, P. R. S.; *et al.* Disponibilidade de cobre, ferro, manganês e zinco em solos sob pastagens na Região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 6, p. 859–864,

2007.

VIANA, E. M. **Interação de nitrogênio e potássio na nutrição, no teor de clorofila e na atividade da redutase do nitrato em plantas de trigo.** 2007.

VITOR, C. M. T.; *et al.* 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.