

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

**BIOMASSA, EFICIÊNCIA DE CONVERSÃO, RECUPERAÇÃO
APARENTE DE NITROGÊNIO E COMPOSIÇÃO
BROMATOLÓGICA DA SILAGEM DE CULTIVARES DE
MILHETO SUBMETIDOS À ADUBAÇÃO NITROGENADA**

Doutorando: Nelson Rafael da Silva
Orientador: Prof. Dr. Aldi Fernandes de Souza França

GOIÂNIA
2013



Termo de Ciência e de Autorização para Disponibilizar as Teses e Dissertações Eletrônicas (TE-DE) na Biblioteca Digital da UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás–UFG a disponibilizar gratuitamente através da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações – BDTD/UFG, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: ☐ Dissertação ☒ Tese

2. Identificação da Tese ou Dissertação

Autor: **Nelson Rafael da Silva** E-mail: **rafael.nelsonrafaeldasilva@gmail.com**

Seu e-mail pode ser disponibilizado na página? ☒ Sim ☐ Não

Vínculo Empregatício do autor: **Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Tocantins Campus Araguatins** Agência de fomento:

País: UF: CNPJ: Sigla:

Título: Biomassa, eficiência de conversão, recuperação aparente de nitrogênio e composição bromatológica da silagem de cultivares de milho submetidos à adubação nitrogenada Palavras-chave: **CNCPS, degradabilidade, fermentação e fracionamento**

Título em outra língua: **Biomass, conversion efficiency, apparent recovery of nitrogen and chemical composition of silage of cultivars of millet submitted the nitrogen fertilization**

Palavras-chave em outra língua: **CNCPS, degradability, fermentation, fractionation**

Área de concentração: **Produção Animal** Data defesa: (dd/mm/aaaa) **02/12/2013**

Programa de Pós-Graduação: **Ciência Animal**

Orientador(a): **Prof. Dr. Aldi Fernandes de Souza Franca** E-mail: **aldi_franca@ufg.br**

Co-orientador(1): **Prof. Dr. Emmanuel Arnhold** E-mail: **emmanuelarnhold@yahoo.com.br**

Co-orientador(2): **Profª Drª Eliane Sayuri Miyagi** E-mail: **eliane_miyagi@hotmail.com**

3. Informações de acesso ao documento:

Liberação para disponibilização?¹ ☒ total ☐ parcial

Em caso de disponibilização parcial, assinale as permissões:

[] Capítulos. Especifique:

[] Outras restrições:

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF ou DOC da tese ou dissertação.

O Sistema da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações garante aos autores, que os arquivos contendo eletronicamente as teses e ou dissertações, antes de sua disponibilização, receberão procedimentos de segurança, criptografia (para não permitir cópia e extração de conteúdo, permitindo apenas impressão fraca) usando o padrão do Acrobat.

Goiânia 12 de fevereiro de 2014


Assinatura do(a) autor(a)

¹ Em caso de restrição, esta poderá ser mantida por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Todo resumo e metadados ficarão sempre disponibilizados.

NELSON RAFAEL DA SILVA

**BIOMASSA, EFICIÊNCIA DE CONVERSÃO, RECUPERAÇÃO
APARENTE DE NITROGÊNIO E COMPOSIÇÃO
BROMATOLÓGICA DA SILAGEM DE CULTIVARES DE
MILHETO SUBMETIDOS À ADUBAÇÃO NITROGENADA**

Tese apresentada à Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás, junto ao Programa de Pós-Graduação, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Ciência Animal.

Área de Concentração:
Produção Animal

Linha de pesquisa:
Metabolismo animal e forragicultura na produção animal

Orientador:
Prof. Dr. Aldi Fernandes de Sousa França – UFG

Comitê de orientação:
Prof. Dr. Emmanuel Arnhold - UFG
Profa. Dra. Eliane Sayuri Miyagi – UFG

GOIÂNIA
2013

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Silva, Nelson Rafael da.

S586b Biomassa, Eficiência de Conversão, Recuperação Aparente de Nitrogênio e Composição Bromatológica da Silagem de Cultivares de Milheto Submetidos à Adubação Nitrogenada [manuscrito] / Nelson Rafael da Silva. - 2013.

102 f. : figs, tabs.

Orientador: Prof. Dr. Aldi Fernandes de Souza França.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Goiás, Escola de Veterinária e Zootecnia, 2013.

Bibliografia.

1. Milho – Adubação – Silagem 2. Silagem – Milho – Fermentação 3. Adubação nitrogenada – Milheto 4. Milheto – Fracionamento de proteínas I. Título.

CDU: 633.15:636.085.52

AGRADECIMENTOS

À Deus pela oportunidade de realizar mais um sonho.

À minha família por ter contribuído para que tudo fosse realizado.

Ao professor, Dr. Aldi Fernandes de Souza França, pela força, dedicação, confiança, colaboração, orientação e ajuda em todas as etapas realizadas do projeto. Professor Aldi: um amigo, um sábio incansável e um exemplo de profissionalismo. Muito obrigado por tudo.

Ao comitê de orientação: Prof. Dr. Emmanuel Arnhold e Profa. Dra. Eliane Sayuri Miyagi, pelo auxílio e ensinamentos fundamentais neste trabalho.

À UNESP – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal SP, especialmente ao professor Dr. Ricardo Andrade Reis, Érica Christina Lara, Fernanda Carvalho Basso e Carlos Henrique Silveira Rabelo, pela oportunidade e colaboração na realização das análises de produção de gases *in vitro*.

À USP- Universidade de São Paulo, ESALQ, Piracicaba, na pessoa da Doutoranda Débora Basto e do Professor Dr. Luiz Gustavo Nússio, pela oportunidade e realização das análises de AGCC da silagem de milho.

À Universidade Federal de Goiás, Departamento de Produção Animal e a Coordenação do Programa de Pós-graduação em Ciência Animal pela oportunidade de realização do curso.

A todos os professores da UFG, Escola de Veterinária e Zootecnia e Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos que me oportunizaram conhecimentos e Amizade.

Aos técnicos de laboratório Eder de Souza Fernandes, ao Carlos pela orientação nos momentos das análises laboratoriais.

Aos colegas de curso Leonardo G. Oliveira, Hugo Peron, Daniel Staciarini Corrêa e Tayrone Prado pela colaboração na realização deste trabalho.

Aos alunos estagiários: Ludmila Brunes, Marcos Vinícios, Caniggia Lacerda, Jennyfer Campos, Tatiany Tamires e Lidiamar Lorena.

Aos Funcionários do Instituto Federal do Tocantins Campus Araguatins: ao Reitor Francisco Nairton do Nascimento, ao Diretor Geral Décio Dias dos Reis pela colaboração e apoio, aos técnicos de laboratório, Maristela Tavares Gonçalves, Ricardo Lopes de Alencar e José Armando Veras Trovão, pela colaboração durante a realização das análises laboratoriais.

A todos os colegas de curso, que oportunizaram dias de convivência inesquecíveis e aprendizagem.

Muito obrigado.

SUMÁRIO

LISTA DE BELAS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	xiv
LISTA DE ABREVIATURAS.....	x
RESUMO.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
CAPÍTULO 1- CONSIDERAÇÕES GERAIS	01
1.INTRODUÇÃO.....	01
2.REVISÃO DE LITERATURA	02
2.1 O milheto forrageiro <i>Pennisetum glaucum</i> (L).....	02
2.2 Potencial produtivo do milheto.....	04
2.2.1 Época, densidade e espaçamento de semeadura.....	04
2.2.2 Adubação nitrogenada em gramíneas anuais.....	05
2.3 Eficiência, conversão e recuperação aparente do N.....	07
2.4 Composição bromatológica do milheto.....	07
2.5 Fracionamento de carboidratos e proteínas.....	10
2.6 Cinética da fermentação avaliada pela técnica de produção de gases <i>in vitro</i>	12
REFERÊNCIAS.....	14
CAPÍTULO 2 - PRODUÇÃO DE BIOMASSA, NITROGÊNIO CONTIDO, EFICIÊNCIA DE CONVERSÃO, RECUPERAÇÃO APARENTE DO NITROGÊNIO E COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA DE CULTIVARES DE MILHETO SOB FERTILIZAÇÃO NITROGENADA.....	20
RESUMO.....	20
ABSTRACT.....	21
1.INTRODUÇÃO.....	22

2.MATERIAIS E MÉTODOS.....	23
3.RESULTADO E DISCUSSÃO.....	28
4.CONCLUSÕES.....	39
REFERÊNCIAS.....	40

CAPÍTULO 3 - FRACIONAMENTO DE CARBOIDRATOS E COMPOSTOS NITROGENADOS DA MASSA SECA DA SILAGEM DE CULTIVARES DE MILHETO SOB DOSES DE NITROGÊNIO..... 45

RESUMO.....	45
ABSTRACT.....	46
1.INTRODUÇÃO.....	47
2.MATERIAIS E MÉTODOS.....	48
3.RESULTADO E DISCUSSÃO.....	53
3.1 Fracionamento de proteínas.....	53
3.2 Fracionamento de carboidratos.....	58
4.CONCLUSÕES.....	61
REFERÊNCIAS.....	62

CAPÍTULO 4 - PRODUÇÃO “IN VITRO” DE GASES DA SILAGEM DE TRÊS CULTIVARES DE MILHETO SOB DOSES DE NITROGÊNIO..... 65

RESUMO.....	65
ABSTRACT.....	66
1.INTRODUÇÃO.....	67
2.MATERIAIS E MÉTODOS.....	68
3.RESULTADO E DISCUSSÃO.....	74
4.CONCLUSÕES.....	84
REFERÊNCIAS.....	85

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1. Produção de matéria seca em vários estádios de desenvolvimento avaliados em dias após a semeadura em três cultivares de milho	05
Tabela 2. Composição bromatológica de cultivares de milho submetidos a quatro idades de cortes	08
Tabela 3. Teores de MS, PB, FDN, FDA, CEL, HEM e LIG da silagem em três genótipos de milho	09

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Variáveis climáticas observadas no período experimental	23
Tabela 2. Atributos químicos do solo da área experimental	24
Tabela 3. Valores médios de produção de massa verde (MV), massa seca (MS) e nitrogênio contido na planta (NC), determinados nos cultivares de milho submetidos à adubação nitrogenada	29
Tabela 4. Média das variáveis da composição bromatológica da matéria seca entre os tratamentos doses de N nos cultivares de milho	38

CAPÍTULO 3

Tabela 1. Variáveis climáticas observadas no período experimental	48
Tabela 2. Atributos químicos do solo da área experimental	49
Tabela 3. Valores médios das frações de compostos nitrogenados determinados na silagem de cultivares de milho sob doses de N em percentagem da PB	54
Tabela 4. Valores médios das frações de carboidratos totais determinados nos cultivares de milho submetidos à adubação nitrogenada	58
Tabela 5. Valores médios das frações de carboidratos determinados nas silagens de cultivares de milho submetidos à	

adubação nitrogenada	60
----------------------------	----

CAPÍTULO 4

Tabela 1. Variáveis climáticas observadas no período experimental	69
Tabela 2. Atributos químicos do solo da área experimental	69
Tabela 3. Composição bromatológica da silagem de cultivares de milho sob doses de nitrogênio	74
Tabela 4. Valores médios do volume de gases produzido, taxa de produção de gás e tempo de colonização das partículas da matéria seca da silagem de milho sob doses de N	76
Tabela 5. Conteúdo de CNF determinados na silagem dos cultivares de milho sob doses de N	77
Tabela 6. Valores médios do volume de gases produzido, taxa de produção de gás e tempo de colonização das partículas da matéria orgânica da silagem de milho sob doses de N	80
Tabela 7. Valores médios da digestibilidade in vitro da matéria orgânica e NDT dos cultivares de milho	82

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

- Figura 1. Curvas de regressão das variáveis de produção de massa verde (MV) de forragem, massa seca (MS) pelas doses de N nos cultivares de milho..... 30
- Figura 2. Curvas de regressão das variáveis: (A) produção de massa seca (MS) e nitrogênio contido (NC) determinados nos cultivares de milho sob adubação nitrogenada..... 32

CAPÍTULO 4

- Figura 1. Gráfico de produção de gás (mL.gMS^{-1}) das silagens de milho em respostas aos níveis de adubação nitrogenada..... 79
- Figura 2. Gráfico de produção de gás (mL.gMO^{-1}) nos níveis de adubação nitrogenada..... 82

LISTA DE ABREVIATURAS

N	nitrogênio
DBC	delineamento em blocos casualizados
t	toneladas
ha ⁻¹	hectare
kg	kilograma
mL	mililitros
g	grama
MO	matéria orgânica
NDT	nutrientes digestíveis totais
CNCPS	The Cornell Net Carbohydrate and Protein System
m	metros
L. R. Br	Leeke R. Brown
<i>P</i>	<i>Pennisetum</i>
MS	matéria seca
DAS	dias após a semeadura
P	fósforo
PB	proteína bruta
FDN	fibra em detergente neutro
FDA	fibra em detergente ácido
NNP	nitrogênio não proteico
EM	energia metabolizável
MV	massa verde
ECAN	eficiência na conversão aparente do nitrogênio
RAN	recuperação aparente do nitrogênio
HEM	hemicelulose
CEL	celulose
LIG	lignina
CNF	carboidratos não fibrosos
MO	matéria orgânica
MM	matéria mineral
mm	milímetros

Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Ca	cálcio
Mg	magnésio
K	potássio
Al	alumínio
H	hidrogênio
P(mel)	fósforo Melich
pH	potencial hidrogeniônico
V	saturação por base
Cmol _c	centimol de carga
dm ⁻³	decímetro cúbico
mg	miligrama
CaCl ₂	cloreto de cálcio
m ²	metro quadrado
SPV	sementes puras e viáveis
SS	súper simples
P ₂ O ₅	pentóxido de fósforo
KCl	cloreto de potássio
K ₂ O	óxido de potássio
FTE BR 16	Elementos traços fritos
NC	nitrogênio contido
EE	extrato etéreo
CZ	cinzas
PMSFA	produção de massa seca de forragem nas parcelas adubadas com nitrogênio kg ha ⁻¹
PMSFNA	produção de massa de forragem nas parcelas não adubadas com nitrogênio kg ha ⁻¹
DNU	dose de nitrogênio utilizada kg ha ⁻¹
NAC	nitrogênio total absorvido pela parte aérea das plantas nas parcelas com adubação nitrogenada kg ha ⁻¹
FDNcp	fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína
NPK	nitrogênio, fósforo e potássio
NCNA	nitrogênio contido nas parcelas não adubadas.

NCA	nitrogênio contido nas parcelas adubadas
CV%	coeficiente de variação em percentagem
CT	carboidratos totais
UFC	unidade formadora de colônias
TNT	tecido não tecido
NIDN	nitrogênio insolúvel em detergente neutro
NIDA	nitrogênio insolúvel em detergente ácido
NS	nitrogênio solúvel
TCA	ácido tricloroacético
TBF	tampão borato fosfato
CHOT	carboidratos totais
INCT-CA F	Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia Fibras
V	volume de gases acumulado no tempo
VF1	volume de gás produzido pela fração solúvel fermentada
K1	taxa de produção de gases pela fração solúvel fermentável
g	tempo de colonização
VF2	volume de gás produzido pela fração insolúvel fermentada
K2	taxa de produção de gases produzido pela fração insolúvel fermentada
DIVMO	digestibilidade in vitro da matéria orgânica

RESUMO

A presente pesquisa foi desenvolvida no Departamento de Produção Animal da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás, no município de Goiânia – Goiás. Objetivou-se avaliar a produção de biomassa, o nitrogênio contido na parte aérea da planta, a eficiência de conversão e a recuperação aparente de N, a composição bromatológica da planta, a característica fermentativa, a quantificação das frações de carboidratos e compostos nitrogenados e a cinética de produção de gás da silagem dos cultivares de milheto submetidos à adubação nitrogenada. Os tratamentos foram constituídos por três cultivares de milheto: ADR 500, ADR 7020 e LABH 70732 e quatro doses de N: 0; 50; 100 e 200 kg ha⁻¹. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC) em esquema fatorial 3x4 (três cultivares e quatro doses de N), com quatro repetições. A produção de massa verde apresentou interações entre doses e cultivares, com variação de 30,54 a 50,96 t ha⁻¹. A produção de massa seca diferiu apenas entre as doses de N, variando de 7,66 a 12,46 t ha⁻¹. A eficiência de conversão e a recuperação aparente de N diferiram (P<0,05) e apresentaram valores médios decrescentes em função da crescente adubação nitrogenada. Dentre os cultivares de milheto foram observadas diferenças no nitrogênio contido nas parcelas não adubadas, com variação de 103,64 (ADR 500) a 135,69 kg ha⁻¹ (LABH 70732). Não houve efeito significativo (P>0,05) dos cultivares, e os ADR 500 e ADR 7020 apresentaram maior eficiência na conversão e recuperação aparente do nitrogênio. Os potenciais de produção de gás da fração solúvel e insolúvel das cultivares de milheto foram estatisticamente semelhantes variando de 94,4 e 141,6 mL/g de matéria seca degradada, verificando que os cultivares possuem características de fermentação do conteúdo solúvel semelhantes. Observou-se também que a taxa de fermentação da fração solúvel não apresentou diferenças estatisticamente significantes. O cultivar ADR 7020, apresentou maior porcentagem de carboidratos solúveis (P<0,05) na dose de zero kg.ha⁻¹ de N, 17,41%, em relação às doses de 50 e 100 kg.ha⁻¹ de N, 13,22 e 13,37%, respectivamente, mas não influenciou na quantidade e na taxa de produção de gás do conteúdo solúvel. A produção de gás a partir do conteúdo solúvel em relação à matéria orgânica (MO) foi afetada positivamente pela adubação nitrogenada no cultivar LABH 70732, na dose de 50 kg.ha⁻¹ de N (P<0,05) em relação ao tratamento que não recebeu adubação nitrogenada, não diferindo estatisticamente das demais doses de adubação nitrogenada. Houve um incremento na produção do volume de gás produzido pelo conteúdo insolúvel no cultivar LABH 70732 na dose de 200 kg.ha⁻¹ de N (P<0,05) e em relação aos outros cultivares na mesma dose de adubação. Apesar de serem constatadas diferenças nas quantidades de gás produzido pelas frações solúveis e insolúveis, houve diferenças significativas entre a digestibilidade *in vitro* estimada e a porcentagem de NDT das cultivares (P<0,05) e entre as doses de adubação nitrogenada.

Palavras-chaves: CNCPS, degradabilidade, fermentação, fracionamento.

ABSTRACT

This research was conducted in the Animal Production Department of the Veterinary and Animal Science School of the Federal University of Goiás in Goiânia – Goiás. This study aimed to evaluate the biomass production, the nitrogen contained in the plant canopy, the conversion efficiency and apparent recovery of N, the chemical composition of the plant, the characteristic fermentative, the quantification of the carbohydrates and nitrogen fractions and the of gas production kinetics from the silage of pearl millet cultivars submitted to nitrogen fertilization. The treatments consisted of three millet cultivars: ADR 500, ADR 7020 and LABH 70732 and four N doses: 0, 50, 100 and 200 kg ha⁻¹. The experimental design used randomized blocks (RBD) in a 3x4 factorial design (three cultivars and four N doses), with four replications. The green mass production showed interactions between cultivars and doses, ranging from 30.54 to 50.96 t ha⁻¹. The dry mass production differed only among the N doses ranging from 7.66 to 12.46 t ha⁻¹. The conversion efficiency and apparent N recovery differed ($P < 0.05$) and showed decreasing average values due to the increase of nitrogen fertilization. Among the millet cultivars differences were observed on the nitrogen contained in unfertilized plants, ranging from 103.64 (ADR 500) to 135.69 kg ha⁻¹ (LABH 70732). The chemical composition did not differ due to the evaluated N rates. Cultivars ADR 500 and ADR 7020 showed higher conversion efficiency and apparent recovery of nitrogen among the evaluated cultivars. The gas production potential from the soluble and insoluble fraction of millet cultivars were statistically similar, ranging between 94.4 and 141.6 mL/g⁻¹ of degraded dry mass, observing that the cultivars have similar soluble content fermentation characteristics. It was also observed that the rate fermentation rate of the soluble fraction did not show significant statistical differences. The ADR 7020 cultivar, had a higher percentage of soluble carbohydrates ($P < 0.05$) at a dose of zero kg ha⁻¹ N, 17.41%, compared to doses of 50 and 100 kg ha⁻¹ N, 13.22 and 13.37%, respectively, did not influence the amount and rate of the gas production of the soluble content. Gas production from the soluble content in relation to organic matter (OM) was positively affected by nitrogen fertilization in LABH 70732 farming, at a dose of 50 kg ha⁻¹ N ($P < 0.05$) compared to the unfertilized plants. Those plants did not differ statistically from the other nitrogen fertilization. There was an increase in the gas production from the insoluble fractions in LABH 70732 at a dose of 200 kg ha⁻¹ N ($P < 0.05$) and compared to other cultivars in the same dose of fertilization. Even though there were differences in the amounts of gas produced by soluble and insoluble fractions, there were significant differences among the estimated digestibility *in vitro* and the TDN cultivar's percentage ($P < 0.05$) and among the nitrogen fertilization levels.

Keywords: CNCPS, degradability, fermentation, fractioning.

1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. INTRODUÇÃO

A produção de ruminantes no Brasil tem como base os sistemas extensivo ou semi-intensivo, em pastagens naturais ou cultivadas. Nestes sistemas a produtividade animal não pode ser maximizada de acordo com o potencial genético animal, principalmente devido à estacionalidade de produção de forragem, característica da região dos cerrados do Brasil, em função de duas estações bem definidas: período chuvoso e seco.

A produção de forragem nas regiões tropicais, principalmente na região central do Brasil, é caracterizada por períodos de alta produção, e valor nutricional superior e também por períodos com menores volumes de produção e de valor nutricional inferior. Isto ocorre devido à diminuição da disponibilidade de luz, temperatura e umidade em determinadas períodos do ano (COSTA et al., 2011).

O melhoramento genético e o surgimento de novas cultivares de plantas forrageiras, com maior potencial de produção de biomassa e melhor valor nutricional, pode contribuir no incremento da produtividade animal e reduzir os problemas de escassez de forragem na entressafra.

O milheto (*Pennisetum glaucum* L.R. Br) é uma forrageira anual de verão, de fácil cultivo e destaca-se pelas suas características fisiológicas, pois se adapta aos mais variados ecossistemas, apresenta uma alta tolerância ao déficit hídrico e solos ácidos, os quais são limitantes para o cultivo de outras culturas, tais como milho e sorgo. O cultivo de milheto tem se expandido, devido à sua rusticidade, ao crescimento acelerado, à adaptação a solos de baixa fertilidade e à própria capacidade de produção de biomassa vegetal (SILVA et al., 2012).

O nitrogênio é o nutriente que mais limita a produção de forragem e quando utilizado de acordo com as recomendações técnicas, contribui com aumento na produção de biomassa (SILVA et al., 2012).

A técnica de preservação da forragem tem sido adotada como uma prática para encarar a carência de forragem durante o período crítico do ano e o milho merece atenção para produção de silagem de qualidade aceitável, sendo capaz de produzir alimentos adicionais em quantidade e qualidade satisfatória durante esta época do ano (GUIMARÃES JUNIOR et al., 2008; COSTA et al., 2011).

Objetivou-se através deste trabalho avaliar o potencial de produção de biomassa, o nitrogênio contido na parte aérea da planta, a eficiência de conversão e recuperação aparente de N, a composição bromatológica da planta, bem como, as características fermentativas, a quantificação das frações de carboidratos e de nitrogênio e da produção de gases da silagem de cultivares de milho submetidos à adubação nitrogenada.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 O milho forrageiro

O milho *Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown pertence à família *Poaceae*, subfamília *Panicoideae*, gênero *Pennisetum* (BRUKEN, 1997). Há várias sinonímias botânicas usadas para esta espécie *P. typhoides* Stapf e Hubbard, *P. americanum* (L.) Leeke ou *P. glaucum* (L.) R. Brown.

Originário de regiões de clima tropical semi-árido do continente africano, posteriormente disperso para a Ásia, onde ocorre os mais importantes centro de diversidade genética da espécie (KUMAR & NIOMEY, 1989)

O milho é uma gramínea forrageira anual de verão, ciclo vegetativo curto, muito útil para forrageamento de bovinos. É uma espécie cespitosa de porte ereto, e apresenta perfilhamento abundante. A prática tem revelado que só são bem-sucedidas as semeaduras realizadas a partir de outubro, que corresponde ao início do período chuvoso. Sob essa condição, a forrageira germina bem e o crescimento de plantas ocorre com rapidez e compensa a semeadura antecipada assegurando alta produtividade de forragem em menor espaço de tempo (FRIBOURG, 1985; PEREIRA FILHO et al., 2003).

A planta possui ciclo vegetativo de aproximadamente 60 a 90 dias nos cultivares precoces e de 100 a 150 dias nos tardios. Condições de temperatura variando de 25 a 35 °C é o ideal para seu desenvolvimento, considerando que a planta é suscetível a temperaturas abaixo de 10 °C (GOMES et al., 2008).

A planta forrageira pode ser utilizada para pastoreio, fenação, ensilagem e produção de grãos, sendo muito tolerante à seca. Por isso, é uma boa opção para o cultivo em safrinha, na região dos cerrados. Tem-se expandido de forma acelerada devido à sua rusticidade, ao crescimento rápido, à adaptação a solos de baixa fertilidade e à própria capacidade de produção de biomassa (BRAZ, 2005).

O milheto apresenta grande tolerância ao estresse hídrico, fato que se deve ao seu sistema radicular profundo que pode alcançar até 3,60 m de profundidade, além de sua alta eficiência na utilização da água para produção de massa seca, pois necessita de cerca 300 a 400 gramas de água para produzir um grama de matéria seca. (GUIMARÃES JR, 2006).

A cultura do milheto, também apresenta facilidade de mecanização, facilidade de produção de sementes, não se tornam infestantes e são resistentes a pragas e doenças (BONAMIGO, 1999).

O milheto é o sexto cereal mais importante no mundo, situando-se após o trigo, o arroz, o milho, a cevada e o sorgo. É utilizado com dois propósitos: seus grãos são usados para consumo humano, na África e na Índia e a planta inteira pode ser utilizada na alimentação de ruminantes, sob a forma de capineira ou de pasto (DURÃES & NETTO, 2005).

A cultura do milheto passou a se destacar no Cerrado após os trabalhos de seleção iniciados em 1981, que resultaram no lançamento das variedades BN-1 e BN-2, em 1986 e 1991, respectivamente. Esses estudos contribuíram decisivamente para que, a partir de 1991, o milheto passasse a ser adotado como cobertura morta do solo, em semeadura direta em cultura de sucessão, sendo aproveitado principalmente como pastagem e/ou silagem. (KOLLET et al., 2006).

2.2 Potencial produtivo do milheto

2.2.1 Época, densidade e espaçamento de semeadura

De acordo com KICHEL & MIRANDA (2000), a semeadura pode ser realizada a lanço ou em linha, dependendo da finalidade da cultura. Para pastejo o espaçamento pode variar de 0,2 a 0,3 m entre linhas, com taxa de semeadura de 18 a 20 kg de sementes por hectare. Quando se objetiva a produção de grãos, sementes ou silagem, a taxa de sementes varia de 12 a 15 kg ha⁻¹, com espaçamento de 0,4 a 0,6 m entre linhas.

A época de semeadura pode variar de setembro a março de acordo com cada finalidade de uso do milheto. Quanto mais cedo for efetuada a semeadura mais massa e grãos serão produzidos, já nas semeaduras tardias a produção de massa será menor e poucos grãos serão produzidos pela cultura, demonstrando que a planta apresenta grande rusticidade e amplo período para sua semeadura. A planta é capaz de compensar baixas densidades de semeadura devido à sua alta capacidade de perfilhamento. A profundidade de semeadura pode variar de 2 a 4 cm. COSTA et al. (2005) avaliaram o potencial de produção de cultivares de milheto em duas épocas de semeadura – janeiro e março e, constataram as maiores produções de biomassa na semeadura de janeiro.

A densidade de semeadura é outro fator determinante no potencial de produção de biomassa do milheto forrageiro, conforme se verifica nos trabalhos conduzidos por OLIVEIRA et al. (2002) ocasião em que os autores relatam produção de massa verde da ordem de 45,8 t ha⁻¹, enquanto a biomassa seca alcançou 14,2 t ha⁻¹, com a utilização de 40 a 50 sementes por metro linear. SILVA et al. (2003) avaliaram o potencial de produção de biomassa do milheto em diferentes épocas e densidades de semeadura no sul do Tocantins e, observaram efeitos significativos da época e densidades de semeadura. Segundo os autores as maiores produções de massa seca foram obtidas na densidade de 20 kg ha⁻¹, independente da época de semeadura. SILVA et al. (2003) observaram que a produção de biomassa do milheto varia conforme a época de semeadura: na semeadura tardia, ocorre redução de

produção, em função da defasagem dos fatores climáticos, especialmente a baixa umidade.

PIRES et al. (2007) testaram o potencial de produção da massa seca de três cultivares de milho forrageiro, utilizando duas densidades de semeadura : 60 e 72 sementes por metro linear, em três idades de corte e, concluíram que a produção de massa seca aumenta com o avanço da maturidade da planta forrageira, conforme se observa na (Tabela 1).

TABELA 1 – Produção de matéria seca em vários estádios de desenvolvimento avaliados em dias após a semeadura (DAS), em três cultivares de milho

Estádio de desenvolvimento	DAS	Matéria Seca (t ha ⁻¹)		
		ADR 500	ADR 300	BN2
Pré-emborrachamento	36	3,52 ^{Ad}	3,47 ^{Ad}	2,55 ^{Ad}
Pré-florescimento	45	6,31 ^{Ac}	5,01 ^{Abc}	4,21 ^{Bc}
Início florescimento	52	9,35 ^{Ab}	8,75 ^{Ab}	5,81 ^{Bb}
Pleno florescimento	59	19,29 ^{Aa}	19,69 ^{Aa}	8,12 ^{Ba}

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem pelo teste Duncan a 5%.

Fonte: PIRES et al. (2007)

De acordo com NETTO (1998), o espaçamento para semeadura do milho é variável de acordo com objetivo do cultivo. Quando a finalidade é a formação para pastejo, o espaçamento deverá ser de 0,3 m, entre linhas e de 0,5 a 0,7 m, para produção de silagem. PEDRICO et al. (2010), testaram quatro espaçamentos: 0,25; 0,35; 0,45 e 0,65 m e quatro doses de P, em contraste com duas densidades de semeadura: 20 e 30 sementes por metro linear, visando a produção de massa seca. Segundo os autores as maiores produções de massa seca foram observadas no espaçamento de 0,25 m. A influência do espaçamento entre linhas também foi testada por PRIESNITZ et al. (2011) no rendimento de biomassa de dois genótipos de milho: milho comum e IPA BULK 1, em quatro espaçamentos: 0,2; 0,4; 0,6 e 0,8 m, com a utilização de uma taxa de semeadura de 25 kg de sementes ha⁻¹. Segundo os autores as

plantas semeadas no espaçamento de 0,2 m, apresentaram em média, a maior produção de massa verde e massa seca – 50,84 e 17,60 t ha⁻¹, respectivamente.

SILVA et al. (2004) avaliaram o efeito da população de plantas sobre a produção de biomassa do milheto cv. ENA1, e observaram aumento na produção à medida que, se elevava a densidade populacional e reduzia o espaçamento entre linhas.

2.2.2 Adubação nitrogenada em gramíneas anuais

O nitrogênio é o principal nutriente e o mais exigido no processo de produção de massa seca da maioria das plantas forrageiras cultivadas (CARNEIRO et al., 2008).

A produção de massa seca do milheto tende a aumentar com acréscimo das doses de nitrogênio (GUIDELI et al., 2000; HERINGER & MOOJEN, 2002).

Respostas lineares de gramíneas tropicais à fertilização nitrogenada até doses anuais de 400 a 600 kg ha⁻¹ têm sido obtidas (VIANA et al., 2011). Nas altas doses de aplicação, o parcelamento é importante para o crescimento uniforme e o equilíbrio nutricional das plantas forrageiras. Para MARTUSCELLO et al. (2005) o aumento do teor de nitrogênio no solo por meio de fertilização é o principal método de incrementar a produção forrageira, principalmente quando a espécie responde a esta adubação, desde que não haja limitações de outros nutrientes e de fatores climáticos.

O incremento da produção de massa seca de forragem com a adubação nitrogenada ocorre de forma linear e crescente até certo ponto (SILVA, 2010).

A adubação com nutrientes em quantidades e proporções adequadas, principalmente o nitrogênio, é importante no sistema de produção em pastagens, pois o nitrogênio do solo proveniente da mineralização da matéria orgânica não é suficiente para atender a demanda de gramíneas com alto potencial produtivo (FAGUNDES et al., 2006).

As respostas às adubações nitrogenadas são dependentes da forrageira, uma vez que a produtividade, o valor nutritivo e a persistência são características inerentes a cada espécie, sendo, estes, atributos dependentes da constituição genética, das condições edafoclimáticas e do manejo adotado (SILVA, 2010).

2.3 Eficiência e conversão e recuperação aparente de N

A taxa de recuperação do N-fertilizante na forragem produzida e a conversão deste em MS são parâmetros comumente utilizados para medir a eficiência da adubação nitrogenada. Essas variáveis são muito influenciadas pelos fatores ambientais, pela forma de uso da pastagem, bem como pelo manejo e da fonte de N usada na adubação (MARTHA JÚNIOR et al. (2007). As maiores taxas de eficiência de conversão em forrageiras tropicais, são observadas nas doses correspondentes até 150 kg ha⁻¹ de N, enquanto as análises dos trabalhos de CRESPO, (1984 e 1986); PRIMAVERSI et al. (2001) permitem concluir que a eficiência de conversão do N-fertilizante em forragem não é alterada quando pequenas quantidades do fertilizante (25 a 60 kg N ha⁻¹ são adicionadas, por ciclo de crescimento. Segundo ainda os autores, a eficiência do uso do N-fertilizante decresce, linearmente, com adubações superiores a 50 – 60 kg N ha⁻¹ por ciclo de crescimento e, na média, cada incremento de 10 kg N, na amplitude de 50 a 200 kg N ha⁻¹ por ciclo, determina uma redução de 1,73 kg MS kg N aplicado. Por outro lado, MARTHA JÚNIOR et al. (2007) afirmam que as maiores recuperação de N, ocorrem nas doses mais baixas, enquanto as menores recuperações são observadas nas doses mais altas de N aplicadas nas pastagens.

2.4 Composição bromatológica do milheto

A produção e a composição química da massa seca do milheto são alteradas com a fertilização nitrogenada (ROBINSON,1991; KUMAR et al.,1995), a época e altura de corte e variações típicas de cada cultivar.

A planta forrageira de milho pode ser utilizada inteira, como alimento para o gado, na forma de capineira, silagem ou pastejo direto, pois produz grande quantidade de folhagem tenra, nutritiva (até 24% de PB e digestibilidade oscilando entre 60 a 78%), além de ser atóxica e de alta aceitabilidade pelos animais (AMARAL et al., 2008).

TABELA 2 – Composição bromatológica de cultivares de milho submetidas a quatro idades de cortes

Cultivares	Idades (dias)			
	70	90	160	180
Matéria seca (%)				
BRS 1501	20,16 ^a	33,04 ^b	77,95 ^a	83,05 ^a
BN1	22,45 ^a	36,92 ^a	73,25 ^a	76,34 ^a
Comum	24,68 ^a	37,22 ^a	70,53 ^a	75,02 ^a
Proteína bruta (% MS)				
BRS 1501	10,09 ^a	9,81 ^a	6,20 ^a	6,60 ^a
BN1	9,93 ^a	8,14 ^a	5,84 ^a	6,66 ^a
Comum	10,51 ^a	9,86 ^a	7,00 ^a	6,88 ^a
Fibra em detergente neutro (%MS)				
BRS 1501	66,73 ^a	70,91 ^a	79,14 ^a	85,98 ^a
BN1	63,67 ^a	66,98 ^a	84,79 ^a	87,22 ^a
Comum	64,56 ^a	67,52 ^a	80,48 ^a	83,42 ^a
Fibra em detergente ácido (% MS)				
BRS 1501	38,12 ^a	36,89 ^a	45,43 ^{ab}	49,94 ^a
BN1	34,37 ^a	34,43 ^a	48,69 ^a	50,16 ^a
Comum	35,36 ^a	36,16 ^a	44,47 ^b	47,82 ^a

Médias seguidas de mesma letra minúsculas nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5%

FONTE: AMARAL (2003)

O número de cultivares de milho lançados no mercado tem aumentado, o que torna necessária uma melhor avaliação nutricional desses genótipos quando destinados a produção de silagem.

Através do trabalho conduzido por AMARAL et al. (2008), observa-se que a maturidade da planta forrageira é fator determinante nas modificações na composição bromatológicas da massa seca produzida (Tabela 2).

A produção e a composição química da massa seca do milho são alteradas com a fertilização nitrogenada, com a época da semeadura e com a cultivar. Assim, em virtude de fatores relacionados com o meio ambiente ou com o genótipo, ocorrem variações nas características de crescimento e no comportamento fisiológico do milho (GUIDELLE, 2000).

De acordo com PEREIRA FILHO et al. (2005) o nitrogênio exerce influência sobre os teores de proteína bruta e da produção de biomassa verde e variam em função do estágio de desenvolvimento da planta forrageira, sendo que maiores concentrações ocorrem na fase vegetativa da cultura.

GUIMARÃES JUNIOR et al. (2005) avaliaram a composição bromatológica de três genótipos de milho: BRS 1501; NPM 1 e CMS 3, visando a produção de silagem, cortados aos 82 dias de crescimento vegetativo (Tabela 3).

TABELA 3 – Teores de matéria seca, proteína bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, celulose, hemicelulose e lignina da silagem em três genótipos de milho

Parâmetros	Genótipos		
	BRS - 1501	NPM - 1	CMS - 3
MS (%)	21,28	22,72	20,99
PB (%)	11,83	10,73	11,45
FDN (%)	70,54	71,22	71,02
FDA (%)	37,70	39,71	39,37
Celulose (%)	35,78	37,06	37,40
Hemicelulose (%)	32,84	31,71	31,65
Lignina (%)	1,92	2,65	1,97

FONTE: Adaptado de GUIMARÃES JÚNIOR (2006)

2.5 O fracionamento de carboidratos e compostos nitrogenados

O CNCPS (Cornell Net Carbohydrate and Protein System) assume que os alimentos são compostos nitrogenados, (N proteico e não proteico) carboidratos, gordura, cinzas e água. Entretanto, sendo os maiores valores para carboidratos e compostos nitrogenados, subdivididos por composição química e física e características de degradação ruminal e digestibilidade pós ruminal (SNIFFEN et al., 1992).

O fracionamento de compostos nitrogenados e carboidratos, torna-se importante na identificação de substâncias simples e compostas denominadas frações de relevância nutricional, que auxiliam na explicação de fenômenos de natureza nutricional (BERCHIELLI et al., 2006).

Caracterizar a forragem quanto à composição bromatológica e digestibilidade são importantes na avaliação das plantas forrageiras, pois possibilitam na indicação da necessidade de suplementação da dieta, em determinados períodos de acordo com a categoria animal (VELASQUEZ et al., 2010)

Os carboidratos são importantes na nutrição de ruminantes, pois representam a principal fonte de energia para os microrganismos ruminais e para os animais. Nos ruminantes criados no sistema extensivo, cerca de 70 a 90% dos carboidratos consumidos são provenientes dos constituintes da parede celular (LACERDA et al., 2004).

Os carboidratos totais nos alimentos podem ser divididos nas seguintes frações: fração A, fração solúvel do nutriente, formada de açúcares simples e ácidos orgânicos de rápida degradação ruminal; fração B₁, constituída basicamente de amido e pectina e de degradação intermediária; fração B₂, caracterizada por taxa de degradação ruminal mais lenta e que corresponde à porção digestível da parede celular vegetal; e fração C, porção da parede celular vegetal que não é digerida no trato gastrointestinal.

O entendimento da cinética de degradação dos compostos nitrogenados deve ser baseado na diferenciação entre o nitrogênio solúvel após o tratamento com agentes químicos, que promovem a precipitação das formas de nitrogênio, e o nitrogênio insolúvel residual após o tratamento com

estes compostos; o nitrogênio insolúvel representa as frações potencialmente degradáveis (B_1 , B_2 e B_3) e indegradável (C), dos alimentos (SNIFFEN et al., 1992; VAN SOEST, 1994; LICITRA et al., 1996).

A proteína bruta (PB) pode ser subdividida nas seguintes frações: fração A, constituída basicamente por compostos nitrogenados não-protéicos (NNP), aminoácidos e peptídeos, de degradação instantânea; fração B_1 , fração de proteínas solúveis e de rápida degradação ruminal; fração B_2 e B_3 , compostos nitrogenados insolúveis com taxas de degradação intermediária e lenta no rúmen, respectivamente; e fração C, representada por compostos nitrogenados insolúveis e não-digeríveis no rúmen e nos intestinos (SNIFFEN et al., 1992).

Os alimentos utilizados para os ruminantes devem ser fracionados para sua adequada avaliação (SNIFFEN et al., 1992).

É interessante que a fração química isolada do alimento seja útil como fator de produção e que, a partir do fracionamento, seja antecipado o desempenho animal para o correto planejamento dos sistemas de produção (BERCHIELLI et al., 2006).

Fração “A” de carboidratos são açúcares simples e seus conjugados, tais como glicose e os dissacarídeos com função de reserva nas plantas a exemplo da sacarose, são considerados nessa fração ácidos orgânicos que são aldeídos e cetonas poli-hidroxilados, com taxa de degradação nula (BERCHIELLI et al., 2006).

Fração “ B_1 ” de carboidratos são compostos de reservas das plantas, amido, frutanas (presentes nas folhas e colmos de gramíneas temperadas) e galactanas (presentes nas leguminosas) e alguns polissacarídeos presentes na parede celular, sendo a pectina e as beta glicanas os carboidratos estruturais mais representativos em função da sua elevada concentração em algumas forrageiras, como alfafa e subprodutos de indústria como a polpa cítrica (BERCHIELLI et al., 2006).

Fração “ B_2 ” de carboidratos são os polissacarídeos que copõem a parede celular vegetal, celulose (é uma microfibrila firmemente empacotada compostas de cadeias lineares de D – Glicose unidas por ligações β (1- 4), não covalentes e resistência elástica e propriedades extraordinárias a hemicelulose

são grupos heterogêneos de polissacarídeos de matriz que se ligam a celulose, diversos tipos de hemicelulose são encontrados em paredes celulares (TAIZ et al., 2009).

Fração “C” de carboidratos é representada pela fibra indigestível, é estimada como sendo o valor de lignina x 2,4 (fator de multiplicação) (SNIFFEN et al., 1992).

2.6 Cinética da fermentação avaliada pela técnica de produção de gases *in vitro*.

Conhecer a degradabilidade ruminal e a digestibilidade pós rúmen dos alimentos torna-se importante na obtenção do seu valor nutricional.

O conhecimento da composição química-bromatológica dos alimentos, torna-se importante na determinação da digestibilidade, contribuindo na obtenção do valor energético dos mesmos. A determinação da digestibilidade contribui, significativamente, para o desenvolvimento de sistemas, e determinar o valor nutritivo dos alimentos (VAN SOEST, 1994).

A técnica de MENKE e STEINGASS (1988) prediz o valor energético dos alimentos pela técnica de produção de gases *in vitro* durante a incubação de amostras de alimento com líquido ruminal. Esses autores relataram uma forte correlação entre os valores de energia metabolizável (EM), medidos *in vitro* e os valores preditos pela técnica de produção de gases *in vitro* durante 24 horas, combinados com a composição química dos alimentos avaliados.

O método de produção de gases *in vitro*, tem sido desenvolvido no mundo todo e, existe uma variação de procedimentos e materiais utilizados para a obtenção dos dados. Neste contexto, vários fatores podem influenciar nos resultados, em maior ou menor escala, tais como: fonte de inóculo, dieta do animal doador, tempo de coleta e incubação, tipo do alimento incubado, material utilizado para medir a produção de gás, tamanho da partícula, dentre outros (MAGALHÃES, 2007).

A técnica semi-automática de produção de gases *in vitro* é de baixo custo inicial, fácil manutenção e adaptabilidade o que faz dela o sistema ideal para uso em países, onde os custos, o nível de conhecimentos técnicos

necessários ou a disponibilidade de peças de reposição torna os sistemas mais complexos inadequados (MAURÍCIO et al., 1999).

3 REFERÊNCIAS

1. AMARAL, P.N.C. **Silagem e rolão de milho em diferentes idades de corte**. 2003. 78 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras MG.
2. AMARAL, P.N.C.; EVANGELISTA, A.R.; SALVADOR, F.M.; PINTO, J.C. Qualidade e valor nutritivo da silagem de três cultivares de milho, **Ciência Agrotecnica**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 611-617, 2008.
3. BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. Nutrição de ruminantes. IN RODRIGUES, M.T.; VIEIRA, R.A.M. **Metodologias aplicadas ao fracionamento de alimentos**, Jaboticabal: Funep, 2006, 583 p.
4. BONAMIGO, L. A. A cultura do milho no Brasil, implantação e desenvolvimento no cerrado. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE MILHETO, 1999, Planaltina. **Anais...** Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999. p. 31-65.
5. BRAZ, A. J. B.P., KLIEMANN, H.J.; SILVEIRA, P.M. Produção de fitomassa de espécies de cobertura em latossolo vermelho distroférrico **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 35 n.1, p. 55-64, 2005.
6. BRUKEN, J.N. A systematic study of *Pennisetum* Sect. *Pennisetum* (Gramineae). **American Journal of Botany**, New York, v. 64, n.2, p. 161-176, 1997.
7. CARNEIRO, M.A.C.; CORDEIRO, M.A.S.; ASSIS, P.C.R.; MORAES, E.S.; PEREIRA, H.S.; PAULINO, H.B.; SOUZA, E.D. Produção de fitomassa de diferentes espécies de cobertura e suas alterações na atividade microbiana de solo de cerrado, **Bragantia**, Campinas, v.67, n.2, p.455-462, 2008.
8. COSTA, A.C.T.; GERALDO, J.; PEREIRA, M.B.; PIMENTEL, C. Unidades térmicas e produtividade em genótipo de milho semeados em duas épocas, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.12, p.1171-1177, 2005.
9. COSTA, K.A.P.; ASSIS, R.L.; PERIM, R.C.; GUIMARÃES, K.C.; PALUDO, A.; PRIVADO, C.J.T. VIEIRA, T.P. Qualidade e valor nutritivo de silagem de genótipos de milho produzidas com e sem inoculante bacteriano, **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal**, Salvador, v.12, n.2, p.286-295, 2011.
10. CRESPO, G. Variation in the response of tropical pastures to nitrogenous fertilizers throughout the year. 1. Pangola grass (*Digitaria decumbens* Stent) without irrigation. Cuban **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.18, p.63-74, 1984.

11. CRESPO, G. Variation in the response of tropical pastures to nitrogenous fertilizers throughout the year. 3. Guinea grass (*Panicum maximum* Jacq) with irrigation. **Cuban Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.20, p.73-81, 1986.
12. DURÃES F.O.M.; NETTO A.M. Milheto, **Milheto tecnologias de produção e agronegócio**, EMBRAPA, Informação Tecnológica, Brasília, p. 17, 2005.
13. FAGUNDES, J. L.; FONSECA, D. M.; MORAIS, R. V. M.; MISTURA, C.; VITOR, C. M. T.; GOMIDE, J. A.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; SANTOS, M. E. R.; LAMBERTUCCI, D. M.; Avaliação das características estruturais do capim-Braquiária em pastagens adubadas com nitrogênio nas quatro estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.35, n.1, p.30-37, 2006.
14. FRIBOURG, H.A. Sumer annual grasses. IN: HEAT, M.E.; BARNES, R.F.; METACALFE, D.S. **Forrages: the science of grassland agriculture**. Iowa State University. Ames, Iowa. 4. ed. p. 278-286, 1985.
15. GOMES, P.C.; RODRIGUES, M.P.; ALBINO, L.F.T; ROSTAGNO, H.S.; GOMES, M.F.M.; MELLO, H.H.C.; BRUMANO, G. Determinação da composição química e energética do milheto e sua utilização em rações para frango de corte de 1 a 21 dias de idade, **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.37, n.9, p.1617-1621, 2008.
16. GUIDELI, C.; FAVORETTO, V., MALHEIROS, E.B. Produção e qualidade do milheto semeado em duas épocas e adubado com nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, V.35, n.10, p. 2093-2098, 2000.
17. GUIMARÃES JÚNIOR, R.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; JAYME, D. G.; PIRES, D. A. A.; BORGES, A. L. C. C.; RODRIGUEZ, N. M.; SALIBA, E. L. S.; BORGES, I. Matéria seca, proteína bruta, nitrogênio amoniacal e ph das silagens de três genótipos de milheto [*pennisetum glaucum* (l). r. br.] em diferentes períodos de fermentação. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.4, n.2, p.251-258, 2005.
18. GUIMARÃES JÚNIOR, R. **Avaliação nutricional de silagem de milheto [Pennisetum (L). R. Br.]**. 2006, 90p. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.
19. GUIMARÃES, JÚNIOR, R.; GONÇALVES, L.C.; MAURÍCIO, R.M.; PEREIRA, L.G.R.; TOMMICH, T.R.; PIRES, D.A.A.; JAYME, D.G.; Cinética de fermentação ruminal de silagens de milheto. **Arquivo**

- Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia.**, Belo Horizonte. v.60, n.5, p.1174-1180, 2008.
- 20.HERINGER, I.; MOOJEN, E.L. Potencial produtivo, alterações da estrutura e qualidade da pastagem de milheto submetida a diferentes níveis de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n.2, p.875-882, 2002.
 - 21.KICHEL, A.N.; MIRANDA, C.H.B. Uso do milheto como planta forrageira, 2000. Disponível em:
<http://w.w.w.cnpqc.embrapa.br/publicações/divulga/GCD46.html> Acesso em: 30 de outubro de 2013.
 - 22.KOLET, J.L.; DIOGO, J.M.S.; LEITE, G.G. Rendimento forrageiro e composição bromatológica de variedades de milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. BR.) **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.35, n.4, p.1308-1315, 2006.
 - 23.KUMAR, K.A.; NIOMEY, P. **Pearl millet: current status and future potencial**. Outlook on Agriculture, London, v.2, n.8, p.46-53, 1989.
 - 24.KUMAR, A.; GAUTAM, R. C.; KAUSHIK, S. K. Production potential of rainfed pearl millet (*Pennisetum glaucum*), castor (*Ricinus communis*) intercropping at different fertility levels. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, New Delhi, v. 65, n. 5, p.315-322, 1995.
 - 25.LACERDA, P.D.; MALAFAIA, P.; VIEIRA, R.A.M.; HENRIQUE, D.S.; VAN DER MADE, I.E.; FARIA, A.R.G. Variação anual da composição bromatológica de duas forrageiras cultivadas nas baixadas litorâneas do Estado do Rio de Janeiro¹, Brasil, **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.2, 2004.
 - 26.LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds, **Animal Feed Science Technology**, Amsterdam, v.57, p.347-358, 1996.
 - 27.MAGALHÃES, K.A. 1978 – **Tabelas brasileiras de composição de alimentos, determinação e estimativa do valor energético de alimentos para bovinos**, 2007, 281 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa – Viçosa MG.
 - 28.MARTA JÚNIOR, G.B.; VILELA, L.; SOUZA, D.M.G. Adubação nitrogenada. In: **Cerrado: uso Eficiente de Corretivos e Fertilizantes em Pastagens**. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, P. 117-144, 2007.
 - 29.MAURÍCIO, R.M.; MOULD, F.L.; DHANOA, M.S.; OWEN, E.; CHANA, S.K.; THEODOROU, M.K. A semi-automated in vitro gas production

- technique for ruminant feedstuff evaluation, **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, n. 79 p. 321-330, 1999.
30. MARTUSCELLO, J. A.; FONSECA, D. M. NASCIMENTO JUNIOR, D.; SANTOS, P. M.; RIBEIRO JUNIOR, J. I.; FIGUEIREDO, CUNHA, D. N. V; MOREIRA, L. M. Características morfogênicas e estruturais do capim-Xaraés Submetido a Adubação Nitrogenada e Desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.34, n.5, p.1475-1482, 2005.
 31. MENKE, K.H., STEINGASS, H. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and gas production using rumen fluid. **Animal Research and Development**, Tubingen, 28, p.7-55, 1988.
 32. NETTO, D.A.M. **A cultura do milho**. EMBRAPA CNPMS, Sete Lagoas, 6p. 1998.
 33. OLIVEIRA, T.K.; CARVALHO, G.J.; MORAES, R.N.S. Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n.8, p. 1079-1087, ago. 2002.
 34. PEDRICO, A.; SANTOS, A.C.; MACHADO, L.A.R; NETO, J.V.N.; GOMES, A.M.N. Desenvolvimento e produtividade do milho em função de diferentes espaçamentos e níveis de fósforo na região norte do Estado de Tocantins, Amazônia: **Ciência & Desenvolvimento**, Belém, v.5, n.10, 2010.
 35. PEREIRA FILHO, I. A. P.; FERREIRA, A. S.; COELHO, A. M.; CASELA, R. C.; KARAM, D.; RODRIGUES, J. A. S.; CRUZ, J. C.; WAQUIL, J. M. **Manejo da Cultura do Milho**. Sete Lagoas: Embrapa – CNPMS, 2003. 17 p. (Circular Técnica, 29).
 36. PEREIRA FILHO, I. A.; RODRIGUES, J. A. S.; KARAM, D.; COELHO, A. M.; ALVARENGA, R. C.; CRUZ, J. C.; CABEZAS, W. L. **Manejo da cultura do milho**. In: **Milho: tecnologias de produção e agronegócio**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. cap. 3, p. 61-92.
 37. PIRES, F.R.; ASSIS, R.L.; SILVA, G.P; BRAZ, A.J.B.P. SANTOS, S.C.; VIEIRA NETO, S.A.; SOUSA, J.P.G. Desempenho agrônomo de variedades de milho em razão da fenologia em pré-safra, **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 3, p.41-49, 2007.
 38. PRIESNITZ, R.; COSTA, A.C.T.; JANDREI, P.E.; FREZ, J.R.S.; JÚNIOR, J.B.D.; OLIVEIRA, P.S.R. Espaçamento entre linhas na produtividade de biomassa e de grãos em genótipos de milho pérola, **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 485-494, 2011.
 39. PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L.A.; PRIMAVESI, A.C.; CANTARELLA, H.; ARMELIN, M.J.A.; SILVA, A.G. FREITAS, A.R. **Adubação com ureia**

- em pastagem de *Cynodon dactylon* cv. Coastcross sob manejo rotacionado:** eficiência e perdas. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2001, 42p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Circular Técnica, n° 30).
40. ROBINSON, D.L. Yield, forage quality, and nitrogen recovery rates of double-cropped millet and ryegrass. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.22, n.7/8, p.713-727, 1991.
 41. SILVA, G.F.; ERASMO, E.A.L.; SARMENTO, R.A.; SANTOS, A.R.; AGUIAR, R.W.S. Potencial de produção de biomassa e matéria seca de milheto (*Pennisetum americanum* Schum.), em diferentes épocas no sul do Tocantins, **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 19, n. 3, p. 31 – 34, 2003.
 42. SILVA, N.B.; SILVA, A.C.; COSTA, A.C.T.; PIMENTEL, C. Efeito da população de plantas na produção de biomassa e de grãos de milheto pérola, “cultivar ENA 1”, semeado na época da seca. **Revista Universidade Rural: Série Ciências da Vida, Seropédica, RJ: EDUR**, v.24, n.1, p. 57-62, 2004.
 43. SILVA, A.G.; FARIAS JÚNIOR, O.L.; FRANÇA, A.F.S.; MIYAGI, .E.S.; RIOS, L.C.; MORAES FILHO, C.G.; FERREIRA, J.L. Rendimento forrageiro e composição bromatológica de milheto sob adubação nitrogenada, **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v.13, n.1, p. 67 - 75, 2012.
 44. SILVA, A.G. **Fontes de fósforo na produção e composição bromatológica de cultivares de milheto forrageiro**, 2010. 127f. Tese (Doutorado em Produção Animal). Escola de Veterinária e Zootecnia, Goiânia.
 45. SNIFFEN, C.J.; O’CONNOR, J.D.; Van SOEST, P.J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.70, p.3562-3577, 1992.
 46. TAIZ, L.; ZEIGER, E.; **Fisiologia vegetal**, IN: Paredes Celulares: Estrutura, Biogênese e Expansão, Cap. 15, tradução: Eliane Romanato Santarém, et al., 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 848p. 2009
 47. VAN SOEST P.J.; **Nutritional ecology of the ruminant**, 2 ed., Ithaca: Cornell University Press, 467 p. 1994.
 48. VIANA, M.C.M.; FREIRE, F.M.; FERREIRA, J.J.; MACÊDO, G.A.R.; CANTARUTTI, R.B.; MASCARENHAS, M.H.T. Adubação nitrogenada na produção e composição química do capim braquiária sob pastejo rotacionado, Viçosa – MG, **Revista Brasileira Zootecnia**, Viçosa, v.40, n.7, p.1497-1503, 2011.

49. VELÁSQUEZ, P.A.T.; BERCHIELLI, T.T.; REIS, R.A. RIVERA, A.R.; DIAN, P.H.M.; TEIXEIRA, I.A.M.A. Composição química, fracionamento de carboidratos e proteínas e digestibilidade *in vitro* de forrageiras tropicais em diferentes idades de corte, **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa v.39, n.6, p.1206-1213, 2010.

CAPÍTULO 2 - PRODUÇÃO DE BIOMASSA, EFICIÊNCIA DE CONVERSÃO, RECUPERAÇÃO APARENTE DO N E COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA DE CULTIVARES DE MILHETO SOB FERTILIZAÇÃO NITROGENADA.

RESUMO

Objetivou-se avaliar a produção de massa verde (MV), massa seca (MS), a composição bromatológica, eficiência de conversão de nitrogênio (ECAN), recuperação aparente do nitrogênio (RAN) de cultivares de milho (ADR-500, ADR 7020 e LABH 70732, sob doses de N: (0, 50, 100 e 200 kg ha⁻¹), cortado aos 87 dias de crescimento vegetativo, visando a produção de silagem. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial 3x4 (três cultivares e quatro doses de N), com quatro repetições. A produção de massa verde (MV) apresentou interações entre doses de N e cultivares de milho, com variação de 30,54 a 50,96 t ha⁻¹ de MV. A produção de massa seca (P>0,05) apenas entre as doses de N, com variação de 7,66 a 12,46 t ha⁻¹. A eficiência (P<0,05) de conversão de N (ECAN) e a recuperação aparente de N (RAN) diferiram entre as doses de N e cultivares de milho, com valores médios decrescentes, em função do acréscimo da adubação nitrogenada. A melhor eficiência de conversão foi de 54,06 kg de MS/kg de N aplicado, enquanto a mais alta taxa de recuperação de N foi de 86,54%, ambos na dose equivalente a aplicação de 50 kg ha⁻¹ de N. Entre os cultivares de milho foram observadas diferenças significativas no teor de nitrogênio contido (NC) na planta nas parcelas não adubadas, com variação de 103,64 kg ha⁻¹ (ADR 500) a 135,69 kg ha⁻¹ (LABH 70732). Nas parcelas adubadas os cultivares (P>0,05) nos teores de NC. A ECAN e a RAN (P<0,05) entre os cultivares de milho com valores médios de 43,34 kg MS kg⁻¹ N aplicado (ADR 500) e 78,76%, de N recuperado, também com o mesmo cultivar. As variáveis componentes da composição bromatológica não diferiram em função das doses de N avaliadas, cujos valores médios foram: MS – 25,40%; PB – 9,54%; FDN – 62,5%; FDA – 34,13%; HEM – 28,35%; CEL – 29,29%; LIG – 6,68%; CNF – 17,32%; MO – 90,75% e MM – 9,22%.

Palavras chave; fibras, massa seca, proteína bruta, ureia

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the production of green mass (MV), dry matter (DM), nitrogen contained in the plant (NC), conversion efficiency of nitrogen (ECAN), apparent recovery of nitrogen (RAN) and chemical characteristics of pearl millet [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br]: ADR-500, ADR 7020 and LABH 70732, in doses of N: (0, 50, 100 and 200 kg ha⁻¹), cut at 87 days of vegetative growth, aiming to the silage production. The experimental design used randomized blocks in a 3x4 factorial design (three cultivars and four doses of N), with four replications. Regarding biomass, only the green mass production (MV) showed interactions between N and millet cultivars, ranging from 30.54 to 50.96 t ha⁻¹ of MV. The dry mass production ($P>0.05$) showed interaction only amongst the N dose, ranging from 7.66 to 12.46 t ha⁻¹. The conversion efficiency of N (ECAN) and apparent recovery of N (NRE) differed ($P<0.05$) among the doses and the millet cultivars, with decreasing average values due to the increase of nitrogen fertilization. The best conversion efficiency was 54.06 kg DM / kg of N applied, while the highest N recovery rate was 86.54%, both at equivalent dose of the application of 50 kg.ha⁻¹ of N. Among the millet cultivars, significant statistical differences have been observed on the nitrogen contained in the plant in unfertilized plots, ranging from 103.64 kg ha⁻¹ (ADR 500) to 135.69 kg ha⁻¹ (LABH 70732). In fertilized plots cultivars ($P>0.05$) in NC levels. The ECAN and NRE ($P<0.05$) among the millet cultivars with average values of 43.34 kg DM / kg of N applied (ADR 500) and 78.76% of N recovered, also with the same cultivar. The variable components of the chemical composition did not differ due to the evaluated N doses, with the average values of: DM - 25.40%; CP - 9.54%; NDF - 62.5%; ADF - 34.13%; HEM - 28.35%; CEL - 29.29%; LIG - 6.68%; NFC - 17.32%, OM - MM and 90.75% - 9.22%.

KEY- WORDS: fibers, dry mass, crude protein, urea

1. INTRODUÇÃO

O sucesso do sistema de produção de ruminantes é reflexo da produção e do valor nutricional da forragem que é consumida por esses animais. Inicialmente, o milheto era utilizado como cereal para alimentação humana e animal, e depois, passou a ser utilizada como planta forrageira. Isso porque o milheto pode ser cultivado em áreas tropicais áridas e semiáridas, caracterizadas por altas temperaturas, baixa precipitação pluvial e solos rasos ou arenosos. A cultura apresenta adaptação a essas condições, por uma combinação de importantes períodos de curta duração e considerável plasticidade de desenvolvimento, maximizando o uso da umidade disponível no solo.

O sucesso da adaptação do milheto no Brasil é devido à sua alta tolerância à seca, adaptabilidade a solos de baixa fertilidade, capacidade de produção, além de ser uma cultura de fácil instalação e bom desenvolvimento, é altamente palatável, de grande capacidade de rebrota e bom valor nutricional (SCALÉA, 1999).

A cultura do milheto se adapta aos mais diversos ambientes, tipos de clima e solo, sendo que uma de suas características é apresentar uma alta resistência ao estresse hídrico, além de se adaptar aos solos ácidos e de baixa fertilidade, os quais são extremamente limitantes para o cultivo do milho e do sorgo. É indicada como forrageira para sucessão ao cultivo de verão, a chamada safrinha, nas regiões subtropical e tropical do Brasil. O cultivo do milheto tem se expandido de forma acentuada devido à capacidade de produção de biomassa vegetal (SILVA et al., 2012).

Entretanto, poucos são os estudos acerca do valor nutricional desta espécie. A adubação nitrogenada tende a melhorar a produção e a composição das gramíneas. É de interesse avaliar o valor nutricional dos alimentos disponíveis e que possam, de forma viável, suprir as exigências nutricionais dos animais. Nesse sentido, a avaliação da composição bromatológica e do valor nutricional desses cultivares permitirá uma melhor caracterização da planta de milheto bem como avaliar a influência da adubação nitrogenada nessa cultura.

Nesse sentido, objetivou-se através deste trabalho determinar o rendimento forrageiro e a composição bromatológica dos cultivares de milho cv ADR- 500, ADR 7020 e LABH 70732 sob doses de nitrogênio e corte aos 87 dias de cultivo, nas condições do município de Goiânia, GO.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Departamento de Produção Animal da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás Campus II, Goiânia Goiás, no período de janeiro a abril de 2011, localizada na latitude S 16° 35' 52" e longitude W 49° 17' 11" com altitude de 723 m.

O clima da região é classificado como semi-húmido tropical (Aw), segundo a classificação de KÖPPEN (1948), com estação seca bem definida dos meses de maio a outubro. A temperatura anual média é de 23,2 °C com média mínima de 17,9 °C, e média máxima de 28,9 °C e a precipitação anual de 1578 mm (PEREIRA et al., 2010). A umidade do ar média anual é de 71%, com o menor índice no mês de agosto (BRASIL, 1992). Os dados meteorológicos relativos ao período experimental encontram-se na Tabela 1.

TABELA 1. Variáveis climáticas observadas durante o período experimental

Ano de 2011	Insolação (horas)	Precipitação pluvial (mm)	Temperatura média do ar (°C)		
			Máxima	Média	Mínima
Janeiro	162,9	289,3	29,5	24,7	19,9
Fevereiro	151,6	178,0	31,3	25,5	19,7
Março	142,3	368,0	29,7	24,8	19,8
Abril	239,9	241,0	30,5	24,1	17,8

Fonte: Estação Evaporimétrica de primeira classe, Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos – UFG

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico (EMBRAPA, 2006). E, para fins de sua caracterização

química, foram coletadas amostras de solo na profundidade 0,20 m, conforme Tabela 2, onde são apresentados os dados dos atributos químicos do solo da área experimental antes da instalação do experimento.

TABELA 2. Atributos químicos do solo da área experimental

Ca	Mg	K	Al	H	P(Mel)	K	pH	V	M.O	
		Cmol _c .dm ⁻³			mg.dm ⁻³			CaCl ₂	%	g/kg
3,4	1,1	0,15	0,0	2,8	3,8	69,0	5,9	62,5	1,8	

As parcelas experimentais foram constituídas por cinco linhas de cinco metros lineares, com espaçamento de 0,30 m entre linhas, com área de 6,0 m² cada unidade experimental, num total de 288 m² de área experimental. A área experimental foi preparada utilizando um trator equipado com grade de arrasto num total de duas gradagens para que a área ficasse em condições de semeadura.

Os tratamentos foram constituídos por três cultivares de milho forrageiros cultivares, ADR – 500, ADR – 7020 e LABH 70732 e quatro doses de N (0; 50; 100 e 200 kg ha⁻¹), sob forma de uréia, e corte realizado aos 87 dias em altura de 0,15 m do nível do solo. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial 3x4 (três cultivares e quatro doses de nitrogênio), com quatro repetições.

A semeadura foi realizada no dia 06 de janeiro de 2011, adotando-se uma taxa de 20 sementes puras viáveis (SPV), por metro linear. As adubações fosfatada (SS) 60 kg de P₂O₅ ha⁻¹ e potássica (KCL), 30 kg de K₂O ha⁻¹, de formação foram feitas segundo recomendações de (MARTA JÚNIOR et al., 2007).

A adubação fosfatada e a adubação com microelementos foram realizadas em dose única no plantio e foi utilizado FTE BR 16 como fonte de microelementos num total de 50 kg ha⁻¹. As adubações nitrogenada e potássica de cobertura foram parceladas em duas aplicações: 50% da dose aos dez dias após a germinação e 50% aos 20 dias após a germinação.

Foram utilizadas para avaliação as três fileiras centrais de cada unidade experimental, desconsiderando-se as duas fileiras externas e 0,50 m

das extremidades, num total de 12 metros lineares de área útil por unidade experimental.

O corte manual de avaliação foi realizado aos 87 dias de crescimento vegetativo a 0,15 m do nível do solo, com utilização de tesoura de aço, para determinação da produção de fitomassa e composição bromatológica, quando as plantas apresentaram, 28% de matéria seca (MS), (GUIMARÃES JUNIOR et al., 2005). Cujos teores foram determinados através da técnica do forno micro-ondas (LACERDA et al., 2009).

A partir dos 75 dias de crescimento vegetativo procedeu-se o monitoramento visual das características morfológicas da planta até atingir a fase “3” de crescimento e estágio de desenvolvimento morfológico “8” (ED8), numa escala de zero a nove (estádio pastoso/farináceo), quando o fluído leitoso muda gradualmente da forma semi-sólida para sólida, quando ocorre aumento no conteúdo de amido e redução no teor de umidade (DURÃES et al., 2003).

Após o corte, a forragem foi pesada, identificada e encaminhada ao laboratório, sendo tomada uma subamostra de 500 g, para fins de pré-secagem em estufa de ventilação forçada, durante 72 horas, à temperatura de 65°C, posteriormente as amostras foram moídas em moinho tipo Willey com peneiras de malha de um mm e armazenadas em frascos hermeticamente fechados para posterior análises laboratoriais.

As análises bromatológica foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás.

Os teores de matéria seca (MS), nitrogênio contido na planta (NC), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), cinza (CZ) e matéria mineral (MM) segundo metodologia descrita por SILVA e QUEIROZ (2002). A fibra em detergente neutro (DN) e a fibra em detergente ácido (FDA) seguiram as recomendações de Van Soest (1994). Foram estimados por diferença os teores de hemicelulose (HEM), celulose (CEL) e lignina.

Os resultados da eficiência de conversão aparente de nitrogênio (ECAN) foram determinados de acordo com a fórmula sugerida por CARVALHO & SARAIVA (1987).

$$ECAN = [PMSFA - PMSFNA]/DNU$$

Onde:

ECAN = eficiência de conversão aparente de nitrogênio, expressa em kg de matéria seca (MS) produzida por kg de N aplicada ha^{-1} .

PMSFA = produção de MS de forragem nas parcelas adubadas com N em kg ha^{-1} .

PMSFNA = produção de MS de forragem nas parcelas não adubadas com N kg ha^{-1} .

DNU = dose de N utilizada kg ha^{-1} .

A recuperação aparente do Nitrogênio (RAN) foi calculada pela fórmula:

$$RAN\% = [100 \times (NAC - NCS)/DNU]$$

Onde:

RAN% = recuperação aparente do nitrogênio.

NAC = nitrogênio total absorvido pela parte aérea das plantas nas parcelas com adubação kg ha^{-1} .

NCS = nitrogênio total absorvido pela parte aérea das plantas nas parcelas sem adubação kg ha^{-1} .

DNU = dose de nitrogênio utilizada kg ha^{-1} .

O nitrogênio contido nas raízes e no resíduo não foi determinado, a recuperação do N absorvido do total que foi aplicado, considera apenas o N absorvido pela parte aérea das plantas.

Os teores de hemicelulose (Hem) foram estimados utilizando a fórmula: Hem (%MS) = FDNcp (%MS) – FDA (%MS). Já os teores de matéria orgânica foram obtidos a partir dos teores de cinzas por meio da fórmula: MO (%MS) = 100 - Cinzas (%MS). Os teores de carboidratos não-fibrosos (CNF) foram obtidos pela metodologia descrita por (SNIFFEN et al., 1992) em que: CNF= 100 - (FDNcp + PB + EE + Cinzas). As análises laboratoriais foram realizadas segundo metodologias descritas em SILVA & QUEIROZ (2002).

O delineamento adotado foi o de blocos completos casualizados em esquema fatorial 3x4, o fatorial foi analisado em conjunto, com quatro repetições, totalizando 48 unidades experimentais.

As variáveis foram submetidas à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Foram ajustadas equações de regressão para estimar a produção de biomassa dos cultivares estudados em função das doses de nitrogênio.

As análises foram realizadas com auxílio do software R (R Development Core Team, 2013).

O modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{ijk} = \mu + C_i + D_j + B_k + (CD)_{ij} + e_{ijk};$$

Y_{ijk} = Valores observados nas variáveis;

μ = Média geral;

C_i = Efeito do i ésimo cultivar de milheto;

D_j = Efeito da j ésima doses de N;

B_k = Efeito do k ésimo bloco;

$(CD)_{ij}$ = Efeito da interação cultivar i com doses j ;

e_{ijk} = erro experimental.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação à produção de biomassa foram observadas interações significativas entre doses de N e cultivares de milho, apenas na produção de massa verde (MV), enquanto a produção de massa seca (MS) diferiu apenas em função das doses de N (Tabela 3).

TABELA 3 - Valores médios da produção de massa verde (MV), massa seca (MS) e nitrogênio contido na planta (NC), determinados nos cultivares de milho submetidos à adubação nitrogenada.

Variáveis	Cultivar	Doses de N (kg.ha ⁻¹)				Média	CV%
		0	50	100	200		
MV (t.ha ⁻¹)	ADR500	31,86 ^{Ac}	46,98 ^{Aab}	43,20 ^{Ab}	50,96 ^{Aa}	43,25	9,26
	ADR7020	30,54 ^{Ac}	37,70 ^{Bb}	44,79 ^{Aa}	48,82 ^{ABa}	40,46	
	LABH70732	32,89 ^{Ac}	41,15 ^{ABb}	43,63 ^{Aab}	44,99 ^{Ba}	40,67	
	Média	31,76	41,94	43,87	48,26		
MS (t.ha ⁻¹)	ADR500	7,66 ^{Ab}	11,48 ^{Aa}	11,17 ^{Aa}	11,86 ^{Aa}	10,54	9,99
	ADR7020	8,16 ^{Ac}	10,88 ^{Aab}	11,34 ^{Aa}	12,46 ^{Aa}	10,71	
	LABH70732	8,62 ^{Ac}	10,19 ^{Aab}	10,68 ^{Aa}	11,02 ^{Aa}	10,13	
	Média	8,15	10,85	11,06	11,78		
NC (kg.ha ⁻¹)	ADR500	103,6 ^{Ac}	180,9 ^{Aa}	154,1 ^{Aab}	166,0 ^{Aa}	167,00*	20,45
	ADR7020	121,1 ^{Ac}	159,6 ^{Aab}	143,4 ^{Ab}	178,8 ^{Aa}	160,60*	
	LABH70732	135,6 ^{Ab}	149,7 ^{Aa}	168,3 ^{Aa}	147,5 ^{Aab}	155,17*	
	Média	120,1	163,4	155,3	164,1		
ECAN (kg.ha ⁻¹)	ADR500	-	76,42 ^{Aa}	35,10 ^{Ab}	18,54 ^{Ac}	43,35	40,09
	ADR7020	-	54,30 ^{Aab}	31,79 ^{Abc}	20,39 ^{Ac}	35,49	
	LABH70732	-	31,48 ^{Ba}	20,62 ^{Ba}	13,85 ^{Bb}	21,98	
	Média		54,07	29,17	17,59		
RAN (%)	ADR500	-	127,02 ^{Aa}	49,47 ^{Ab}	26,61 ^{Ac}	67,70	85,48
	ADR7020	-	92,44 ^{Ba}	44,27 ^{Ab}	27,09 ^{Ab}	54,60	
	LABH70732	-	56,23 ^{Ca}	27,19 ^{Bb}	13,07 ^{Bc}	32,16	
	Média		81,42	40,31	22,26		

*Médias de NC apenas das parcelas adubadas.

Médias de cada fator seguidas de mesmas letras, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A recuperação aparente de nitrogênio (RAN) e eficiência de conversão aparente de nitrogênio apresentaram diferenças ($P < 0,05$) entre as

doses e cultivares de milheto, enquanto o nitrogênio contido (NC) na parte aérea da planta apenas entre as doses de nitrogênio (Tabela 3).

Houve interação significativa na produção de massa verde ($P < 0,05$) em função das doses de N e entre cultivares, com variação de $30,54 \text{ t ha}^{-1}$ (ADR-7020), determinada no tratamento controle, até $50,96 \text{ t ha}^{-1}$ (ADR-500), com a aplicação de 200 kg ha^{-1} . Por outro lado, a produção de massa seca ($P < 0,05$) apenas em relação às doses de N, com variação de $7,66 \text{ t ha}^{-1}$ (ADR-500) no tratamento controle a $12,46 \text{ t ha}^{-1}$ (ADR-7020), com a aplicação da mais alta dose de N.

Todos os cultivares de milheto foram influenciados pela adubação nitrogenada, Tabela 3. Pode-se observar que houve efeito quadrático no cultivar ADR 500 com respostas à adubação de N, valores de 46,98; 43,20 e $50,96 \text{ t ha}^{-1}$ de produção de MV nas doses 50; 100 e 200 kg de N respectivamente. O cultivar ADR 7020 apresentou resposta crescente a adubação com N variando de 37,70 a $48,82 \text{ t ha}^{-1}$ de MV, o mesmo ocorreu com o cultivar LABH 70732 que variou de 41,15 a $44,99 \text{ t ha}^{-1}$ de MV. As maiores respostas à adubação de N foram determinadas nos cultivares ADR 500 e ADR 7020, com produção de 50,96 e $48,82 \text{ t de MV}$, respectivamente.

A produção média de massa verde (MV) obtida neste trabalho entre $30,54$ a $50,96 \text{ t ha}^{-1}$ pode ser considerada baixa se comparado com os dados de produção de massa verde relatados por (PIRES et al., 2007 e OLIVEIRA et al., 2002), que obtiveram resultados de $62,0 \text{ t ha}^{-1}$, para o cultivar ADR 300 e 60 t ha^{-1} , para o ADR 500

PIRES et al. (2007) e OLIVEIRA et al. (2002), relatam produção de massa seca da ordem de $14,18 \text{ t ha}^{-1}$, que também superam as produções médias obtidas neste trabalho. As justificativas que podem explicar as menores produções observadas nesta pesquisa, dizem respeito aos seguintes fatores: mais alta taxa de semeadura - 40 a 50 sementes por metro; espaçamento de 0,25 m e corte rente ao solo, realizado aos 100 dias de crescimento vegetativo, ocasião em que a biomassa encerrava, em média, teor de MS de 34,4%. O potencial agrônomo do milheto forrageiro também foi avaliado por PIRES et al. (2007), em trabalho conduzido com três genótipos: ADR 300, ADR 500 e BN2, com a aplicação de 250 kg ha^{-1} da formulação NPK 08-16-16, sem a

adubação de cobertura, quando alcançaram produções de MV até a faixa de 76,33 t ha⁻¹ e de 8,12 a 19,69 t ha⁻¹ de MS, sendo o corte realizado aos 59 dias após a semeadura. Estes valores médios de produção são bastante superiores aos observados neste trabalho. Segundo os autores a taxa de semeadura empregada foi de 60 a 72 sementes/m, com espaçamento de 0,5 m, o que pode perfeitamente justificar as maiores produções obtidas. Entretanto, é interessante ressaltar, que embora as produções de biomassa determinadas na presente pesquisa sejam inferiores às relatadas pelos referidos autores, com produção máxima de 50,96 t ha⁻¹ de MV e de 12,46 t ha⁻¹ de MS, é função da menor taxa de semeadura adotada – 20 sementes por metro linear, espaçamento de 0,30 m, sendo o corte realizado aos 87 de crescimento vegetativo, aos 0,15 m, distante do solo, com teor médio de MS de 25,4%, parâmetro mais adequado quando a forrageira não padrão é destinada ao processo da ensilagem.

Entretanto, os resultados obtidos são superiores aos citados por TEIXEIRA et al. (2005) quando a produção de massa seca de milho, cortados aos 119 dias no estágio de grão leitoso a farináceo, estágio semelhante aos deste experimento e obtiveram média de 11,729 t ha⁻¹.

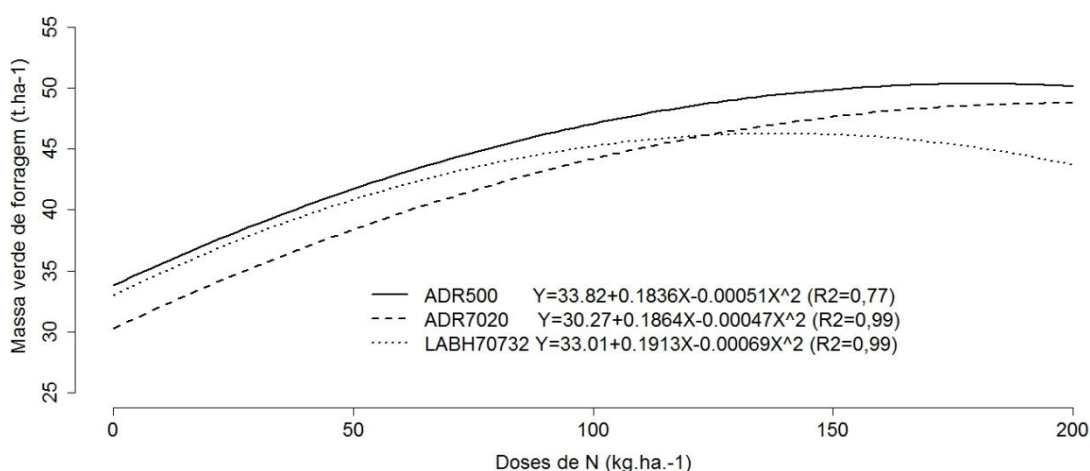


FIGURA 1. Curvas de regressão das variáveis de produção de massa verde de forragem (MV) pelas doses de nitrogênio nos cultivares de milho

MARTHA-JÚNIOR et al. (2007) relatam que as gramíneas tropicais apresentam resposta expressiva até doses de 180 kg de N ha⁻¹, sendo que a

eficiência de conversão de N fertilizante em biomassa tende a diminuir a partir de doses de 120 kg de N ha⁻¹. Ainda de acordo com MARTHA-JÚNIOR et al. (2007), altas doses do fertilizante devem ser parceladas (até 60 kg de N ha⁻¹) para que sejam evitadas perdas do nutriente por lixiviação, percolação e volatilização. Neste trabalho, todas as doses foram parceladas em apenas duas aplicações (10 e 20 dias após a germinação), o que pode ter contribuído para a menor eficiência das doses maiores.

A produção de massa verde no cultivar ADR 500 seria máxima na dose de 180 kg de N ha⁻¹ (50,344 t ha⁻¹); no ADR 7020, a máxima produção seria atingida com 198,3 kg de N ha⁻¹ (48,751 t ha⁻¹) e para LABH 70732, a maior produção de massa verde seria atingida com a dose de 139,0 kg de N ha⁻¹ (46,269 t ha⁻¹).

O gráfico de produção de massa seca (Figura 1A) apresenta uma curva mais acentuada que o de produção de massa verde (Figura 2). Isto indica queda no teor de matéria seca das cultivares em função da dose de nitrogênio. Esse fenômeno é constantemente observado nas gramíneas tropicais (HENRIQUES et al., 2007; CASTANGNARA et al., 2010), o que pode ser justificado devido ao maior acúmulo de água na planta, para sustentar sua maior estrutura (tamanho e peso dos tecidos).

A eficiência na conversão do N em plantas forrageiras tropicais pode atingir até 80 kg de MS kg de N aplicado, quando a pastagem é bem manejada (MARTHA JÚNIOR et al., 2007).

De acordo com as equações de regressão polinomial apresentadas na Figura 1, os valores de máxima produção de massa seca e nitrogênio contido na planta foram observados para a dose equivalente a 153,4 kg de N. ha⁻¹ (11,887 t de MS. ha⁻¹), enquanto para o nitrogênio contido na planta o valor máximo de 170,434 kg ha⁻¹, foi obtido com a dose 146,0 kg de N ha⁻¹, corroborando com os resultados encontrados por SILVA et al. (2012) quando relataram máxima produção de massa seca do milho com a aplicação entre 100 e 150 kg ha⁻¹ de N, não havendo diferenças estatísticas entre as cultivares do presente estudo .

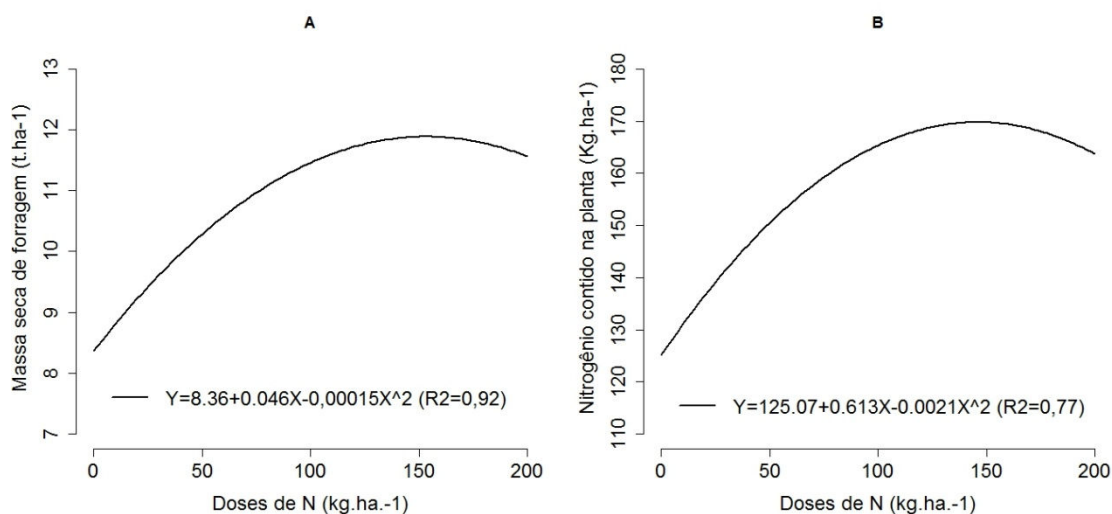


FIGURA 2. Curvas de regressão das variáveis: (A) produção de massa seca (MS) e (B) nitrogênio contido (NC) determinadas nos cultivares de milho submetidos à adubação nitrogenada

Os valores observados para o nitrogênio contido (NC) na parte aérea da planta ($P>0,05$) em função das doses de N, com variação de 103,6 kg.ha (ADR-500), no tratamento controle, até 178,8 kg ha⁻¹ (ADR-7020), com a aplicação de 200 kg ha⁻¹ de N. Em termos quantitativos, os valores de NC determinados no tratamento controle das cultivares de milho, podem ser considerados bastante satisfatórios em função dos valores alcançados.

Foram observadas diferenças significativas ($P<0,05$) nos teores de nitrogênio contido na parte aérea das plantas nas parcelas não adubadas (NCNA) Tabela 3, com variação de 103,6 a 135,6 kg ha⁻¹ de N. Observa-se que os cultivares diferem em suas capacidade fisiológica de absorver o nitrogênio disponível na solução do solo. O cultivar LABH 70732, apresentou conteúdo de médio de 155,17 kg ha⁻¹, seguido do ADR 500 e ADR 7020, com média de 167,00 e 160,60 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. O comportamento apresentado pelos cultivares nas parcelas não adubadas, demonstra a habilidade que esta cultura forrageira apresenta em relação à capacidade de absorção de N disponível, desde que, a fertilidade do solo seja corrigida, conforme demonstram trabalhos conduzidos por BASTO, 2010; SILVA, 2010; BUSO, 2012.

A absorção de nitrogênio nas plantas das parcelas adubadas (NCA) diferiu ($P < 0,05$) entre os cultivares de milheto, com variação de 143,4 a 180,9 kg ha⁻¹ de N.

Os valores médios determinados para a eficiência de conversão de nitrogênio (ECAN) e a recuperação aparente de N (RAN), diferiram ($P < 0,05$) em relação às doses de N (Tabela 3) com variação de 13,85 a 76,42 kg de MS kg de N aplicado, enquanto a recuperação aparente de N (RAN) apresentou variação de 13,07%, com a dose equivalente a 200 kg ha⁻¹ de N, a 127,02%, com a aplicação da menor dose de N (Tabela 3).

De acordo com MARTHA JÚNIOR et al. (2004) a eficiência de conversão do N-fertilizante em forragem, em se tratando de gramíneas tropicais, pode atingir valores de até 83 kg MS kg N aplicado, com eficiência média da ordem de 26 kg de MS kg N aplicado, sendo que a melhores eficiências são determinadas nas dose até 150 kg de N ha⁻¹. Os resultados obtidos na presente pesquisa corroboram com as afirmações de (PRIMAVESI et al., 2001; CRESPO, 1984; CRESPO, 1986) de que a eficiência de uso de N-fertilizante decresce, linearmente, com adubações maiores que 50 a 60 kg N/ciclo de crescimento da cultura forrageira, conforme foi observado neste trabalho.

A recuperação aparente de nitrogênio (RAN) diferiu entre as dose de N, com variação de 13,07 a 127,02%, (Tabela 3).

A maior taxa de recuperação de N (127,02%), foi determinada na menor dose de N aplicada – 50 kg.ha⁻¹, superando o limite máximo citado por MARTHA JÚNIOR et al. (2007), enquanto a menor recuperação do N – 13,07%, ocorreu com a mais alta dose – 200 kg ha⁻¹ de N, o que corrobora com as afirmações dos referidos autores de que as mais altas taxas de recuperação ocorrem nas mais baixas dose de N.

Quanto a recuperação de N na parte aérea da planta MARTHA JÚNIOR et al. (2004) afirmam que em pastagens tropicais pode variar de 15 a 60%, dependendo de uma série de fatores, tais como: fonte e manejo de aplicação. Os resultados obtidos nesta pesquisa apresentaram variação de 13,07% a 127,02%, o que pode ser justificado em função do parcelamento e da época favorável em que ocorreu a aplicação do N-fertilizante.

De acordo com a Tabela 3, verificou-se efeito quadrático para a RAN segundo as doses de nitrogênio, maior recuperação aparente para a dose de 50 kg de N ha⁻¹ valor médio de 127,02%, o mesmo aconteceu com a eficiência de conversão aparente de N (ECAN), maior conversão para a menor dose de N de 76,42 kg.MS.kg de N aplicado. Efeitos semelhantes foram encontrados por (FREITAS et al., 2005; NOBREGA, 2010; BUSO, 2012).

As maiores perdas de N ocorre principalmente quando se usa fontes de N de rápida liberação como a uréia. A eficiência de absorção do N aplicado está relacionada com as condições climáticas e da disponibilidade de outros nutrientes disponíveis no solo (FREITAS et al., 2005; BUSO, 2012).

Não foram observadas interações entre as variáveis integrantes da composição bromatológica dos cultivares de milho em função das doses de N avaliadas (Tabela 4).

Os teores de matéria seca (MS) apresentaram valores de 24,76 a 26,66%, com valor médio de 25,40%, conforme se observa na análise dos dados da Tabela 4.

Teores de matéria seca com variação de 21,34% a 27,69% foram relatados por AMARAL et al. (2008) quando avaliaram cultivares de milho com aplicação de 25 kg de N ha⁻¹ na semeadura e, posteriormente mais 100 kg ha⁻¹ em cobertura, visando a produção de silagem, e os cortes realizados entre os 70 e 90 dias de crescimento vegetativo. GUIMARÃES JÚNIOR et al. (2009) conduziram pesquisa com três genótipos de milho (CMS – 1, BRS – 1501 e BN2), destinados a produção de silagem, com o corte realizado aos 82 dias de crescimento vegetativo e determinaram teores médios de MS de 23,17%, na matéria original. Portanto, os teores de matéria seca com valor médio de 25,4%, na matéria original, determinado nos cultivares de milho avaliados nesta pesquisa se encontram dentro da faixa normal, em se tratando de cultura não padrão destinada ao processo da ensilagem e corte realizado no estágio pastoso/farináceo.

Os teores médios de proteína bruta (PB) dos cultivares de milho avaliados apresentaram variação de 9,07% a 9,93%, com média de 9,54%, na matéria seca.

Teores de PB relatados por GUIMARÃES JÚNIOR et al. (2010) quando avaliaram genótipos de milho destinados ao processo da ensilagem, com média de 10,95% de PB, são semelhantes à média determinada nesta pesquisa. Entretanto, cabe ressaltar que embora tais valores médios de PB determinados nas referidas pesquisas, situam-se bastante abaixo dos teores médios de 20%, relatados por (SILVA, 2010; BUSO, 2012), em trabalhos conduzidos com a mesma planta forrageira, porém em regime de corte. Portanto, a redução dos valores proteicos na biomassa destinada à produção de silagem, deve-se ao processo de maturidade da planta forrageira.

De acordo com LAZZARINI, (2005) e SAMPAIO et al., (2009), teores de PB inferiores a 7%, são considerados limitantes para a atividade dos microrganismos do rúmen, implicando em condições desfavoráveis para o ambiente ruminal, além de comprometerem os limites mínimos para manutenção do crescimento microbiano e a utilização dos compostos fibrosos da forragem. Portanto, os cultivares de milho avaliados atendem as exigências em PB dos ruminantes para manutenção e produção mínima, independente da dose de N aplicada.

O mesmo comportamento foi observado para os teores de FDN e FDA, com médias de 62,57 e 34,13%, respectivamente.

Em trabalho realizado com dois cultivares de milho ADR 500 e BN1 e quatro doses de N: 0 a 150 kg ha⁻¹ e três idades de cortes, aos 31, 44 e 65 dias de crescimento vegetativo FARIA JÚNIOR (2006), observou acréscimo nos teores de FDN com avanço da maturidade da planta, com elevação de 54,81% aos 31 dias, para 71,99%, aos 65 dias. Valores de FDN de 63,96% e FDA de 34,73%, determinados aos 49 dias de crescimento vegetativo, foram relatados por KOLLET et al. (2006) com aplicação de 240 kg ha⁻¹ de N, os quais se encontram numa faixa semelhante aos determinados nesta pesquisa. Os resultados de FDN e FDA determinados nos cultivares de milho avaliados sob doses de N, são típicos do processo de maturidade da planta forrageira, independente da dose de N aplicada. O corte realizado aos 87 dias de crescimento vegetativo determina decréscimos dos teores de PB e, conseqüentemente, o espessamento da parede celular e da lignificação de seus tecidos à medida que ocorre a maturidade, o que implica em maiores

valores da FDN e FDA. A fibra em detergente neutro, representada pela hemicelulose, celulose e lignina da parede celular, se correlaciona negativamente com o consumo voluntário, enquanto a fibra em detergente ácido, que diz respeito à celulose e lignina, correlacionam-se negativamente com a digestibilidade (WATTIAUX, 1991). Segundo VAN SOEST (1965); MERTENS (1994), o consumo de MS se torna negativo quando o teor de parede celular da planta forrageira se apresenta acima de 55 a 65%, limite abaixo do qual se situaram as forrageiras avaliadas na presente pesquisa.

Os cultivares de milho avaliados apresentaram teor médio de celulose de 29,29% e, segundo VAN SOEST (1994), trata-se de um polissacarídeo de maior abundância na natureza, sendo o principal constituinte da maioria das paredes celulares, exceto algumas sementes, e seu teor apresenta variação de 20 a 40% na MS de plantas superiores. Portanto, os valores médios determinados nos cultivares de milho se encontram dentro da faixa preconizada pelo referido autor.

A hemicelulose é uma mistura homogênea de polissacarídeos amorfos com grau de polimerização muito inferior ao da celulose (VAN SOEST, 1994). Segundo REIS (1993) as espécies vegetais apresentam grandes variações no teor de hemicelulose (10 a 25%) em forragens. O teor médio de 28,35% de HEM determinado nos cultivares de milho se encontram ligeiramente acima do limite máximo estabelecido pelo referido autor, o que provavelmente, possa ser justificado em função do estágio de maturidade em que planta forrageira foi cortada.

A lignina constitui um polímero que se associa aos carboidratos estruturais, celulose e hemicelulose, durante o processo de formação da parede celular, influenciando de forma negativa a digestibilidade destes carboidratos das forragens (VAN SOEST & WINE, 1968).

Teores médios de LIG com variação de 4,16 a 4,44%, foram relatados por GUIMARÃES JÚNIOR et al. (2005) quando avaliaram três genótipos de milho cortados aos 82 dias de crescimento vegetativo. Os valores de médios de LIG determinados na presente pesquisa se encontram acima dos relatados pelos referidos autores, o que pode ser justificado em

ambas pesquisas, que a maturidade da planta forrageira é o fator decisivo do espessamento da parede celular das forragens..

Apesar de serem exigidos em pequenas quantidades pelos animais, os elementos minerais desempenham papel fundamental no metabolismo de todos os demais nutrientes requeridos pelos animais (carboidratos, lipídios e proteínas), a variação das quantidades requeridas para muitos minerais é afetada pelos aspectos dietéticos e por fatores inerentes ao animal, em decorrência das diferentes funções fisiológicas exigirem diferentes quantidades de minerais (CARVALHO et al., 2003).

Os teores médios de matéria mineral (MM) determinados nos cultivares de milho foram de 9,22%, e se encontram dentro da faixa normalmente relatada na literatura para forrageiras tropicais. A concentração de MM pode apresentar variação na planta, principalmente, em função da maturidade e da fertilidade do solo.

Não foram observadas interações significativas ($P>0,05$) para os teores de carboidratos não fibrosos (CNF), e matéria orgânica entre os cultivares e doses de N avaliadas, sendo 17,32% e 90,75% de CNF e MO, respectivamente, Tabela 4.

Os valores médios de CNF e MO encontrados neste trabalho, são semelhantes aos relatos por POSSENTI et al. (2005) quando avaliaram silagem de milho, cultura considerada padrão para o processo de ensilagem. Os carboidratos não estruturais incluem os carboidratos encontrados no conteúdo celular, como glicose e frutose e os carboidratos de reserva das plantas, como amido, a sacarose e as frutanas, constituindo o principal substrato para produção de ácido láctico, de fundamental importância para o abaixamento do pH no processo da ensilagem. Desta forma, a presença de altos teores CNF na massa seca do milho forrageiro, permitem que a cultura seja utilizada no processo da ensilagem, muito embora os teores MS, em média, tenha sido de 25,40%, o que corrobora com as afirmações de McDONALD et al (1991).

TABELA 4 - Média das variáveis da composição bromatológica da matéria seca entre os tratamentos doses de nitrogênio nos cultivares de milho

Variáveis	Doses de N (kg.ha ⁻¹)				Média	CV%	P
	0	50	100	200			
MS%	25,66 ^{a*}	26,18 ^a	25,02 ^a	24,76 ^a	25,40	9,31	0,45
PB%	9,74 ^a	9,93 ^a	9,42 ^a	9,07 ^a	9,54	16,59	0,57
FDNcp%	62,82 ^a	61,95 ^a	62,73 ^a	62,80 ^a	62,5	3,07	0,64
FDAcP%	33,41 ^a	34,36 ^a	34,66 ^a	34,12 ^a	34,13	4,65	0,27
HEMI%	29,40 ^a	27,44 ^a	27,89 ^a	28,67 ^a	28,35	9,34	0,29
CEL%	28,64 ^a	29,47 ^a	29,95 ^a	29,08 ^a	29,29	4,4	0,10
CNF%	16,55 ^a	17,69 ^a	17,43 ^a	17,61 ^a	17,32	15,77	0,72
LIG%	6,96 ^a	6,65 ^a	6,28 ^a	6,84 ^a	6,68	15,15	0,39
MM%	9,14 ^a	9,53 ^a	9,08 ^a	9,16 ^a	9,22	6,54	0,27
EE%	1,98 ^a	1,32 ^a	2,34 ^a	2,29 ^a	1,98	22,73	0,0036
MO%	90,85 ^a	90,44 ^a	90,91 ^a	90,83 ^a	90,75	0,66	0,21

MS = matéria seca; PB = proteína bruta; FDNcp = fibra em detergente neutro, corrigido para cinzas e proteína; FDAcp = fibra em detergente ácido, corrigido para cinzas e proteína e HEMI = hemicelulose, CEL = celulose; CNF = carboidratos não fibrosos; LIG = lignina; MM = matéria mineral; EE = extrato etéreo, MO = matéria orgânica, P = nível de significância, CV% = coeficiente de variação. *Médias seguidas de mesmas letras nas linhas são estatisticamente iguais pelo teste de tukey ao nível de 5% de probabilidade.

4. CONCLUSÕES

A fertilização nitrogenada incrementou a produção de biomassa dos cultivares de milho forrageiro.

O cultivar LABH 70732 apresentou maior habilidade na absorção de nitrogênio contido na forragem.

Os cultivares ADR 500 e ADR 7020 apresentaram maior recuperação e eficiência de conversão aparente de N.

Houve incremento na quantidade de nitrogênio contido em resposta a adubação nitrogenada.

Os três cultivares estudados podem ser cultivados, visando a produção de silagens.

As doses de N recomendadas se encontram entre 50 e 100 kg.ha⁻¹ de N.

5 REFERÊNCIAS

1. AMARAL, P.N.C.; EVANGELISTA, A.R.; SALVADOR, F.M.; PINTO, J.C. Qualidade e valor nutritivo da silagem de três cultivares de milho, **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 611-617, 2008.
2. BASTO, D.C. **Produção e composição bromatológica de três cultivares de milho forrageiro sob altura de entrada e do resíduo pós pastejo**. 2010. 58f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal). Escola de Veterinária e Zootecnia. Universidade Federal de Goiás. Goiânia.
3. BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E REFORMA AGRÁRIA. Secretaria Nacional de irrigação, departamento Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas**: 1961-1990. Brasília, 84 p.1992.
4. BUSO, W.H.D. **Potencial produtivo e valor nutricional de cultivares de milho sob doses de nitrogênio em duas épocas de semeadura**. Tese (Doutorado) – Programa de pós-graduação em Ciência Animal, Escola de Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2012. 118 f.
5. CARVALHO, M.M.; SARAIVA, O.F. Resposta do capim gordura (Melinnis minutiflora Beau), a aplicação de nitrogênio em regime de cortes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 16, n. 5, p. 442 – 454, 1987.
6. CARVALHO, F.A.N.; BARBOSA, F.A.; Mc DOWELL, L.R. Nutrição de bovinos a pasto, Belo Horizonte, 438p. 2003.
7. CASTAGNARA, D.D.; ZOZ, T.; KRUTZMANN, A.; UHLEIN, A.; MESQUITA, E.E.; NERES, M.A.; OLIVEIRA, P.S.R. Produção de forragem, características estruturais e eficiência de utilização do nitrogênio em forrageiras tropicais sob adubação nitrogenada. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.32, n.4, p.1637-1648, 2011.
8. CRESPO, G. Variation in the response of tropical pastures to nitrogenous fertilizers throughout the year. 1. Pangola grass (*Digitaria decumbens* Stent) without irrigation. Cuban **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.18, p.63-74, 1984.
9. CRESPO, G. Variation in the response of tropical pastures to nitrogenous fertilizers throughout the year. 3. Guinea grass (*Panicum maximum* Jacq) with irrigation. Cuban **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.20, p.73-81, 1986.

10. DURÃES, F.O.M.; MAGALHÃES, P.C.; SANTOS, F.G. Fisiologia da Planta de Milheto, **Circular Técnica nº28, EMBRAPA**, Sete Lagoas, 16 p. 2003.
11. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.
12. FARIA JUNIOR, O.L., **Produção de massa seca, composição bromatológica e fracionamento da proteína de duas cultivares de milho sob doses de nitrogênio em regime de cortes**, 2007 39 f (Dissertação de mestrado). Goiânia, 2007.
13. FREITAS, K.R.; ROSA, B.; RUGGIERO, J.A.; NASCIMENTO, J.L.; HEINEMAN, A. B.; FERREIRA, P.H.; MACEDO, R. Avaliação do capim mombaça (*Panicum maximum* Jacq.) submetidos a diferentes doses de nitrogênio, **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.27, n.1, p.83-89, 2005.
14. GUIMARÃES JÚNIOR, R.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; JAYME, D. G.; PIRES, D. A. A.; BORGES, A. L. C. C.; RODRIGUEZ, N. M.; SALIBA, E. L. S.; BORGES, I. Matéria seca, proteína bruta, nitrogênio amoniacal e ph das silagens de três genótipos de milho [*pennisetum glaucum* (l). r. br.] em diferentes períodos de fermentação. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.4, n.2, p.251-258, 2005.
15. GUIMARÃES JÚNIOR, R.; GONÇALVES, L.Ç.; RODRIGUES, J.A.S.; PIRES, D.A.A.; JAYME, D.G.; RODRIGUEZ, N.M.; SALIBA, E.O.S. Avaliação agronômica de genótipos de milho (*Pennisetum glaucum*) plantados em período de safrinha. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v.58, Supl. 1, p.629 – 632, 2009.
16. GUIMARÃES JÚNIOR, R.; GONÇALVES, L.C.; JAYME, D.G.; PIRES, D.A.A.; RODRIGUES, J.A.S.; TOMICH, T.R. Degradabilidade in situ de silagens de milho em ovinos, **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v.11, n.2, p.334-343, 2010.
17. JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G.; REIS, R.A.; SCHMIDT, P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada, **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, suplemento especial, p.101-119, 2007.
18. HENRIQUES, L.T.; COELHO da SILVA, J.F.; DETMANN, E.; VASQUEZ, H.M.; PEREIRA, O.G. Frações de carboidratos de quatro gramíneas tropicais em diferentes idades de corte e doses adubação nitrogenada. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.59, n.3, p.730-739, 2007.

- 19.KOEPPEN, W. - **Climatologia Tradicional**. Traduzido para o Espanhol por Pedro Henchies Pérez, 1948.
- 20.KOLLET, J.L.; DIOGO, J.M.S.; LEITE, G.G. Rendimento forrageiro e composição bromatológica de variedades de milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. BR.), **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa v.35, n.4, p.1308-1315, 2006.
- 21.LACERDA, M.J.R.; FREITAS, K.R.; SILVA, J.W. Determinação da matéria seca de forrageiras pelos métodos de microondas e convencional, **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.25, n.3, p.185-190, M 2009.
- 22.LAZZARINI, I. **Consumo, digestibilidade e dinâmicas de trânsito e degradação da fibra em detergente neutro em bovinos alimentados com forragem tropical, de baixa qualidade e compostos nitrogenados**, (Dissertação de Mestrado). Viçosa: UFV, 2007, 52p.
- 23.MARTA JÚNIOR, F.B.; VILALA, L.; SOUSA, D.M.G. Manejo da adubação nitrogenada em pastagens, 23. 2004, Piracicaba, **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2004, p. 155-215.
- 24.MARTA JÚNIOR, G.B.; VILELA, L.; SOUZA, D.M.G. Adubação nitrogenada. In: **Cerrado: uso Eficiente de Corretivos e Fertilizantes em Pastagens**. Brasília, Embrapa Informações Tecnológicas, P. 117 – 144, 2007.
- 25.McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The biochemistry of silage**. 2.ed. Merlow: Chalcomb Publications, 1991. 340p.
- 26.MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. In: FAHEY Jr., G.C.; COLLINS, M.; MERTENS, D.R. et al. (Eds.). Forage quality evaluation and utilization. Nebraska: American Society of Agronomy, **Crop Science of America**, Soil Science of America, 1994. p.450-493.
- 27.NOBREGA, E. B. **Produtividade e composição bromatológica de cultivares de milheto adubados com nitrogênio em neossolo quartzarênico órtico**. Tese (Doutorado) – Programa de pós-graduação em Ciência Animal, Escola de Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010. p. 33- 55.
- 28.OLIVEIRA, T.K.; CARVALHO, G.J.; MORAIS, R.N.S Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 37, n. 8, p. 1079-1087, 2002.
- 29.PIRES, F.R.; ASSIS, R.L.; SILVA, G.P; BRAZ,; A.J.B.P. SANTOS, S.C.; VIEIRA NETO, S.A.; SOUSA, J.P.G. Desempenho agrônomo de

- variedades de milho em razão da fenologia em pré-safra, **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 3, p.41-49, 2007.
30. PEREIRA, S. A. OLIVEIRA, G.C.; KLIEMANN, H.J.; BALBINO, L.C.; FRANÇA, A.F.S.; CARVALHO, E.R. Influence of different grazing systems on physical properties and aggregation in savannah soils. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 3, p. 274-282, 2010.
 31. POSSENTI, R.A.; Evaldo FERRARI JUNIOR, E.; BUENO, M.S.; Diorande BIANCHINI, D.; LENIZ, F.F. RODRIGUES, C.F. Parâmetros bromatológicos e fermentativos das silagens de milho e girassol, **Ciência Rural**, Santa Maria v.35, n.5, p. 1185 – 1189, 2005.
 32. PRIMAVESI, O.; CORREIA, L. A.; PRIMAVESI, A. C. ARMELIN, M. S. A.; SILVA, A. C.; FREITAS, A. R. **Adubação com ureia em pastagem de Cynodon dactylon cv. Coastcross sob manejo rotacionado: eficiência e perdas**, São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2001. 42p. (Embrapa Pecuária Sudeste, Circular Técnica, 30).
 33. REIS, R. A.; RODRIGUES, L. R. A.; PEREIRA, J. R. A. Amonização de resíduos de cultura de inverno. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v.22, n.5, p.787-793, 1993.
 34. RIBEIRO, C.G.M.; GONÇALVES, L.Ç.; RODRIGUES, J.A.S.; RODRIGUEZ, N.M.; BORGES, I.; BORGES, A.L.C.C.; SALIBA, E.OS.; CASTRO, G.H.F.; RIBEIRO JUNIOR, G.O. Padrão de fermentação da silagem de cinco genótipo de sorgo, **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.59, n.6, p.1531-1537, 2007.
 35. R Development Core Team (2013). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3- 90005107. 0, URL [http:// www.R-project.org](http://www.R-project.org). Acesso em: 02 de abril de 2013.
 36. SAMPAIO, C.B.; DETMANN, E.; LAZZARINI, I. et al. Rumen dynamics of neutral detergent fiber in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa v.38, n.3, p.560-569, 2009.
 37. SCALÉA, M. **A cultura do milho e seu uso no plantio direto no cerrado**. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE MILHETO. FARIAS NETO, A. L.; AMABILE, R. F.; MARTINS NETO, D. A.; YAMASHITA, T.; GOCHO, H. (Editores). **Anais...** Planaltina: Embrapa Cerrados, p.75-82, 1999.
 38. SILVA, D.J.; & QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002. 235p.

39. SILVA, A.G. **Fontes de fósforo na produção e composição bromatológica de cultivares de milho forrageiro**, 2010. 127 f. Tese (Doutorado em Produção Animal). Escola de Veterinária e Zootecnia, Goiânia.
40. SILVA, A.G.; FARIAS JÚNIOR, O.L.; FRANÇA, A.F.S.; MIYAGI, E.S.; RIOS, L.C.; MORAES FILHO, C.G.; FERREIRA, J.L. Rendimento forrageiro e composição bromatológica de milho sob adubação nitrogenada, **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v.13, n.1, p. 67 - 75, 2012.
41. SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. FOX, D.G.; and RUSSELL, J.B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.70, n.12, p.3562-3577, 1992.
42. TEIXEIRA, C.M. CARVALHO, G.J. Furtini Neto, A.E. ANDRADE, M.J.B. MARQUES, L.S. Produção de biomassa e teor de macronutrientes do milho, feijão-de-porco e guandu-anão em cultivo solteiro e consorciado, **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 1, p. 93-99, 2005.
43. WATTIAUX, M.A.; MERTENS, D.R.; SATTER, L.D. Effect of source and amount of fiber on kinetics of digestion and specific gravity of forage particles in the rumen. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.74, p.3872- 83, 1991.
44. VAN SOEST, P.J. Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: voluntary intake relation to chemical composition and digestibility. **Journal Animal Science**, Champaign, n.24, v.3, p.834-844, 1965.
45. VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca: Cornell University. 1994 p.476.
46. VAN SOEST, P.J.; WINE, R.H. Determination of lignina and cellulose in acid detergent fiber with permanganate. **Journal of Association of Agricultural Chemistry**, Washington, v.51, p.780-85, 1968.

CAPÍTULO 3 – FRACIONAMENTO DE CARBOIDRATOS E DE COMPOSTOS NITROGENADOS DA MASSA SECA DA SILAGEM DE CULTIVARES DE MILHETO SOB DOSES DE NITROGÊNIO

RESUMO

O trabalho foi realizado com o objetivo de quantificar as frações de carboidratos e de compostos nitrogenados da silagem de três cultivares de milho ADR 500, ADR 7020 e LABH 70732. Utilizou-se o delineamento experimental blocos casualizado, em esquema fatorial 3×4 , três cultivares e quatro doses (0; 50; 100 e 200 kg.ha⁻¹), com quatro repetições. O material foi ensilado em baldes de PVC, que permaneceram fechados por 30 dias. Nos compostos nitrogenados foram observadas interações significativas ($P < 0,05$) na fração “A” entre cultivares nas doses equivalentes à aplicação de 100 e 200 kg.ha⁻¹ de N, enquanto a fração “B₃”, apenas o cultivar ADR 7020 ($P < 0,05$) em relação às doses de N avaliadas. Não foram observados efeitos significativos ($P > 0,05$) entre as doses de N e os teores de carboidratos totais (CT) determinados nas silagens híbridas de milho avaliadas, com exceção do ADR-7020 que apresentou efeito significativo ($P < 0,05$), com variação de 76,77% a 80,56%. As silagens dos três cultivares avaliados apresentaram valores aceitáveis entre frações de nitrogênio e carboidratos.

Palavras-chave: Adubação nitrogenada, CNCPS, silagem, frações, *Pennisetum glaucum*

ABSTRACT

The study was conducted to determine the fractions of carbohydrates and nitrogen compounds from the silage of three cultivars ADR 500, ADR 7020 and LABH 70732. A randomized block design was used in a 3×4 factorial scheme three cultivars and four N doses (0, 50, 100 and 200 kg ha⁻¹), with four replications. The forage was ensiled in PVC buckets which remained closed for 30 days. The nitrogen fraction ($P < 0.05$) showed significant interactions in the, "A" fraction among cultivars in doses equivalent to the application of 100 and 200 kg.ha⁻¹ N, while the B₃ fraction, only cv. ADR 7020 ($P < 0.05$) compared to r evaluated N doses. There were no significant statistical differences ($P > 0.05$) between the N and the total carbohydrates (TC) determined in the assessed hybrid millet silage, with the exception of the ADR-7020 that had a significant effect ($P < 0.05$), ranging from 76.77% to 80.56%. Silages of the tested three cultivars showed acceptable values between the fractions of nitrogen and carbohydrates.

Keywords: nitrogen fertilization, CNCPS, silage, *Pennisetum glaucum*.

1 INTRODUÇÃO

Dentre várias espécies forrageiras que podem ser utilizadas pelos produtores, o milheto [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.] vem sendo explorado como uma alternativa para o período de escassez da produção de forragens por apresentar características agronômicas de alta resistência à seca, adaptação a solos de baixa fertilidade, crescimento rápido e adequada produção de massa. Seu uso tem sido ampliado tanto para a produção de forragem, pastejo ou silagem, quanto para a produção de grãos, devido ao seu baixo custo e qualidade. É considerado como cultura com grande potencial para a utilização em plantios de sucessão, podendo ser semeado no fim do verão ou no início do outono.

O processo digestivo nos ruminantes é um sistema dinâmico que envolve a entrada de alimentos no rúmen e a saída de líquidos, partículas, microrganismos e resíduo não-degradados para o omaso e abomaso. Os alimentos utilizados nas dietas dos ruminantes devem ser fracionados para sua adequada caracterização (SNIFFEN et al., 1992). O sistema de proteínas e carboidratos ou “CNCPS – Cornell Net Carbohydrate and Protein System” propõe o fracionamento dos constituintes nitrogenados e carboidratos com o objetivo de melhorar a sincronização da digestão ruminal, evitando perdas e otimizando o processo fermentativo. No entanto, informações acerca deste sistema em condições tropicais brasileira, ainda são escassos, principalmente no tocante a forrageiras que constituem as pastagens, que possivelmente possam ser ensiladas.

Os compostos nitrogenados dos alimentos podem ser classificados nas frações A (fração solúvel), representada pelo nitrogênio não-protéico (NNP), peptídeos e aminoácidos, que são rapidamente convertidos à amônia no rúmen; A fração B, que compreende a proteína verdadeira potencialmente disponível, a qual é subdividida em B₁, proteínas solúveis e rapidamente degradada no rúmen; B₂ e B₃, proteínas insolúveis com taxas de degradação intermediária e lenta, respectivamente, e C, que é a proteína insolúvel e indigestível no trato gastrointestinal (SNIFFEN et al., 1992).

Deste modo, objetivou-se através deste trabalho quantificar as frações de carboidratos e de proteínas da silagem de três cultivares de milho forrageiro submetidos à adubação nitrogenada.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em área do Departamento de Produção Animal da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás Campus II, Goiânia Goiás, no período de janeiro a abril de 2011, localizada na latitude S 16° 35' 52" e longitude W 49° 17' 11" com altitude de 723 m.

O clima da região é classificado como semi-húmido tropical (Aw), segundo a classificação de KÖPPEN (1948), com estação seca bem definida dos meses de maio a outubro. A temperatura anual média é de 23,2 °C com média mínima de 17,9 °C, e média máxima de 28,9 °C e a precipitação anual de 1578 mm (PEREIRA et al., 2010). A umidade do ar média anual é de 71%, com o menor índice no mês de agosto (BRASIL, 1992). Os dados meteorológicos relativos ao período experimental encontram-se na Tabela 1.

TABELA 1. Variáveis climáticas observadas durante o período experimental

Ano de 2011	Insolação (horas)	Precipitação pluvial (mm)	Temperatura média do ar (°C)		
			Máxima	Média	Mínima
Janeiro	162,9	289,3	29,5	24,7	19,9
Fevereiro	151,6	178,0	31,3	25,5	19,7
Março	142,3	368,0	29,7	24,8	19,8
Abril	239,9	241,0	30,5	24,1	17,8

Fonte: Estação Evaporimétrica de primeira classe, Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos – UFG

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distrófico (Embrapa, 2006). Para fins de sua caracterização foram coletadas amostras na profundidade 0,20 m, visando à determinação da composição química do solo, conforme Tabela 2.

TABELA 2. Atributos químicos do solo da área experimental

Ca	Mg	K	Al	H	P(Mel)	K	pH	V	M.O
		Cmol _c .dm ⁻³			mg.dm ⁻³		CaCl ₂	%	g/kg
3,4	1,1	0,15	0,0	2,8	3,8	69,0	5,9	62,5	1,8

O preparo do solo foi o convencional, utilizando-se um trator equipado com grade de arrasto, seguido de duas gradagens para que a área ficasse em condições de semeadura.

As parcelas experimentais foram constituídas por cinco linhas de cinco metros lineares, com espaçamento de 0,30 m, entre linhas, sendo a área total 6,0 m² de cada parcela, totalizando 288 m² de área experimental.

Os tratamentos foram constituídos por três cultivares de milho: ADR-500, ADR-7020 e LABH 70732; quatro doses de N (0; 50; 100 e 200 kg ha⁻¹), sob a forma de ureia.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial 3x4 (três cultivares e quatro doses de nitrogênio), com quatro repetições.

A semeadura manual foi realizada no dia 06 de janeiro de 2011, a dotando-se uma taxa de 20 sementes puras viáveis (SPV) por metro linear.

As adubações fosfatada (SS) 60 kg de P₂O₅ ha⁻¹ e potássica (KCL), 30 kg de K₂O ha⁻¹, de formação foram feitas segundo recomendações de (MARTA JÚNIOR et al., 2007).

A adubação fosfatada e a adubação com microelementos foram realizadas em dose única no plantio e foi utilizado FTE BR 16 como fonte de microelementos num total de 50 kg ha⁻¹. As adubações, nitrogenada e potássica de cobertura foram parceladas em duas aplicações: 50% da dose aos dez dias após a germinação e 50% aos 20 dias após a germinação.

Foram utilizadas para fins de avaliação as três fileiras centrais de cada unidade experimental, desconsiderando-se as duas linhas externas e 0,50 m das extremidades.

A partir dos 75 dias de crescimento vegetativo procedeu-se o monitoramento visual das características morfológicas da planta até atingir a

fase “3” de crescimento e estágio de desenvolvimento morfológico “8” (ED8), numa escala de zero a nove (estádio pastoso/farináceo), quando o fluído leitoso muda gradualmente da forma semi-sólida para sólida, quando ocorre aumento no conteúdo de amido e redução no teor de umidade (DURÃES et al., 2003).

O corte e ensilagem foram realizados aos 87 dias de crescimento vegetativo, manualmente, a 0,15 m, do nível do solo, com utilização de tesoura de aço, quando as plantas apresentavam, em média, 28% de matéria seca (MS), cujos teores foram determinados através da técnica do forno micro-ondas (LACERDA et al., 2009), no momento em que os grãos se apresentavam no estágio pastoso/farináceo. O material foi triturado em partículas de aproximadamente, dois cm, a forragem foi pulverizada com inoculante para silagens na base de dois gramas por tonelada de silagem. Inoculante a base de *Lactobacillus plantarum*, *Propionibacterium*, *Acidipropionice* Amilase e Sacarose, na concentração de 25×10^6 UFC/gramas de inoculante.

Como silos experimentais (unidades experimentais) foram utilizados baldes plásticos com capacidade para 12 kg de forragem e tampas próprias, com encaixe, para garantir vedação adequada foi utilizado fita adesiva nas tampas. No fundo de cada balde foi colocado um kg de uma mistura de areia grossa e fina (seca em estufa de circulação forçada de ar por 72 horas), separadas da silagem por fina camada de tecido (TNT) e uma tela de nylon o que evitou que a forragem entrasse em contato com a areia, e dessa forma permitiu que o efluente fosse drenado para o fundo do balde, sendo quantificado na abertura dos silos por diferença de peso.

Antes da ensilagem, o conjunto constituído por balde, tampa com válvula de “BUNSEN”, areia e tecido e tela de nylon foram pesados. No enchimento dos silos experimentais, pequenas camadas de forragem (aproximadamente 0,40 m) foram sendo acondicionadas e compactadas com auxílio de uma prensa hidráulica manual dentro dos baldes, de modo a possibilitar que todos os mini-silos (tratamentos e repetições) pudessem apresentar semelhança em relação à pressão de compactação e densidade no fechamento, na tentativa de minimizar diferenças no processamento.

Decorridos trinta dias após a ensilagem, procedeu-se a abertura dos silos experimentais (30.04.2011). Após todo material deteriorado ter sido retirado das bordas superiores, procedeu-se a homogeneização da silagem, ocasião em que retirou uma amostra de aproximadamente, 500 g. Posteriormente, a amostra foi levada à estufa de ventilação forçada à temperatura de 65°C, durante 72 h, para determinação da matéria pré-seca e, em seguida foi moída em moinho tipo Willey, em peneira de um mm, para determinação das análises laboratoriais.

A matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE) e proteína bruta (PB) foram determinadas de acordo com SILVA & QUEIROZ (2002).

As frações de carboidratos foram determinadas pela metodologia de SNIFFEN et al. (1992). Os carboidratos totais (CHOT) foram determinados pela expressão: $CHOT = [100 - (\%PB + \%EE + \%Cinzas)]$, onde, CHOT = carboidratos totais; %PB = proteína bruta e %EE = extrato etéreo. O fracionamento dos CHOT que são classificados nas frações A + B₁, B₂ e C foram determinados pelas expressões a seguir. As frações A + B₁ foram determinadas pela equação: $A + B_1 = 100 - (C + B_2)$. A fração B₂ foi calculada pela equação: $B_2 = \{100 * FDN_{(\%MS)} - PIDN_{(\%PB)} * 0,01 * PB_{(\%MS)} - [FDN_{(\%MS)} * 0,01 * LIGNINA_{(\%FDN)} * 2,4]\} / CHOT_{(\%MS)}$, em que, PIDN = proteína bruta insolúvel em detergente neutro. A fração C foi calculada pela equação: $C = \{[100 * FDN_{(\%MS)} * 0,01 * LIG_{(\%FDN)} * 2,4] / CHOT_{(\%MS)}\}$, onde, FDN = fibra em detergente neutro e LIG = lignina.

As determinações de nitrogênio não protéico (NNP), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) foram executadas segundo a metodologia descrita por LICITRA et

al., (1996) e o nitrogênio solúvel (NS) e as frações de proteína foram avaliadas seguindo a metodologia adotada pelo programa de Cornell (CNCPS), (SNIFFEN et al., 1992).

Foram calculadas as cinco frações: fração A, B₁, B₂, B₃ e C em percentagem da proteína bruta (PB). A fração “A” constituída de compostos NNP foi determinada pela diferença entre o N total e o N insolúvel em ácido tricloroacético (TCA). A fração “B₁” referente a proteínas solúveis e rapidamente degradadas no rúmen foi obtida pela diferença entre o nitrogênio solúvel em tampão borato fosfato (TBF) menos o nitrogênio não protéico NNP. As frações “B₂” e “B₃”, constituídas pelas proteínas insolúveis com taxa de degradação intermediária e lenta no rúmen foram determinadas pela diferença entre a fração insolúvel em TBF e NIDN e, o NIDN menos o NIDA, respectivamente. A fração “C” constituídas de compostos nitrogenados insolúveis e indigestíveis no rúmen e intestino e foi determinada pelo NIDA. (LICITRA et al., 1992).

O delineamento adotado foi o de blocos completos casualizados em esquema fatorial 3x4, o fatorial foi analisado em conjunto, com quatro repetições, totalizando 48 unidades experimentais.

As variáveis foram submetidas à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Foram ajustadas equações de regressão para estimar as frações de compostos nitrogenados e carboidratos dos cultivares estudados, em função das doses de nitrogênio, com auxílio do software R (R Development Core Team 2013).

3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Fracionamento de compostos nitrogenados

Através da análise de variância foram observadas interações significativas ($P < 0,05$) nas frações “A”, “B₃” e “C” entre cultivares nas doses equivalentes à aplicação de N. As frações B₂ não diferiram em relação aos cultivares e as doses de N, conforme se verifica na Tabela 3.

O teor de nitrogênio não protéico (NNP), representado pela fração A, como porcentagem da proteína bruta, que é de alta digestibilidade, determinados nas silagens dos cultivares de milho, diferiu ($P < 0,05$) entre os cultivares nas doses equivalentes a aplicação de zero, 50 e 200 kg ha⁻¹ de N, com variação de 37,92% (ADR 7020) a 52,57% (ADR 7020), com as doses de 50 e 100 kg.ha⁻¹ N aplicadas. As silagens no momento de abertura dos silos experimentais apresentaram as seguintes frações Tabela 3.

Observa-se que os valores da fração A determinadas nesta pesquisa podem ser considerados altos, o que sugere que com a fermentação da massa ensilada, parte da proteína foi convertida em nitrogênio não protéico, em decorrência da proteólise. Os valores de fração A, quantificadas nesta pesquisa se encontram bastante abaixo do valor médio de 56,9%, relatada por CABRAL et al. (2004), quando fracionaram o capim-elefante quando encerrava 18,3 de MS.

Teores elevados da fração A podem resultar em perdas de amônia pelos ruminantes, devido à elevada concentração de NNP causar perda de N pelos microrganismos fermentadores de carboidratos estruturais que utilizam amônia como fonte de N (RUSSEL et al., 1992).

TABELA 3. Valores médios das frações de proteínas determinados na silagem de cultivares de milho sob doses de nitrogênio em percentagem da proteína bruta (%PB).

Frações	Cultivar	Doses de N (kg.ha ⁻¹)				Média	CV%
		0	50	100	200		
A	ADR500	*39,29 ^{Aa}	41,22 ^{Aa}	41,09 ^{Ab}	41,08 ^{Aa}	40,67 ^a	11,89
	ADR7020	39,41 ^{Ba}	37,92 ^{Ba}	52,57 ^{Aa}	43,94 ^{ABa}	43,46 ^a	
	LABH70732	41,35 ^{Aa}	44,07 ^{Aa}	47,42 ^{Aab}	38,32 ^{Aa}	42,79 ^a	
	Média	40,02 ^B	41,07 ^B	47,03 ^A	41,11 ^B		
B ₁	ADR500	3,81 ^{Aa}	3,12 ^{Aa}	3,60 ^{Aa}	3,79 ^{Aa}	3,58 ^a	19,32
	ADR7020	3,41 ^{Aa}	3,06 ^{Aa}	3,98 ^{Aa}	3,59 ^{Aa}	3,51 ^a	
	LABH70732	4,57 ^{Aa}	3,48 ^{Aa}	3,33 ^{Aa}	3,65 ^{Aa}	3,76 ^a	
	Média	3,93 ^A	3,22 ^A	3,64 ^A	3,68 ^A		
B ₂	ADR500	27,05 ^{Aa}	26,82 ^{Aa}	26,63 ^{Aa}	27,85 ^{Aa}	27,09 ^a	19,85
	ADR7020	27,54 ^{Aa}	25,76 ^{Aa}	22,25 ^{Aa}	26,44 ^{Aa}	25,50 ^a	
	LABH70732	26,52 ^{Aa}	24,79 ^{Aa}	24,73 ^{Aa}	25,73 ^{Aa}	25,44 ^a	
	Média	27,04 ^A	25,79 ^A	24,54 ^A	26,67 ^A		
B ₃	ADR500	25,69 ^{Aa}	24,81 ^{Aa}	24,45 ^{Aa}	23,24 ^{Aa}	24,55 ^a	26,35
	ADR7020	25,18 ^{Aba}	28,85 ^{Aa}	16,68 ^{Ba}	21,73 ^{ABa}	23,11 ^a	
	LABH70732	23,76 ^{Aa}	22,79 ^{Aa}	20,38 ^{Aa}	27,74 ^{Aa}	26,67 ^a	
	Média	24,88 ^A	25,48 ^A	20,50 ^A	24,23 ^{Aa}		
C	ADR500	4,22 ^{Aa}	4,17 ^{Aa}	4,27 ^{Aa}	4,15 ^{Aa}	4,20 ^a	12,44
	ADR7020	4,50 ^{Aa}	4,52 ^{Aa}	4,67 ^{Aa}	4,42 ^{Aa}	4,53 ^a	
	LABH70732	3,85 ^{Ba}	4,92 ^{Aa}	4,17 ^{ABa}	4,57 ^{AaB}	4,38 ^a	
	Média	4,19 ^A	4,54 ^A	4,37 ^A	4,38 ^A		

*Médias de cada fator seguidas de mesmas letras, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, são estatisticamente iguais pelo teste de tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Não foram observadas diferenças significativas ($P>0,05$) na fração B₁, que é constituída de proteína verdadeira de rápida degradação ruminal, entre cultivares nas doses de N aplicadas. com valores de 3,06% na dose 50 kg ha⁻¹ de N (ADR 7020) a 4,57% na dose zero (LABH 70732) respectivamente.

Possivelmente, as altas proporções quantificadas na fração A, tenham contribuído para redução significativa da fração B₁, tendo ainda um outro fator como justificativa de que as maiores produção de massa seca obtidas nesta dose, tenham também resultado na maior proporção de fibras.

A fração “B” da proteína representa à proteína verdadeira, potencialmente degradável, que é subdividida em três subfrações que, se diferem em função de sua taxa de degradação ruminal, a fração B₁ é a fração de proteína do alimento solúvel em solução de tampão-borato-fosfato, porém precipitado em ácido tricloroacético e possui rápida taxa de degradação ruminal (SNIFFEN et al., 1992).

A FDN é composta de hemicelulose e celulose, a celulose é também insolúvel, quimicamente estável e relativamente imune ao ataque químico e enzimático, tais propriedades fazem da celulose um excelente material estrutural para formar uma parede celular forte, a hemicelulose são polissacarídeos de matriz que se ligam a celulose, na parede primária de dicotiledôneas a hemicelulose mais abundante é o xiloglucano, como a celulose esse polissacarídeo possui uma estrutura básica de resíduos de D-glicose com ligações β -(1-4) (TAIZ et al., 2009), diferente da celulose o xiloglucano tem cadeias laterais curtas que contêm xilose, galactose e muitas vezes uma fucose terminal e outros polissacarídeos fisiologicamente importantes podem ser encontrados na hemicelulose como glucoronoarabinosilanos e glucomananos.

As paredes secundárias contêm menos xiloglucanos e mais xilanos e glucomananos, que também se ligam fortemente a celulose (TAIZ et al., 2009).

A fração B₂, formada por proteínas insolúveis com taxa de degradação intermediária no rumem, não foi influenciada ($P>0,05$) pelas doses de N e os cultivares avaliados, tendo apresentado valor médio de 22,25%, na dose equivalente à aplicação de 100 kg ha⁻¹ de N a 27,54%, no tratamento controle (ADR 7020).

Caracterizada como de lenta degradação ruminal por se encontrar ligada à parede celular, a fração B₃, apresenta elevado escape, o que faz com que seja potencial fonte de aminoácidos no intestino delgado (SNIFFEN et al., 1992), houve interação significativa na fração B₃ da silagem dos cultivares de milho ($P<0,05$) entre as doses de N e as cultivares avaliadas, com valores mínimo e máximo de 16,68 e 28,85%.

Um grupo de proteínas localizadas na parede primária das células vegetais denominadas expansinas catalisam a extensão pH dependente e o relaxamento do estresse de paredes celulares (TAIZ et al., 2009). A base molecular da ação da expansina sobre a reologia da parede celular ainda é incerta, mas a maioria indica que as expansinas causam deslizamento da parede celular pelo afrouxamento da adesão não covalente entre polissacarídeos de parede (TAIZ et al., 2009), os estudos sobre ligação sugere que as expansinas podem atuar na interface entre celulose e uma ou mais hemiceluloses.

Outro grupo de proteínas da parede celular é composto pelas extensinas, também conhecidas como glicoproteínas ricas em hidroxiprolinas, que são glicoproteínas insolúveis (JOSÈ-ESTANYOL & PUIGDOMÈNECH, 2000). As extensinas podem agir como reguladores da expansão da parede celular ou como meio de ligação entre a parede celular e a membrana plasmática, sendo que seu papel específico ainda é controverso (MARTIN et al., 2001). O que é consenso é que sua proporção aumenta na célula à medida em que a planta avança em idade e em tamanho e, por ser insolúvel, esse grupo de proteínas contribui para a diminuição da digestibilidade da planta (JOSÈ-ESTANYOL & PUIGDOMÈNECH, 2000; MARTIN et al., 2001).

Valores médios da fração B₃, determinadas por CARVALHO et al., 2008; ANDRADE et al., (2010); OLIVEIRA et al., (2012) da ordem de 7,5; 7,3 e 3,0%, respectivamente, quando fracionaram silagens de capim elefante com a adição de diversos coprodutos, se encontram bastante abaixo das frações determinadas nesta pesquisa, cujos valores médios apresentaram variação de 16,68 a 28,85%, o que pode caracterizar os cultivares de milho forrageiro como uma alta concentração desta fração, que representa a proteína ligada à parede celular com potencial para ser degradada, com baixa taxa de degradação no rúmen, apresentando elevado escape, sendo fonte potencial de aminoácido no intestino delgado (SNIFFEN et al., 1992). Nutricionalmente importante na alimentação de ruminantes.

A fração C, que corresponde aos compostos nitrogenados associadas à lignina, complexos taninos-proteína e produtos oriundos da reação de Maillard, e altamente resistente às enzimas microbianas e

indigestível ao longo do trato gastrointestinal (LICITRA et al., 1996), diferiu ($P < 0,05$) entre as doses de N aplicadas, tendo apresentado variação de 3,85% (LABH 70732) a 4,92% (ADR 7020).

Valores de fração C, da ordem de 15,3% foram relatado por CARVALHO et al. (2008), enquanto ANDRADE et al. (2010), determinaram valores de 11,2%, os quais são bastante superiores aos determinados nesta pesquisa.

A indisponibilidade de parte da proteína bruta aumenta com o avanço da idade fisiológica da planta, sob o ponto de vista nutricional constitui um dos efeitos mais negativos, entretanto 5 a 15% do N total das forragens encontra-se ligado a lignina totalmente indisponível, estando os resultados encontrados nesta pesquisa abaixo destes valores (VAN SOEST, 1994).

Valores elevados da fração C, em silagens podem ocorrer em função de produtos oriundos da reação de Maillard, em consequência da elevação da temperatura em silagens com elevado teor de umidade. Portanto, os baixos valores de fração C, determinadas nesta pesquisa, indica processo fermentativo adequado, enquanto (CARVALHO et al., 2008; ANDRADE et al., 2010), procederam a ensilagem do campim-elefante com teores de matéria seca da ordem de 20,1 e 15,9%, respectivamente, e encontraram valores superiores aos deste trabalho.

3.2 Fracionamento de carboidratos

Não foram observadas diferenças estatísticas significativas ($P>0,05$) entre as doses de N e os teores de carboidratos totais (CT) determinados nas silagens dos híbridos de milho avaliados, com exceção do ADR-7020. Este cultivar apresentou um ajuste dos dados e um coeficiente de determinação $R^2=0,97$ da equação de regressão polinomial $Y=80,70 - 0,058X + 0,0002 X^2$ tendo o valor mínimo de 76,5% próximo à dosagem de 145 kg de N ha^{-1} . Os teores de CT determinados nas silagens dos híbridos avaliados nesta pesquisa apresentaram variação de 76,67% a 80,56%, o que corrobora com VAN SOEST (1994), quando afirma que de um modo geral, as plantas forrageiras tropicais, em média, apresentam conteúdos de CT na faixa de 50% a 80%. Ainda, segundo o referido autor, a principal função dos carboidratos é atuar como fonte de energia para os animais. PIRES et al. (2009) relatam teores médio de 85,56%, enquanto ANDRADE et al. (2010) determinou teor médio de 80,6%, para CT, quando avaliaram silagens de capim-elefante, com e sem aditivos, valores que se equivalem aos determinados nesta pesquisa nos cultivares de milho submetidos a adubação nitrogenada.

Tabela 4 – Valores médios de carboidratos totais determinados nos cultivares de milho submetidos à adubação nitrogenada

Cultivares	Doses de N (kg de N ha^{-1})			
	0	50	100	200
ADR 500	78,55 ^a	79,53 ^a	79,66 ^a	79,12 ^a
ADR 7020	80,56 ^{Aa*}	78,67 ^{ABa}	76,67 ^{Bb}	77,40 ^B
LABH 70732	79,43 ^a	77,22 ^a	78,13 ^{ab}	79,57 ^a

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não apresentam diferença estatística pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Observa-se que na dose de 100 kg ha⁻¹ N, foram concentrados os maiores teores médios nos cultivares ADR 500 e LABH 70732, com valores de 79,66 e 78,13%, respectivamente (Tabela 4).

Não foram observadas diferenças significativas nas quantificações das frações A+B₁, B₂ e C, entre doses de N e os híbridos avaliados (Tabela 5).

Tabela 5 – Valores médios das frações: A+B₁, B₂ e C, determinadas nas silagens de cultivares de milho submetidos a adubação nitrogenada

Dosagens de N (Kg de N*ha ⁻¹)	Fracionamento CHO		
	Fração A+B ₁	Fração B ₂	Fração C
0	21,06 ^{a*}	57,88 ^a	21,06 ^a
50	19,96 ^a	59,34 ^a	20,7 ^a
100	20,16 ^a	59,88 ^a	19,96 ^a
200	20,83 ^a	58,34 ^a	20,83 ^a
CV (%)	12,67	6,57	17,24

*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna são semelhantes pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os valores médios das frações (A+B₁), que correspondem aos carboidratos solúveis e ao amido, determinados nas silagens dos cultivares de milho avaliadas se situaram na faixa de 19,96% a 21,06%, os quais se encontram dentro da faixa normalmente relatada na literatura (PIRES et al., 2009; ANDRADE et al., 2010; SÁ, 2010; SOUZA et al. 2011), indo de encontro as afirmações de VIEIRA et al. (2000) de que as forrageiras tropicais, dificilmente apresentam estas frações superiores a 20% dos CHOT, o que corrobora com os resultados encontrados nesta pesquisa, (Tabela 5). De acordo com NOCEK & RUSSEL (1998), quando a disponibilidade de carboidratos de rápida degradação é elevada, torna-se necessário um adequado suprimento de proteínas rapidamente degradáveis para o perfeito sincronismo de fermentação de carboidratos e proteínas no rúmen.

Alimentos com elevada proporção da fração A+B₁ são considerados boas fontes de energia para o crescimento de microrganismos que utilizam CNF (CARVALHO et al., 2007).

Os valores da fração B₂, composta pelos carboidratos da parede celular, que é de disponibilidade ruminal lenta, sendo, portanto, susceptível aos efeitos da taxa de passagem, determinados nesta pesquisa, foram em média de 58,85%. Os valores obtidos neste trabalho foram inferiores aos relatados por RIBEIRO et al. (2001) com variação de 77,49% a 80,59%, quando avaliaram silagens de diversas forrageiras tropicais. PIRES et al. (2009) avaliaram silagens de capim-elefante com diferentes tratamentos e observaram valor médio da B₂ de 68,9%, para o tratamento controle, o qual se encontra acima da valor médio determinado nesta pesquisa. ANDRADE et al. (2010) relatam conteúdos médios desta fração na faixa de 38,5%, portanto, bastante abaixo das citações anteriores. A importância da correta avaliação da fração B₂ dos carboidratos está relacionada ao teor de fibra. Alimentos volumosos com altos teores de FDN apresentam maior proporção da fração B₂, que, por fornecer energia mais lentamente no rúmen, podem afetar a eficiência da síntese microbiana e o desempenho animal (RUSSELL et al., 1992; RIBEIRO et al. 2001).

A fração C, que representa a porção não degradável e indigestível dos carboidratos, apresentou teor médio de 20,63%, nas silagens dos cultivares de milho avaliados. Segundo BARBOSA et al. (2003), doses elevadas de N fazem com que ocorra aumento da fração C. Valores da fração C, superiores aos determinados nesta pesquisa foram relatados por CABRAL et al. (2004), quando avaliaram silagem de capim elefante encontrou teor médio de 33,56%, enquanto ANDRADE et al. (2010) relatam teor médio de 38,5%, PIRES et al. (2009), também avaliaram silagens da mesma forrageira e determinaram valor médio de 14,5%, para a mesma fração. Os valores quantificados nesta pesquisa para a fração C, se encontram dentro da faixa aceitável (VAN SOEST, 1994), pois inclui a porção da parede celular vegetal que não será digerida ao longo do trato gastrointestinal (SNIFFEN et al., 1992).

4. CONCLUSÕES

As silagens produzidas pelos cultivares de milho, independentes das doses de nitrogênio avaliadas, apresentam frações de compostos nitrogenados e de carboidratos, que podem ser utilizadas como uma opção para alimentação de ruminantes.

A adubação nitrogenada elevou a quantificação da fração A dos compostos nitrogenados das silagens de cultivares de milho.

A adubação nitrogenada elevou a concentração de carboidratos totais nos cultivares ADR 500 e LABH 70732.

REFERÊNCIAS

1. ANDRADE, I.V.O.; PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P.; VELOSO, C.M.; BONOMO, P. Fracionamento de proteína e carboidratos em silagens de capim-elefante contendo subprodutos agrícolas, **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.39, n.11, p.2342-2348, 2010.
2. BARBOSA, S.; DAVIDE, L.C.; PEREIRA, A.V. Cytogenetics of Pennisetum purpureum Schumack x Pennisetum glaucum L. hybrids and their parents, **Ciência e Agrotecnologia, Lavras**, v.27, n.1, p.26-35, 2003.
3. BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E REFORMA AGRÁRIA. Secretaria Nacional de irrigação, departamento Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas: 1961-1990**. Brasília, 84 p.,1992.
4. CABRAL, L.S.; VALADARES FILHO, S.C.; JOANIS, T.Z. et al. Taxas de digestão das frações proteicas e de carboidratos para as silagens de milho e de capim-elefante, o feno de capim-Tifton-85 e o farelo de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, p.1573-1580, 2004.
5. CARVALHO, G.G.P.; GARCIA, R.; PIRES, A.J.V.; PEREIRA, O.G.; FERNANDES, F.E.P.; OBEID, J.A.; CARVALHO, B.M.A. Fracionamento de carboidratos de silagem de capim-elefante emurchedo ou com farelo de cacau, **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, n.4, p.1000-1005, 2007 (supl.).
6. CARVALHO, G.G.P.; GARCIA, R.; PIRES, A.J.V.; PEREIRA, O.G.; FERNANDES, F.E.P.; CECON, P.R.; AZEVEDO, J.A.G. Fracionamento de proteínas de silagens de capim-elefante emurchedo ou com farelo de cacau, **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 9, n. 3, p. 648-656, 2008.
7. DURÃES, F.O.M.; MAGALHÃES, P.C.; SANTOS, F.G. Fisiologia da Planta de Milheto, **Circular Técnica nº28, EMBRAPA**, Sete Lagoas, 16p. 2003.
8. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa), Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.
9. JOSÈ-ESTANYOL, M.; PUIGDOMÈNECH, P. Plant cell wall glycoproteins and their genes. **Plant Physiology and Biochemistry**, Paris, v. 38, n. 1/2, p. 97-108, 2000.

- 10.KOEPPEN, W. - **Climatologia Tradicional**.Traduzido para o Espanhol por Pedro Henchiehs Pérez, 1948.
- 11.LACERDA, M.J.R.; FREITAS, K.R.; SILVA, J.W. Determinação da matéria seca de forrageiras pelos métodos de microondas e convencional, **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.25, n.3, p.185-190, M 2009.
- 12.LICITRA, G.; HERNANDES, T.M.; VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds, **Animal Feed Science Technology**, Amsterdam v.57, p.347-358, 1996.
- 13.MARTA JÚNIOR, G.B.; VILELA, L.; SOUZA, D.M.G. Adubação nitrogenada. In: **Cerrado: uso Eficiente de Corretivos e Fertilizantes em Pastagens**. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, p.117-144, 2007.
- 14.MARTIN, C.; BHATT, K.; BAUMANN, K. Shaping in plant cells. **Current Opinion in Plant Biology**, Cambridge, v. 4, n. 6, p. 540-549, 2001.
- 15.MELLO, R. & NORBERG, J.L. Fracionamento dos carboidratos e proteínas de silagens de milho, sorgo e girassol, **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.5, set-out, 2004.
- 16.NOCEK, J.E.; RUSSEL, J.B. Protein an energy as na integrated system: relationship of ruminal and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.71, p.2070-2107. 1988.
- 17.OLIVEIRA, A.C.; GARCIA, R.; PIRES, A.J.V.; OLIVEIRA, H.C.; ALMEIDA, V.V.S.; VELOSO, C.M.; ROCHA NETO, A.L.; OLIVEIRA, U.L.C. Farelo de mandioca na ensilagem de capim elefante : fracionamento de carboidratos e proteínas e características fermentativas, **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.13, n.4, p.1020-1031, 2012.
- 18.PEREIRA, S. A. OLIVEIRA, G.C.; KLIEMANN, H.J.; BALBINO, L.C.; FRANÇA, A.F.S.; CARVALHO, E.R. Influence of different grazing systems on physical properties and aggregation in savannah soils. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 3, p. 274-282, 2010.
- 19.PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P.; GARCIA, R.; CARVALHO JÚNIOR, J.N.; RIBEIRO, L.S.O.; CHAGAS, D.M.T. Fracionamento de carboidratos e proteínas de silagens de capim-elefante com casca de café, farelo de cacau ou farelo de mandioca, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, Viçosa n.3, p.422-427, 2009.
- 20.RIBEIRO, K.G.; PEREIRA, O.G.; VALADARES FILHO, S.C.; GARCIA, R.; CABRAL, L.S. Caracterização das que constituem as proteínas e os

- carboidratos e respectivas taxas de digestão do feno de capim-tifton 85 de diferentes idades de rebrota, **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.30, n.2, p.589-595, 2001.
21. RUSSEL, J. B. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluation cattle diets: I – Ruminal fermentation. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 70, n. 12, p. 3551 – 3581, 1992.
 22. R Development Core Team (2013). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3- 90005107. 0, URL [http: // www.R-project.org](http://www.R-project.org). Acesso em: 02 de abril de 2013.
 23. SÁ, J.F.; PEDREIRA, M.S.; SILVA, F.F.; BONOMO, P.; FIGUEIREDO, M.P.; MENEZES, D.R.; ALMEIDA, T.B. Fracionamento de carboidratos e proteínas de gramíneas tropicais cortadas em três idades, **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.62, n.3, p. 667-676, 2010.
 24. SENGGER, C. C. D.; MUHLBACH, P. R. F.; SÁNCHEZ, L. M. B.; NETTO, D. P.; LIMA, L. D. Composição química e digestibilidade 'in vitro' de silagens de milho com distintos teores de umidade e níveis de compactação, **Ciência Rural**, Santa Maria v.35, n.6, 2005.
 25. SILVA, D.J.; & QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos**: métodos químicos e biológicos. 3.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002. 235p.
 26. SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. FOX, D.G.; and RUSSELL, J.B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.70, n.12, p.3562-3577, 1992.
 27. SOUSA, L.F.; MAURÍCIO, R.M.; GONÇALVES, L.C.; BORGES, I.; MOREIRA, G.R. Cinética de fermentação ruminal in vitro da forrageira *Brachiaria brizanta* cv. Marandu em sistema silvipastoril, **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.63, n.2, p.382-391, 2011.
 28. VAN SOEST, P.J. **Nutritional Ecology of the ruminant**. 2 ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.
 29. VIEIRA, R.A.M.; Frações dos carboidratos e cinética de degradação in vitro da fibra em detergente neutro da extruza de bovinos a pasto, **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.29, n.3, p.889-897, 2000.

CAPITULO 4 – PRODUÇÃO “*IN VITRO*” DE GASES DAS SILAGENS DE TRES CULTIVARES DE MILHETO SOB DOSES DE NITROGENIO

RESUMO

Objetivou-se determinar a produção “*in vitro*” de gases das silagens de cultivares de milheto [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown], ADR 500, ADR 7020 e LABH 70732 sob doses de nitrogênio (0; 50; 100 e 200 kg.ha⁻¹), o experimento foi conduzido no Departamento de Produção Animal da UFG, com a semeadura realizada em janeiro de 2011. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, constituindo-se em fatorial 3 x 4 (3 cultivares e 4 doses de nitrogênio). Não houve efeito significativo ($P>0,05$) na composição bromatológica das silagens dos cultivares e doses de N. Os potenciais de produção de gás da fração solúvel das cultivares de milheto foram estatisticamente semelhante variando entre 94,4 e 141,6 mL/g de matéria seca degradada, verificando que as silagens dos cultivares possuem características de fermentação para conteúdo solúvel semelhantes. Observou-se também que a taxa de fermentação do conteúdo solúvel não apresentou diferenças estatisticamente significantes. A silagem do cultivar ADR 7020, apresentou maior percentagem de carboidratos solúveis ($P<0,05$) na dose de zero kg de N ha⁻¹, 17,41%, em relação às doses de 50 e 100 kg ha⁻¹ de N, 13,22 e 13,37%, respectivamente, mas essa diferença não influenciou na quantidade e na taxa de produção de gás do conteúdo solúvel. A produção de gás a partir do conteúdo solúvel em relação à matéria orgânica (MO) foi afetada positivamente pela adubação nitrogenada no cultivar LABH 70732, na dose de 50 kg.ha⁻¹ de N ($P<0,05$) em relação ao tratamento que não recebeu adubação nitrogenada, não diferindo estatisticamente das demais doses de adubação nitrogenada. Houve um incremento no volume de gás produzido pelo conteúdo insolúvel no cultivar LABH 70732 na dose de 200 kg.ha⁻¹ de N ($P<0,05$) e em relação às outras cultivares na mesma dose de adubação. Foram constatadas diferenças nas quantidades de gás produzido pelas frações solúveis e insolúveis. Houve diferenças estatisticamente significativas entre a digestibilidade *in vitro* estimada e a porcentagem de NDT das silagens dos cultivares ($P<0,05$) e entre as doses de adubação nitrogenada. A silagem dos cultivares testados apresentam características fermentativas ruminais adequadas, sendo, portanto, uma fonte adequada de suplementação volumosa para os ruminantes.

Palavras-chave: adubação nitrogenada, *Pennisetum glaucum*, fermentação *in vitro*.

ABSTRACT

This study aimed to determine the “in vitro” gas production of pearl millet [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown] cultivars, ADR 500 ADR 7020 and LABH 70732 under nitrogen levels (0, 50, 100 and 200 kg ha⁻¹). The experiment was conducted in the Departamento de Produção Animal – UFG, and sown in January 2011. The experimental design was randomized blocks, 3 x 4 factorial (3 cultivars and 4 nitrogen levels). The chemical composition values were statistically similar among cultivars and between the nitrogen applied. The potential gas production from the soluble fraction of millet cultivars were statistically similar ranging between 94.4 and 141.6 mL / g of dry matter (DM) degraded, verifying that cultivars have fermentation characteristics similar to soluble content. It was also observed that the fermentation rate of soluble fraction showed no significant statistical differences. The cv. ADR 7020 , had a higher percentage of soluble carbohydrates (P<0.05) at the dose of zero kg N ha⁻¹, 17.41%, compared to doses of 50 and 100 kg N ha⁻¹, 13.22 and 13.37%, respectively, however this difference did not influence the amount and rate of soluble content gas production. Gas production from the soluble content in relation to organic matter (OM) was positively affected by nitrogen fertilization in farming LABH 70732 at a dose of 50 kg ha⁻¹ of N (P<0.05) compared to treatment that received no N fertilization did not differ statistically from the other nitrogen fertilization. There was an increase in the volume of gas produced by insoluble content of LABH 70732 at a dose of 200 kg ha⁻¹ N (P<0.05) when compared to other cultivars for the same dose of fertilizer. Differences in the amounts of gas produced by soluble and insoluble fractions were observed. There were significant statistical differences between the *in vitro* and the estimated NDT percentage of cultivars (P<0.05) and between nitrogen fertilizer levels. Silage of cultivars presented good ruminal fermentation characteristics, and therefore, being a good source of roughage supplementation for ruminants.

Keywords: fertilization nitrogen, *Pennisetum glaucum*, fermentation.

1. INTRODUÇÃO

O sistema de produção de ruminantes brasileiro é baseado principalmente na utilização de pastagens nativas ou cultivadas e este está sujeito a uma situação de déficit hídrico o que leva a uma estacionalidade na produção destas forrageiras. Neste período onde há pouca ou nenhuma produção forrageira há a necessidade da utilização de fontes para suplementação de volumosos neste período e uma das ferramentas utilizadas é a conservação de forrageiras ensiladas. Uma das forrageiras que pode ser utilizada para esta finalidade é o milheto (*Pennisetum glaucum* (L). R. Br) (PEREIRA et al., 1993).

O milheto é uma forrageira originária da África de ciclo curto, tolerante ao déficit hídrico, de rápido crescimento, boa capacidade de rebrota com potencial forrageiro para ensilagem, alto valor nutritivo, muito apreciado pelo gado e não possui fatores antinutricionais como o ácido cianídrico e é considerada uma boa opção para a produção de silagem em regiões com problema de veranico, em plantios de sucessão e safrinha (PEREIRA et al., 1993).

A composição química da silagem de milheto é variável, dependendo do manejo, adubação, preparo do solo, condições climáticas, época de semeadura, idade de corte, o cultivar utilizado, estágio de maturação na colheita e clima (SILVA et al., 1999; SANTOS et al., 2013) o valor nutritivo está diretamente relacionada ao composição química do alimento.

A determinação do valor nutritivo se faz muito importante na utilização racional além de sua composição química, aspectos relacionados à extensão da digestão potencial e a taxa de fermentação são de grande relevância, uma vez que esses parâmetros estão diretamente envolvidos no controle do consumo voluntário (DIJKSTRA et al., 2005) que, por sua vez, se relaciona com o desempenho animal e umas das técnicas utilizadas é a produção de gases.

A técnica de produção de gás para avaliação de alimentos para ruminantes é baseada na fermentação dos alimentos efetuada pelos microrganismos ruminais e um dos produtos desta fermentação é

principalmente o gás CO₂, e esta produção de gás tem alta correlação com a quantidade de material orgânico fermentado, sendo assim esta técnica uma importante ferramenta na avaliação de alimentos para ruminantes (SCHOFIELD, 2000).

As bactérias amilolíticas tem uma taxa de crescimento maior que bactérias fibrolíticas (KOZLOSKY, 2009).

Objetivou-se com o presente estudo avaliar a produção de gás *in vitro* das silagens de três cultivares de milho forrageiros sob quatro doses de nitrogênio.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A produção das silagens do experimento foi realizada em área no Departamento de Produção Animal da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás Campus II, Goiânia Goiás, no período de janeiro a abril de 2011, localizada na latitude S 16° 35' 52" e longitude W 49° 17' 11" com altitude de 723 m. A avaliação da produção de gás foi realizado na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (Unesp), *Campus* de Jaboticabal, Estado de São Paulo, Brasil.

O clima da região de Goiânia é classificado como semi-húmido tropical (Aw), segundo a classificação de KÖPPEN (1948), com estação seca bem definida dos meses de maio a outubro. A temperatura anual média é de 23,2 °C com média mínima de 17,9 °C, e média máxima de 28,9 °C e a precipitação anual de 1578 mm (PEREIRA, et al., 2010).

A umidade do ar média anual é de 71%, com o menor índice no mês de agosto (BRASIL, 1992). Os dados meteorológicos relativos ao período experimental encontram-se na Tabela 1.

TABELA 1. Variáveis climáticas observadas durante o período experimental

Ano de 2011	Insolação (horas)	Precipitação pluvial (mm)	Temperatura média do ar (°C)		
			Máxima	Média	Mínima
Janeiro	162,9	289,3	29,5	24,7	19,9
Fevereiro	151,6	178,0	31,3	25,5	19,7
Março	142,3	368,0	29,7	24,8	19,8
Abril	239,9	241,0	30,5	24,1	17,8

Fonte: Estação Evaporimétrica de primeira classe, Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos – UFG

O solo da área experimental é classificado em Latossolo Vermelho Distrófico (Embrapa, 2006). E, para fins de sua caracterização química, foram coletadas amostras de solo na profundidade 0,20 m, visando à caracterização química do solo, conforme Tabela 2, onde são apresentados os dados dos atributos químicos do solo da área experimental antes da instalação do experimento.

TABELA 2. Atributos químicos do solo da área experimental

Ca	Mg	K	Al	H	P(Mel)	K	pH	V	M.O
Cmol _c .dm ⁻³			mg.dm ⁻³			CaCl ₂		%	g/kg
3,4	1,1	0,15	0,0	2,8	3,8	69,0	5,9	62,5	1,8

As parcelas experimentais foram constituídas por cinco linhas de cinco metros lineares, com espaçamento de 0,30 m entre linhas, com área de 6,0 m² cada unidade experimental, num total de 288 m² de área experimental. A área experimental foi preparada utilizando um trator equipado com grade de arrasto num total de duas gradagens para que a área ficasse em condições de semeadura.

Utilizou-se os cultivares forrageiros cv. ADR – 500, ADR – 7020 e LABH 70732. Os tratamentos foram constituídos por quatro doses de N (0; 50;

100 e 200 kg.ha⁻¹), sob forma de ureia, e corte realizado aos 87 dias em altura de 0,15 m do nível do solo. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial 3x4 (três cultivares e quatro doses de nitrogênio), com quatro repetições.

A semeadura foi realizada no dia 06 de janeiro de 2011, a dotando-se uma taxa de 20 sementes puras viáveis (SPV), por metro linear a dois cm de profundidade. As adubações fosfatada (super simples) 60 kg de P₂O₅ ha⁻¹ e potássica (cloreto de potássio) 30 kg de K₂O ha⁻¹, sendo o potássio aplicado em cobertura, juntamente com o nitrogênio (uréia).

A adubação fosfatada e a adubação com microelementos foram realizadas em dose única no plantio e foi utilizado FTE BR 16 como fonte de microelementos num total de 50 kg ha⁻¹. As adubações, nitrogenada e potássica de cobertura foram parceladas em duas aplicações: 50% da dose aos 10 dias após a germinação e 50% aos 20 dias após a germinação.

Foram utilizadas para avaliação as três fileiras centrais de cada unidade experimental, desconsiderando-se as duas fileiras externas e 0,50 m das extremidades, num total de 12 metros lineares de área útil por unidade experimental.

A partir dos 75 dias de crescimento vegetativo procedeu-se o monitoramento visual das características morfológicas da planta até atingir a fase “3” de crescimento e estágio de desenvolvimento morfológico “8” (ED8), numa escala de zero a nove (estádio pastoso/farináceo), quando o fluído leitoso muda gradualmente da forma semi-sólida para sólida, quando ocorre aumento no conteúdo de amido e redução no teor de umidade (DURÃES et al., 2003).

O corte para a ensilagem foi realizado aos 87 dias após a germinação de forma manual, a 0,15 m do nível do solo, com utilização de tesoura de aço, quando as plantas apresentaram-se 28% de matéria seca (MS). Cujos teores foram determinados através da técnica do forno micro-ondas (LACERDA et al., 2009).

A forragem foi triturada em partículas de aproximadamente 2,0 cm utilizando-se ensiladeira e ensilada nos 48 silos experimentais (unidades experimentais) foram utilizados baldes PVC, com capacidade para 12 kg de

forragem (com 29 cm de altura e 87,5 cm de diâmetro), dotados de tampas próprias, com encaixe, para garantir vedação adequada, tendo sido utilizado fita adesiva nas tampas.

O material ensilado foi pulverizado com aditivo inoculante para silagens na base de dois gramas por tonelada de silagem. Aditivo a base de *Lactobacillus plantarum*, *Propionibacterium*, Acidipropionice, Amilase e Sacarose, na concentração de 25×10^6 UFC/gramas de inoculante.

Os silos experimentais foram dotados de válvula tipo Bunsen, para promover o escape dos gases produzidos durante o processo fermentativo. Decorridos 30 dias após a ensilagem, procedeu-se a abertura dos silos experimentais (em 30.04.2012), sendo retiradas duas subamostras de aproximadamente, 500 g. A primeira subamostra foi levada à estufa de ventilação forçada à temperatura de 65°C, durante 72 h, para determinação da matéria pré-seca e, posteriormente moída em moinho tipo Willey, em peneira de um mm, para as análises laboratoriais.

As análises bromatológicas, foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Escola de veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás – UFG.

Foram determinados os teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), Celulose (CEL) e Lignina (LIG), Extrato Etéreo (EE) e cinza (CZ), determinados segundo metodologia descrita por SILVA & QUEIROZ (2002). Fibra em detergente neutro (FDN), segundo metodologia descrita pelo INCT-CA F- 002/1 e fibra em detergente ácido (FDA), INCT-CA F-004/1 (DETMANN, et al., 2012). Os teores de hemicelulose (Hem), foram estimados utilizando a fórmula: Hem (%MS) = FDN (%MS) – FDA (%MS). Já os teores de matéria orgânica foram obtidos a partir dos teores de cinzas por meio da fórmula: MO (%MS) = 100 - Cinzas (%MS). Os teores de carboidratos não-fibrosos (CNF) foram obtidos pela metodologia descrita por (SNIFFEN et al., 1992). em que: CNF= 100 - (FDN + PB + EE + Cinzas). As análises laboratoriais foram realizadas segundo metodologias descritas em SILVA & QUEIROZ (2002).

A produção de gases *in vitro* foram obtidos usando a metodologia de THEODOROU et al. (1994), modificada por MAURÍCIO et al. (1999), utilizando

medidor de pressão Delta DHM HD 21241. Foram incubadas oito garrafas por tratamento para as medições da produção de gases e da digestibilidade da matéria orgânica. Cada garrafa de vidro de 110 mL continha 0,2 g de amostra com 30 mL de inoculo mais solução tampão de McDougal (McDOUGAL, 1949).

Essas garrafas foram seladas e mantidas a 39°C em banho Maria e as medições dos gases foram feitas 0, 2, 4, 8, 10, 12, 24, 26, 28, 30, 32, 36, 48, 52, 56, 60 e 72 horas pós-incubação. Para os ajustes de variação, foram incubadas garrafas consideradas branco, contendo as soluções de incubação sem substrato e um padrão interno (feno de capim-tifton 85) com perfil da produção de gases conhecido. Um dia antes da inoculação, as amostras foram pesadas, colocadas nas respectivas garrafas e mantidas a 39°C. O meio de cultura foi preparado sob fluxo contínuo de CO₂ e mantido em banho maria a 39°C, segundo técnica de THEODOROU et al. (1994), modificada por MAURÍCIO et al. (1999). O inóculo ruminal foi obtido de três bovinos da raça Nelore com peso médio de 280 kg e idade média de 26 meses, fistulados no rúmen. A dieta dos animais foi à base de silagem de milho, fornecida duas vezes ao dia. Durante o período de adaptação (15 dias), os animais foram alojados em baias individuais. A digesta do rúmen foi obtida com os animais em jejum coletando manualmente a fase sólida e a fase líquida do saco dorsal e ventral do rúmen, que, em seguida, foram armazenadas em garrafas térmicas pré-aquecidas a 39°C e imediatamente levadas ao laboratório. Volumes iguais das duas fases (líquida e sólida) foram misturados e em seguida, o inóculo foi filtrado em duas camadas de tecido tipo pano de algodão e mantido em banho maria a 39°C com saturação de CO₂ até a inoculação. O modelo logístico bicompartimental (SCHOFIELD et al., 1994), adotado para estimar os padrões da fermentação microbiana, foi baseado na média da produção acumulada de gases de cada amostra e foi determinado por:

$$V = VF1[1-\exp(-k_1(T-g))]+VF2[1-\exp(-k_2(T-g))]$$

Onde:

V= volume acumulado de gases produzido no tempo (T)

VF1= volume de gás produzido pela fração solúvel fermentada

K1= Taxa de produção de gases produzido pela fração solúvel fermentada

g= Tempo de colonização (Lag Time)

VF2= volume de gás produzido pela fração insolúvel fermentada

K2= Taxa de produção de gases produzido pela fração insolúvel fermentada

Foram calculada a DIVMO e NDT utilizado as seguintes fórmulas:

$$\text{DIVMO} = 14,88 + ((0,889 \times \text{MI}/0,2 \text{ g MS de gás em 48 horas}) + (0,045 \times \text{PB g/kg MS}) + (0,065 \times \text{Cinzas g/kg de MS})).$$

$$\text{NDT} = \text{ED (Mcal/kg de MS)} / 4.409 \times 100.$$

Para as avaliações da produção de gases e digestibilidade da matéria orgânica o delineamento experimental foi blocos casualizado (DBC) em esquema fatorial 3 x 4 (três cultivares e quatro doses de nitrogênio), com quatro repetições e duas repetições (garrafas) por amostra. O tempo de produção de gases (leitura) foram (0, 2, 4, 8, 10, 12, 24, 26, 28, 30, 32, 36, 48, 52, 56, 60 e 72) Os resultados foram submetidos à análise de variância e a comparação das equações ajustadas ao modelo foram comparadas utilizando o teste para verificar a igualdade parâmetros e a identidade de modelos de regressão não linear (REGAZZI, 2003), com o auxílio do programa estatístico R (R Development Core Team, 2013) a 5% de significância.

Os dados foram submetidos à análise da variância, com comparação das médias pelo teste de Tukey a 5% de significância, utilizando o software R (R Core Team, 2013).

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

Os dados de composição bromatológica das silagens dos cultivares de milho estão apresentados na Tabela 3.

TABELA 3 - Composição bromatológica da silagem de cultivares de milho sob doses de N

Variáveis	Doses de Nitrogênio				CV%	P
	0	50	100	200		
MS%	26,37 ^a	25,68 ^a	25,72 ^a	25,20 ^a	7,38	0,40
PB%	9,15 ^a	8,84 ^a	8,28 ^a	9,65 ^a	13,04	0,22
FDNcp%	64,42 ^a	64,40 ^a	63,92 ^a	64,12 ^a	2,98	0,90
FDACP%	35,43 ^a	34,77 ^a	34,60 ^a	34,88 ^a	5,35	0,72
HEMI%	28,99 ^a	29,62 ^a	28,62 ^a	28,99 ^a	8,17	0,77
CEL%	30,32 ^a	29,96 ^a	30,12 ^a	29,57 ^a	6,62	0,82
EE%	2,26 ^a	2,60 ^a	2,18 ^a	2,24 ^a	25,97	0,32
MM%	10,07 ^a	10,13 ^a	10,31 ^a	9,88 ^a	5,82	0,36
MO%	89,92 ^a	89,86 ^a	89,68 ^a	89,16 ^a	0,64	0,25
LIG%	6,97 ^a	6,75 ^a	6,48 ^a	6,83 ^a	16,74	0,76

Teor de matéria seca (MS%), proteína bruta (PB%), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp%), fibra em detergente ácido corrigida para cinzas e proteína (FDACP%), hemicelulose (HEMI%), celulose (CEL%), extrato etéreo (EE%), matéria mineral (MM%), matéria orgânica (MO%) e lignina (LIG%), sob doses de N.

As médias são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os valores de composição bromatológica foram semelhantes ($P>0,05$) entre os cultivares e entre as doses de nitrogênio aplicado. Vários são os valores relatados na literatura que podem afetar o teor de MS em silagem de milho, variando de acordo com o estágio fenológico da cultura. AMARAL et al., (2008), observaram valores de 21,34 aos 70 dias, 27,70 aos 90 e 36,83 aos 110 dias de idade da cultura.

Os valores de proteína bruta encontrados com valor médio de 8,98% de (PB) estão próximos aos relatos por GUIMARAES JR et al. (2008) e ficando acima do mínimo de 7% preconizado para uma eficiente fermentação ruminal (MEHREZ & ORSKOV, 1978).

Os teores de FDNcp encontrados neste estudo, valor médio de 64,22% corroboram com o teor médio encontrado por FIALHO et al. (2003) que foi de 63,29%. A resposta à adubação nitrogenada sobre os teores de FDNcp é ausente ou quase nula. O efeito do FDNcp da forrageira está inversamente relacionado com o consumo da dieta, quanto maior o conteúdo de FDNcp, menor será o consumo (ORSKOV, 1980).

Os valores de fibra em detergente ácido (FDAcp), das silagens não variaram de acordo com as doses de N aplicadas e também entre os cultivares ($P>0,05$) e a média foi de 34,92% este valor médio nas silagens de todos os cultivares é inferior aos relatados por GUIMARÃES JÚNIOR (2006), que relatou valor de 42,5% de FDA, para silagem de milho. O conteúdo de FDAcp e lignina, está relacionado inversamente com o potencial de degradação da forrageira, portanto quanto maior o conteúdo de FDAcp, menor o seu potencial digestivo e menor a disponibilidade de nutrientes para o ruminante (ORSKOV, 1980).

Entretanto, FIALHO et al. (2003) encontraram teor médio de FDA de 41,82% na silagem de milho sem aditivos, valores estes que se encontram acima dos encontrados nas silagens dos cultivares avaliados neste estudo, que foi de 34,92%.

Os valores de hemicelulose (HEMI), apresentados não variaram de acordo com as doses de N aplicadas e também entre as dos cultivares ($P>0,05$), sendo este o principal substrato insolúvel em água para o processo fermentativo dos microrganismos para a produção de gás, gerando com isso principalmente os ácidos graxos de cadeia curta, acético e butírico (KOZLOSKY, 2009).

Os parâmetros de produção de gases dos dados ajustados ao modelo logístico bicompartimental (SCHOFIELD, 1994), estão apresentados na Tabela 4.

TABELA 4 – Valores de volume de gás produzido pelo conteúdo solúvel (VF1), taxa de produção de gás produzido pelo conteúdo solúvel (K1), tempo de colonização pelas bactérias (g), volume de gás produzido pelo conteúdo insolúvel (VF2) e taxa de produção de gás produzido pelo conteúdo insolúvel (K2) da matéria seca (MS) da silagem de cultivares de milho sob doses de adubação nitrogenada.

Parâmetros	Cultivar	Doses de N			
		0	50	100	200
VF1 (mL/g MS)	ADR500	133,2 ^a	118,2 ^a	126,1 ^a	130,4 ^a
	ADR7020	141,6 ^a	122,0 ^a	111,9 ^a	107,4 ^a
	LABH70732	103,5 ^a	129,0 ^a	94,9 ^a	116,0 ^a
K1 (%/h)	ADR500	9,6 ^a	11,1 ^a	12,3 ^a	10,1 ^a
	ADR7020	9,8 ^a	10,3 ^a	10,7 ^a	13,6 ^a
	LABH70732	13,0 ^a	11,2 ^a	13,6 ^a	11,5 ^a
g (h)	ADR500	4,8 ^a	5,1 ^a	5,4 ^a	4,3 ^a
	ADR7020	5,0 ^a	4,8 ^a	4,7 ^a	5,5 ^a
	LABH70732	5,7 ^a	4,8 ^a	5,8 ^a	4,7 ^a
VF2 (mL/g MS)	ADR500	403,2 ^{b*}	459,6 ^a	452,4 ^a	409,6 ^b
	ADR7020	384,3 ^b	432,4 ^a	401,8 ^a	405,5 ^b
	LABH70732	471,7 ^a	442,4 ^a	480,1 ^a	438,9 ^a
K2 (%/h)	ADR500	1,84 ^a	1,95 ^a	1,81 ^a	1,77 ^a
	ADR7020	1,81 ^a	1,83 ^a	1,82 ^a	1,67 ^a
	LABH70732	1,88 ^a	1,84 ^a	1,90 ^a	1,86 ^a

*Médias seguidas da mesma letra na coluna são estatisticamente semelhantes, de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O valor médio das silagens dos cultivares, (HEM) encontrado neste experimento foi de 29,05% na silagem valores superiores ao encontrados por GUIMARÃES JUNIOR et al., (2005), com silagem de três cultivares de milho com valor médio de 20,26% de hemicelulose na silagem e 27,18% no material original.

Os potenciais de produção de gás da fração solúvel das silagens dos cultivares de milho foram semelhantes variando de 94,4 a 141,6 mL/g de matéria seca degradada, verificando que os cultivares possuem características de fermentação do conteúdo solúvel semelhantes verificou-se também que a taxa de fermentação do conteúdo solúvel não apresentou diferenças significantes apesar de haver diferenças entre a quantidade de carboidrato solúvel entre as cultivares e entre as doses aplicadas conforme demonstra a Tabela 5.

TABELA 5. Conteúdo de carboidratos não fibrosos (CNF) determinados na silagem dos cultivares de milho sob doses de N

Cultivares	Doses de nitrogênio				P	CV (%)
	0	50	100	200		
ADR 500	13,67 ^{B*}	16,69 ^{Aa}	14,49A ^a	15,33A ^a	0,19	13,5
ADR 7020	17,41 ^A	13,22 ^{Bb}	13,37A ^b	15,42A ^{ab}	0,01	
LABH 70732	15,47 ^{AB}	13,27 ^{ABa}	14,83A ^a	13,71A ^a	0,39	
P	0,04	0,02	0,56	0,40		

*Médias seguidas de mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

O volume de gás formado pela degradação do conteúdo solúvel não foi influenciado pela quantidade de carboidratos solúveis presente nos cultivares. O cultivar ADR 7020 apresentou uma maior porcentagem de carboidratos solúveis ($P < 0,05$) na dose de zero kg de N ha⁻¹ de 17,41%, em relação às doses 50 e 100 kg de N ha⁻¹ (Tabela 5), (13,22 e 13,37% respectivamente), não influenciando na quantidade e na taxa de produção de gás do conteúdo solúvel. Não foram observadas diferenças nas quantidades de carboidratos solúveis nas diferentes doses adubação nitrogenada nos cultivares ADR 500 e LABH 70732.

Houve interação significativa ($P < 0,05$) entre as doses de N entre as silagens dos cultivares na variável CNF, com maiores valores médios nos cultivares ADR 7020 na dose zero kg de N ha⁻¹ de CNF em relação às demais

silagens, maiores valores de CNF na silagem do cultivar ADR 500 na dose 50 kg de N ha⁻¹ com valor médio de 16,69%, em relação aos demais cultivares.

Valores de carboidratos solúveis de milho variando entre 7,3% nos cultivares de baixo e de 9,8% nos de alto conteúdo de carboidratos solúveis na forragem pré-ensilagem, variando de 8% de carboidratos solúveis nos cultivares de baixo e de 10% nos cultivares de alto conteúdo de carboidratos solúveis com 43 dias após o processo de ensilagem, foram relatados por AMER et al. (2012). Os autores verificaram influência positiva da quantidade de carboidratos solúveis no volume total de gás produzido, na taxa de degradação e na degradabilidade da matéria seca.

A taxa de produção de gás (VK1) produzido pelo conteúdo solúvel também não foi influenciada pela adubação nitrogenada entre os cultivares. Esta pode ser influenciada ($P>0,05$) pela quantidade de proteína e aminoácidos solúveis disponíveis e a relação acetato/propionato (GETACHEW et al., 1998; NOGUEIRA et al., 2006), sem estar ligado necessariamente à qualidade do alimento (GUIMARÃES JR et al., 2008).

A adubação nitrogenada nos cultivares não influenciou ($P>0,05$) o tempo de colonização do material (Tabela 4), sendo este tempo mais alto nas forrageiras quando comparado a alimentos concentrados, provavelmente pela facilidade de degradação e taxa de crescimento bacteriano que coloniza e degrada cada substrato específico.

GUIMARÃES JR et al. (2008), relataram valores de 2,25h médio de tempo de colonização nas cultivares de milho nos dados ajustados ao modelo de FRANCE et al. (1993), valores inferiores ao presente estudo.

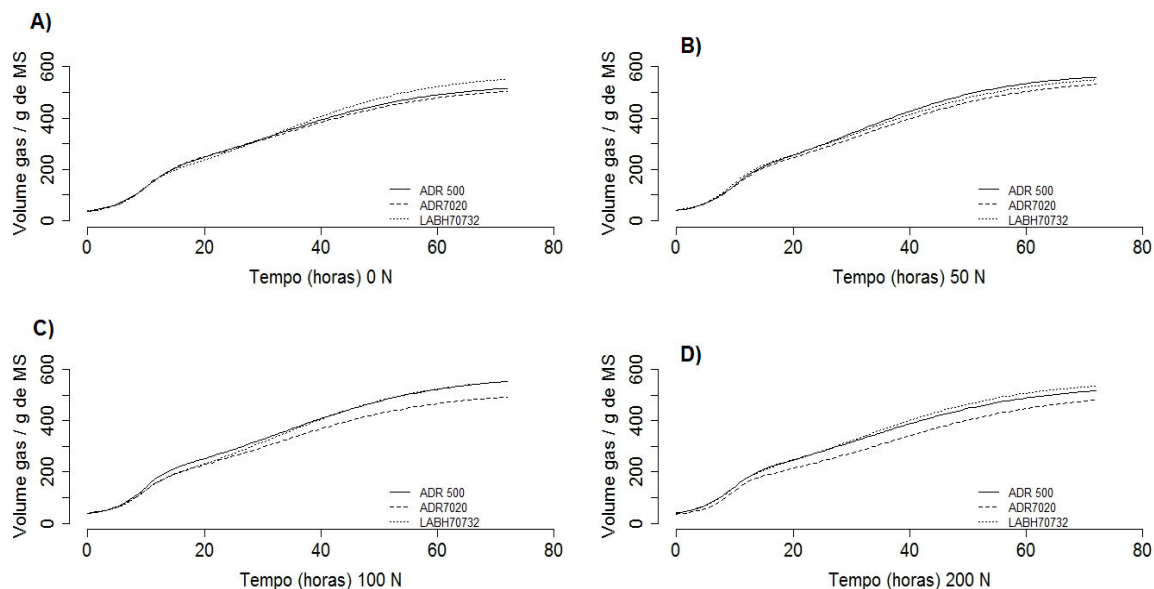


FIGURA 1 – Gráficos de produção de gás (mL.g.MS^{-1}) das silagens de milho em respostas aos níveis de adubação nitrogenada de A) 0 Kg de N.ha^{-1} ; B) 50 Kg de N.ha^{-1} ; C) 100 Kg de N.ha^{-1} ; D) 200 Kg de N.ha^{-1} .

O volume de gás produzido pela fermentação do material insolúvel (Tabela 4) na dosagem de zero e 200 Kg de N ha^{-1} no cultivar LABH 70732 foi estatisticamente superior às silagens dos demais cultivares ($P < 0,05$) com valor assintótico de $471,7 \text{ mL g}^{-1}$. A produção assintótica de gases a partir da MS insolúvel é estimada a partir do tempo em que se finda a fermentação, onde a curva de produção se estabiliza, significando que todo o material fermentável foi fermentado (SCHOFIELD, 1994).

Valores de produção de gases por g MS^{-1} foram relatados por GUIMARAES JR et al. (2008) nos cultivares de milho, sendo em média $148,7 \text{ mL de gases g MS}^{-1}$, não verificado efeito significativo entre as silagens dos cultivares estudados.

Nas doses de adubação de 50 e 100 kg ha^{-1} de N, não influenciaram ($P > 0,05$) nos valores de (VF2), produção de gás produzido pela fermentação do material insolúvel.

TABELA 6 - Valores de volume de gás produzido pelo conteúdo solúvel (VF1), taxa de produção de gás produzido pelo conteúdo solúvel (K1), tempo de colonização pelas bactérias (g), volume de gás produzido pelo conteúdo insolúvel (VF2) e taxa de produção de gás produzido pelo conteúdo insolúvel (K2) da matéria orgânica (MO) da silagem de cultivares de milho sob doses de nitrogênio.

Parâmetros	Cultivar	Variáveis			
		0	50	100	200
VF1 (mL/g MO)	ADR500	150,7 ^{a*}	139,6 ^{ab}	127,7 ^{ab}	131,0 ^a
	ADR7020	114,7 ^a	112,0 ^b	92,5 ^b	123,7 ^a
	LABH70732	107,3 ^{aB}	199,4 ^{aA}	164,7 ^{aAB}	147,8 ^{aAB}
K1 (%/h)	ADR500	10,1 ^a	11,0 ^a	11,0 ^{ab}	10,1 ^a
	ADR7020	11,7 ^a	12,3 ^a	16,6 ^a	11,5 ^a
	LABH70732	15,5 ^a	9,1 ^a	10,0 ^b	11,2 ^a
g (h)	ADR500	5,4 ^a	4,9 ^a	5,3 ^{ab}	4,9 ^a
	ADR7020	5,3 ^a	5,5 ^a	5,7 ^a	5,6 ^a
	LABH70732	5,3 ^a	4,1 ^a	4,3 ^b	5,0 ^a
VF2 (mL/g MO)	ADR500	494,2 ^a	509,6 ^a	519,5 ^a	496,4 ^b
	ADR7020	448,6 ^a	480,4 ^a	445,3 ^b	427,0 ^c
	LABH70732	474,6 ^{aB}	496,1 ^{aB}	437,9 ^{bB}	585,7 ^{aA}
K2 (%/h)	ADR500	1,81 ^{aA}	1,85 ^{aA}	1,9 ^{aA}	1,80 ^{bA}
	ADR7020	1,68 ^{aA}	1,88 ^{aA}	1,92 ^{aA}	1,75 ^{cA}
	LABH70732	1,84 ^{aA}	1,85 ^{aA}	1,83 ^{aA}	1,85 ^{aA}

* Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha são estatisticamente semelhantes de acordo com teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O conteúdo solúvel tem maior taxa de produção de gás e quanto maior o conteúdo solúvel, maior a produção de gás advindo deste substrato, e quando o substrato possui fração solúvel e insolúvel, como as silagens, o modelo de degradação mais adequado para interpretação dos parâmetros são os modelos de duplo substrato como o modelo de regressão não linear logístico bicompartimental (MELLO et al., 2008).

A produção de gás a partir do conteúdo solúvel (VF1) em relação à matéria orgânica (MO) foi afetada positivamente pela adubação nitrogenada no cultivar LABH 70732 no nível de 50 kg de N ha⁻¹ (P<0,05) em relação ao tratamento que não recebeu adubação nitrogenada. Entre os cultivares, nas dosagens de 50 e 100 kg de N ha⁻¹, o cultivar LABH 70732 produziu mais gás a partir do conteúdo solúvel (P<0,05) em comparação ao ADR 7020.

A taxa de produção de gás produzido pelo conteúdo solúvel foi superior no cultivar ADR 7020 em relação ao cultivar LABH 70732 no nível de adubação nitrogenada de 100 kg de N ha⁻¹ (P<0,05).

O ponto que define entre a produção de gás pela fração solúvel e a fração insolúvel é o ponto de inflexão da curva de regressão não linear, definido por princípios e pressuposições de cada modelo de regressão, portanto o tempo em que isso ocorre é variável e pode não ser o mesmo para todas as curvas, portanto a comparação é feita sobre os valores absolutos de produção de gases da fração solúvel (SCHOFIELD, 1994). Quanto maior a taxa de produção de gás, menor tempo será gasto para a fermentação do substrato solúvel.

O tempo de colonização pelas bactérias (g), em relação a matéria orgânica (MO) fermentada foi superior (P<0,05) no cultivar ADR 7020 em comparação ao cultivar LABH70732 no nível de adubação nitrogenada de 100Kg de N ha⁻¹ (P<0,05), caracterizando assim uma dificuldade de colonização pelas bactérias do rúmen da matéria orgânica no cultivar ADR 7020.

Houve um incremento na produção do volume de gás produzido pelo conteúdo insolúvel (VF2) no cultivar LABH 70732 no nível de adubação nitrogenada de 200 kg de N ha⁻¹ (P<0,05) e em relação aos outros cultivares no mesmo nível de adubação (Figura 2). No nível de adubação nitrogenada de 100 kg de N ha⁻¹ houve um incremento (P<0,05) no volume de gás produzido pelo conteúdo insolúvel (VF2) pela cultivar ADR 500 em relação aos outros cultivares (Tabela 6).

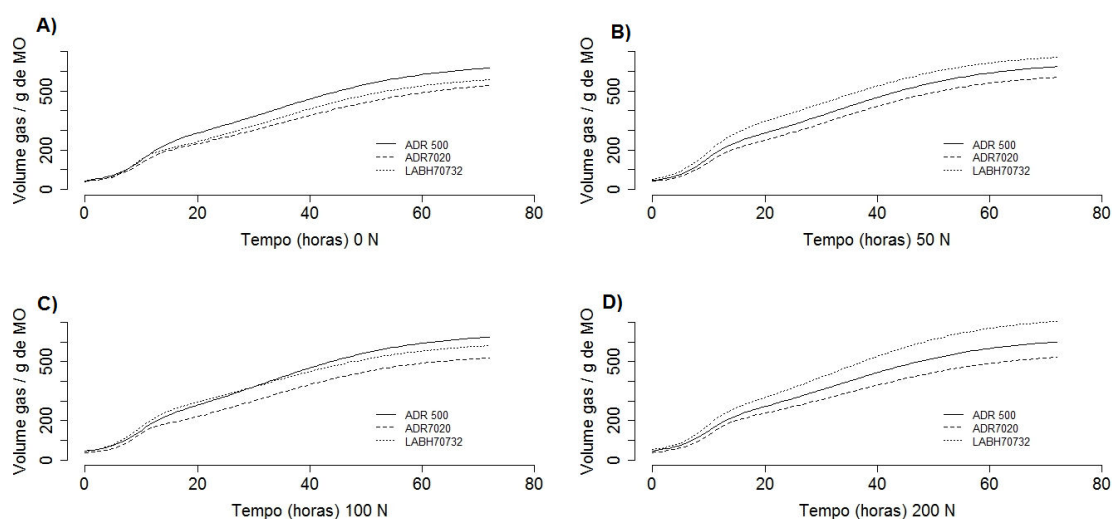


Figura 2 – Gráficos de produção de gás (ml.gMO⁻¹) nos níveis de adubação nitrogenada de A) 0 Kg de N.ha⁻¹; B) 50 Kg de N.ha⁻¹; C) 100 Kg de N.ha⁻¹; D) 200 Kg de N.ha⁻¹.

No nível de adubação nitrogenada de 200 kg de N ha⁻¹ (P<0,05), houve um aumento no tempo de colonização para o cultivar LABH 70732 em relação ao cultivar ADR 500 e este ao cultivar ADR 7020, apresentando este um menor tempo de colonização entre os cultivares.

Tabela 7 – Valores de digestibilidade in vitro da matéria orgânica (DIVMO) e nutrientes digestíveis totais (NDT)

Variáveis	Cultivar	Doses de N (kg.ha ⁻¹)				CV%
		0	50	100	200	
DIVMO	ADR500	75,4 ^{a*}	76,6 ^a	74,5 ^a	74,9 ^a	6,5
	ADR7020	73,6 ^a	73,4 ^a	70,3 ^a	68,3 ^a	
	LABH70732	73,8 ^a	77,0 ^a	73,5 ^a	73,4 ^a	
NDT	ADR500	68,4 ^a	69,6 ^a	67,6 ^a	68,1 ^a	6,88
	ADR7020	65,8 ^a	67,1 ^a	63,4 ^a	61,4 ^a	
	LABH70732	66,9 ^a	70,1 ^a	66,6 ^a	66,5 ^a	

*Médias seguidas de mesmas letras minúsculas nas colunas são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Apesar de serem constatadas diferenças nas quantidades de gás produzido pelas frações solúveis e insolúveis, não houve efeito significativo ($P>0,05$) entre a digestibilidade *in vitro* estimada da matéria orgânica e a porcentagem de NDT das silagens de cultivares e entre as doses de adubação nitrogenada. Fato semelhante foi encontrado por GUIMARÃES JR et al. (2008), que trabalhando com três cultivares de milho, não verificaram diferenças ($P>0,05$) na digestibilidade *in vitro*. COSTA et al. (2011) avaliando cinco cultivares de milho, um nível menor de NDT na cultivar ADR 500 quando comparada com outras cultivares testadas com o uso de inoculante bacteriano.

4. CONCLUSÕES

A silagem dos cultivares testados apresentam características fermentativas próprias sendo uma possível fonte de suplementação volumosa para os animais ruminantes.

No nível de adubação nitrogenada de 200 Kg de N ha⁻¹, o cultivar LABH 70732 apresenta melhores características fermentativas ruminais.

A fertilização nitrogenada aumenta a produção de gás da fração solúvel e também da fração insolúvel em detergente neutro do cultivar LABH 70732.

REFERÊNCIAS

1. AMARAL, P.N.C.; EVANGELISTA, A.R.; SALVADOR, F.M.; PINTO, J.C. Qualidade e valor nutritivo da silagem de três cultivares de milho, **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 611-617, 2008.
2. AMER, S.; HASSANT, F.; BERTHIAUMER, R.; SEGUIN, P.; MUSTAFA, A.F. Effects of water soluble carbohydrate content on ensiling characteristics chemical composition and in vitro gas production of forage sorghum silages, **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.177, p.23-29, 2012.
3. BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E REFORMA AGRÁRIA. Secretaria Nacional de irrigação, departamento Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas: 1961-1990**. Brasília, 84 p.,1992.
4. COSTA, K.A.P.; ASSIS, R.L.C.; GUIMARÃES, K.C.; PALUDO, A.; PRIVADO, C.J.T.; VIEIRA, T.P. Qualidade e valor nutritivo de silagem de genótipos de milho produzidas com e sem inoculante bacteriano, **Revista Brasileira Saúde Produção Animal**, Salvador, v.12, n.2, p.286-295, 2011.
5. DETMANN, E.; SOUZA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C. **Métodos para análise de alimentos**, Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal, Visconde do Rio Branco, MG, Suprema, 2012. 214p. il. 21 cm.
6. DIJKSTRA, J.; KEBREAB, E.; BANNING, A.; FRANCE, J.; LÓPEZ, S. Application of the gas evaluation systems for ruminants, Available online at www.sciencedirect.com, **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, p.123-124 e 561-578, 2005.
7. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.
8. FIALHO, M. P.; TRAVAIM, M. F.; DIAS, M.; ROSA, R. B.; REZENDE, L. H. G. S.; ALBERTINI, T. Z.; DETMANN, E.; ÍTAVO, C. C. B. F.; MORAIS, M. G. **Avaliação da silagem de milho (*Pennisetum americanum*) submetida a diferentes aditivos**. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2003.
9. FRANCE, J.; DHANOA, M.S.; THEODOROU, M.K. LISTER, S.J.; DAVIES, D.R.; ISAC, D. A model to interpret gas accumulation profiles associated with *in vitro* degradation of ruminant feeds. **Journal of Theoretical Biology**, Granada, v. 163, n.2, p.99-111, 1993.

10. GETACHEW, G.; MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K. The in vitro gas coupled with ammonia nitrogen measurement for evaluation of nitrogen degradability in low quality roughages using incubation medium of different buffering capacity, **Journal Science Food Agricultural**, v.77, p.87-95, 1998.
11. GUIMARÃES JÚNIOR, R.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, J.A.S.; JAYME, D.G.; PIRES, D.A.A.; BORGES, A.L.C.C.; RODRIGUEZ, N.M.; SALIBA, E.O.S.; BORGES, I. Matéria seca, proteína bruta, nitrogênio amoniacal, e pH das silagens de três genótipos de milheto [*Pennisetum glaucum* (L). R. BR.] em diferentes períodos de fermentação, **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.4, n.2, p.251-258, 2005.
12. GUIMARÃES JÚNIOR, R. **Avaliação nutricional de silagens de milheto, [*Pennisetum glaucum* (L). R. BR.]** Tese de Doutorado – Roberto Guimarães Júnior Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte – MG, 2006.
13. GUIMARÃES JÚNIOR, R.; GONÇALVES, L.C.; MAURÍCIO, R.M.; PEREIRA, L.G.R.; TOMICH, T.R.; PIRES, D.A.A.; JAYME, D.G.; SOUZA, L.F. Cinética de fermentação ruminal de silagens de milheto, **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.60, n.5, p.1114-1180, 2008.
14. KOEPPEN, W. - **Climatologia Tradicional**. Traduzido para o Espanhol por Pedro Henchies Pérez, 1948.
15. KOZLOSKI, V. G. **Bioquímica microbiana ruminal**. In: Bioquímica dos ruminantes. 1 ed. Santa Maria: UFMS, cap. 1, p. 124p. 2009.
16. LACERDA, M.J.R.; FREITAS, K.R.; SILVA, J.W. Determinação da matéria seca de forrageiras pelos métodos de microondas e convencional, **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.25, n.3, p.185-190, M 2009.
17. McDOUGAL, E.I. Studies on ruminal saliva. 1. The composition and output of shee's saliva. **The Biochemical Journal**, London, v. 43, n.1, p. 99-109, 1949.
18. MAURÍCIO, R.M.; MOULD, F.L.; DHANOA, M.S.; OWEN, E.; CHANA, S.K.; THEODOROU, M.K. A semi-automated in vitro gas production technique for ruminant feedstuff evaluation, **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, n. 79 p. 321-330, 1999.

19. MEHREZ, Z.; ORSKOV, E. R. Protein degradation and optimum urea supplementary feed. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 40, p.337, 1978.
20. MELLO, R.; MAGALHÃES, A.L.R.; BREDA, F.C.; REGAZZI, A.J. Modelo para ajuste de produção de gases em silagem de girassol e milho, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.2, p.261-269, 2008.
21. NOGUEIRA, U.T.; MAURÍCIO, R.M.; GONÇALVES, L.C. Comparação de substratos com diferentes quantidades de carboidratos solúveis utilizando a técnica in vitro semi-automática de produção de gases. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.58, p.633-641, 2006.
22. ØRSKOV, E. R.; HOVELL, F. D. B.; MOULD, F. The use of the nylon bag technique for evaluation of feedstuffs. **Tropical Animal Production**, Merida, v. 5, p. 195-213, 1980.
23. PEREIRA, O.G.; OBEID, J.A.; GOMIDE, J.A.. Produtividade e valor nutritivo de aveia (*Avena sativa*), milheto (*Pennisetum americanum*) e de um híbrido de *Sorghumbicolor* XS sudanense. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.22, p.22-30, 1993
24. PEREIRA, S. A. OLIVEIRA, G.C.; KLIEMANN, H.J.; BALBINO, L.C.; FRANÇA, A.F.S.; CARVALHO, E.R. Influence of different grazing systems on physical properties and aggregation in savannah soils. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 3, p. 274-282, 2010.
25. REGAZI, A.J. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-lineares, **Revista Ceres**, Viçosa, v.50, n. 287, p.9-26, 2003.
26. R Development Core Team (2013). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3- 90005107. 0, URL [http: // www.R-project.org](http://www.R-project.org). Acesso em: 02 de abril de 2013.
27. SANTOS, J.M.; SILVA, N.R.; BRUNES, L.C.; PRADO, T.F.; PERON, H.J.M.C OLIVEIRA, L.G.; MAGNO, L.L.; VIEIRA, L.L.R. Determinação da composição bromatológica da silagem do cultivar de milheto LABH-70732 submetido a diferentes doses de nitrogênio. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ZOOTECNIA, 23. 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Associação Brasileira de Zootecnia, 2013. (CD-ROM).
28. SCHOFIELD, P.; PITT, R.E.; PELL, A.N. Kinetics of fiber digestion from in vitro gas production, **Journal of Animal Science**, Champaign, v.72, p.2980-2991, 1994.

29. SCHOFIELD, P. **Gas Production Methods**, In: Chapter 10. Ithaca, New York, 2000.
30. SILVA, F.F.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, J.A.S.; et al. Qualidade de silagens de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) de portes baixo, médio e alto com diferentes proporções de colmo mais folha/panícula, Avaliação do processo fermentativo, **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 14-20, 1999.
31. SILVA, D.J.; & QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos**: métodos químicos e biológicos. 3.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002. 235p.
32. SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. FOX, D.G.; and RUSSELL, J.B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.70, n.12, p.3562-3577, 1992.
33. THEODOROU, M.K.; WILLIAMS, B.A.; DHANOA, M.S.; McALLAN, A.B.; FRANCE, J. Simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds, **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.48, p.185-197, 1994.