

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

**PADRÃO FERMENTATIVO DA SILAGEM DE TRÊS CULTIVARES
DE MILHETO EM DIFERENTES TEMPOS DE ABERTURA DOS
SILOS**

Autora: Marina Machado Louredo Teles
Orientador: Prof. Dr. Aldi Fernandes de Souza França

GOIÂNIA
2014



Termo de Ciência e de Autorização para Disponibilizar as Teses e Dissertações Eletrônicas (TDE) 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 resarcimento 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: **Marina Machado Louredo Teles** E-mail: **marinamachadovet@hotmail.com**

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

Vínculo Empregatício do autor: **não tem** Agência de fomento:

País: _____ UF: _____ CNPJ: _____ Sigla: _____

Título: Padrão fermentativo da silagem de três cultivares de milheto em diferentes tempos de abertura dos silos Palavras-chave: **ácidos orgânicos, carboidratos solúveis, fracionamento de carboidratos, fracionamento de proteínas, padrão fermentativo**

Título em outra língua: **Silage fermentative characteristics from three pearl millet cultivars at different opening silos times**

Palavras-chave em outra língua: **organic acids, soluble carbohydrates, carbohydrates fractionation, protein fractions, fermentation**

Área de concentração: **Produção Animal** Data defesa: (dd/mm/aaaa) **28/03/2014**

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

Orientador(a): **Aldi Fernandes de Souza França** E-mail: **aldi@vet.ufg.br**

Co-orientador(1): **Ellane Sayuri Miyagi** E-mail:

Co-orientador(2): **Hélio Louredo da Silva** E-mail:

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 13 de agosto de 2014

Marina M. Louredo Teles
Assinatura do(a) autor(a)

MARINA MACHADO LOUREDO TELES

**PADRÃO FERMENTATIVO DA SILAGEM DE TRÊS CULTIVARES
DE MILHETO EM DIFERENTES TEMPOS DE ABERTURA DOS
SILOS**

Dissertação apresentada para
obtenção do grau de Mestre em
Ciência Animal junto à Escola
de Veterinária e Zootecnia
da Universidade Federal de Goiás

Área de Concentração:
Produção Animal

Orientador:

Prof. Dr. Aldi Fernandes do Souza Franca

Comitê de Orientação

Dra. Eliane Sayuri Miyagi

Prof. Dr. Hélio Louredo da Silva

GOIÂNIA
2014

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação na (CIP)
GPT/BC/UFG**

| | |
|-------|--|
| T269p | Teles, Marina Machado Louredo. Padrão fermentativo da silagem de três cultivares de milheto em diferentes tempos de abertura dos silos [manuscrito] / Marina Machado Louredo Teles. - 2014. xv, 89 f. : il. |
| | Orientador: Prof. Dr ^a , Aldi Fernandes de Souza França; Co-orientadora: Eliane Sayuri Miyagi Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Escola de Veterinária e Zootecnia, 2014. |
| | Bibliografia. Inclui lista de figuras e tabelas. |
| | 1. Silagem 2. Silos – Fermentação 3. Milheto. I Título. |
| | CDU: 636.085.52 |

MARINA MACHADO LOUREDO TELES

Dissertação defendida e aprovada em 28/03/2014, pela Banca
Examinadora constituída pelos professores:

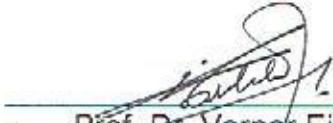
Prof. Dr. Aldi Fernandes de Souza França
(ORIENTADOR (A))



Prof. Dr. João Carlos de Carvalho Almeida - UFRRJ/RJ



Prof. Dr. Verner Eichler - PUC/GO



AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar aos meus pais, Nazareno Louredo Teles e Mônica Costa Machado que sempre me apoiaram em tudo o que escolhi, pelo apoio financeiro, pelo amor e carinho sempre, pela oportunidade de estudar em escolas de qualidade, e que sem este apoio em todos os sentidos não seria possível chegar a conquistar este título.

Às minhas irmãs e melhores amigas, Marianna Machado Louredo Teles e Monique Machado Louredo Teles pela amizade, amor, carinho, ajuda e companheirismo nas minhas tarefas.

Ao meu orientador Professor Aldi Fernandes de Souza França, pela paciência e ensinamentos durante todo este período de execução do trabalho.

Ao meu co-orientador e primo, Professor Hélio Louredo da Silva por todos os ensinamentos e conversas que muito me ajudaram e acrescentaram durante este período.

À minha co-orientadora e amiga, Professora Eliane Sayuri Miyagi pelos ensinamentos e amizade desde a época de graduação.

Agradeço ao meu namorado Emanuel Stival Godoy Alves, que está sempre ao meu lado, pela ajuda que me deu para a execução e finalização deste trabalho e por todo carinho e companheirismo nestes anos.

Ao companheiro e amigo Hugo Jayme Mathias Coelho Peron, pela contribuição que me deu para a realização deste trabalho e de outras atividades dentro do curso, sempre pronto para ajudar em qualquer situação.

Aos meus companheiros de curso Francismar Trevisolli, Danilo Leal, Leonardo Oliveira, Reginaldo Jacovetti, Daniel, Darliane e Nelson pela amizade e ajuda sempre.

Um agradecimento especial a Ludmilla Brunes pela ajuda fundamental na condução das análises laboratoriais.

A todos os funcionários do Departamento de Produção Animal e a todos que, de alguma forma, me ajudaram e torceram por mim.

Muito obrigada!

SUMÁRIO

| | pág. |
|---|-----------|
| RESUMO GERAL..... | xii |
| CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS..... | 1 |
| 1 INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA..... | 3 |
| 2.1 Caracterização da espécie..... | 3 |
| 2.2 Silagem de milheto..... | 4 |
| 2.3 O processo de ensilagem..... | 6 |
| 2.4 Fatores que afetam o processo fermentativo..... | 8 |
| 2.4.1 Teor de Matéria Seca..... | 8 |
| 2.4.2 Carboidratos Solúveis..... | 10 |
| 2.4.3 Poder tampão..... | 11 |
| 2.4.4 pH e Nitrogênio Amoniacal..... | 11 |
| 2.4.5 População de bactérias ácido láticas e conteúdo de ácidos orgânicos | 12 |
| 3 REFERÊNCIAS..... | 15 |
| CAPÍTULO 2 - COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA DA SILAGEM DE TRÊS CULTIVARES DE MILHETO EM DIFERENTES TEMPOS DE ABERTURA DOS SILOS..... | 19 |
| RESUMO..... | 19 |

| | |
|--|----|
| ABSTRACT..... | 20 |
| 1 INTRODUÇÃO..... | 21 |
| 2 MATERIAL E MÉTODOS..... | 22 |
| 2.1 Localização..... | 22 |
| 2.2 Dados climáticos..... | 22 |
| 2.3 Caracterização da área experimental..... | 22 |
| 2.4 Tratamentos e Delineamento experimental..... | 23 |
| 2.5 Período experimental..... | 23 |
| 2.6 Implantação do experimento..... | 23 |
| 2.7 Corte do milheto para ensilagem e preparo das amostras..... | 24 |
| 2.8 Variáveis analisadas..... | 25 |
| 2.9 Análises estatísticas..... | 25 |
| 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 25 |
| 4 CONCLUSÕES..... | 39 |
| 5 REFERÊNCIAS..... | 39 |
| CAPÍTULO 3 – CARACTERÍSTICAS FERMENTATIVAS DA SILAGEM DE TRÊS CULTIVARES DE MILHETO EM DIFERENTES TEMPOS DE ABERTURA DOS SILOS..... | 43 |
| RESUMO..... | 43 |
| ABSTRACT..... | 44 |

| | |
|---|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 45 |
| 2 MATERIAL E MÉTODOS..... | 46 |
| 2.1 Localização..... | 46 |
| 2.2 Dados climáticos..... | 46 |
| 2.3 Caracterização da área experimental..... | 47 |
| 2.4 Tratamentos e Delineamento experimental..... | 47 |
| 2.5 Período experimental..... | 47 |
| 2.6 Implantação do experimento..... | 48 |
| 2.7 Corte do milheto para ensilagem e preparo das amostras..... | 48 |
| 2.8 Variáveis analisadas..... | 49 |
| 2.9 Análises estatísticas..... | 50 |
| 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 50 |
| 4 CONCLUSÕES..... | 63 |
| 5 REFERÊNCIAS..... | 63 |
| CAPÍTULO 4 – FRACIONAMENTO DE PROTEÍNAS E CARBOIDRATOS DA SILAGEM DE TRÊS CULTIVARES DE MILHETO EM DIFERENTES TEMPOS DE ABERTURA DO SILOS..... | 67 |
| RESUMO..... | 67 |
| ABSTRACT..... | 68 |
| 1 INTRODUÇÃO..... | 69 |

| | |
|---|----|
| 2 MATERIAL E MÉTODOS..... | 70 |
| 2.1 Localização..... | 70 |
| 2.2 Dados climáticos..... | 71 |
| 2.3 Caracterização da área experimental..... | 71 |
| 2.4 Tratamentos e Delineamento experimental..... | 72 |
| 2.5 Período experimental..... | 72 |
| 2.6 Implantação do experimento..... | 72 |
| 2.7 Corte do milheto para ensilagem e preparo das amostras..... | 73 |
| 2.8 Variáveis analisadas..... | 73 |
| 2.9 Análises estatísticas..... | 75 |
| 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 75 |
| 4 CONCLUSÕES..... | 87 |
| 5 REFERÊNCIAS..... | 87 |

LISTA DE FIGURAS

pág.

CAPÍTULO 2

| | | |
|----------|---|----|
| FIGURA 1 | Gráfico representativo da equação de regressão dos teores de FDN nas silagens de cultivares de milheto, em diferentes tempos de abertura dos silos..... | 34 |
| FIGURA 2 | Gráfico representativo das equações de regressão dos teores de FDA nas silagens de cultivares de milheto, em diferentes tempos de abertura dos silos..... | 36 |
| FIGURA 3 | Gráfico representativo das equações de regressão dos teores de Lignina nas silagens de cultivares de milheto, em diferentes tempos de abertura dos silos..... | 39 |

CAPÍTULO 4

| | | |
|----------|--|----|
| FIGURA 1 | Gráfico representativo das equações de regressão da fração A nas silagens de cultivares de milheto, em diferentes tempos de abertura dos silos..... | 78 |
| FIGURA 2 | Gráfico representativo das equações de regressão das frações B1 + B2 nas silagens de cultivares de milheto, em diferentes tempos de abertura dos silos..... | 79 |
| FIGURA 3 | Gráfico representativo das equações de regressão da fração B3 nas silagens de ADR 500 e BRS 1501, em diferentes tempos de abertura dos silos..... | 80 |
| FIGURA 4 | Gráfico representativo das equações de regressão da fração C nas silagens de ADR 500 e BRS 1501, em diferentes tempos de abertura dos silos..... | 81 |
| FIGURA 5 | Gráfico representativo da equação de regressão dos carboidratos totais (CT) nas silagens de cultivares de milheto, em diferentes tempos de abertura dos silos..... | 84 |
| FIGURA 6 | Gráfico representativo da equação de regressão das frações A+B1 nas silagens de cultivares de milheto, em diferentes tempos de abertura dos silos..... | 85 |
| FIGURA 7 | Gráfico representativo das equações de regressão da fração C nas silagens de cultivares de milheto, em diferentes tempos de abertura dos silos..... | 87 |

LISTA DE TABELAS

pág.

CAPÍTULO 2

| | | |
|----------|--|----|
| TABELA 1 | Valores médios de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e matéria mineral (MM), determinados nos materiais originais e nas silagens dos cultivares de milheto, em diferentes tempos de abertura dos silos..... | 26 |
| TABELA 2 | Valores médios de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose (CEL), hemicelulose (HEM) e lignina (LIG), determinados nos materiais originais e nas silagens dos cultivares de milheto, nos diferentes tempos de abertura dos silos..... | 32 |

CAPÍTULO 3

| | | |
|----------|--|----|
| TABELA 1 | Valores médios de matéria seca (MS), determinados nos materiais originais e nas silagens dos cultivares de milheto, em diferentes tempos de abertura dos silos..... | 50 |
| TABELA 2 | Valores médios de carboidratos solúveis (CHOS), determinados nos materiais originais e nas silagens dos cultivares de milheto, em diferentes tempos de abertura dos silos..... | 52 |
| TABELA 3 | Valores médios de proteína bruta (PB), determinados nos materiais originais e nas silagens dos cultivares de milheto, em diferentes tempos de abertura dos silos..... | 54 |
| TABELA 4 | Valores médios de nitrogênio amoniacal (NNH ₃), determinados nas silagens dos cultivares de milheto, em diferentes tempos de abertura dos silos..... | 56 |
| TABELA 5 | Valores médios de pH, determinados nas silagens dos cultivares de milheto, em diferentes tempos de abertura dos silos..... | 58 |
| TABELA 6 | Valores médios de ácido lático (AL), ácido acético (AAC), ácido propiônico (AP) e ácido butírico (AB) determinados nas silagens dos cultivares de milheto, em diferentes | |

| | | |
|-------------------|---|----|
| | tempos de abertura dos silos..... | 59 |
| TABELA 7 | Valores médios de poder tampão (PT) (meq NaOH/100g de MS), determinados no material original dos cultivares de milheto..... | 62 |
| CAPÍTULO 4 | | |
| TABELA 1 | Valores médios das frações de proteínas A, B1+B2, B3 e C determinadas nos materiais originais e nas silagens dos cultivares de milheto, em diferentes tempos de abertura dos silos..... | 76 |
| TABELA 2 | Valores médios de carboidratos totais (CT) % MS e das frações de carboidratos A+B1, B2 e C determinados nos materiais originais e nas silagens dos cultivares de milheto, em diferentes tempos de abertura dos silos..... | 83 |

LISTA DE QUADROS

| | pág. |
|---|------|
| CAPÍTULO 2 | |
| QUADRO 1 Atributos físicos e químicos do solo da área experimental..... | 23 |
| CAPÍTULO 3 | |
| QUADRO 1 Atributos físicos e químicos do solo da área experimental..... | 47 |
| CAPÍTULO 4 | |
| QUADRO 1 Atributos físicos e químicos do solo da área experimental..... | 71 |

RESUMO GERAL

Os aspectos qualitativos da silagem de milheto forrageiro ainda são pouco conhecidos e estudados. Foi conduzido um experimento para avaliar o padrão de fermentação da silagem de três cultivares de milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown) (BRS 1501; ADR 500 e ADR 8010), submetidos a diferentes tempos de abertura dos silos (0, 3, 7, 15 e 30 dias) na UFG/Goiânia-GO. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com arranjo fatorial 3x5, com 3 repetições. Os parâmetros avaliados na composição bromatológica foram teor de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose, hemicelulose e lignina. Para as características fermentativas das silagens foram avaliados o teor de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), carboidratos solúveis (CHOs), nitrogênio amoniacal (NNH₃), pH, poder tampão e ácidos orgânicos. Foram determinadas as frações proteicas (A, B1, B2, B3 e C) e as frações de carboidratos (A, B1, B2 e C). Todas as análises foram realizadas com o auxílio do software R. O alto teor de umidade com a qual a planta foi ensilada acarretou em silagens com baixo teor de MS e aumento nos teores de MS tempo 0 até o tempo 30 na cultivares BRS 1501 e ADR 500. Com o decorrer do processo fermentativo, não se observou nenhuma diferença estatística ($P>0,05$) nos níveis de proteína bruta dos materiais originais com as silagens, nem entre as silagens. Os teores de FDN, FDA e lignina aumentaram com o processo fermentativo. Observou-se grande consumo de carboidratos solúveis para todos os materiais, com os tempos de abertura dos silos. Foram observadas diferenças estatísticas ($P<0,05$) entre os tempos de abertura para os teores de NNH₃ para as cultivares ADR 8010 e BRS 1501, com aumento deste componente do 3º dia até o último de fermentação. O tempo de fermentação alterou estatisticamente ($P<0,05$) os valores de pH nas três cultivares estudadas. Os valores de pH apresentaram um comportamento atípico à medida que transcorreu o processo fermentativo. Para os teores de ácido lático e butírico, não foram observadas diferenças estatísticas ($P>0,05$) com os tempos de abertura. Os valores de ácido acético e propiônico apresentaram diferenças significativas ($P<0,05$) com o decorrer do processo fermentativo. Todos os teores de ácidos orgânicos obtidos estão dentro dos valores aceitáveis e classificam as silagens como de boa qualidade. Para o fracionamento de carboidratos e proteínas, os tempos de abertura proporcionaram alterações significativas ($P<0,05$) para todas as frações.

Palavras-chave: ácidos orgânicos, carboidratos solúveis, fracionamento de carboidratos, fracionamento de proteínas, padrão fermentativo

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. INTRODUÇÃO

O processo de conservação de forragens através da ensilagem tem como objetivo suprir a demanda de volumoso no período seco, em função da estacionalidade de produção de forragens, situação característica das plantas forrageiras tropicais.

A estacionalidade de produção das forrageiras tropicais torna obrigatória a adoção de práticas de conservação já que, a não adoção destas técnicas pelos produtores resulta em baixos índices de produtividade e na degradação dos pastos, que são submetidos ao super pastejo durante o período seco do ano. As estratégias de alimentação do rebanho no período seco do ano também podem exercer um grande impacto no custo de produção, a depender da alternativa utilizada (QUEIROZ et al., 2012).

Diversas gramíneas podem ser utilizadas para produção de silagens, sendo que as culturas de milho e sorgo são apresentadas como as mais utilizadas (PIRES et al., 2009). Entretanto, com a finalidade de conhecer alimentos alternativos, torna-se necessário o estudo de novas opções forrageiras produtivas e adaptadas à produção de silagem de boa qualidade (GUIMARÃES JÚNIOR et al., 2005a).

O milheto (*Pennisetum galucum*) é uma gramínea recomendada para cultivo no verão, de ciclo curto, crescimento rápido, com boa capacidade de rebrota e alto valor nutritivo, além de boa tolerância a estresses hídricos, o que permite seu cultivo em épocas de baixa precipitação (GUIMARÃES JÚNIOR et al., 2009).

Em virtude destas características o milheto é considerado como uma cultura de grande potencial para produção de silagem em regiões com problemas de veranico/seca ou em semeadura de sucessão ou safrinha, podendo substituir o milho e o sorgo nessas ocasiões (GUIMARÃES JR, 2003). Além disso, o milheto é uma planta muito apreciada pelo gado, possui alto valor nutritivo e não possui fatores antinutricionais, como os cianogênicos (GUIMARÃES JR. et al., 2005a).

Teoricamente, todas as plantas forrageiras podem ser ensiladas. Entretanto, para que o processo de ensilagem se realize de forma adequada, ou seja, o seu processo fermentativo transcorra normalmente, as plantas a serem ensiladas devem apresentar alguns requisitos básicos: teor de matéria seca e carboidratos solúveis em água, os quais se encontram em quantidades satisfatórias nas chamadas plantas padrão (milho e sorgo), quando ensiladas no momento ideal.

Muito embora não seja uma planta padrão para o processo da ensilagem, o milheto pode propiciar silagem de qualidade satisfatória, principalmente quando for ensilado no momento ideal e as práticas de manejo forem seguidas de forma correta.

De acordo com QUEIROZ et al. (2012), o número de cultivares no mercado brasileiro e as informações sobre a utilização do milheto, para fins forrageiros, ainda são poucas em relação a cultivares de milho e de sorgo. Essa ausência demanda pesquisas com os cultivares disponíveis e o comportamento desses materiais em relação ao valor nutritivo para a produção de silagens.

Diante disso, objetivou-se avaliar o padrão de fermentação da silagem de cultivares milheto nos diferentes tempos de abertura dos silos quanto aos parâmetros qualitativos da silagem, e apresentar esta forrageira como uma possível fonte alternativa de forragem conservada.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Caracterização da espécie

O milheto é uma planta pertencente à família *Poaceae (Gramineae)*, subfamília *Panicoideae*, tribo *Paniceae*, subtribo *Panicinae*, gênero *Pennisetum* (BRUNKEN, 1977).

O milheto, pasto italiano ou capim-charuto, como é popularmente conhecido na região sul do Brasil, é uma planta de clima tropical, espécie diploide, com genoma AA e $2n = 2x = 14$ cromossomos (BRUNKEN, 1977) e de ciclo vegetativo curto de aproximadamente 60 a 90 dias para as variedades precoces e de 100 a 150 dias para as variedades tardias (PERRET & SCATENA, 1985; GOMES et al., 2008).

A espécie *Pennisetum glaucum* possui ciclo vegetativo anual, é cespitosa de porte ereto, podendo atingir 1 a 3 m de altura e apresenta perfilhamento abundante. As folhas medem de 0,2 a 1 m de comprimento e de 5 a 10 mm de largura. A panícula possui de 0,1 a 0,5 m de comprimento e 0,5 a 4 cm de diâmetro. Possui boa tolerância à seca e doenças, é tolerante a baixos níveis de fertilidade do solo, com crescimento rápido e boa produção de massa e de grãos (BOGDAN, 1977). Apresenta produção de sementes não desíscientes. Os grãos, quando maduros, são pequenos, de cor cinza, branca, amarela ou a mistura dessas cores, podendo produzir de 500 a 2.000 sementes por panícula (AMARAL, 2005).

A grande tolerância à seca desta espécie é devido ao seu amplo sistema radicular, que pode alcançar 3,60 m de profundidade e a sua excelente eficiência de utilização da água para produção de matéria seca (MS), necessitando de 282 a 302 g de água para produzir 1 g de MS (para o sorgo, 321; milho, 370 e o trigo, 590 g de H₂O/g MS) (AMARAL, 2005).

A produção forrageira varia em função das condições climáticas, da fertilidade do solo, da época de semeadura, do intervalo entre cortes, do estádio de desenvolvimento e da cultivar utilizada (AMARAL, 2005). De acordo com GUIMARÃES JR. (2003), quando cultivado em período de safrinha, o milheto

produz de 6 a 10 t MS/ha. No entanto, quando cultivado no início da estação chuvosa, a cultura tem potencial para produzir até 20t MS/ha.

A semeadura do milheto pode ser realizada a lanço ou em linha, dependendo de qual será a finalidade de uso da forrageira. Quando o objetivo é o plantio para produção de silagem o consumo de sementes varia de 12 a 15 Kg/ha com espaçamento 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 efetua-se 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 devia à sua alta capacidade de perfilhamento. A profundidade de semeadura pode variar de 2 a 4 cm (KICKEL & MIRANDA, 2000).

2.2 Silagem de milheto

O milheto apresenta-se como uma boa opção para produção de silagem, por ser uma planta de clima tropical, produtiva, cujas características agronômicas permitem seu desenvolvimento em solos de baixa fertilidade. Além disso, a cultura se desenvolve bem em condições de baixa precipitação pluviométrica, e por isso tem sido utilizada estrategicamente para produção de silagem em período de safrinha e em regiões com problemas de veranico ou seca (GUIMARÃES JR. et al., 2010).

Somado a isso, o milheto tem potencial para produzir silagem com bom valor nutritivo, destacando-se principalmente pelo alto teor de proteína bruta além de possuir boa aceitabilidade pelo gado e ser atóxica (AMARAL et al., 2008).

PINHO et al. (2013) testaram os cultivares de milheto Sauna B, CMS 01, ADR 500, BRS 1501 e CMS 03 destinados à ensilagem na região do semi-árido e encontraram valores de proteína bruta nas silagens variando de 11,56% a 7,90%. FURLAN et al. (2003) relataram que o teor de proteína bruta do grão do

milheto é superior ao do milho, assim, o milho pode ser substituído por milheto na formulação de ração.

A determinação da concentração das frações fibrosas é um importante parâmetro na avaliação do valor nutricional da silagem de milheto. GUIMARÃES JR et al. (2005a) ao avaliarem três genótipos de milheto observaram que os valores obtidos para frações fibrosas FDN e FDA nos materiais originais e nas silagens, foram inferiores aos comumente relatados para essa forrageira na literatura. Os valores médios de FDN, FDA, celulose, hemicelulose e lignina encontrados no material original e nas silagens após 56 dias de fermentação, foram, respectivamente, de 60,76 e 51,80%; 33,58 e 31,54%; 29,25 e 27,66%; 27,18 e 20,26% e 4,33 e 3,89%.

AMARAL (2003) observou teores de massa seca para milheto ensilado aos 70 dias após a semeadura de 23,53% e aos 90 dias foi de 34,29%. Os teores de proteína bruta foram de 10,06% e 8,47%, respectivamente. Os teores de fibra em detergente neutro foram de 72,58% e 75,44% , respectivamente e os teores de fibra em detergente ácido foram de 37,83% e 38,06%, respectivamente.

Estudando a composição química da silagem de milheto de três cultivares (BRS 1501, BN 1 e Comum) em combinação com três idades de corte, 70, 90 e 110 dias, AMARAL et al. (2008) observaram que as melhores silagens foram obtidas da cultivar BN 1 quando a forragem estava com 90 dias. Nesse estádio a silagem apresentou valores de pH abaixo de 4,2; teor de MS de 27,98% e teor de PB de 8,34%, que está dentro do mínimo que um alimento e/ou dieta deve conter de PB (mínimo 7%) para fornecer nitrogênio suficiente para uma efetiva fermentação microbiana no rúmen.

COSTA et al. (2012) ao avaliarem a qualidade das silagens das cultivares de milheto ARD 500, ADR 7010, LAB 0730, LAB 0731 e LAB 0732 e três idades de cortes: 57, 65 e 73 dias após a semeadura (DAS) observaram que as silagens produzidas por milheto, independente do genótipo, podem ser consideradas de boa qualidade. As plantas colhidas aos 57 DAS apresentaram maiores valores de carboidratos solúveis (média de 4,21% na MS), maiores valores de PB (média de 12,53% na MS) e valor médio de pH 3,65.

GUIMARÃES JÚNIOR et al. (2005b), avaliaram os valores de carboidratos solúveis, digestibilidade *in vitro* da matéria seca e ácidos orgânicos

(acético, láctico e butírico) das silagens de três cultivares de milheto (CMS 1, BRS 1501 e BN 2) com um, três, cinco, sete, 14, 28 e 56 dias de fermentação e constataram que de acordo com os parâmetros avaliados, os três genótipos de milheto podem ser indicadas como opção para produção de silagem na época da safrinha. Uma grande variação nos teores de carboidratos solúveis foi observada para o material original dos três genótipos avaliados, sendo que o BN-2 se destacou entre os demais apresentando valor de 8,33% na MS. Após 56 dias de fermentação os valores médios para ácido láctico, acético e butírico foram de 6,72%, 1% e 0,02%, respectivamente. A digestibilidade *in vitro* da matéria seca não foi influenciada pelo processo fermentativo e seus valores variaram de 52,93 a 57,18% nos materiais originais e de 51,78 a 55,36% nas silagens após 56 dias de fermentação.

2.3 O processo de ensilagem

A ensilagem é um método de conservação que compreende o armazenamento da forragem em condições de anaerobiose, em reservatório chamado silo objetivando o desenvolvimento de bactérias produtoras de ácido láctico a partir de substratos como açúcares solúveis, ácidos orgânicos e compostos nitrogenados solúveis. Durante o processo ocorre diminuição do pH da massa ensilada e aumento de temperatura e nitrogênio amoniacal (SANTOS et al., 2010).

Os microorganismos de maior importância no processo fermentativo são as bactérias produtoras de ácido láctico. Estas bactérias produzem principalmente o ácido láctico, que é responsável pela conservação da massa ensilada. Entretanto, existem ainda outros microorganismos que podem atuar durante o processo fermentativo ou após a abertura do silo que promovem efeitos deletérios ao valor nutricional da silagem. Dentre estes microorganismos estão as Leveduras, Enterobactérias, Clostrídios, bactérias produtoras de ácido acético, bacilos, fungos e *Listeria* (MCDONALD et al., 1991).

Deve-se salientar, que o processo de ensilagem tem como principal objetivo maximizar a preservação original dos nutrientes encontrados na forragem

fresca, durante o armazenamento, com o mínimo de perdas de matéria seca e energia. Para que isso ocorra, é necessário que a respiração da planta e sua atividade proteolítica, bem como a atividade clostrídica e o crescimento de outros microrganismos indesejáveis, sejam limitados. Esses problemas podem ser superados com o rápido enchimento do silo e pela obtenção e manutenção de um ambiente anaeróbio no mesmo.

SANTOS & ZANINE (2006) consideraram quatro fases distintas no processo de ensilagem:

Fase aeróbia: ocorre durante o enchimento e se prolonga até poucas horas (4 – 6 horas) após o fechamento do silo. A elevada concentração de oxigênio favorece o crescimento de microorganismos aeróbicos, como fungos leveduras e algumas bactérias. Estes microorganismos atuam consumindo açúcares e juntamente com o processo respiratório da planta, promovem consumo de todo o oxigênio disponível, produzindo em contrapartida, monóxido de carbono, água e calor.

Fase de fermentação ativa: nesta fase ocorre a formação de ácidos produzidos por microorganismos que vivem na ausência de oxigênio. Há queda acentuada do pH da silagem devido à formação destes ácidos, a partir de açúcares. Inicialmente, atuam enterobactérias e bactérias heterofermentativas, que produzem ácido acético, lático, propiônico, etanol, manitol, CO₂ e calor pela fermentação das hexoses (glicose e frutose) e pentoses (xilose e ribose). Posteriormente, tornam-se dominantes as homofermentativas que convertem hexoses em ácido lático. Esta fase se prolonga até que o pH caia para valores abaixo de 5,0.

Fase de estabilidade: nesta fase ocorre o esgotamento de substratos (açúcares) e o pH deve estar em torno de 3,8 – 4,2. O pH ácido e a condição de anaerobiose conservam a mesma até o momento da abertura do silo. Contanto que evite-se a entrada de ar no silo, pouca atividade biológica poderá ocorrer durante esta fase. Microorganismos ácido tolerantes (clostrídios e enterobactérias) permanecem em estado inativo ou na forma de esporos, sendo que algumas enzimas (proteases e carboidrases) e alguns microorganismos (*Lactobacillus buchneri*) podem permanecer ativos a um nível baio.

Fase de descarga: ocorre por ocasião da abertura do silo, e à exposição de elevadas concentrações de oxigênio, de modo inevitável. O início da deterioração se caracteriza pela utilização dos ácidos orgânicos, que preservam a silagem, por leveduras e, eventualmente por bactérias formadoras de ácido acético, causando o aumento do pH. Ocorre também o aumento da temperatura e atividade de microorganismos que deterioram a silagem, como bacilos, mofos e enterobactérias.

2.4 Fatores que afetam o processo fermentativo

2.4.1 Teor de Matéria Seca

Plantas forrageiras devem possuir em sua composição um teor mínimo de MS quando estas são destinadas à ensilagem. Isto se deve principalmente às possibilidades de surgir fermentações secundárias devido ao alto teor de umidade. Bactérias do gênero *Clostridium* são favorecidas em ambientes muito úmidos, com elevados valores de pH e alta temperatura. Estas bactérias são responsáveis por grandes perdas, pois produzem CO₂ e ácido butírico em vez de ácido lático (EVANGELISTA et al., 2004). Desta forma, o teor de matéria seca da planta constitui fator determinante no processo de fermentação da silagem e faz-se necessário que este esteja acima de 25%, para se evitar maiores perdas por efluentes e fermentações secundárias (MCDONALD et al., 1991).

A silagem de milho é considerada padrão principalmente pelo seu teor adequado de MS no momento ideal para ensilagem. A planta de sorgo também é muito explorada para produção de silagem, já que possui os mesmos requisitos padrão do milho (OLIVEIRA et al., 2010).

O milheto é uma planta forrageira que é capaz de produzir quantidades satisfatórias de forragem, em diferentes locais, sob condições diversas de clima e solo. Por esse motivo, a cultura tem grande potencial para produção de silagem, principalmente em regiões ou períodos do ano onde o milho e o sorgo podem não se desenvolver adequadamente. Entretanto, o maior limitante da silagem de

milheto é o baixo teor de MS do material a ser ensilado (GUIMARÃES JR et al., 2009).

O momento adequado da colheita do milheto para ensilagem se dá quando seus grãos encontram-se em estádio pastoso-farináceo, no entanto, neste momento, a planta apresenta teor de MS baixo, entre 20 e 23%. Porém, ainda assim é possível produzir silagens de milheto com boas características fermentativas (GUIMARÃES JR et al., 2009).

Por outro lado, silagens com teores de MS muito elevados (acima de 40%) podem apresentar problemas no processo fermentativo, pois são mais suscetíveis a danos por aquecimento e aparecimento de fungos, uma vez que a remoção do oxigênio é dificultada, por não permitir compactação adequada (VAN SOEST, 1994). Somado a isso, o aquecimento excessivo da massa ensilada favorece a formação de produtos da reação de Maillard, como nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) (CAMARGO, 2006).

De acordo com JOBIM et al. (2007) a ensilagem de plantas com teor de MS muito elevados determinam maior teor de ar residual na massa, acarretando maior período de respiração, maior consumo de carboidratos solúveis, redução na produção de ácidos orgânicos, maior valor de pH final da silagem, maior porosidade e infiltração de ar no painel do silo aberto, menor estabilidade aeróbia e maiores perdas no período pós abertura. Essas características, em conjunto, acarretam elevadas perdas de MS, redução no valor nutritivo da silagem e no consumo dos animais, com consequente elevação do custo da tonelada de MS e NDT.

GUIMARÃES JR et al. (2005c) avaliaram silagens de três cultivares de milheto CMS-1, BRS-1501 e BN-2, aos 82 dias de crescimento e após 1, 3, 5, 7, 14, 28, e 56 dias de fermentação. Não foram observadas alterações significativas nos teores de MS entre os materiais originais e as silagens, entre os diferentes tempos de ensilagem, para o mesmo genótipo, e também na comparação entre genótipos numa mesma época. Estes autores encontraram um valor médio de 23,5% de MS para as silagens, que foi considerado baixo devido à época de corte do milheto para ensilagem (grãos em estádio leitoso).

AMARAL et al. (2008) trabalharam com três cultivares de milheto com cortes efetuados após três idades (70, 90 e 110 dias após a semeadura). As

plantas após cortadas foram ensiladas em silos experimentais por 50 dias. O teor de MS da silagem aumentou à medida que se aumentou a idade de corte das plantas 21,3%, 27,7% e 36,8% aos 70, 90 e 110 dias, respectivamente. Em contrapartida, à medida que a idade da planta avançou houve uma diminuição do teor de PB das plantas de 9,86% aos 70 dias para 6,96 aos 110 dias.

2.4.2 Carboidratos Solúveis

Os carboidratos solúveis, ou açúcares são os principais substratos utilizados pelas bactérias láticas para a fermentação. O grupo de carboidratos solúveis é representado por monossacarídeos, dissacarídeos e alguns polissacarídeos presentes no conteúdo celular vegetal (RIBEIRO et al., 2007).

Os principais carboidratos solúveis presentes em culturas forrageiras são a frutose, glicose, sacarose e frutosanas, observando-se que sacarose e frutosanas são rapidamente hidrolisados a seus monômeros no momento da colheita (MCDONALD et al., 1991).

Em algumas situações o amido é classificado como carboidrato solúvel, devido a sua gelatinização e parcial solubilidade em água quente. Com a elevação da temperatura no interior do silo, no início do processo de ensilagem, o amido sofre gelatinização e, nesse processo ocorre a ruptura das pontes de hidrogênio mais fracas (MCDONALD et al., 1991).

De acordo com MCDONALD et al. (1991), dentre os fatores que influenciam a quantidade de carboidratos solúveis presentes na planta estão a espécie, cultivar, estádio de crescimento, variações diurnas, clima e níveis de adubação.

A quantidade de carboidratos solúveis requerida para uma fermentação eficiente depende da quantidade de ácido que será necessária para a redução do pH a níveis apropriados à conservação. Essa demanda de ácido varia com a habilidade da massa ensilada em opor-se ao abaixamento do pH (poder tampão). Portanto, o teor de carboidratos solúveis da planta deve ser associado ao seu poder tampão (TOMICH et al., 2003).

Portanto, os teores de carboidratos solúveis devem estar na faixa de 8% a 12% da matéria seca ou maiores que 2% na matéria natural e somado a isso a planta deve possuir um baixo poder tampão, que não deve oferecer resistência à redução do pH para valores entre 3,8 – 4,2 (MCDONALD et al., 1991).

PINHO et al. (2013) testaram os cultivares Sauna B, CMS 01, ADR 500, BRS 1501 e CMS 03 destinados à ensilagem e encontraram valores de carboidratos solúveis (CHO's) no material original que variaram de 6,99% na MS (cultivar BRS 1501) a 9,08% na MS (Sauna B).

2.4.3 Poder tampão

Poder tampão é a capacidade que a planta possui em opor-se ao abaixamento do pH, que é um importante fator no processo de ensilagem e é expresso em miliequivalentes (mE) de base requerida para mudar o pH de 100g de MS de 4 para 6 (MCDONALD, et al., 1991).

O poder tampão da forragem a ser ensilada é um fator chave no processo de fermentação. Quando a planta apresenta alto poder tampão a velocidade de abaixamento do pH é lenta e em consequência as perdas no processo de ensilagem são maiores, reduzindo a qualidade da silagem (JOBIM et al., 2007).

A maior parte das propriedades tamponantes das forragens pode ser atribuída aos ânions (saís de ácidos orgânicos, ortofosfatos, sulfatos, nitratos e cloretos) e pequena parte resultantes da ação de proteínas vegetais. Quantitativamente, os ácidos mais importantes que ocorrem em gramíneas são o málico, o cítrico e o quínico, destacando-se o ácido oxálico como o mais importante para as gramíneas tropicais (MCDONALD et al., 1991).

2.4.4 pH e Nitrogênio Amoniacal

De acordo com JOBIM et al. (2007), a medida do valor de pH em silagens foi considerada, no passado, como um importante indicador da qualidade

de fermentação, sendo inclusive possível classificar as silagens em termos de qualidade. No entanto, atualmente essa variável deve ser usada com critério para fazer inferências à qualidade de fermentação, haja vista que silagens de materiais com baixo teor de umidade (por exemplo silagem de forragem emurchecida) apresentam valores de pH elevados, acima de 4,2, valor anteriormente utilizado para classificar uma silagem como de qualidade ruim.

Entretanto, o pH ainda permanece como um parâmetro da qualidade de fermentação em silagens com baixo teor de MS e não sendo adequado para silagens com alto teor de MS (JOBIM et al., 2007). De acordo com MCDONALD et al. (1991) silagens bem preservadas possuem pH na faixa de 3,8 a 4,2, e silagens mal preservadas possuem pH entre 5 e 7.

O conteúdo de nitrogênio presente sob forma de amônia ($N-NH_3$) na forragem verde normalmente é menor que 1% do nitrogênio total (NT). Após o corte da forrageira inicia-se um processo de extensa proteólise, com o aumento do $N - NH_3$. A proteólise inicial é mediada por enzimas da própria planta, enquanto que as degradações subsequentes de aminoácidos ocorrem pela ação de microorganismos (TOMICH et al., 2003).

De acordo com EVANGELISTA et al. (2004) a presença de amônia na silagem é fator constantemente medido para avaliação de qualidade, indicando valores de 8% do NT como níveis criteriosos para silagens com um bom padrão de fermentação. TOMICH et al. (2003) consideram que silagens com menos de 10% do $N - NH_3$ do NT apresentam uma fermentação eficiente para conservação.

Ao determinarem os teores de $N-NH_3$ das silagens de três genótipos de milheto, após 1, 3, 5, 7, 14, 28 e 56 dias de fermentação, GUIMARÃES JR. et al. (2005c) encontraram valor médio de 8,75%. Foi observado um aumento nos valores de $N-NH_3$ ao longo dos dias de abertura, sem tendência de estabilização. Desta forma, os maiores valores de $N-NH_3$ % do N total foram observados no último dia de fermentação.

2.4.5 População de bactérias ácido láticas e conteúdo de ácidos orgânicos

O termo “bactérias ácido láticas” descreve um grupo de bactérias de vários gêneros que se destacam pela sua capacidade em produzir ácido lático. As

bactérias produtoras de ácido láctico (BAL) fazem parte da flora epífita das plantas. Sua população aumenta substancialmente, entre a colheita e a ensilagem da forragem, devido principalmente à reativação de células dormentes (MCDONALD et al., 1991).

Dentre as BAL de importância durante a ensilagem estão os gêneros *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Enterococcus*, *Lactococcus*, *Streptococcus* e *Leuconostoc* (MCDONALD et al., 1991).

De acordo com MCDONALD et al. (1991) as bactérias láticas podem ser classificadas baseadas em seu metabolismo fermentativo em homofermentativas obrigatórias, heterofermentativas facultativas e heterofermentativas obrigatórias. As homofermentativas obrigatórias fermentam hexoses quase que exclusivamente a ácido láctico (Glicose ou Frutose → 2 Ácido Láctico). As heterofermentativas facultativas fermentam hexoses quase que exclusivamente a ácido láctico entretanto, elas também são capazes de fermentar pentoses a ácido láctico e ácido acético. As heterofermentativas obrigatórias fermentam hexoses a ácido láctico, ácido acético, etanol, manitol e CO₂ (3 Frutose → Ácido Láctico + 2 Manitol + Ácido acético + CO₂) ou (Glicose → Ácido Láctico + Etanol + CO₂).

O fato de o ácido láctico ser mais forte que o ácido acético, do CO₂ ser um ácido fraco e do manitol e etanol não serem ácidos, significa que é preferível ter uma fermentação de hexoses com predomínio do tipo homofermentativa. Assim, uma fermentação de pentoses não é tão eficaz na produção de ácido forte quanto à de hexoses, além de que o etanol e o ácido acético são pouco palatáveis para os ruminantes o que funciona como fator limitante ao consumo (MCDONALD et al., 1991).

Portanto, os microorganismos homofermentativos caracterizam-se pela taxa de fermentação mais rápida, menor proteólise, maior concentração de ácido láctico, menores teores de ácido acético e butírico, menor teor de etanol, e maior recuperação de energia e matéria seca. Microorganismos heterofermentativas utilizam ácido láctico e glicose como substrato para produção de ácido acético e propiônico, os quais são efetivos no controle de fungos, sob baixo pH (ZOPOLLATTO et al., 2009).

O ácido lático é o principal ácido utilizado para avaliação da qualidade da fermentação. Entretanto, a quantidade de ácido lático necessário para promover queda do pH e inibir os processos que promovem deterioração da silagem, altera-se com a capacidade de poder-tampão da forrageira e com o conteúdo de umidade da silagem (TOMICH et al., 2003). Segundo ROTH & UNDERSANDER (1995), silagens com teores de ácido lático na faixa de 4% a 6% são consideradas de boa qualidade.

A quantidade de ácido butírico pode ser considerada um dos principais indicadores negativos do processo fermentativo. ROTH & UNDERSANDER (1995) recomendaram um limite de 0,1% de ácido butírico para a silagem ser considerada de boa qualidade. Seu conteúdo está relacionado à presença de atividade de bactérias do gênero *Clostridium* que produzem este ácido, responsável por grandes perdas de MS, energia e quedas acentuadas na palatabilidade e consumo da silagem (PINHO et al., 2013).

O conteúdo de ácido acético está relacionado à menores taxas de decréscimo e de maiores valores finais de pH nas silagens. O ácido acético é produzido por ação prolongada de enterobactérias e bactérias láticas heterofermentativas, mas, em menor proporção por bactérias do gênero *Clostridium*. Além de afetar negativamente a queda do pH, as fermentações produzidas por estes microorganismos promovem perdas de MS e energia da silagem (TOMICH et al., 2003). ROTH & UNDERSANDER (1995) recomendaram um limite de 2% de ácido acético para classificar silagens como de boa qualidade.

PINHO et al. (2013) testaram os cultivares Sauna B, CMS 01, ADR 500, BRS 1501 e CMS 03 destinados à ensilagem e encontraram teores médios de ácido lático que variaram ($P<0,05$) de 1,98 (Sauna B) a 5,17% (média dos genótipos ADR 500, BRS1501 e CMS 03). Já a variedade CMS 1 apresentou valor intermediário de ácido lático (3,52%). Os teores de ácido acético variaram ($P<0,05$) de 0,55 a 0,92%, respectivamente para as variedades Sauna B e CMS 03. No entanto, todas as variedades apresentaram média de 0,75%. O percentual de ácido butírico também variou significativamente entre os genótipos, apresentando as plantas ADR 500; BRS 1501 e CMS 03 a maior média (0,030%) de ácido butírico na silagem aos 30 dias de fermentação. O genótipo Sauna B apresentou a menor média (0,024%).

3. REFERÊNCIAS

1. AMARAL, P.N.C. **Silagem e rolão de milheto em diferentes idades de corte.** 2003. 78 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Lavras, Lavras.
2. AMARAL, P. N. C. **Produção e qualidade da silagem de três cultivares de milheto.** 2005. 28 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, 2005.
3. AMARAL, P. N. C.; EVANGELISTA, A. R.; SALVADOR, F. M.; PINTO, J. P. Qualidade e valor nutritivo das silagens de três cultivares de milheto. **Revista de Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.2, p.611-617, 2008.
4. BOGDAN, A. V. **Tropical pasture and fodder plants: grasses and legumes.** London: LONGMAN, 1977. 475p.
5. BRUNKEN, J. N. A systematic study of *Pennisetum* sect *Pennisetum* (Gramineae). **American Journal of Botany**, Columbus, v. 64, n. 2, p. 161-176, 1977.
6. CAMARGO, M. S. **Utilização de glifosato na produção de silagem emurcheada de *Brachiaria brizantha*, Stapf. cv. Xaraés.** 2006. 99f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
7. COSTA, K. A. P.; GUERRA FILHO, I. A.; ASSIS, R. L. GUIMARÃES, K. C.; CRUVINAL, W. S.; EFIFÂNIO, P. S.; GOUVEIA, R. R. Qualidade da silagem de cultivares de milheto produzidas em diferentes idades de corte. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 3, p. 1189-1198, 2012.
8. EVANGELISTA, A. R.; ABREU, J. G.; AMARAL, P. N. C.; PEREIRA, R. C.; SALVADOR, F. M.; SANTANA, R. A. V. Produção de silagem de capim-Marandú (*Brachiaria brizantha* Stapf cv. Marandú) com e sem emurcheçimento. **Revista de Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n.2, p. 443-449, 2004.
9. FURLAN, A. C.; SCAPINELL, C.; TORAL, F. L. B.; FARIA, H. G.; MOREIRA, I.; MURAKAMI, A. E.; SANTOLIN, M. L. R. Valor Nutritivo e Desempenho de Coelhos Alimentados com Racos Contendo Milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R.Br). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Vicoso, v.32, n.1, p.123-131, 2003.
10. GOMES, P. C.; RODRIGUES, M. P.; ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S.; GOMES, M. F. M.; MELLO, H. H. C.; BRUMANO, G. Determinacao da composição química e energética do milheto e sua utilização em racos para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Vicoso, v.37, n.9, p.1617-1621, 2008.

- 11.GUIMARÃES JR, R. **Potencial forrageiro, perfil de fermentação e qualidade das silagens de três genótipos de milheto [*pennisetum galucum*].** 2003. 44p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- 12.GUIMARÃES JÚNIOR, R.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; BORGES, A. L. C. C.; RODRIGUEZ, N. M.; SALIBA, E. O. S.; BORGES, I.; PIRES, D. A. A.; JAYME, D. G.; CASTRO, G. H. F. Frações fibrosas dos materiais originais e das silagens de três genótipos de milheto [Pennisetum glaucum (L). R. BR.], em diferentes períodos de fermentação. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.4, n.2, p.243-250, 2005a.
- 13.GUIMARÃES JÚNIOR R.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; RODRIGUEZ, N. M.; BORGES, A. L. C.; BORGES, I.; SALIBA, E. O. S.; JAYME, D. G.; PIRES, D. A. A. Carboidratos solúveis, digestibilidade "in vitro" da matéria seca e ácidos orgânicos das silagens de três genótipos de milheto [Pennisetum glaucum (L). R. Br.] em diferentes períodos de fermentação. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.4, n.1, p.95-103, 2005b.
- 14.GUIMARÃES JR, 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**, v.4, n.2, p.251-258, 2005c.
- 15.GUIMARÃES JÚNIOR, R.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, J.A.S. Utilização do milheto para produção de silagem. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2009. 30p.(Documentos, 259).
- 16.GUIMARÃES JR, R.; ,GONÇALVES L. C.; JAYME, D. G.; PIRES D. A. A.; RODRIGUES, J. A. S.; TOMICH, T. R. Degradabilidade in situ de silagens de milheto 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.KICHEL, A.N.; MIRANDA, C.H.B. **Uso do milheto como planta forrageira.** 2000. Disponível em: <http://www.cnpgc.embrapa.br/publicacoes/divulga/GCD46.html>.
- 19.MCDONALD, P., HENDERSON, A.R., HERON, S. **The biochemistry of silage.** 2.ed. Marlow: Chalcombe Publicatins, 1991. 340 p.

20. OLIVEIRA, L. B.; PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P.; RIBEIRO, L. S. O.; ALMEIDA, V. V.; PEIXOTO, C. A. M. Perdas e valor nutritivo de silagens de milho, sorgo-sudão, sorgo forrageiro e girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.39, n.1, p.61-67, 2010.
21. PERRET, V.; SCATENA, C. M. Milheto: Um cereal alternativo para os pequenos produtores do Sertão da Bahia. Salvador: EMATER - BA - CPATSA, 1985. 103p. (Serie Pesquisa e Desenvolvimento, 9).
22. PINHO, R. M. A.; SANTOS, E. M.; RODRIGUES, J. A. S.; MACEDO, C. H. O.; CAMPOS, F. S.; RAMOS, J. P. F.; BEZERRA, H. F. C.; PERAZZO, A. F. Avaliação de genótipos de milheto para silagem no semiárido. **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal**, Salvador, v.14, n.3, p.426-436, 2013.
23. PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P.; GARCIA, R. et al. Fracionamento de carboidratos e proteínas das silagens de capim-elefante com casca de café, farelo de cacau ou farelo de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.3, p.422-427, 2009.
24. RIBEIRO, C. G. M.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; RODRIGEZ, N. M.; BROGES, I.; BORGES, A. L. C. C.; SALIBA, E. O. S.; CASTRO, G. H. F.; RIBEIRO JUNIOR, G. O. Padrão de fermentação da silagem de cinco genótipos de sorgo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.59, n.6, p. 1531-1537, 2007.
25. ROTH, G., UNDERSANDER, D. Silage additives. In: **Corn Silage Production Management and Feeding**. MADISON: Madison American Society of Agronomy, p.27-29. 1995.
26. SANTOS, E. M.; ZANINE, A. M. Silagem de gramíneas tropicais. **Colloquium Agrariae**, v. 2, n.1, p. 32-45, 2006.
27. SANTOS, M. V. F.; GÓMEZ CASTRO, A. G.; PEREA, J. M.; GARCÍA, A.; GUIM, A.; PÉREZ HERNÁNDEZ, M. Fatores que afetam o valor nutritivo das silagens de forrageiras tropicais. **Archivos de Zootecnia**, v.59, p. 25-43, 2010.
28. QUEIROZ, D. S.; SANTANA, S. S.; MURÇA, T. B.; SILVA, E. A.; VIANA, M. C. M.; RUAS, J. R. M. Cultivares e épocas de semeadura de milheto para produção de forragem. **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal**, Salvador, v.13, n.2, p.318-32, 2012.
29. TOMICH, T., PEREIRA, L.G.R., GONÇALVES, L.C.; TOMICH, R.G.P.; BORGES, I. **Características químicas para avaliação do processo fermentativo de silagem**: uma proposta para qualificação da fermentação. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2003. 20 p. (Embrapa Pantanal. Documento, 57).

- 30.VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant.** 2. ed. Ithaca: Cornell University Press. 1994, 476p.
- 31.ZOPOLLATTO, M.; DANIEL, J. L. P.; NUSSIO, L. G. Aditivos microbiológicos em silagens no Brasil: revisão dos aspectos da ensilagem e do desempenho dos animais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.38, p. 170-189, 2009.

CAPÍTULO 2 – COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA DA SILAGEM DE TRÊS CULTIVARES DE MILHETO EM DIFERENTES TEMPOS DE ABERTURA DOS SILOS.

RESUMO

A oferta de nutrientes existente na silagem depende quantitativamente da produção de massa seca da forragem e, qualitativamente, depende da concentração de nutrientes na massa seca. Desta forma, o conhecimento dos teores dos componentes nutricionais, tem sido considerados parâmetros importantes para a avaliação da qualidade das silagens. Foi conduzido um experimento para avaliar a composição bromatológica da silagem de três cultivares de milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown) (BRS 1501; ADR 500 e ADR 8010), submetidos a diferentes tempos de abertura dos silos (0, 3, 7, 15 e 30 dias) na UFG/Goiânia-GO. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com arranjo fatorial 3x5, com 3 repetições. O milheto foi cortado com 65 dias de crescimento vegetativo e o material coletado no campo foi picado para enchimento dos silos. Foram determinados os teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose, hemicelulose e lignina. Os dados foram analisados com o auxílio do software R (Development Core Team, 2011). Foi realizada análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey considerando nível de significância de 5%. Foram determinadas as equações de regressão polinomial pelos tempos de abertura para cada variável analisada. Os teores de MS variaram de 17,72% no tempo 0 para ADR 500 até 19,62% para a cultivar ADR 500, após 30 dias de ensilagem. Para as cultivares BRS 1501 e ADR 500 o teor de MS aumentou com o processo fermentativo, houve diferença estatística ($P<0,05$) entre o teor de MS no tempo 0 e o tempo 30. O processo fermentativo não alterou estatisticamente ($P>0,05$) os teores de MS das silagens da cultivar ADR 8010. Este aumento no teor de MS do tempo 0 até o tempo 30 na cultivares BRS 1501 e ADR 500 pode ter ocorrido em decorrência do baixo teor de MS com o qual os materiais originais foram ensilados, culminando em produção de efluentes. Não se observou nenhuma diferença estatística ($P>0,05$) nos níveis de proteína bruta dos materiais originais com as silagens, nem entre as silagens, mostrando que o teor de proteína bruta manteve-se estável ao longo do processo fermentativo, sofrendo pouca influência dos processos proteolíticos que normalmente ocorrem dentro do silo. Os teores de FDN, FDA e lignina aumentaram com o processo fermentativo, este fato pode ter ocorrido em razão da ensilagem do material com baixo teor de matéria seca e a consequente perda por efluentes, que proporcionou aumento na porcentagem destas frações. Os valores médios de FDN, FDA e lignina encontrados após 30 dias de ensilagem foram 58,42%, 35,35%, e 5,64%, respectivamente.

Palavras-chave: composição bromatológica, fibra, *Pennisetum glaucum*, qualidade forrageira, silagem, tempos de abertura

CHEMICAL COMPOSITION FROM THREE PEARL MILLET CULTIVARS SILAGE AT DIFFERENT SILOS OPENING TIMES.

ABSTRACT

Quantitatively, the existing nutrients supply in silage depends on forage dry matter production; qualitatively it depends on dry mass nutrients concentration. Thus, the knowledge about the levels of nutritional components has been considered important to assessing the silage quality parameters. An experiment was conducted in UFG/Goiânia-GO to evaluate the chemical composition from three pearl millet cultivars silage (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown), (BRS 1501; ADR 500 and ADR 8010), at different silos opening times (0, 3, 7, 15 and 30 days). The experimental design was completely randomized with a 3x5 factorial arrangement with 3 replications. The pearl millet was harvested within 65 vegetative growth days and the field collected material was chopped for filling the silos. The contents of dry matter (DM), mineral matter (MM), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), cellulose, hemicellulose and lignin were determined. Data were analyzed with the aid of R software (R Development Core Team, 2011). Analysis of variance was performed and means were compared by Tukey test considering 5% significance level. Opening time polynomial regression equations were determined for each analyzed variable. The DM contents ranged from 17.72% in ADR 500 time 0 up to 19.62% in ADR 500 30 days after ensiling. For cultivars BRS 1501 and ADR 500, DM content increased with the fermentation process, there was statistical difference ($P<0.05$) on DM content among times 0 and 30 days. The fermentation process did not changed ($P>0.05$) the dry matter content of cultivar ADR 8010 silage. The increase in DM concentration observed in BRS 1501 and ADR 500 from time 0 to time 30 may have occurred due to low DM content which the original materials presented when ensiled, leading to effluents production. No statistical difference ($P>0.05$) was observed in protein levels between the original materials and its respective silage or among the different silages; this shows that crude protein content remained stable throughout the fermentation process, suffering low influence of the in silo proteolytic processes. The contents of NDF, ADF and lignin increased with the fermentation process, this may have occurred due the original material low dry matter content at ensiling and consequent effluent loss, resulting in higher percentage of these fractions. The NDF, ADF and lignin mean values observed 30 days after ensiling were 58.42%, 35.35% and 5.64%, respectively.

Keywords: chemical composition, fiber, forage quality, opening silos times, *Pennisetum glaucum*, silage

1. INTRODUÇÃO

A oferta de nutrientes existente na silagem depende quantitativamente da produção de massa seca da forragem e, qualitativamente, depende da concentração de nutrientes na massa seca. Desta forma, o conhecimento dos teores dos componentes nutricionais, tais como o teor de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), teor de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina têm sido considerados variáveis importantes para a avaliação da qualidade das silagens.

O milheto (*Pennisetum galucum*) é uma gramínea recomendada para cultivo no verão, de ciclo curto, crescimento rápido, com boa capacidade de rebrota e alto valor nutritivo, além de boa tolerância a stress hídrico, o que permite seu cultivo em épocas de baixa precipitação. Em função destas características o milheto apresenta-se como uma boa opção para produção de silagem em período de safrinha e em regiões com problemas de veranico ou seca (GUIMARÃES JR. et al., 2009; GUIMARÃES JR et al., 2010).

Somado a isso, o milheto tem potencial para produzir silagem com bom valor nutritivo, destacando-se principalmente pelo alto teor de proteína bruta, boa aceitabilidade pelo gado e ser atóxica (AMARAL et al., 2008).

Alguns aspectos relacionados à anatomia da planta forrageira influenciam o valor nutritivo, dentre eles estão à proporção de tecido e a espessura da parede celular, visto que, tais características apresentam alta correlação com os teores de fibra, lignina e de proteína bruta. Com relação especificamente a digestão, a mesma pode ser limitada em função do efeito negativo da lignina sobre a digestão da parede celular e pelo próprio arranjo das células de alguns tecidos, no caso das partes mais fibrosas, como o colmo das plantas. Assim, a determinação da concentração das frações fibrosas nas silagens torna- se um importante parâmetro na avaliação do valor nutricional desse alimento (CARVALHO & PIRES, 2008 ; GUIMARÃES JR et al., 2005a).

Diante do exposto, objetivou-se determinar a composição bromatológica das silagens de três cultivares de milheto em diferentes períodos de fermentação.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização

O experimento foi conduzido no Departamento de Produção Animal da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás (UFG) no município de Goiânia-GO, localizada na latitude S 16° 35' 00" e longitude W 49° 16' 00" e altitude de 727 m.

2.2 Dados Climáticos

O clima regional segundo a classificação de KÖPPEN (1948) é do tipo Aw (quente e semi-úmido), com estações bem definidas, a seca, dos meses de maio a outubro e as águas, entre novembro e abril com temperatura média anual de 23,2°C. A precipitação média é de 1.759,9 mm e a estação chuvosa caracterizada por baixa insolação (BRASIL, 1992).

2.3 Caracterização da área experimental

As áreas de produção apresentavam topografia plana, cuja classificação é um Latossolo Vermelho distrófico, típico de textura argilosa e com fertilidade média (EMBRAPA, 1999). Para fins de sua caracterização química foram coletadas amostras na profundidade de 0,20 m. No Quadro 1, são apresentados os dados dos atributos químicos do solo da área experimental antes da instalação do experimento.

QUADRO 1 – Atributos físicos e químicos do solo da área experimental

| Argila % | Silte % | Areia % | M.O. % | pH (CaCl ₂) | P(Mehl) mg/dm ³ | K mg/dm ³ |
|----------------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| 35 | 19 | 46 | 1,8 | 5,9 | 3,8 | 69 |
| Ca cmol/dm ³ | Mg cmol/dm ³ | H+Al cmol/dm ³ | Al cmol/dm ³ | CTC cmol/dm ³ | M % | V % |
| 3,4 | 1,1 | 2,8 | 0 | 7,5 | 0 | 62,5 |
| Ca/Mg | Mg/K | Ca/K | Ca/CTC | Mg/CTC | K/CTC | |
| - | - | - | % | % | % | |
| 3,1 | 6,2 | 19,3 | 45,5 | 14,7 | 2,4 | |

Fonte: Laboratório de Análise de solo e foliar – UFG

2.4 Tratamentos e Delineamento experimental

Os tratamentos foram constituídos por três cultivares de milheto (ADR500, ADR8010 e BRS1501), cinco tempos de abertura dos silos (0, 3, 7, 15 e 30 dias após a ensilagem) e três repetições em esquema fatorial 3 x 5. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, totalizando 45 silos.

2.5 Período experimental

A semeadura do milheto foi realizada no dia 17 de novembro de 2012. A colheita, bem como a ensilagem do material foi realizada no dia 23 de janeiro de 2013. A abertura dos mini silos, preparo das amostras, análises laboratoriais e análises estatísticas foram conduzidas no período compreendido entre janeiro de 2013 a dezembro de 2013.

2.6 Implantação do experimento

A semeadura foi realizada manualmente utilizando-se 20 sementes puras e viáveis (SPV) por metro linear das cultivares ADR 500, ADR 8010 e BRS 1501, em três parcelas de cinco linhas com 50 m lineares cada, com

espaçamento de 0,30 m entre linhas, perfazendo assim, 60 m² de área total. A adubação fosfatada no plantio foi 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ usando a fórmula comercial super fosfato simples, a adubação potássica de 60 kg ha⁻¹ de K₂O, na fórmula comercial de cloreto de potássio (KCl) e micronutrientes 30 kg ha⁻¹ da fórmula FTE BR – 16. A adubação nitrogenada de cobertura realizada 20 dias após a emergência das plantas no dia 07/12/2012 foi de 80 kg ha⁻¹ N na forma de ureia segundo recomendação de MARTHA JÚNIOR et al. (2007). Durante o período de cultivo foram realizados tratos culturais como capina para retirada de plantas invasoras da área experimental.

2.7 Corte do milheto para ensilagem e preparo das amostras

O milheto foi cortado com 65 dias de crescimento vegetativo e o material coletado no campo foi picado para enchimento dos silos. O tamanho da partícula da forragem foi de um a dois cm, utilizando-se um triturador elétrico para picar a forragem. Os silos experimentais foram constituídos por baldes com tampas móveis. Foi construído no interior do silo um aparato que consistiu numa camada de areia grossa de 2 a 3 cm no fundo do silo, seguido da colocação por cima de uma tela fina de TNT para evasão dos efluentes. Na tampa foi instalada uma válvula semelhante ao bico de Bunsen para escape dos gases formados no processo fermentativo, porém, que impedia a entrada de ar no interior do silo. A forragem picada foi colocada nos silos e compactada manualmente e também com o auxílio de uma prensa hidráulica manual. Na seqüência, os silos foram armazenados em local seco e fresco.

A abertura dos silos para análise ocorreu nos tempos 0, 3, 7, 15 e 30 dias após o fechamento. A silagem produzida foi amostrada para determinação do teor de matéria pré-seca e realização das análises químicas. O restante foi congelado para posterior extração do suco da silagem para determinação de nitrogênio amoniacal e ácidos orgânicos, e parte para determinação do poder tampão. As amostras destinadas a determinação do teor de matéria pré-seca foram pesadas, colocadas em estufa de circulação de ar a 65º C, durante 72 horas e, posteriormente, pesadas novamente.

As amostras secas a 65º C foram moídas em moinho do tipo “Willey”, em peneira com malha de um milímetro, colocadas em recipientes de polietileno com tampa, identificadas e armazenadas para posteriores análises.

2.8 Variáveis analisadas

As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Produção Animal da UFG. Procedeu-se a determinação do teor de matéria seca (MS), matéria mineral (MM) e proteína bruta (PB) conforme os métodos recomendados por SILVA & QUEIROZ (2002).

As determinações de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina foram efetuadas conforme metodologias propostas por VAN SOEST & ROBERSTON (1985).

2.9 Análises Estatísticas

Os dados foram analisados com o auxilio do software R (Development Core Team, 2011). Foi realizada análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey considerando nível de significância de 5%. Foram determinadas as equações de regressão polinomial pelos tempos de abertura para cada variável analisada.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, são apresentados os valores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e matéria mineral (MM) das três cultivares de milheto nos tempos de abertura preconizados.

TABELA 1 – Teores médios de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e matéria mineral (MM), determinados nos materiais originais e nas silagens dos cultivares de milheto, em diferentes tempos de abertura dos silos

| Cultivar | Tempos de abertura (dias) | | | | | | CV (%) | | | | |
|-------------|---------------------------|-----|-------|-----|-------|-----|--------|-----|-------|-----|------|
| | 0 | 3 | 7 | 15 | 30 | | | | | | |
| MS % | | | | | | | | | | | |
| BRS1501 | 17,83 | aB | 18,76 | aAB | 19,14 | aAB | 19,24 | aAB | 19,33 | abA | 0,04 |
| ADR8010 | 17,91 | aA | 18,80 | aA | 18,99 | aA | 18,31 | aA | 18,09 | bA | 0,07 |
| ADR500 | 17,72 | aB | 19,06 | aAB | 19,49 | aA | 19,16 | aA | 19,62 | aA | 0,03 |
| Média | 17,82 | | 18,87 | | 19,21 | | 18,90 | | 19,01 | | |
| CV (%) | 0,01 | | 0,01 | | 0,02 | | 0,05 | | 0,08 | | |
| PB % | | | | | | | | | | | |
| BRS1501 | 9,15 | aA | 9,45 | aA | 9,45 | aA | 9,46 | aA | 9,39 | bA | 0,05 |
| ADR8010 | 9,83 | aA | 9,67 | aA | 9,83 | aA | 9,93 | aA | 9,99 | abA | 0,04 |
| ADR500 | 9,81 | aA | 9,78 | aA | 10,00 | aA | 10,12 | aA | 10,33 | aA | 0,05 |
| Média | 9,59 | | 9,63 | | 9,76 | | 9,84 | | 9,90 | | |
| CV (%) | 0,06 | | 0,05 | | 0,04 | | 0,05 | | 0,06 | | |
| MM % | | | | | | | | | | | |
| BRS1501 | 3,80 | bBC | 3,36 | aC | 4,06 | bAB | 4,53 | aA | 4,37 | aAB | 0,10 |
| ADR8010 | 4,57 | aA | 3,84 | aB | 4,69 | aA | 4,19 | aAB | 3,98 | aB | 0,10 |
| ADR500 | 3,66 | bA | 3,60 | aA | 3,85 | bA | 4,08 | aA | 3,94 | aA | 0,14 |
| Média | 4,01 | | 3,60 | | 4,20 | | 4,27 | | 4,10 | | |
| CV (%) | 0,13 | | 0,07 | | 0,12 | | 0,11 | | 0,09 | | |

Letras minúsculas comparam cultivares dentro de um mesmo tempo. Teste de Tukey ($P<0,05$). Letras maiúsculas comparam diferentes tempos para uma mesma cultivar. Teste de Tukey ($P<0,05$).

A avaliação do teor de matéria seca (MS) da silagem é de fundamental importância, uma vez que silagens com teores de MS acima de 35% têm sua compactação dificultada, o que reduz a eliminação do ar e cria condições para produção de calor e desenvolvimento de fungos (COSTA et al., 2012). Por outro lado, baixos teores de MS da silagem, além de levarem a um menor rendimento de nutrientes por área, promovem maior produção de ácido butírico, devido à fermentação por bactérias do gênero *Clostridium*, o que leva à redução do consumo pelos animais (SPITARELI et al., 1995).

Os teores de matéria seca variaram de 17,72% no tempo 0 para ADR 500 até 19,62% para a cultivar ADR 500, após 30 dias de ensilagem. Não foram observadas alterações significativas ($P>0,05$) para os teores de matéria seca

entre as três cultivares dentro de cada tempo de abertura. Apenas a cultivar ADR 8010 após 30 dias de ensilagem apresentou teor de matéria seca menor (18,09%) em relação a cultivar ADR 500 (19,62%), porém nenhuma delas diferiu estatisticamente da cultivar BRS 1501 (19,33%).

COSTA et al. (2012) avaliaram as cultivares ADR 500, ADR 7010, LAB 0730, LAB 0731 e LAB 0732 no município de Rio Verde-Go e verificaram teores de MS de 25,06% a 27,51%, sendo que a cultivar ADR 500 apresentou 26,53% de MS aos 65 dias de crescimento. A diferença entre os valores encontrados neste estudo e no de COSTA et al. (2012) pode ser explicada pela época em que os experimentos foram conduzidos. COSTA et al. (2012) realizaram a semeadura do milheto em 09 de março, com a colheita sendo realizada já no período seco do ano, em 19 de maio. Neste estudo o período de crescimento das culturas se deu entre 17 de novembro a 23 de janeiro, o que contribuiu para o maior teor de umidade das plantas. Assim, para se obter maiores teores de MS no momento da ensilagem, seria interessante que se adiasse a semeadura do milheto, uma vez que simplesmente adiar a colheita eleva o teor de MS, mas diminui a qualidade do alimento, pois a planta pode alcançar o estágio reprodutivo.

Para as cultivares BRS 1501 e ADR 500 o teor de MS aumentou com o processo fermentativo, houve diferença estatística ($P<0,05$) entre o teor de MS no tempo 0 (material original) e o tempo 30 (último dia de fermentação). O processo fermentativo não alterou estatisticamente ($P>0,05$) os teores de MS das silagens da cultivar ADR 8010.

Este aumento no teor de MS do tempo 0 até o tempo 30 na cultivares BRS 1501 e ADR 500 pode ter ocorrido em decorrência do baixo teor de MS com o qual os materiais originais foram ensilados. De acordo com GUIMARÃES JR et al. (2009), o momento adequado da colheita do milheto para ensilagem se dá quando seus grãos encontram-se em estádio pastoso-farináceo, no entanto, neste momento, a planta apresenta teor de MS baixo, entre 20 e 23%. Porém, ainda assim é possível produzir silagens de milheto com boas características fermentativas. Neste experimento os teores de MS foram ainda mais baixos o que pode ter favorecido grandes perdas por efluentes, variável que não foi analisada neste experimento.

Os valores de matéria seca encontrados para os genótipos BRS 1501, ADR 8010 e ADR 500 após 30 dias de fermentação são inferiores aos obtidos para silagens de milheto em outros estudos (GUIMARÃES JR et al. 2005; COSTA et al. 2011; PINHO et al. 2013). O fato do teor de MS ter sido baixo pode ser justificado pelas características particulares de cada cultura e pela época de corte do milheto para a ensilagem, aos 65 dias, quando os grãos estavam em estádio leitoso. Nesse período, a planta do milheto apresentava um baixo conteúdo de matéria seca, o que influiu diretamente sobre os teores de matéria seca das silagens produzidas.

O teor de proteína bruta variou de 9,15% para a cultivar BRS 1501 no tempo 0, para 10,33% para a cultivar ADR 500, após 30 dias de ensilagem (Tabela1). Os valores de proteína bruta encontrados neste trabalho são superiores aos normalmente encontrados na planta fresca e nas silagens de outras culturas utilizadas para a produção de silagem, comprovando que o valor nutricional da silagem de milheto é superior, quando relacionado ao seu conteúdo protéico. OLIVEIRA et al. (2010), encontraram valores médios de proteínas bruta para silagens de milho, sorgo e girassol de 6,1%, 6,3% e 8,5%, respectivamente.

PINHO et al. (2013) testaram os cultivares de milheto Sauna B, CMS 01, ADR 500, BRS 1501 e CMS 03 destinados à ensilagem na região do semi-árido e encontraram valores de proteína bruta nas silagens variando de 7,90% a 11,66% após 30 dias de fermentação. GUIMARÃES JR et al. (2005b) encontraram valores de proteína bruta nas silagens de três cultivares de milheto em diferentes períodos de fermentação que variaram de 9,59% (CMS 1) até 11,68% (BRS 1501).

Quando as cultivares foram comparadas dentro de cada tempo de abertura, não houve diferença significativa ($P>0,05$) nos teores de proteína bruta até 15 dias de fermentação. No último dia de fermentação (tempo 30), o genótipo ADR 500 se destacou, pois apresentou o maior teor de proteína bruta (10,33%), que diferiu estatisticamente da cultivar BRS 1501 (9,39%), e foi estatisticamente semelhante à cultivar ADR 8010 (9,99%).

Na comparação de cada cultivar separadamente nos tempos de abertura, não se observou nenhuma diferença estatística ($P>0,05$) nos níveis de proteína bruta dos materiais originais com as silagens, nem entre as silagens,

demonstrando a importância do teor de proteína da planta no momento da ensilagem.

A proteólise é uma consequência natural do processo de ensilagem e se deve à ação de proteases vegetais, convertendo a proteína em peptídeos, aminoácidos e outros compostos nitrogenados. Sua atividade é máxima na faixa de pH 5 – 6, sendo que quanto mais rápido for o declínio do pH, menor será a atividade das proteases (HASSANAT et al., 2006).

COSTA et al. (2012) ensilaram variedades de milheto com 57,65 ou 73 dias de crescimento e todas as variedades apresentaram diferenças no teor de PB após a ensilagem com os seguintes valores médios: 12,53% (57 dias), 11,45% (65 dias) e 9,00% (73 dias de crescimento).

Além dos teores de PB, deve-se atentar para a partição dessa proteína, uma vez que os processos proteolíticos podem alterar não apenas a quantidade de proteína, como também sua qualidade. Estudo de HASSANAT et al. (2007) mostrou que à medida em que os processos fermentativos avançaram, apesar de ter ocorrido aumento do teor de proteína, houve um aumento dos teores de nitrogênio não proteico (NNP), elevando, por consequência, a fração proteica solúvel. Os autores observaram estes resultados para as silagens de milheto comum e portadora da mutação “brown midrib” com e sem a adição de inoculantes (*Lactobacillus plantarum* e *Enterococcus faecium*). Este mesmo padrão foi observado por AMER et al. (2012). Os autores avaliaram silagens de variedades de milheto e de sorgo, regulares ou com altos teores de carboidratos solúveis e os teores de proteína, no momento da colheita, eram os seguintes: milheto comum [10,2% PB (%MS) e 60,2% NNP (%PB)]; milheto com alto teor de carboidratos solúveis [10,2% PB (%MS) e 61,2% (%PB)]; sorgo comum [10,8% PB (%MS) e 46,3% NNP (%PB)]; sorgo com alto teor de carboidratos solúveis [8,9% PB (%MS) e 52,8% NNP (%PB)]; após 45 dias da ensilagem os valores observados foram: milheto comum [10,9% PB (%MS) e 68,0% NNP (%PB)]; milheto com alto teor de carboidratos solúveis [11,5% PB (%MS) e 74,6% (%PB)]; sorgo comum [11,6% PB (%MS) e 56,7% NNP (%PB)]; sorgo com alto teor de carboidratos solúveis [10,8% PB (%MS) e 64,6% NNP (%PB)].

Portanto, o mais adequado é a avaliação das frações proteicas, e não apenas dos teores de proteína bruta. Os valores de proteína bruta neste estudo

se mantiveram acima do valor limitante de 7% na dieta, que é requisito para uma fermentação adequada (CHURCH, 1988).

Os minerais são importantes componentes estruturais dos ossos e tecidos e constituintes dos fluidos corporais, desempenhando papel vital no equilíbrio ácido-base, manutenção da pressão osmótica, potencial elétrico das membranas celulares e transmissões nervosas (NRC, 2001).

Para a matéria mineral (MM), houve variação de 3,36% para a cultivar BRS 1501 no tempo 3 a 4,69% para a cultivar ADR 8010 no tempo 7 (Tabela 1).

Na comparação das cultivares dentro de cada tempo, diferenças estatísticas ($P<0,05$) foram verificadas no tempo 0 (material original) e no tempo 7 sendo o maior valor observado para a cultivar ADR 8010.

Para a cultivar ADR 500, o período de fermentação não demonstrou diferenças estatísticas ($P>0,05$) quanto aos teores de MM. Na cultivar ADR 8010, o teor de MM da silagem no último dia de fermentação (3,98%) foi estatisticamente inferior ao do material original (4,57%). Em BRS 1501 o teor de MM aumentou do tempo 0 até o tempo 30.

Os valores obtidos para matéria mineral neste experimento são bem inferiores aos relatados por PINHO et al. (2013), que encontraram teor de MM (%) variando de 16,73% (ADR 500) a 19,85% (CMS 3) nas silagens de milheto após 30 dias de fermentação.

Aumentos nos teores de cinzas (ou matéria mineral) são esperados quando forrageiras tropicais são ensiladas (WEINBERG & CHEN, 2013). AMER et al. (2012) avaliaram silagens de milheto comum (30,1% MS) ou com alto teor de carboidratos solúveis (32,4% MS) e verificaram os seguintes valores de MM antes da ensilagem: 6,4% e 6,3%, respectivamente; após a ensilagem (45 dias), os valores eram, respectivamente, 7,4% e 7,2%.

HASSANAT et al. (2006) avaliaram silagens milheto comum e “brown midrib” com duas idades, 56 ou 84 dias. Os teores de MM das plantas antes da ensilagem eram: milheto comum com 56 dias 7,5%; milheto comum 84 dias 6,1%; milheto “brown midrib” com 56 dias 7,7% e “brown midrib” com 84 dias 6,6%. Após 45 dias de ensilagem, os valores de MM foram os seguintes: milheto comum com 56 dias 8,5%; milheto comum 84 dias 6,6%; milheto “brown midrib” com 56 dias 8,8% e “brown midrib” com 84 dias 7,0%.

De acordo com VAN SOEST (1994), conteúdo mineral das forragens pode variar em função da disponibilidade no solo ou da capacidade de absorção da planta, e esses dois fatores são influenciados pela estação do ano em função do clima, resultando no atendimento dos requisitos animais em determinadas épocas do ano e em outras não.

Os teores e a composição mineral dos alimentos são importantes, pois segundo PEIXOTO et al. (2005), a suplementação mineral com produtos comerciais representa 20 a 30% dos custos de produção de gado de corte criado em pastagens.

Os valores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose (CEL), hemicelulose (HEM) e lignina (LIG) estão descritos na Tabela 2. Os valores de FDN variaram de 55,13% para a cultivar ADR 500 no tempo 0 (material original) até 58,69% para a cultivar ADR 8010 no tempo 30.

O valor médio da fração FDN encontrado neste experimento para todas as cultivares, aos 30 dias de fermentação foi de 58,42%, que é inferior ao relatado por PINHO et al. (2013), que encontraram para a cultivar ADR500 e BRS 1501 após 30 dias de fermentação 69,41% e 63,48%, respectivamente. Entretanto, GUIMARÃES JR et al. (2005a) encontraram um menor teor de FDN nas silagens de milheto, com média de 51,80% aos 56 dias de fermentação.

COSTA et al. (2012) verificaram, para diversas cultivares de milheto ensiladas aos 65 dias de crescimento vegetativo, teores de FDN variando entre 62,00% e 64,67%.

De acordo com VAN SOEST el al. (1991), valores acima de 60 % de FDN se correlacionam negativamente com o consumo de massa seca pelo animal. Pode-se observar que as silagens de milheto deste estudo apresentaram valores de FDN dentro da faixa preconizada a não limitar o consumo de matéria seca.

TABELA 2 – Teores médios de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose (CEL), hemicelulose (HEM) e lignina (LIG), determinados nos materiais originais e nas silagens dos cultivares de milheto, nos diferentes tempos de abertura dos silos

| Cultivar | Tempos de abertura (dias) | | | | | | CV (%) | | | | |
|--------------|---------------------------|-----|-------|------|-------|-----|--------|------|-------|-----|------|
| | 0 | 3 | 7 | 15 | 30 | | | | | | |
| FDN % | | | | | | | | | | | |
| BRS1501 | 55,24 | aD | 55,47 | aD | 56,38 | aC | 57,33 | aB | 58,56 | aA | 0,02 |
| ADR8010 | 55,32 | aD | 55,48 | aD | 56,75 | aC | 57,75 | aB | 58,69 | aA | 0,02 |
| ADR 500 | 55,13 | aC | 54,96 | aC | 56,30 | aB | 57,28 | aA | 58,00 | aA | 0,02 |
| Média | 55,23 | | 55,30 | | 56,48 | | 57,45 | | 58,42 | | |
| CV (%) | 0,01 | | 0,01 | | 0,00 | | 0,01 | | 0,01 | | |
| FDA % | | | | | | | | | | | |
| BRS1501 | 30,42 | aC | 30,71 | aC | 32,39 | aB | 33,07 | bB | 35,30 | aA | 0,07 |
| ADR8010 | 30,57 | aC | 30,39 | aC | 33,09 | aB | 35,24 | aA | 35,20 | aA | 0,07 |
| ADR500 | 30,09 | aC | 30,29 | aC | 32,61 | aB | 35,42 | aA | 35,56 | aA | 0,06 |
| Média | 30,36 | | 30,46 | | 32,70 | | 34,58 | | 35,35 | | |
| CV (%) | 0,01 | | 0,01 | | 0,02 | | 0,03 | | 0,01 | | |
| CEL % | | | | | | | | | | | |
| ADR500 | 22,76 | BCa | 22,04 | Cb | 23,21 | ABa | 22,78 | BCb | 24,10 | Aab | 0,05 |
| ADR8010 | 23,08 | BCa | 24,08 | ABa | 22,95 | BCa | 22,28 | Cb | 24,78 | Aa | 0,04 |
| BRS1501 | 23,31 | ABa | 22,50 | Bb | 23,07 | ABa | 24,00 | Aa | 23,28 | ABb | 0,04 |
| Média | 23,05 | | 22,87 | | 23,07 | | 23,02 | | 24,05 | | |
| CV (%) | 0,03 | | 0,05 | | 0,03 | | 0,04 | | 0,04 | | |
| HEM % | | | | | | | | | | | |
| ADR500 | 24,09 | ABa | 24,99 | Aa | 22,86 | BCb | 24,47 | Aab | 22,60 | Cab | 0,06 |
| ADR8010 | 24,96 | Aa | 23,39 | Bb | 23,56 | Bb | 25,09 | Aa | 21,79 | Cb | 0,06 |
| BRS1501 | 24,95 | Aa | 24,40 | ABab | 24,89 | Aa | 23,80 | ABb | 23,51 | Ba | 0,04 |
| Média | 24,66 | | 24,26 | | 23,77 | | 24,45 | | 22,63 | | |
| CV (%) | 0,03 | | 0,04 | | 0,05 | | 0,04 | | 0,05 | | |
| LIG % | | | | | | | | | | | |
| BRS1501 | 3,85 | abD | 4,02 | aCD | 4,97 | aBC | 5,28 | abAB | 5,65 | aA | 0,16 |
| ADR8010 | 4,56 | aC | 3,92 | bD | 5,22 | aB | 5,88 | aA | 5,55 | aAB | 0,16 |
| ADR500 | 4,33 | bC | 4,58 | bC | 4,94 | aB | 5,38 | bAB | 5,72 | aA | 0,12 |
| Média | 4,45 | | 4,25 | | 5,08 | | 5,63 | | 5,64 | | |
| CV (%) | 0,10 | | 0,11 | | 0,09 | | 0,06 | | 0,05 | | |

Letras minúsculas comparam cultivares dentro de um mesmo tempo. Teste de Tukey ($P<0,05$). Letras maiúsculas comparam diferentes tempos para uma mesma cultivar. Teste de Tukey ($P<0,05$).

Comparando-se as cultivares em uma mesma época de abertura, estas não diferiram estatisticamente ($P>0,05$) entre si quanto aos teores de FDN. Em todos os materiais, os teores de FDN no tempo 30, foram significativamente superiores aos encontrados no tempo 0 (material original). A estabilização dos teores de FDN foi encontrada apenas para a cultivar ADR 500 no 15º dia de fermentação. Este aumento significativo dos teores de FDN ao longo do processo fermentativo pode ter ocorrido em razão da ensilagem do material com baixo teor de matéria seca e a consequente perda por efluentes, que proporcionou aumento na porcentagem de fração FDN ao longo do processo fermentativo até o último dia de fermentação (tempo 30).

Avaliando silagens de milheto comum e “brown midrib” com duas idades, 56 ou 84 dias, HASSANAT et al. (2006) verificaram os seguintes teores de FDN antes da ensilagem: milheto comum com 56 dias 65,4%; milheto comum 84 dias 63,5%; milheto “brown midrib” com 56 dias 62,8% e “brown midrib com 84 dias 64,0%. Após 45 dias de ensilagem, os valores de FDN foram os seguintes: milheto comum com 56 dias 67,4%; milheto comum 84 dias 68,9%; milheto “brown midrib” com 56 dias 63,1% e “brown midrib com 84 dias 66,0%.

AMER et al. (2012) avaliaram silagens de milheto comum (30,1% MS) ou com alto teor de carboidratos solúveis (32,4% MS) e verificaram os seguintes valores de FDN antes da ensilagem: 68,2% e 62,7%, respectivamente; após a ensilagem (45 dias), os valores eram, respectivamente, 73,1% e 69,8%.

De acordo com NRC (2001), dietas para vacas leiteiras devem ter, no mínimo, 25% de FDN, sendo 19% proveniente de forragem. É estabelecido, ainda, que se a formulação da dieta for baseada em tabelas de alimentos e não na avaliação do real alimento, deve-se aumentar a quantidade de FDN da dieta. O teor de FDN proveniente da forragem também deverá ser elevado se o tamanho da partícula da forragem for muito pequeno, se a fonte de amido for de alta disponibilidade no rúmen ou se o volumoso e o concentrado forem fornecidos separadamente.

A Figura 1 mostra o que o comportamento das cultivares foi quadrático em relação aos teores de FDN e foi representado pela equação de regressão $y = 55,0471 + 0,2275 x - 0,003 x^2$ ($R^2 = 0,98$).

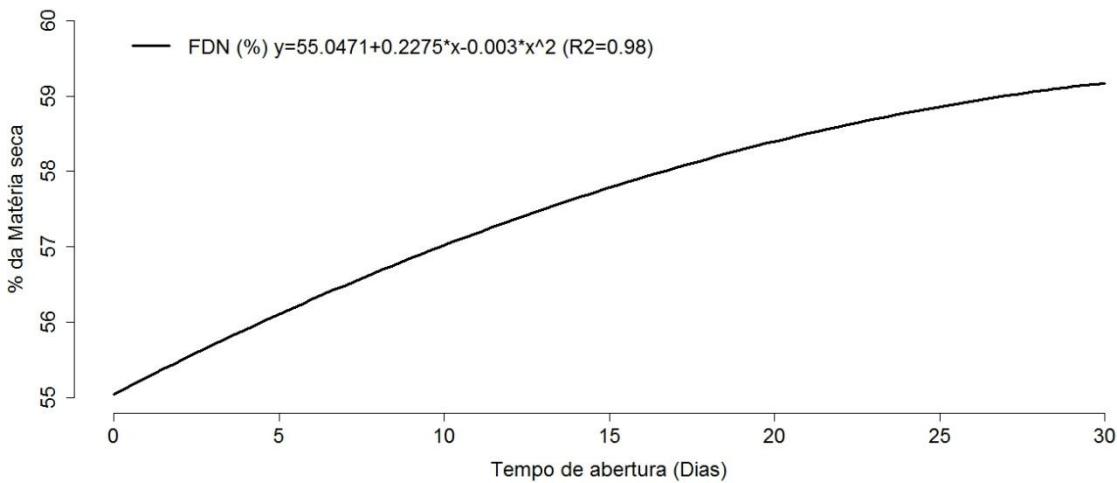


FIGURA 1 – Gráfico representativo da equação de regressão dos teores de FDN nas silagens de cultivares de milheto, em diferentes tempos de abertura dos silos

A Figura 1, mostra que a silagem estava se aproximando da fase de estabilidade. Esta fase, de acordo com SCHROEDER (2004), se inicia aproximadamente 21 dias após a ensilagem (o tempo depende de fatores como teor de MS, tamanho da partícula, teor de carboidratos solúveis) e dura enquanto o pH se mantiver baixo o suficiente para inibir o desenvolvimento de bactérias. Ainda, segundo SCHROEDER (2004), nesta fase a silagem se encontra num estado “preservativo”, em que nenhum processo destrutivo ocorrerá, desde que o oxigênio seja mantido fora do silo.

Os valores de fibra em detergente ácido (FDA) obtidos variaram de 30,09% para a cultivar ADR 500 no tempo 0 (material original) até 35,56% para esta mesma cultivar no tempo 30 (Tabela 2).

A fibra em detergente ácido (FDA) é composta por celulose e lignina como componentes primários e por quantidades variáveis de compostos nitrogenados e cinzas, fatores que prejudicam a digestibilidade dos alimentos (SILVA & QUEIROZ, 2002). Assim, o teor de FDA indica a percentagem de material altamente indigestível presente na forragem.

De acordo com o NRC (2001), certas quantidades de FDA são necessárias na dieta dos bovinos e essas necessidades aumentam se os teores de FDN proveniente de forragem na dieta diminuem.

O valor médio encontrado neste trabalho para as três cultivares após 30 dias de fermentação foi de 35,35%, que é inferior aos valores normalmente relatados na literatura. AMARAL et al. (2008) relatou para a cultivar BRS 1501 após 50 dias de fermentação valor médio de 38,03% e COSTA et al. (2011) média de 40,92% de FDA para silagem de milheto. Para a cultura do milho, OLIVEIRA et al. (2010) relatou valor médio de 39,2% de FDA após 60 dias de fermentação. O menor teor de FDA para silagem de milheto obtido neste trabalho em relação à outros estudos pode ser explicado pela idade da planta na ocorrência do corte, já que com a maturidade da planta, a produção de componentes potencialmente digestíveis, como os carboidratos solúveis e as proteínas, tende a diminuir, e os constituintes da parede celular, a aumentar, sendo esperados, consequentemente, declínios na digestibilidade e no consumo.

Em revisão sobre silagens de diversas gramíneas (136 silagens no total), SANTOS et al. (2010) verificaram valores de FDA variando entre 26,8 e 45,1%, com média de 35,3%.

Quando as cultivares foram comparadas em uma mesma época de abertura, estas não diferiram estatisticamente ($P>0,05$) entre si quanto aos teores de FDA, com exceção para a cultivar BRS 1501 no tempo 15, que diferiu das demais e obteve o menor valor desta fração. Assim como ocorreu com os teores de FDN nas silagens, os teores de FDA aumentaram à medida em que se avançou o processo fermentativo para as três cultivares. Para as cultivares ADR 8010 e ADR 500 ocorreu estabilização dos teores de FDA ocorreu no 15º dia.

O comportamento das três cultivares está representado na Figura 2, onde ambas apresentaram equações quadráticas assim representadas: ADR 500 $y = 29,5137 + 0,5366x - 0,011x^2$ ($R^2 = 0,96$); ADR 80 10 $y = 29,9496 + 0,4989x - 0,011x^2$ ($R^2 = 0,94$) e BRS 1501 $y = 30,3864 + 0,228x - 0,0022x^2$ ($R^2 = 0,97$).

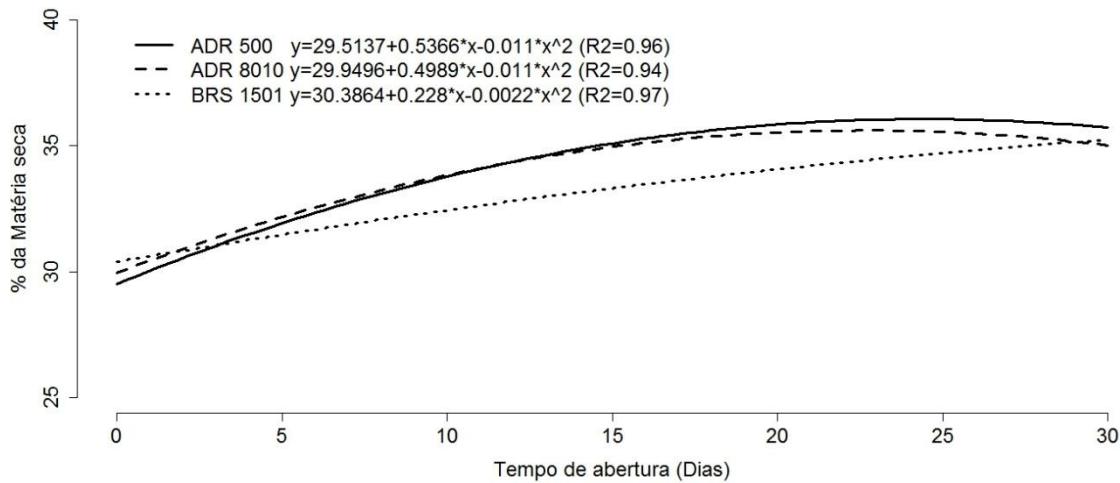


FIGURA 2 – Gráfico representativo das equações de regressão dos teores de FDA nas silagens de cultivares de milheto, em diferentes tempos de abertura dos silos

Aumentos nos teores de FDA durante a fase fermentativa podem ser atribuídos à proteólise, que também eleva os teores de FDN, Lignina, Nitrogênio insolúvel em detergente neutro e Nitrogênio insolúvel em detergente ácido, reduzindo os teores de nutrientes digestíveis totais (SANTOS et al., 2010).

A proteólise tende a ser mais intensa em forrageiras ensiladas com baixos teores de MS, o que foi o caso deste estudo.

HASSANAT et al. (2007) avaliando silagens de milheto comum (24,4% MS) ou portadores da mutação “brown midrib” (26,1% MS) verificaram teores de FDA na planta antes da ensilagem de, respectivamente, 35,1 e 30,8%; após 45 dias de ensilagem as cultivares apresentavam 36,8 e 32,9% de FDA, respectivamente.

AMER et al. (2012) avaliaram silagens de milheto comum (30,1% MS) ou com alto teor de carboidratos solúveis (32,4% MS) e verificaram os seguintes valores de FDA antes da ensilagem: 44,6% e 41,1%, respectivamente; após a ensilagem (45 dias), os valores eram, respectivamente, 48,3% e 45,1%.

O maior teor de celulose (24,78%) foi observado para a cultivar ADR 8010 aos 30 dias de fermentação, e o menor teor (22,04%) foi observado para a cultivar ADR 500 aos três dias de fermentação (Tabela 2). O valor médio (24,05%) de celulose obtido neste estudo para as três culturaves de milheto aos

30 dias de fermentação foi inferior ao obtido por GUIMARÃES JR et al. (2005a), que obtiveram um valor médio de 27,66% aos 56 dias de ensilagem e de COSTA et al. (2012), que verificaram, para diversas cultivares de milheto ensiladas com 65 dias de crescimento vegetativo, valores de Celulose que variaram entre 31,43 e 34,26%.

Quando comparadas em um mesmo período de abertura, as cultivares apresentaram diferenças estatísticas significativas ($P<0,05$) nos tempos 3, 15 e 30 dias. A cultivar ADR 8010 apresentou o maior valor de celulose nos tempos 3 e 30 dias e diferiu estatisticamente das demais. No tempo 15, a cultivar BRS 1501 apresentou o maior valor desta fração, diferindo estatisticamente das demais.

Analizando-se o comportamento das cultivares à medida que se avançou o processo fermentativo, observou-se que BRS 1501 não mostrou diferenças estatísticas ($P>0,05$) entre o valor de celulose do material original (23,31%) e do tempo 30 (23,28%). Já nas cultivares ADR 8010 e ADR 500, diferenças estatísticas significativas ($P<0,05$), foram observadas entre o material original e a silagem aos 30 dias de fermentação. Essa diminuição do teor de celulose nestas cultivares pode ser justificada pela hidrólise que a celulose pode sofrer frente às condições de acidez do interior do silo (MORRISON, 1979).

A hemicelulose é tida como reserva de carboidratos e fonte potencial de energia para os micro-organismos do rúmen, sendo considerada, também, fonte adicional de substrato para os processos fermentativos da silagem (COSTA et al., 2012). De acordo com HENSERSON (1993), de 40 a 50% da hemicelulose pode ser consumida pelos microorganismos no interior do silo.

Para os teores de hemicelulose, houve variação de 21,79% para a cultivar ADR 8010 aos 30 dias de fermentação, até 25,09% para a esta mesma cultivar aos 15 dias de fermentação (Tabela 2). GUIMARÃES JR et al. (2005a), obtiveram variação no teor de hemicelulose de 19,11% para o genótipo BRS-1501, no dia 56, até 28,00% para o BN-2, no material original.

Quando as cultivares foram comparadas dentro de cada tempo de abertura, diferenças estatísticas significativas ($P<0,05$) foram verificadas em todos os tempos, exceto no tempo 0.

Para todas as cultivares, foi verificada uma diminuição nos teores de hemicelulose entre os materiais originais e as silagens aos 30 dias de

fermentação. Este fato também foi observado por GUIMARÃES JR et al. (2005a), que tiveram os valores de hemicelulose aos 56 dias de fermentação inferiores aos do material original para o milheto. A diminuição desta fração é justificada pelo consumo da hemicelulose pelos microorganismos como fonte secundária de substrato (MUCK, 1988).

Além disso, de acordo com MORRISON (1979), após algum período de armazenamento, ocorre hidrólise ácida da hemicelulose.

Conforme se verifica na Tabela 2, os valores de lignina apresentaram diferenças significativas ($P<0,05$) entre as cultivares avaliadas e nos tempos de abertura dos silos. Houve variação de 3,85% para a cultivar ADR 500 no tempo 0 a 5,88% para a cultivar ADR8010 no tempo 15.

Na comparação das cultivares dentro de cada tempo, diferenças estatísticas foram verificadas no tempo 0 (material original), sendo os maiores valores numéricos observados para BRS 1501 e ADR 8010; tempo 3 sendo o maior valor numérico para a cultivar BRS 1501 e no tempo 15 sendo os maiores valores numéricos verificados para as cultivares BRS 1501 e ADR 8010.

COSTA et al. (2012) verificaram, para várias cultivares de milheto ensiladas com a mesma idade que as deste estudo, porém com 60 dias de fermentação, valores de lignina variando entre 7,73% e 8,36%, com média de 7,95%. AMER et al. (2012) avaliaram silagens de milheto comum (30,1% MS) ou com alto teor de carboidratos solúveis (32,4% MS) e verificaram os seguintes valores de lignina antes da ensilagem: 4,9% e 4,4%, respectivamente; após a ensilagem (45 dias), ambas cultivares apresentaram 3,8% de lignina.

Ao longo do período de fermentação os valores de lignina aumentaram como descreve a Figura 3, em que as três cultivares apresentaram equações quadráticas. GUIMARÃES JR et al. (2005a), não observaram variações nos teores de lignina para silagens de três genótipos de milheto do material original até 56 dias de fermentação.

O valor médio de lignina após 30 dias de ensilagem encontrado neste experimento foi superior ao relatado por GUIMARÃES JR et al. (2005a), que obtiveram valor médio de 3,89% nas silagens de milheto após 56 dias de fermentação. Entretanto, COSTA et al. (2011) obtiveram valor médio de lignina de

6,88% para silagens de cinco genótipos de milheto, que foi superior ao encontrado nesta pesquisa.

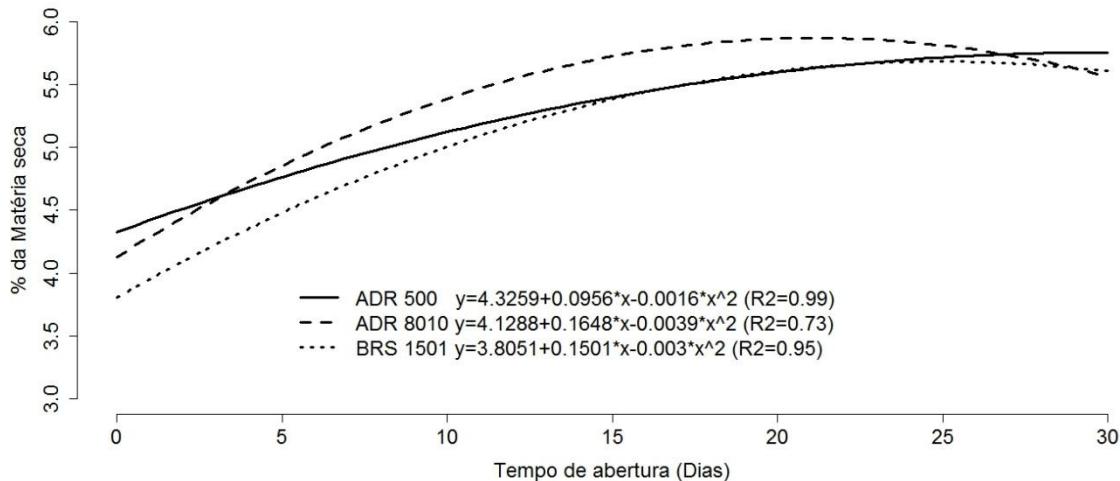


FIGURA 3 - Gráfico representativo das equações de regressão dos teores de Lignina nas silagens de cultivares de milheto, em diferentes tempos de abertura dos silos

4. CONCLUSÕES

O tempo de abertura 30 dias pode ser considerado ideal para abertura do silo, pois as silagens das três cultivares de milheto apresentou nesta data de abertura um adequado padrão de fermentação.

Nenhuma cultivar se destacou quanto às variáveis analisadas, mostrando que todos os genótipos podem ser indicados como opção para produção de silagem.

5. REFERÊNCIAS

- AMARAL, P. N. C.; EVANGELISTA, A. R.; SALVADOR, F. M.; PINTO, J. P. Qualidade e valor nutritivo das silagens de três cultivares de milheto. **Revista de Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.2, p.611-617, 2008.

2. AMER, S.; HASSANT, F.; BERTHIAUME, R.; SEGUN, P.; MUSTAFA, A. F. Effects of water soluble carbohydrate content on ensiling characteristics, chemical composition and *in vitro* gas production of forage millet and forage sorghum silages. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 177, n. 1-2, p. 23-29, 2012.
3. BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Irrigação, Departamento Nacional de Meteorologia. **Normas Climatológicas: 1961-1990**. Brasília, 1992. 84 p.
4. CARVALHO, G.G.P; PIRES, A.J.V. Leguminosas tropicais herbáceas em associação com pastagens. **Archivos de Zootecnia**, v.57, p.103-113. 2008.
5. CHURCH, D.C. **The ruminant animal digestive physiology and nutrition**. New Jersey: Prentice Hall, 1988. 564 p.
6. 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 milheto produzidas com e sem inoculante bacteriano. **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal**, Salvador, v.12, n.2, p.286-295, 2011.
7. COSTA, K. A. P.; GUERRA FILHO, I. A.; ASSIS, R. L.; GUIMARÃES, K. C.; CRUVINEL, W. S.; EPIFÂNIO, P. S. GOUVEIA, R. R. Silage quality of pearl millet cultivars produced in different cutting ages. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.33, n.3, p. 1189-1198, 2012.
8. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa Produção da Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.
9. GUIMARÃES JÚNIOR, R.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; BORGES, A. L. C. C.; RODRIGUEZ, N. M.; SALIBA, E. O. S.; BORGES, I.; PIRES, D. A. A.; JAYME, D. G.; CASTRO, G. H. F. Frações fibrosas dos materiais originais e das silagens de três genótipos de milheto [*Pennisetum glaucum* (L.) R. BR.], em diferentes períodos de fermentação. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.4, n.2, p.243-250, 2005a.
10. GUIMARÃES JR, 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**, v.4, n.2, p.251-258, 2005b.
11. GUIMARÃES JR, R.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S. **Utilização do milheto para produção de silagem**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2009. 30p. (Embrapa Cerrados. Documento, 259).

- 12.GUIMARÃES JR, R.; GONÇALVES L. C.; JAYME, D. G.; PIRES D. A. A.; RODRIGUES, J. A. S.; TOMICH, T. R. Degradabilidade in situ de silagens de milheto em ovinos. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 11, n. 2, p. 334-343, 2010.
- 13.HASSANAT, F.; MUSTAFA, A. F.; SEGUIN, P. Chemical composition and ensiling characteristics of normal and brown midrib pearl millet harvested at two stages of development in southwestern Québec. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 86, n. 1, p. 71-80, 2006.
- 14.HASSANAT, F.; MUSTAFA, A. F.; SEGUIN, P. Effects of inoculation on ensiling characteristics, chemical composition and aerobic stability of regular and brown midrib millet silages. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 139, n. 1-2, p. 125-140, 2007.
- 15.HENDERSON, N. Silage additives. **Animal Feed Science Technology**, v.45, n.1, p.35-56, 1993.KOEPHEN, W. **Climatologia Tradicional**. Traduzido para o Espanhol por Pedro Henchiehs Perez, 1948.
- 16.MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L.; SOUSA, D. M. G. D. **Cerrado: uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens**. 1.ed. Planaltina: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Cerrados, 2007. 224 p.
- 17.MORRISON, I. M. Changes in the cell wall components of laboratory silages and the effect of various additives on these changes. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 93, p. 581-586, 1979.
- 18.MUCK, R. E. Factors Influencing silage quality and their implications for management. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 71, p. 2992-3002, 1988.
- 19.NRC (National Research Council). **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**. Washington: National Academy Press, 2001. 406p.
- 20.OLIVEIRA, L. B.; PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P.; RIBEIRO, L. S. O.; ALMEIDA, V. V.; PEIXOTO, C. A. M. Perdas e valor nutritivo de silagens de milho, sorgo-sudão, sorgo forrageiro e girassol. **Revista Brasileira de Zootcnia**, Viçosa, v.39, n.1, p.61-67, 2010.
- 21.PEIXOTO, P. V.; MALAFAIA, P.; BARBOSA, J. D.; TOKARNIA, C. H. Princípios de suplementação mineral em ruminantes. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 3, p. 195-200, 2005.
- 22.PINHO, R. M. A.; SANTOS, E. M.; RODRIGUES, J. A. S.; MACEDO, C. H. O.; CAMPOS, F. S.; RAMOS, J. P. F.; BEZERRA, H. F. C.; PERAZZO, A. F. Avaliação de genótipos de milheto para silagem no semiárido. **Revista**

Brasileira de Saúde Produção Animal, Salvador, v.14, n.3, p.426-436, 2013.

23. SANTOS, M. V. F.; GÓMEZ-CASTRO, A. G.; PEREA, J. M.; GARCÍA, A.; GUIM. A.; PÉREZ-HERNÁNDES, M. Fatores que afetam o valor nutritivo das silagens de gramíneas tropicais. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 59, n. 225, p. 24-43, 2010.
24. SCHROEDER, J. W. Quality forage: Silage fermentation and preservation. **NDSU Extension Service**, Fargo, v. 1274, p. 1-9, 2004.
25. SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos (Métodos químicos e biológicos)**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 239p.
26. SPITARELI, R. F.; SOLLENBERGER, L. E.; STAPLES, C. R.; SCHANK, S. C. Harvest management effect on ensiling characteristics and silage nutritive value of seeded *Pennisetum* hexaploid hybrids. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.5, n.4, p. 353-362, 1995.
27. VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B. **Analysis of forages and fibrous foods**. Ithaca: Cornell University, 1985. 202p.
28. VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polyssacharides in relation to animal nutrition. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.74, n.10, p.3583- 3597. 1991.
29. VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press. 1994, 476p.
30. WEINBERG, Z. G.; CHEN, Y. Effects of storage period on the composition of whole crop wheat and corn silages. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 185, n. 3-4, p. 196-200, 2013.

CAPÍTULO 3 – CARACTERÍSTICAS FERMENTATIVAS DA SILAGEM DE TRÊS CULTIVARES DE MILHETO EM DIFERENTES TEMPOS DE ABERTURA DOS SILOS.

RESUMO

A planta forrageira para ser ensilada necessita ter alguns requisitos básicos para que o processo fermentativo transcorra de forma adequada. Dentre esse requisitos estão teor de matéria seca, carboidratos solúveis e poder tampão. Foi conduzido um experimento para avaliar as características fermentativas da silagem de três cultivares de milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown) (BRS 1501; ADR 500 e ADR 8010), submetidos a diferentes tempos de abertura dos silos (0, 3, 7, 15 e 30 dias) na UFG/Goiânia-GO. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com arranjo fatorial 3x5, com 3 repetições. O milheto foi cortado com 65 dias de crescimento vegetativo e o material coletado no campo foi picado para enchimento dos silos. Foram determinados os teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e carboidratos solúveis (CHOs) no material original e nas silagens. A determinação do pH, nitrogênio amoniacial (NNH₃), ácido lático, ácido acético, ácido propiônico e ácido butírico foram determinados nas silagens. O poder tampão foi obtido apenas para o material original. Os dados foram analisados com o auxilio do software R (Development Core Team, 2011). Foi realizada análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey considerando nível de significância de 5%. Para as cultivares BRS 1501 e ADR 500 o teor de MS aumentou com o processo fermentativo, houve diferença estatística ($P<0,05$) entre o teor de MS no tempo 0 e o tempo 30. O processo fermentativo não alterou estatisticamente ($P>0,05$) os teores de MS das silagens da cultivar ADR 8010. Este aumento no teor de MS do tempo 0 até o tempo 30 na cultivares BRS 1501 e ADR 500 pode ter ocorrido em decorrência do baixo teor de MS com o qual os materiais originais foram ensilados, culminando em produção de efluentes. Os valores de carboidratos solúveis variaram de 8,52% para a cultivar BRS 1501 no tempo 0 até 2,41% para a cultivar ADR 500 no tempo 30. Observou-se grande consumo de carboidratos solúveis para todos os materiais. Os teores de NNH₃ variaram de 1,91% para a cultivar ADR 8010 no tempo 3 até 6,07% para esta mesma cultivar no tempo 30. Foram observadas diferenças estatísticas ($P<0,05$) entre os tempos de abertura e as cultivares. Houve um aumento nos teores de nitrogênio amoniacial ao longo do processo de fermentação em ADR 8010. O tempo de fermentação alterou estatisticamente ($P<0,05$) os valores de pH nas três cultivares estudadas. Para os teores de ácido lático e butílico, não foram observadas diferenças estatísticas ($P>0,05$) com os tempos de abertura. Os valores de ácido acético e propiônico apresentaram diferenças significativas ($P<0,05$) com o decorrer do processo fermentativo. Todos os teores de ácidos orgânicos obtidos estão dentro dos valores aceitáveis e classificam as silagens como de boa qualidade.

Palavras-chave: ácidos orgânicos, carboidratos solúveis, poder tampão, processo fermentativo, teor de matéria seca

SILAGE FERMENTATIVE CHARACTERISTICS FROM THREE PEARL MILLET CULTIVARS AT DIFFERENT OPENING SILOS TIMES.

ABSTRACT

The forage plant for silage, need to have some basic requirements in sense that the fermentation process elapse appropriately. Among such requirements are: dry matter content, soluble carbohydrates and buffering capacity. An experiment was conducted in UFG/Goiânia-GO to evaluate the fermentation characteristics from three pearl millet cultivars silage (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown) (BRS 1501; ADR 500 and ADR 8010), subjected to different opening silos times (0, 3, 7, 15 and 30 days). The experimental design was completely randomized with a 3x5 factorial arrangement with 3 replications. The pearl millet was harvested within 65 vegetative growth days and field collected material was chopped for filling silos. The contents of dry matter (DM), crude protein (CP) and water soluble carbohydrates (WSC) in the original material and silages were determined. The pH, ammonia nitrogen (NH₃-N), lactic acid, acetic acid, propionic acid and butyric acid were determined in the silages. The buffering capacity was obtained for original material only. Data were analyzed with the aid of R software (R Development Core Team, 2011). Analysis of variance was performed and means were compared by Tukey test considering 5% significance level. For cultivars BRS 1501 and ADR 500, DM content increased with the fermentation process, there was statistical difference ($P<0.05$) on DM content among times 0 and 30 days. The fermentation process did not changed ($P>0.05$) the dry matter content of cultivar ADR 8010 silage. The increase in DM concentration observed in BRS 1501 and ADR 500 from time 0 to time 30 may have occurred due to low DM content which the original materials presented when ensiled, leading to effluents production. The amounts of soluble carbohydrates ranged from 8.52% for cultivar BRS 1501 at time 0; to 2.41% for cultivar 500 ADR at time 30. Large soluble carbohydrates consumption by all materials was observed. The NH₃-N contents ranged from 1.91% for the cultivar ADR 8010 at time 3 to 6.07% for the same cultivar at time 30. Statistical differences ($P<0.05$) was seen among opening times and cultivars. There was an increase in the concentration of ammonia nitrogen throughout the fermentation process in ADR 8010. The fermentation time changed ($P<0.05$) the three cultivars pH. Levels of lactic and butyric acids presented no statistical differences ($P>0.05$) function to opening silos times. The amounts of acetic and propionic acids showed significant differences ($P<0.05$) during the fermentation process. All organic acids levels obtained are within acceptable values, classifying the silages as good quality ones.

Keywords: dry matter content, buffering capacity, fermentation, organic acids, soluble carbohydrates

1. INTRODUÇÃO

A qualidade da silagem é influenciada tanto pelas características da planta forrageira quanto pelas práticas de manejo, colheita e armazenamento. O teor de MS, concentração de carboidratos solúveis (açúcares), poder-tampão e a população de bactérias láticas são fatores relacionados à própria planta forrageira. O tempo de exposição ao ar antes da ensilagem, tempo de exposição ao ar após a desensilagem, prática de emurchecimento, tamanho de partícula, densidade de compactação, uso de inoculantes enzimo-bacterianos, entre outros, são fatores inerentes às práticas de manejo (SANTOS et al., 2010).

O milheto é uma planta forrageira que é capaz de produzir quantidades satisfatórias de forragem, em diferentes locais, sob condições diversas de clima e solo. Por esse motivo, a cultura tem grande potencial para produção de silagem, principalmente em regiões ou períodos do ano onde o milho e o sorgo podem não se desenvolver adequadamente. Entretanto, o maior limitante da silagem de milheto é o baixo teor de MS do material a ser ensilado (GUIMARÃES JR et al., 2009).

O momento adequado da colheita do milheto para ensilagem se dá quando seus grãos encontram-se em estádio pastoso-farináceo, no entanto, neste momento, a planta apresenta teor de MS baixo, entre 20 e 23%. Porém, ainda assim é possível produzir silagens de milheto com boas características fermentativas (GUIMARÃES JR et al., 2009).

A quantidade de carboidratos solúveis requerida para uma fermentação eficiente depende da quantidade de ácido que será necessária para a redução do pH a níveis apropriados à conservação. Essa demanda de ácido varia com a habilidade da massa ensilada em opor-se ao abaixamento do pH (poder tampão). Portanto, o teor de carboidratos solúveis da planta deve ser associado ao seu poder tampão (TOMICH et al., 2003). De acordo com NEGRÃO & SILVA (2011), quanto ao teor de carboidratos solúveis e poder tampão, observa-se grande variação em função de espécies e época de colheita da forrageira. Portanto, os teores de carboidratos solúveis devem estar na faixa de 8 – 12% da matéria seca e somado a isso a planta deve possuir um baixo poder tampão, que não deve

oferecer resistência à redução do pH para valores entre 3,8 – 4,2 (MCDONALD et al., 1991).

O teor de nitrogênio amoniacal na silagem também é fator constantemente medido para avaliação da qualidade. Na silagem, teores de nitrogênio amoniacal inferiores a 10% do nitrogênio total indicam que o processo fermentativo não resultou em quebra excessiva da proteína em amônia (VAN SOEST, 1994). ARAÚJO et al. (2000), citado por AMARAL et al. (2008), trabalhando com três cultivares de milheto, observaram que as porcentagens de nitrogênio amoniacal variaram de 3,32 a 9,01%, classificando as silagens como bem preservadas.

Diante disso, objetivou-se avaliar o padrão de fermentação da silagem de milheto nos diferentes tempos de abertura dos silos quanto às características fermentativas da silagem.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização

O experimento foi conduzido no Departamento de Produção Animal da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás (UFG) no município de Goiânia-GO, localizada na latitude S 16° 35' 00" e longitude W 49° 16' 00" e altitude de 727 m.

2.2 Dados Climáticos

O clima regional segundo a classificação de KÖPPEN (1948) é do tipo Aw (quente e semi-úmido), com estações bem definidas, a seca, dos meses de maio a outubro e as águas, entre novembro e abril com temperatura média anual de 23,2°C. A precipitação média é de 1.759,9 mm e a estação chuvosa caracterizada por baixa insolação (BRASIL, 1992).

2.3 Caracterização da área experimental

As áreas de produção apresentavam topografia plana, cuja classificação é um Latossolo Vermelho distrófico, típico de textura argilosa e com fertilidade média (EMBRAPA, 1999). Para fins de sua caracterização química foram coletadas amostras na profundidade de 0,20 m. No Quadro 1, são apresentados os dados dos atributos químicos do solo da área experimental antes da instalação do experimento.

QUADRO 1 – Atributos físicos e químicos do solo da área experimental

| Argila % | Silte % | Areia % | M.O. % | pH (CaCl ₂) | P(Mehl) mg/dm ³ | K mg/dm ³ |
|----------------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| 35 | 19 | 46 | 1,8 | 5,9 | 3,8 | 69 |
| Ca cmol/dm ³ | Mg cmol/dm ³ | H+Al cmol/dm ³ | Al cmol/dm ³ | CTC cmol/dm ³ | M % | V % |
| 3,4 | 1,1 | 2,8 | 0 | 7,5 | 0 | 62,5 |
| Ca/Mg | Mg/K | Ca/K | Ca/CTC | Mg/CTC | K/CTC | |
| - | - | - | % | % | % | |
| 3,1 | 6,2 | 19,3 | 45,5 | 14,7 | 2,4 | |

Fonte: Laboratório de Análise de solo e foliar – UFG

2.4 Tratamentos e Delineamento experimental

Os tratamentos foram constituídos por três cultivares de milheto (ADR500, ADR8010 e BRS1501), cinco tempos de abertura dos silos (0, 3, 7, 15 e 30 dias após a ensilagem) e três repetições em esquema fatorial 3 x 5. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, totalizando 45 silos.

2.5 Período experimental

A semeadura do milheto foi realizada no dia 17 de novembro de 2012. A colheita, bem como a ensilagem do material foi realizada no dia 23 de janeiro de 2013. A abertura dos mini silos, preparo das amostras, análises laboratoriais e

análises estatísticas foram conduzidas no período compreendido entre janeiro de 2013 a janeiro de 2014.

2.6 Implantação do experimento

A semeadura foi realizada manualmente utilizando-se 20 sementes puras e viáveis (SPV) por metro linear das cultivares ADR 500, ADR 8010 e BRS 1501, em três parcelas de cinco linhas com 50 m lineares cada, com espaçamento de 0,30 m entre linhas, perfazendo assim, 60 m² de área total. A adubação fosfatada no plantio foi 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ usando a fórmula comercial super fosfato simples, a adubação potássica de 60 kg ha⁻¹ de K₂O, na fórmula comercial de cloreto de potássio (KCl) e micronutrientes 30 kg ha⁻¹ da fórmula FTE BR – 16. A adubação nitrogenada de cobertura realizada 20 dias após a emergência das plantas no dia 07/12/2012 foi de 80 kg ha⁻¹ N na forma de ureia segundo recomendação de MARTHA JÚNIOR et al. (2007). Durante o período de cultivo foram realizados tratos culturais como capina para retirada de plantas invasoras da área experimental.

2.7 Corte do milheto para ensilagem e preparo das amostras

O milheto foi cortado com 65 dias de crescimento vegetativo e o material coletado no campo foi picado para enchimento dos silos. O tamanho da partícula da forragem foi de um a dois cm, utilizando-se um triturador elétrico para picar a forragem. Os silos experimentais foram constituídos por baldes com tampas móveis. Foi construído no interior do silo um aparato que consistiu numa camada de areia grossa de 2 a 3 cm no fundo do silo, seguido da colocação por cima de uma tela fina de TNT para evasão dos efluentes. Na tampa foi instalada uma válvula semelhante ao bico de Bunsen para escape dos gases formados no processo fermentativo, porém, que impedia a entrada de ar no interior do silo. A forragem picada foi colocada nos silos e compactada manualmente e também

com o auxilio de uma prensa hidráulica manual. Na seqüência, os silos foram tampados e armazenados em local seco e fresco.

A abertura dos silos para análise ocorreu nos tempos 0, 3, 7, 15 e 30 dias após o fechamento. A silagem produzida foi amostrada para determinação do teor de matéria pré-seca e realização das análises de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e carboidratos solúveis (CHO's). O restante foi congelado para posterior extração do suco da silagem para determinação de nitrogênio amoniacal e ácidos orgânicos, e parte congelado para determinação do poder tampão e pH. As amostras destinadas a determinação do teor de matéria seca foram pesadas, colocadas em estufa de circulação de ar a 65° C, durante 72 horas e, posteriormente, pesadas novamente.

As amostras secas a 65° C foram moídas em moinho do tipo "Willey", em peneira com malha de um milímetro, colocadas em recipientes de polietileno com tampa, identificadas e armazenadas para posteriores análises.

2.8 Variáveis analisadas

Procedeu-se a determinação dos valores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), pH, nitrogênio amoniacal (NNH_3), poder tampão, carboidratos solúveis (CHO's), ácido lático, ácido acético, ácido propiônico e ácido butírico das silagens.

As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Produção Animal da UFG, onde foram determinados os teores de matéria seca (MS) e proteína bruta (PB), conforme os métodos recomendados por SILVA & QUEIROZ (2002). O teor de carboidratos solúveis foi determinado conforme a metodologia de JOHNSON et al. (1966).

O poder tampão da forragem fresca foi feito conforme a metodologia de PLAYNE & MCDONALD (1966) e as determinações dos valores de pH das silagens e do nitrogênio amoniacal foram feitas de acordo com a metodologia descrita por SILVA & QUEIROZ (2002).

A identificação e quantificação dos ácidos: Lático, Acético, Propiônico e Butírico foram feitos por HPLC (Cromatografia Líquida de Alto desempenho). A

análise foi realizada em um Cromatógrafo Líquido de Alto Desempenho (HPLC), marca SHIMADZU, modelo SPD-10A VP acoplado ao Detector Ultra Violêta (UV) utilizando-se um comprimento de ondas: 210 nm.

2.9 Análises Estatísticas

Os dados foram analisados com o auxilio do software R (Development Core Team, 2011). Foi realizada análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey considerando nível de significância de 5%.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os valores de matéria seca das três cultivares de milheto nos tempos de abertura preconizados.

TABELA 1 – Valores médios de matéria seca (MS), determinados nos materiais originais e nas silagens dos cultivares de milheto, em diferentes tempos de abertura dos silos

| Parâmetro | Cultivar | Variáveis | | | | | CV (%) |
|-----------|----------|-----------|----|-------|-----|-------|--------|
| | | 0 | 3 | 7 | 15 | 30 | |
| MS | BRS1501 | 17,83 | aB | 18,76 | aAB | 19,14 | aAB |
| | ADR8010 | 17,91 | aA | 18,80 | aA | 18,99 | aA |
| | ADR500 | 17,72 | aB | 19,06 | aAB | 19,49 | aA |
| | Média | 17,82 | | 18,87 | | 19,21 | |
| CV (%) | | 0,80% | | 1,17% | | 1,86% | |
| | | | | | | 4,83% | 8,07% |

Letras minúsculas comparam cultivares dentro de um mesmo tempo. Teste de Tukey ($P<0,05$). Letras maiúsculas comparam diferentes tempos para uma mesma cultivar. Teste de Tukey ($P<0,05$).

A avaliação do teor de matéria seca (MS) da silagem é de fundamental importância, uma vez que silagens com teores de MS acima de 35% têm sua compactação dificultada, o que reduz a eliminação do ar e cria condições para

produção de calor e desenvolvimento de fungos (COSTA et al., 2012). Por outro lado, baixos teores de MS da silagem, além de levarem a um menor rendimento de nutrientes por área, promovem maior produção de ácido butírico, devido à fermentação por bactérias do gênero *Clostridium*, o que leva à redução do consumo pelos animais (SPITARELI et al., 1995).

Os teores de matéria seca variaram de 17,72% no tempo 0 para ADR 500 até 19,62% para a cultivar ADR 500, após 30 dias de ensilagem. Não foram observadas alterações significativas ($P>0,05$) para os teores de matéria seca entre as três cultivares dentro de cada tempo de abertura. Apenas a cultivar ADR 8010 após 30 dias de ensilagem apresentou teor de matéria seca menor (18,09%) em relação a cultivar ADR 500 (19,62%), porém nenhuma delas diferiu estatisticamente da cultivar BRS 1501 (19,33%).

COSTA et al. (2012) avaliaram as cultivares ADR 500, ADR 7010, LAB 0730, LAB 0731 e LAB 0732 no município de Rio Verde-Go e verificaram teores de MS de 25,06% a 27,51%, sendo que a cultivar ADR 500 apresentou 26,53% de MS aos 65 dias de crescimento. A diferença entre os valores encontrados neste estudo e no de COSTA et al. (2012) pode ser explicada pela época em que os experimentos foram conduzidos. COSTA et al. (2012) realizaram a semeadura do milheto em 09 de março, com a colheita sendo realizada já no período seco do ano, em 19 de maio. Neste estudo o período de crescimento das culturas se deu entre 17 de novembro a 23 de janeiro, o que contribuiu para o maior teor de umidade das plantas. Assim, para se obter maiores teores de MS no momento da ensilagem, seria interessante que se adiasse a semeadura do milheto, uma vez que simplesmente adiar a colheita eleva o teor de MS, mas diminui a qualidade do alimento, pois a planta pode alcançar o estágio reprodutivo.

Para as cultivares BRS 1501 e ADR 500 o teor de MS aumentou com o processo fermentativo, houve diferença estatística ($P<0,05$) entre o teor de MS no tempo 0 (material original) e o tempo 30 (último dia de fermentação) . O processo fermentativo não alterou estatisticamente ($P>0,05$) os teores de MS das silagens da cultivar ADR 8010.

Este aumento no teor de MS do tempo 0 até o tempo 30 na cultivares BRS 1501 e ADR 500 pode ter ocorrido em decorrência do baixo teor de MS com o qual os materiais originais foram ensilados. De acordo com GUIMARÃES JR et

al. (2009), o momento adequado da colheita do milheto para ensilagem se dá quando seus grãos encontram-se em estádio pastoso-farináceo, no entanto, neste momento, a planta apresenta teor de MS baixo, entre 20 e 23%. Porém, ainda assim é possível produzir silagens de milheto com boas características fermentativas. Neste experimento os teores de MS foram ainda mais baixos o que pode ter favorecido grandes perdas por efluentes, variável que não foi analisada neste experimento.

Os valores de matéria seca encontrados para os genótipos BRS 1501, ADR 8010 e ADR 500 após 30 dias de fermentação são inferiores aos obtidos para silagens de milheto em outros estudos (GUIMARÃES JR et al. 2005; COSTA et al. 2011; PINHO et al. 2013). O fato do teor de MS ter sido baixo pode ser justificado pelas características particulares de cada cultura e pela época de corte do milheto para a ensilagem, aos 65 dias, quando os grãos estavam em estádio leitoso. Nesse período, a planta do milheto apresentava um baixo conteúdo de matéria seca, o que influiu diretamente sobre os teores de matéria seca das silagens produzidas.

Os valores de carboidratos solúveis (Tabela 2) variaram de 2,41% para a cultivar BRS 1501 no tempo 0 (material original) até 8,52% para a cultivar ADR 500 no tempo 30.

TABELA 2 – Valores médios de carboidratos solúveis (CHOS), determinados nos materiais originais e nas silagens dos cultivares de milheto, em diferentes tempos de abertura dos silos

| Parâmetro | Cultivar | Variáveis | | | | | CV (%) | | | | | |
|-----------|----------|-----------|-----|-------|-----|-------|--------|-------|-----|-------|----|-------|
| | | 0 | 3 | 7 | 15 | 30 | | | | | | |
| CHO'S | BRS1501 | 8,52 | aA | 7,38 | aA | 4,44 | aB | 3,12 | bB | 2,86 | aB | 45,2% |
| | ADR500 | 7,85 | abA | 7,14 | aA | 5,32 | aB | 4,31 | abB | 2,41 | aC | 31,1% |
| | ADR8010 | 6,79 | bA | 5,82 | aAB | 4,11 | aCD | 4,93 | aBC | 2,99 | aD | 39,4% |
| | Média | 7,72 | | 6,78 | | 4,62 | | 4,12 | | 2,75 | | |
| CV (%) | | 57,5% | | 25,1% | | 45,8% | | 30,9% | | 22,0% | | |

Letras minúsculas compararam cultivares dentro de um mesmo tempo. Teste de Tukey ($P<0,05$). Letras maiúsculas compararam diferentes tempos para uma mesma cultivar. Teste de Tukey ($P<0,05$).

Quando as cultivares foram comparadas dentro de cada tempo de abertura, foi observada diferença estatística ($P<0,05$) apenas no tempo 0 (material original) com relação à concentração de carboidratos solúveis. A cultivar BRS 1501 apresentou o maior teor (8,52%), seguida por ADR 500 (7,85%) e ADR 8010 (6,79%).

O valor médio (7,72%) encontrado no material original para as três cultivares de milheto neste trabalho é próximo a média encontrada por PINHO et al. (2013) para o material original de cinco cultivares de milheto (7,85%). GUIMARÃES JR et al. (2005a) encontraram no material original de três cultivares de milheto uma média de 5,56% de carboidratos solúveis, que foi inferior ao encontrado neste experimento.

Em relação a outras culturas, o valor médio de 7,72% de carboidratos solúveis do material original do milheto é superior ao relatado por RIBEIRO et al. (2007) para o sorgo (3,44%) e inferior ao relatado por CAETANO et al. (2011) para o milho (12,74%).

Os carboidratos solúveis são os principais substratos para fermentação lática no interior do silo. De acordo com MCDONALD et al. (1991), para uma boa fermentação é necessário que o teor de carboidratos solúveis da planta forrageira esteja na faixa de 8% a 12% na matéria seca, ou maior que 2% na matéria natural.

Avaliando-se o comportamento das cultivares à medida em que se transcorreu o processo fermentativo, observou-se grande consumo de carboidratos solúveis para todos os materiais. Para a cultivar BRS 1501, a maior redução no teor de carboidratos solúveis ocorreu do 3º dia de fermentação até o 7º dia de fermentação, e após este período não foram observadas diferenças estatísticas no teor de carboidratos solúveis. O mesmo comportamento ocorrido nessa cultivar foi observado por RIBEIRO et al. (2007), que ao trabalharem com híbridos de sorgo para ensilagem constataram estabilização da queda dos teores de carboidratos solúveis a partir do sétimo dia. Para a cultivar ADR 500, ocorreu uma redução do 3º até o 7º dia de fermentação, manteve-se estável até o 15º dia e reduziu para 2,41% no último dia de fermentação. Em ADR 8010, a maior redução no teor de carboidratos solúveis ocorreu após o 15º dia de fermentação.

Além das variações existentes entre espécies, os fatores que mais influenciam a quantidade de carboidratos solúveis presentes na planta estão a cultivar, estádio de crescimento, variações diurnas, clima e níveis de adubação (MCDONALD et al., 1991). O grau de desaparecimento dos açúcares solúveis depende do tipo de microorganismo, da condição de anaerobiose, do tempo de ensilagem, do teor de matéria seca e da capacidade tamponante da planta (RIBEIRO et al., 2007).

Na Tabela 3 são apresentados os valores de proteína bruta das três cultivares de milheto nos tempos de abertura avaliados.

TABELA 3 – Valores médios de proteína bruta (PB), determinados nos materiais originais e nas silagens dos cultivares de milheto, em diferentes tempos de abertura dos silos

| Parâmetro | Cultivar | Variáveis | | | | | CV (%) |
|-----------|----------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|--------|
| | | 0 | 3 | 7 | 15 | 30 | |
| PB | BRS1501 | 9,15 aA | 9,45 aA | 9,45 aA | 9,46 aA | 9,39 aA | 5,27% |
| | ADR8010 | 9,83 aA | 9,67 aA | 9,83 aA | 9,93 aA | 9,99 aA | 3,76% |
| | ADR500 | 9,81 aA | 9,78 aA | 10,00 aA | 10,12 aA | 10,33 aA | 5,32% |
| | Média | 9,59 | 9,63 | 9,76 | 9,84 | 9,90 | |
| CV (%) | | 6,27% | 4,96% | 4,10% | 5,22% | 6,21% | |

Letras minúsculas comparam cultivares dentro de um mesmo tempo. Teste de Tukey ($P<0,05$). Letras maiúsculas comparam diferentes tempos para uma mesma cultivar. Teste de Tukey ($P<0,05$).

O teor de proteína bruta variou de 9,15% para a cultivar BRS 1501 no tempo 0, para 10,33% para a cultivar ADR 500, após 30 dias de ensilagem (Tabela1). Os valores de proteína bruta encontrados neste trabalho são superiores aos normalmente encontrados na planta fresca e nas silagens de outras culturas utilizadas para a produção de silagem, comprovando que o valor nutricional da silagem de milheto é superior, quando relacionado ao seu conteúdo protéico. OLIVEIRA et al. (2010), encontraram valores médios de proteínas bruta para silagens de milho, sorgo e girassol de 6,1%, 6,3% e 8,5%, respectivamente.

PINHO et al. (2013) testaram os cultivares de milheto Sauna B, CMS 01, ADR 500, BRS 1501 e CMS 03 destinados à ensilagem na região do semi-

árido e encontraram valores de proteína bruta nas silagens variando de 7,90% a 11,66% após 30 dias de fermentação. GUIMARÃES JR et al. (2005b) encontraram valores de proteína bruta nas silagens de três cultivares de milheto em diferentes períodos de fermentação que variaram de 9,59% (CMS 1) até 11,68% (BRS 1501).

Quando as cultivares foram comparadas dentro de cada tempo de abertura, não houve diferença significativa ($P>0,05$) nos teores de proteína bruta até 15 dias de fermentação. No último dia de fermentação (tempo 30), o genótipo ADR 500 se destacou, pois apresentou o maior teor de proteína bruta (10,33%), que diferiu estatisticamente da cultivar BRS 1501 (9,39%), e foi estatisticamente semelhante à cultivar ADR 8010 (9,99%).

Na comparação de cada cultivar separadamente nos tempos de abertura, não se observou nenhuma diferença estatística ($P>0,05$) nos níveis de proteína bruta dos materiais originais com as silagens, nem entre as silagens, demonstrando a importância do teor de proteína da planta no momento da ensilagem.

A proteólise é uma consequência natural do processo de ensilagem e se deve à ação de proteases vegetais, convertendo a proteína em peptídeos, aminoácidos e outros compostos nitrogenados. Sua atividade é máxima na faixa de pH 5 – 6, sendo que quanto mais rápido for o declínio do pH, menor será a atividade das proteases (HASSANAT et al., 2006).

COSTA et al. (2012) ensilaram variedades de milheto com 57,65 ou 73 dias de crescimento e todas as variedades apresentaram diferenças no teor de PB após a ensilagem com os seguintes valores médios: 12,53% (57 dias), 11,45% (65 dias) e 9,00% (73 dias de crescimento).

Além dos teores de PB, deve-se atentar para a partição dessa proteína, uma vez que os processos proteolíticos podem alterar não apenas a quantidade de proteína, como também sua qualidade. Estudo de HASSANAT et al. (2007) mostrou que à medida em que os processos fermentativos avançaram, apesar de ter ocorrido aumento do teor de proteína, houve um aumento dos teores de nitrogênio não proteico (NNP), elevando, por consequência, a fração proteica solúvel. Os autores observaram estes resultados para as silagens de milheto comum e portadora da mutação “brown midrib” com e sem a adição de

inoculantes (*Lactobacillus plantarum* e *Enterococcus faecium*). Este mesmo padrão foi observado por AMER et al. (2012). Os autores avaliaram silagens de variedades de milheto e de sorgo, regulares ou com altos teores de carboidratos solúveis e os teores de proteína, no momento da colheita, eram os seguintes: milheto comum [10,2% PB (%MS) e 60,2% NNP (%PB)]; milheto com alto teor de carboidratos solúveis [10,2% PB (%MS) e 61,2% (%PB)]; sorgo comum [10,8% PB (%MS) e 46,3% NNP (%PB)]; sorgo com alto teor de carboidratos solúveis [8,9% PB (%MS) e 52,8% NNP (%PB)]; após 45 dias da ensilagem os valores observados foram: milheto comum [10,9% PB (%MS) e 68,0% NNP (%PB)]; milheto com alto teor de carboidratos solúveis [11,5% PB (%MS) e 74,6% (%PB)]; sorgo comum [11,6% PB (%MS) e 56,7% NNP (%PB)]; sorgo com alto teor de carboidratos solúveis [10,8% PB (%MS) e 64,6% NNP (%PB)].

Portanto, o mais adequado é a avaliação das frações proteicas, e não apenas dos teores de proteína bruta. Considerando-se ainda, os valores mínimos de 7% de proteína bruta na dieta como requisitos para uma fermentação adequada, os elevados níveis de proteína bruta verificados para o milheto são de grande importância na nutrição de ruminantes (CHURCH, 1988).

Os valores de nitrogênio amoniacial das silagens estão apresentados na Tabela 4.

TABELA 4 – Valores médios de nitrogênio amoniacial (NNH₃), determinados nas silagens dos cultivares de milheto, em diferentes tempos de abertura dos silos

| Parâmetro | Cultivar | Variáveis | | | | | CV (%) |
|------------------|----------|-----------|----|-------|----|-------|--------|
| | | 3 | 7 | 15 | 30 | | |
| NNH ₃ | BRS1501 | 2,05 | aB | 2,11 | bB | 3,36 | aA |
| | ADR500 | 2,11 | aB | 2,71 | bB | 2,34 | bB |
| | ADR8010 | 1,91 | aD | 4,65 | aB | 2,94 | abC |
| | Média | 2,02 | | 3,15 | | 2,88 | 6,07 |
| | CV (%) | 6,7% | | 37,7% | | 19,2% | 27,6% |

Letras minúsculas compararam cultivares dentro de um mesmo tempo. Teste de Tukey ($P<0,05$). Letras maiúsculas compararam diferentes tempos para uma mesma cultivar. Teste de Tukey ($P<0,05$).

Os teores variaram de 1,91% para a cultivar ADR 8010 no tempo 3 até 6,07% para esta mesma cultivar no tempo 30. Foram observadas diferenças

estatísticas ($P<0,05$) quando as cultivares foram comparadas em um mesmo tempo de abertura. No tempo 7, a cultivar ADR 8010 apresentou o maior teor de nitrogênio amoniacial (4,65%), no tempo 15 a cultivar BRS 1501 obteve o maior teor (3,36%), diferiu da cultivar ADR 500 e foi estatisticamente semelhante a ADR 8010. No último dia de fermentação a cultivar ADR 8010 apresentou o maior teor (6,07%), seguida por ADR 500 (4,25%) e BRS 1501 (3,33%).

Foram observadas diferenças estatísticas ($P<0,05$) entre os tempos de abertura para os teores de NNH_3 . Houve um aumento nos teores de nitrogênio amoniacial ao longo do processo de fermentação em ADR 8010. Desta forma, o maior valor de nitrogênio amoniacial para esta cultivar foi observado no tempo 30 (último dia de fermentação). Em BRS 1501 o teor de nitrogênio amoniacial aumentou a partir do 15º dia e manteve-se estável até o último dia de fermentação. Para ADR 500 o processo fermentativo alterou estatisticamente ($P>0,05$) os teores de nitrogênio amoniacial, em que foi observado aumento do tempo 0 até o tempo 30.

Os valores de nitrogênio amoniacial em percentagem do nitrogênio total obtidos para as silagens de milheto neste trabalho no último dia de fermentação podem ser considerados baixos, demonstrando uma baixa redução nos níveis de proteína verdadeira ao longo da fermentação. De acordo com EVANGELISTA et al. (2004) a presença de amônia na silagem é fator constantemente medido para avaliação de qualidade, indicando valores de 8% do nitrogênio total como níveis criteriosos para silagens com um bom padrão de fermentação.

De acordo com a classificação proposta por BENACHIO (1965) e pelo AFRC (1987), as silagens de milheto avaliadas seriam consideradas como muito boa e de boa qualidade, respectivamente.

Os valores de pH das silagens das três cultivares de milheto estão expressos na Tabela 5.

TABELA 5 - Valores médios de pH, determinados nas silagens dos cultivares de milheto, em diferentes tempos de abertura dos silos

| Parâmetro | Cultivar | Variáveis | | | | | CV (%) |
|-----------|----------|-----------|----|------|----|------|--------|
| | | 3 | 7 | 15 | 30 | | |
| pH | BRS1501 | 3,93 | aA | 3,93 | bA | 3,73 | cB |
| | ADR500 | 3,90 | aB | 3,80 | bB | 4,23 | bA |
| | ADR8010 | 4,00 | aC | 4,23 | aB | 4,43 | aA |
| | Média | 3,94 | | 3,99 | | 4,13 | 4,11 |
| | CV (%) | 1,3% | | 4,9% | | 7,7% | 5,5% |

Letras minúsculas comparam cultivares dentro de um mesmo tempo. Teste de Tukey ($P<0,05$). Letras maiúsculas comparam diferentes tempos para uma mesma cultivar. Teste de Tukey ($P<0,05$).

Estes variaram de 3,73 para a cultivar BRS 1501 no tempo 15 até 4,43 para a cultivar ADR 8010 no tempo 15. Quando as cultivares foram comparadas em uma mesma época de abertura foram observadas diferenças estatísticas significativas ($P<0,05$) nos tempos de abertura 7, 15 e 30 dias. Os maiores valores de pH foram observados para a cultivar ADR 8010 nestes 3 tempos de abertura.

O tempo de fermentação alterou estatisticamente ($P<0,05$) os valores de pH nas três cultivares estudadas. Os valores de pH apresentaram um comportamento atípico à medida que transcorreu o processo fermentativo. Na literatura, trabalhos que avaliaram o padrão de fermentação das silagens de milheto e sorgo, mostraram que o pH declina à medida que se avançam os dias após a ensilagem, sendo que a queda mais pronunciada se verifica até o 7º dia, e que a partir do 14º dia os valores de pH estabilizam-se (GUIMARÃES JR et al., 2005b; FRANÇA et al., 2011).

Os valor médio de pH (4,11) encontrado para as silagens das três cultivares de milheto após 30 dias de fermentação neste estudo, foi maior que as relatadas por GUIMARÃES JR et al. (2005b) para silagens de milheto após 28 dias de fermentação (3,64), AMARAL et al. (2008), trabalhando com as cultivares (BRS 1501; BN 1 e Comum) encontraram valor médio de 3,77 aos 50 dias de ensilagem e por PINHO et al. (2013), que após 30 dias de fermentação encontraram valor média de 3,27.

Silagens com alto teor de umidade são mais propensas a desenvolver fermentações indesejáveis, e apresentam também maior resistência à redução do pH (FRANÇA et al., 2011). Os valores de pH obtidos neste trabalho apesar de serem maiores que os relatados na literatura, ainda estão na faixa adequada (3,8 a 4,2), que permite classificar as silagens como bem preservadas (MCDONALD et al., 1991).

Os teores de ácido lático (AL), ácido acético (AAC), ácido propiônico (AP) e ácido butírico (AB) determinados nas silagens estão na Tabela 6.

TABELA 6 – Valores médios de ácido lático (AL), ácido acético (AAC), ácido propiônico (AP) e ácido butírico (AB) determinados nas silagens dos cultivares de milheto, em diferentes tempos de abertura dos silos

| Cultivar | Variáveis | | | | | 30 | CV (%) |
|-------------------------|-----------|-----|--------|----|--------|-----|--------|
| | 3 | 7 | 15 | 30 | | | |
| ÁCIDO LÁTICO | | | | | | | |
| BRS1501 | 5,97 | aA | 6,30 | aA | 5,98 | aA | 5,61 |
| ADR500 | 6,17 | aA | 5,71 | aA | 5,94 | aA | 6,24 |
| ADR8010 | 6,18 | aA | 6,06 | aA | 6,37 | aA | 6,75 |
| Média | 6,11 | | 6,02 | | 6,10 | | 6,20 |
| CV (%) | 4,70% | | 5,20% | | 5,10% | | 16,40% |
| ÁCIDO ACÉTICO | | | | | | | |
| BRS1501 | 1,30 | bA | 1,57 | aA | 1,24 | aA | 1,23 |
| ADR500 | 1,77 | aA | 1,27 | aB | 1,63 | aAB | 1,62 |
| ADR8010 | 1,53 | abA | 1,34 | aA | 1,41 | aA | 1,36 |
| Média | 1,53 | | 1,39 | | 1,43 | | 1,40 |
| CV (%) | 15,20% | | 11,30% | | 16,70% | | 17,70% |
| ÁCIDO PROPIÔNICO | | | | | | | |
| BRS1501 | 0,07 | bB | 0,07 | aB | 0,09 | aA | 0,10 |
| ADR500 | 0,13 | aA | 0,09 | aB | 0,07 | bB | 0,07 |
| ADR8010 | 0,08 | bB | 0,08 | aB | 0,07 | bB | 0,11 |
| Média | 0,09 | | 0,08 | | 0,08 | | 0,09 |
| CV (%) | 32,10% | | 14,00% | | 16,00% | | 20,10% |
| ÁCIDO BUTÍRICO | | | | | | | |
| BRS1501 | 0,04 | aA | 0,04 | aA | 0,04 | aA | 0,03 |
| ADR500 | 0,05 | aA | 0,04 | aA | 0,04 | aA | 0,04 |
| ADR8010 | 0,04 | aA | 0,05 | aA | 0,04 | aA | 0,04 |
| Média | 0,04 | | 0,04 | | 0,04 | | 0,04 |
| CV (%) | 16,40% | | 11,00% | | 10,10% | | 19,60% |

Letras minúsculas comparam cultivares dentro de um mesmo tempo. Teste de Tukey ($P<0,05$). Letras maiúsculas comparam diferentes tempos para uma mesma cultivar. Teste de Tukey ($P<0,05$).

Para o ácido lático, foi observada uma variação de 5,61% a 6,75%, ambas no tempo 30 para as cultivares BRS 1501 e ADR 8010, respectivamente. A média (6,20%) encontrada neste trabalho para o teor de ácido lático das três cultivares no tempo 30 foi superior à relatada por GUIMARÃES JR et al. (2005a), que encontraram após 28 dias de fermentação média de 5,86% para as silagens das cultivares de milheto CMS 1, BRS 1501 e BN 2. PINHO et al. (2013) ao avaliarem as cultivares de milheto (Sauna B, CMS 01, ADR 500, BRS 1501 e CMS 03) após 30 dias de fermentação, encontraram teores médios de ácido lático que variaram de 1,98 a 5,17%, para os genótipos SAUNA B e CMS 01, respectivamente.

Avaliando-se o efeito do período de fermentação sobre as cultivares, não foram observadas diferenças estatísticas ($P>0,05$), assim como quando avaliados num mesmo tempo de abertura os materiais mostraram-se estatisticamente semelhantes.

Os valores de ácido lático determinados neste trabalho vão de encontro às afirmações de MOSIO & HEIKONEM (1994) de que esses conteúdos devem aparecer em maior porcentagem que os demais, uma vez que ácido lático é o principal ácido orgânico responsável pela queda do pH durante o processo da ensilagem (MCDONALD et al., 1991). De acordo com a classificação de ROTH & UNDERSANDER (1995), as silagens produzidas neste experimento podem ser consideradas de boa qualidade quanto ao teor de ácido lático presente, já que estes ficaram na faixa de 4% a 6%.

Os teores de ácido acético (Tabela 6) variaram de 1,23% para a cultivar BRS 1501 no tempo 30 de abertura até 1,77% para a cultivar ADR 500 no 3º dia de fermentação.

Para uma mesma data de abertura, os materiais mostraram-se estatisticamente diferentes ($P<0,05$) apenas nos 3º dia de fermentação, onde a cultivar ADR 500 obteve o maior teor deste ácido (1,77%) e diferiu de BRS 1501 (1,3%), entretanto foi estatisticamente semelhante a cultivar ADR 8010 (1,53%). Quanto ao teor de ácido acético com o decorrer do processo fermentativo,

diferenças estatísticas foram observadas apena para a cultivar ADR 500, que teve o valor diminuído no tempo 7 e após o tempo 15 seu valor estabilizou.

GUIMARÃES JR et al. (2005a) encontraram teores de ácido acético variaram de 0,87% no dia 3 de abertura a 1,22% no dia 56, para silagens de três genótipos de milheto. FRANÇA et al. (2011), obtiveram variação de 1% a 1,7% nos teores de ácido acético ao avaliarem o padrão de fermentação de silagens de sorgo.

Os valores de ácido acético para todas as silagens foi sempre inferior à 2%, o que as classificaria como de boa qualidade, segundo critérios definidos por ROTH & UNDERSANDER (1995). Ainda segundo os autores, elevados teores de ácido acético podem interferir na fermentação lática. Os teores de ácido acético relacionam com menores taxas de decréscimo de pH. Isso corresponde, principalmente às ações mais prolongadas das enterobactérias e bactérias láticas heterofermentativas.

Para os teores de ácido propiônico (Tabela 6), quando as cultivares foram avaliadas dentro de um mesmo tempo de abertura, diferenças estatísticas ($P<0,05$) foram encontradas no tempo 3, onde a silagem da cultivar ADR 500 obteve o maior valor (0,13%); no tempo 15, onde a cultivar BRS 1501 teve o maior teor (0,09%) e no tempo 30, em que a cultivar a cultivar ADR 500 obteve o menor teor deste ácido (0,07%). Na comparação de cada cultivar com o decorrer do processo fermentativo, as cultivares BRS 1501 e ADR 8010, tiveram seu teores de ácido propiônico aumentados do 3º dia até o último dia de fermentação. O contrário aconteceu com a cultivar ADR 500, que diminui seu teor de ácido propiônico do tempo 3 até o tempo 7, e após este período houve uma estabilização nos valores. PINHO et al. (2013) obtiveram uma média de 0,14% de ácido propiônico nas silagens das cultivares de milheto (Sauna B, CMS 01, ADR 500, BRS 1501 e CMS 03) após 30 dias de fermentação.

Segundo ROTH & UNDERSANDER (1995), a presença de ácido propiônico acima do limite estabelecido significa a degradação de ácido lático por bactérias butíricas, situação descartada no presente trabalho, já que os teores deste ácido se encontraram abaixo de 0,5%.

Todos os cultivares avaliadas apresentaram baixas concentrações ácido butírico (Tabela 6) ao longo dos dias de abertura, demonstrando o controle

da atividade clostrídiana ao longo do processo fermentativo. Isto é uma característica favorável na silagem, tendo em vista que os clostrídios afetam negativamente a qualidade da silagem e prejudicam o seu consumo. ROTH & UNDERSANDER (1995) recomendaram um limite de 0,1% de ácido butírico para a silagem ser considerada de boa qualidade.

Os valores variaram de 0,03% para a cultivar BRS 1501 no último dia de fermentação até 0,05% para as cultivares ADR 500 (tempo 3) e ADR 8010 (tempo 7). Não foram observadas diferenças estatísticas ($P>0,05$) entre as cultivares num mesmo tempo de abertura e entre dias de abertura para uma mesma cultivar.

GUIMARÃES JR et al. (2005a), obtiveram um valor médio de 0,02% de ácido butírico nas silagens de milheto após 28 dias de fermentação. PINHO et al. (2013) encontraram valor de ácido butírico de 0,03% para as silagens de milheto das cultivares ADR 500 e BRS 1501 após 30 dias de fermentação.

Na Tabela 7 estão apresentados os valores obtidos para o poder tampão nos materiais originais dos três cultivares de milheto.

TABELA 7 – Valores médios de poder tampão (PT) (meq NaOH/100g de MS), determinados no material original dos cultivares de milheto

| Parâmetro | Cultivar | Variável | |
|------------------|-----------------|-----------------|---------------|
| | | 0 | CV (%) |
| PT | BRS1501 | 21,83 | a 22,90 |
| | ADR500 | 22,21 | a 9,40 |
| | ADR8010 | 28,52 | a 3,80 |
| | Média | 24,19 | |
| | CV (%) | 17,60% | |

Letras minúsculas comparam cultivares dentro de um mesmo tempo. Teste de Tukey ($P<0,05$).

Não foi observada diferença significativa ($P<0,05$) nos valores obtidos para o poder tampão entre as cultivares de milheto. O poder tampão da forragem a ser ensilada é um fator chave no processo de fermentação. Quando a planta apresenta alto poder tampão a velocidade de abaixamento do pH é lenta e em consequência as perdas no processo de ensilagem são maiores, reduzindo a

qualidade da silagem (JOBIM et al., 2007). RODRIGUES et al. (2005), obtiveram para o capim-elefante poder tampão de 15,1 meq de NaOH/100g de MS e ÁVILA et al. (2006), encontraram para o capim-tanzânia destinado à ensilagem, poder tampão de 15,74 meq de NaOH/100 g de MS.

4. CONCLUSÕES

Considerando todos os parâmetros avaliados, pode-se dizer que as silagens das três cultivares de milheto, apresentou um adequado padrão de fermentação, portanto é uma alternativa viável para produção de volumoso conservado para a alimentação de ruminantes no período seco do ano. Recomenda-se proceder à abertura do silo com 30 dias de fermentação para as silagens das três cultivares de milheto.

5. REFERÊNCIAS

1. AFRC technical committee on responses to nutrients. Report n.2. Characterization of feedstuffs: nitrogen. **Nutrition Abstract and Reviews**, Ser. B, Wallingford, v. 57, n. 12, p. 713- 736, 1987.
2. AMARAL, P. N. C.; EVANGELISTA, A. R.; SALVADOR, F. M.; PINTO, J. P. Qualidade e valor nutritivo das silagens de três cultivares de milheto. **Revista de Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.2, p.611-617, 2008.
3. ÁVILA, C. L. S.; PINTO, J. C.; TAVARES, V. B.; SANTOS, I. P. A. Avaliação dos conteúdos de carboidratos solúveis do capim-Tanzânia ensilado com aditivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.35, n.3, p.648-654, 2006.
4. BENACHIO, S. Niveles de melaza em silo experimental de milho crillo (*Sorghum vulgare*). **Agronomia Tropical**, Maracay, v. 14, n. 2, p. 291-297, 1965.
5. BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Irrigação, Departamento Nacional de Meteorologia. **Normas Climatológicas: 1961-1990**. Brasília, 1992. 84 p.

6. CAETANO, H. OLIVEIRA, M. D. S.; FREITAS JÚNIOR, J. E.; RÊGO, A. C.; RENNÓ, F. P.; CARVALHO, M. V. Evaluation of corn cultivars harvested at two cutting heights for ensilage. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.40, n.1, p.12-19, 2011.
7. CHURCH, D.C. **The ruminant animal digestive physiology and nutrition**. New Jersey: Prentice Hall, 1988. 564 p.
8. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa Produção da Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.
9. EVANGELISTA, A. R.; ABREU, J. G.; AMARAL, P. N. C.; PEREIRA, R. C.; SALVADOR, F. M.; SANTANA, R. A. V. Produção de silagem de capim-Marandú (*Brachiaria brizantha* Stapf cv. Marandú) com e sem emurtecimento. **Revista de Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n.2, p. 443-449, 2004.
10. FRANÇA, A. F. S.; OLIVEIRA, R. P.; RODRIGUES, J. A. S.; MIYAGI, E. S.; SILVA, A. G.; PERON, H. J. M. C.; ABREU, J. B. R.; BASTOS, D. C. Características fermentativas da silagem de híbridos de sorgo sob doses de nitrogênio. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v.12, n.3, p. 383-391, 2011.
11. GUIMARÃES JÚNIOR R.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; RODRIGUEZ, N. M.; BORGES, A. L. C.; BORGES, I.; SALIBA, E. O. S.; JAYME, D. G.; PIRES, D. A. A. Carboidratos solúveis, digestibilidade "in vitro" da matéria seca e ácidos orgânicos das silagens de três genótipos de milheto [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.] em diferentes períodos de fermentação. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.4, n.1, p.95-103, 2005a.
12. GUIMARÃES JR, 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 amoniacial 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**, v.4, n.2, p.251-258, 2005b.
13. GUIMARÃES JR, R.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S. **Utilização do milheto para produção de silagem**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2009. 30p. (Embrapa Cerrados. Documento, 259).
14. 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.

- 15.JOHNSON, R. R.; BALWANI, T. L.; JOHNSON, L. J.; MCCLURE, K. E.; DEHORITY, B. A. Corn plant maturity. II Effect on *in vitro* digestibility and soluble carbohydrate content. **Journal of animal science**, Champaign, v. 25, p. 617-623, 1966.
- 16.KOEPPEN, W. **Climatologia Tradicional**. Traduzido para o Espanhol por Pedro Henchiehs Perez, 1948.
- 17.MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L.; SOUSA, D. M. G. D. **Cerrado: uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens**. 1.ed. Planaltina: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Cerrados, 2007. 224 p.
- 18.MCDONALD, P., HENDERSON, A.R., HERON, S. **The biochemistry of silage**. 2.ed. Marlow: Chalcombe Publicatins, 1991. 340 p.
- 19.MOISIO, T.; HEIKONEN, M. Lactic acid fermentation on silage preserved with formic acid. **Animal Feed Science and Technology**, v.47, n.1, p.107-124, 1994.
- 20.NEGRÃO, F. M.; SILVA, E. A.; Co-produtos na silagem de gramíneas tropicais. **FAZU em Revista**, Uberaba, n.8, p. 163-171, 2011.
- 21.OLIVEIRA, L. B.; PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P.; RIBEIRO, L. S. O.; ALMEIDA, V. V.; PEIXOTO, C. A. M. Perdas e valor nutritivo de silagens de milho, sorgo-sudão, sorgo forrageiro e girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.39, n.1, p.61-67, 2010.
- 22.PINHO, R. M. A.; SANTOS, E. M.; RODRIGUES, J. A. S.; MACEDO, C. H. O.; CAMPOS, F. S.; RAMOS, J. P. F.; BEZERRA, H. F. C.; PERAZZO, A. F. Avaliação de genótipos de milheto para silagem no semiárido. **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal**, Salvador, v.14, n.3, p.426-436, 2013.
- 23.PLAYNE, M.J.; McDONALD, P. The buffering constituents of herbage and of silage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.17, p.264-268, 1966.
- 24.RIBEIRO, C. G. M.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; RODRIGEZ, N. M.; BROGES, I.; BORGES, A. L. C. C.; SALIBA, E. O. S.; CASTRO, G. H. F.; RIBEIRO JUNIOR, G. O. Padrão de fermentação da silagem de cinco genótipos de sorgo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.59, n.6, p. 1531-1537, 2007.
- 25.RODRIGUES, P. H. M.; BORGATTI, L. M. O.; GOMES, R. W.; PASSINI, R.; MEYER, P. M. Efeito da adição de níveis crescentes de polpa cítrica sobre a qualidade fermentativa e o valor nutritivo da silagem de capim-elefante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.34, n.4, p.1138-1145, 2005.

- 26.ROTH, G., UNDERSANDER, D. Silage additives. In: **Corn Silage Production Management and Feeding**. MADISON: Madison American Society of Agronomy, p.27-29. 1995.
- 27.SANTOS, M. V. F.; GÓMEZ CASTRO, A. G.; PEREA, J. M.; GARCÍA, A.; GUIM, A.; PÉREZ HERNÁNDEZ, M. Fatores que afetam o valor nutritivo das silagens de forrageiras tropicais. **Archivos de Zootecnia**, v.59, p. 25-43, 2010.
- 28.SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos (Métodos químicos e biológicos)**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 239p.
- 29.TOMICH, T., PEREIRA, L.G.R., GONÇALVES, L.C.; TOMICH, R.G.P.; BORGES, I. **Características químicas para avaliação do processo fermentativo de silagem**: uma proposta para qualificação da fermentação. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2003. 20 p. (Embrapa Pantanal. Documento, 57).
- 30.VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Ithaca: Cornell University, 1994. 476 p.

CAPÍTULO 4 – FRACIONAMENTO DE PROTEÍNAS E CARBOIDRATOS DA SILAGEM DE TRÊS CULTIVARES DE MILHETO EM DIFERENTES TEMPOS DE ABERTURA DO SILOS.

RESUMO

As informações existentes sobre a utilização do milheto como silagem, bem como as informações sobre as cultivares existentes no mercado ainda são muito escassas. A determinação do fracionamento das proteínas e carboidratos das silagens desta cultura pode ser enriquecedor para que se possa caracterizar melhor esse alimento e consequentemente melhorar os índices produtivos. Foi conduzido um experimento para determinar o fracionamento de proteínas e carboidratos da silagem de três cultivares de milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown) (BRS 1501; ADR 500 e ADR 8010), submetidos a diferentes tempos de abertura dos silos (0, 3, 7, 15 e 30 dias) na UFG/Goiânia-GO. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com arranjo fatorial 3x5, com 3 repetições. O milheto foi cortado com 65 dias de crescimento vegetativo e o material coletado no campo foi picado para enchimento dos silos. Foram determinadas as frações proteicas (A, B1, B2, B3 e C) e as frações de carboidratos (A, B1, B2 e C). Os dados foram analisados com o auxílio do software R (Development Core Team, 2011). Foi realizada análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey considerando nível de significância de 5%. Foram determinadas as equações de regressão polinomial pelos tempos de abertura para cada variável analisada. Para a fração A da proteína, foram observadas diferenças estatísticas significativas ($P<0,05$) com o decorrer do processo fermentativo, que proporcionou aumento desta fração nas três cultivares. Este aumento da fração A, pode ser explicado em decorrência da fermentação da massa ensilada, já que boa parte da proteína é convertida em nitrogênio não protéico, devido à proteólise. Na fração B1+B2 da proteína, foram observadas diferenças significativas ($P<0,05$) para as três cultivares de milheto com os tempos de abertura dos silos, onde o processo fermentativo proporcionou diminuição destas frações nas três cultivares. O decorrer da fermentação culminou no aumento da fração C da proteína, e diferenças estatísticas ($P<0,05$) foram observadas para as cultivares BRS 1501 e ADR 500, que no último dia de fermentação apresentaram valores de 5,76% e 6,27%, respectivamente. No fracionamento de carboidratos diferenças estatísticas significativas ($P<0,05$) foram observadas nos tempos de abertura para a fração A+B1. Ocorreu diminuição desta fração a partir do tempo 7 até o tempo 30 para as três cultivares. Para a fração B2 dos carboidratos, observou-se que BRS 1501 não apresentou variações estatisticamente significativas ($P>0,05$) entre o material original e as silagens. Entretanto, foram observadas diferenças estatísticas significativas ($P<0,05$) para ADR 8010 e ADR 500 entre os tempos de abertura. Observou-se aumento em resposta ao tempo de fermentação para as três cultivares do material original para o último dia de fermentação da fração C dos carboidratos.

Palavras-chave: CNCPS, fracionamento de carboidratos, frações protéicas, *Pennisetum glaucum*, silagem

PROTEIN AND CARBOHYDRATES FRACTIONATION FROM THREE PEARL MILLET CULTIVARS SILAGE AT DIFFERENT SILOS OPENING TIMES.

ABSTRACT

Information on pearl millet use as silage, as well as information about the cultivars available on market is still very scarce. The determination of this crop silage proteins and carbohydrates fraction can be enlightening to better characterize this food and thus improve animal performance. An experiment was conducted in UFG/Goiânia-GO to determine the silage proteins and carbohydrates fractionation from three pearl millet cultivars (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown) (BRS 1501; ADR 500 and ADR 8010), subjected to different silos opening times (0, 3, 7, 15 and 30 days). The experimental design was completely randomized with a 3x5 factorial arrangement with 3 replications. The pearl millet was harvested within 65 vegetative growth days and the field collected material was chopped for filling the silos. Protein fractions (A, B1, B2, B3 and C) and carbohydrate fractions (A, B1, B2 and C) were determined. Data were analyzed with the aid of R software (R Development Core Team, 2011). Analysis of variance was performed and means were compared by Tukey test considering 5% significance level. Opening time polynomial regression equations were determined for each analyzed variable. Protein fraction A presented statistically significant differences ($P<0.05$) due to fermentation process, which led to an increase of this fraction in the three cultivars. This increase in fraction A can be explained as a result of ensiled mass fermentation since, due to proteolysis, most of the protein is converted into non-protein nitrogen. In protein fraction B1+B2, significant differences ($P<0.05$) due to opening times were observed for the three pearl millet cultivars; with the fermentation process causing reduction in these fractions in the three cultivars. The fermentation process led to protein fraction C increase, and statistical differences ($P<0.05$) were observed in cultivars BRS 1501 and ADR 500; which presented 5.76% and 6.27%, respectively, for this fraction, in the last fermentation day. Regards to carbohydrates fractionation, statistically significant differences ($P<0.05$) were observed in fraction A+B1 due to silos opening times. There was a decrease of this fraction from time 7 to time 30 in the three cultivars. Regards to carbohydrates fraction B2, it was observed that BRS 1501 showed no statistically significant differences ($P>0.05$) between the original material and silages. However, ADR 8010 and ADR 500 presented statistically significant differences ($P<0.05$) due to opening times. Due to fermentation, an increase in carbohydrate fraction C from the original material to last fermentation day was observed in the three cultivars.

Keywords: carbohydrates fractionation, CNCPS, protein fractions, *Pennisetum glaucum*, silage

1. INTRODUÇÃO

O sistema de produção de bovinos de corte tem se tornado cada vez mais intensivo e tecnificado. Práticas de manejo, principalmente alimentar têm tornando os animais ainda mais produtivos e consequentemente a melhora nos índices zootécnicos. No Brasil, plantas forrageiras tropicais ainda são a principal fonte de alimento, e desta forma a otimização da produção deste recurso é necessária para atender as exigências nutricionais dos animais e melhorar o produto final.

O suprimento das necessidades nutricionais dos ruminantes depende principalmente do conteúdo de energia e proteína da dieta que podem ser utilizadas pela microbiota ruminal. A fermentação ruminal depende da concentração total de carboidratos e proteínas na dieta e principalmente de suas taxas de degradação (QUEIROZ et al., 2012)

O fracionamento dos carboidratos e das proteínas surgiu como ferramenta com o intuito de determinar com maior exatidão os valores energéticos e proteicos de uma dieta, permitir as formulações mais ajustadas de rações e, consequentemente, a melhor previsão do desempenho dos animais.

O Sistema Cornell (Cornell Net Carbohydrate and Protein System – CNCPS) é um modelo matemático que foi desenvolvido para avaliação de dietas e previsão do desempenho dos animais a partir dos princípios básicos de função ruminal, crescimento microbiano, fisiologia animal, digestão e fluxo dos alimentos. Também considera as condições climáticas, o manejo e ainda caracteriza os alimentos e os animais (FOX et al., 2004).

Esse sistema avalia os alimentos pelo fracionamento de carboidratos e de compostos nitrogenados e no modo diferenciado de como os microrganismos do rúmen utilizam esses compostos, procura-se a sincronia entre a disponibilidade de energia e de nitrogênio, na tentativa de reduzir as perdas de compostos nitrogenados e a produção de metano, o que também permite estimar o escape ruminal de nutrientes (SNIFFEN et al., 1992).

As proteínas são divididas em A, B1, B2, B3 e C. A fração A é constituída de nitrogênio não protéico (NNP), que é de alta digestibilidade no rúmen, B representa a proteína verdadeira que é subdividida em três sub-frações,

baseadas na velocidade de degradação ruminal, quando a B1 é rapidamente solúvel no rúmen (albumina e globulina), B2 com taxa de degradação intermediária (maioria das albuminas e glutelinas), B3 é a proteína associada à parede celular e de degradação lenta (prolaminas, extensinas e proteínas desnaturadas) e por fim, a fração C que é composta de proteínas insolúveis em detergente ácido, ou seja, que não é digerível no rúmen e intestino (SNIFFEN et al., 1992).

Os carboidratos totais, em conformidade com suas taxas de degradação são classificados em fração A (açúcares solúveis), que é prontamente fermentada no rúmen; B₁ (amido e pectina), que apresenta taxa intermediária de degradação; fração B₂ (celulose e hemicelulose), correspondendo à fração lenta e potencialmente digerível da parede celular; e fração C, representada pela porção indigerível ao longo do trato gastrointestinal (SNIFFEN et al., 1992).

As informações existentes sobre a utilização do milheto como silagem, bem como as informações sobre as cultivares existentes no mercado ainda são muito escassas (QUEIROZ et al., 2012). A determinação do fracionamento das proteínas e carboidratos das silagens desta cultura pode ser enriquecedor para que se possa caracterizar melhor esse alimento e consequentemente melhorar os índices produtivos.

Objetivou-se com este trabalho determinar as frações que compõem os carboidratos e a proteína das silagens de três cultivares de milheto em diferentes períodos de fermentação.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização

O experimento foi conduzido no Departamento de Produção Animal da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás (UFG) no

município de Goiânia-GO, localizada na latitude S 16° 35' 00" e longitude W 49° 16' 00" e altitude de 727 m.

2.2 Dados Climáticos

O clima regional segundo a classificação de KÖPPEN (1948) é do tipo Aw (quente e semi-úmido), com estações bem definidas, a seca, dos meses de maio a outubro e as águas, entre novembro e abril com temperatura média anual de 23,2°C. A precipitação média é de 1.759,9 mm e a estação chuvosa caracterizada por baixa insolação (BRASIL, 1992).

2.3 Caracterização da área experimental

As áreas de produção apresentavam topografia plana, cuja classificação é um Latossolo Vermelho distrófico, típico de textura argilosa e com fertilidade média (EMBRAPA, 1999). Para fins ara fins de sua caracterização química foram coletadas amostras na profundidade de 0,20 m. No QUADRO 1, são apresentados os dados dos atributos químicos do solo da área experimental antes da instalação do experimento.

QUADRO 1 – Atributos físicos e químicos do solo da área experimental

| Argila % | Silte % | Areia % | M.O. % | pH (CaCl ₂) | P(Mehl) mg/dm ³ | K mg/dm ³ |
|-------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------|
| 35 | 19 | 46 | 1,8 | 5,9 | 3,8 | 69 |
| Ca cmol/dm ³ | Mg cmol/dm ³ | H+Al cmol/dm ³ | AI cmol/dm ³ | CTC cmol/dm ³ | M % | V % |
| 3,4 | 1,1 | 2,8 | 0 | 7,5 | 0 | 62,5 |
| Ca/Mg - | Mg/K - | Ca/K - | Ca/CTC % | Mg/CTC % | K/CTC % | |
| 3,1 | 6,2 | 19,3 | 45,5 | 14,7 | 2,4 | |

Fonte: Laboratório de Análise de solo e foliar – UFG

2.4 Tratamentos e Delineamento experimental

Os tratamentos foram constituídos por três cultivares de milheto (ADR500, ADR8010 e BRS1501), cinco tempos de abertura dos silos (0, 3, 7, 15 e 30 dias após a ensilagem) e três repetições em esquema fatorial 3 x 5. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, totalizando 45 silos.

2.5 Período experimental

A semeadura foi realizada no dia 17 de novembro de 2012. A colheita, bem como a ensilagem do material foi realizada no dia 23 de janeiro de 2013. A abertura dos mini silos, preparo das amostras, análises laboratoriais e análises estatísticas foram conduzidas no período compreendido entre janeiro de 2013 a dezembro de 2013.

2.6 Implantação do experimento

A semeadura foi realizada manualmente utilizando-se 20 sementes puras e viáveis (SPV) por metro linear das cultivares ADR 500, ADR 8010 e BRS 1501, em três parcelas de cinco linhas com 50 m lineares cada, com espaçamento de 0,30 m entre linhas, perfazendo assim, 60 m² de área total. A adubação fosfatada no plantio foi 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ usando a fórmula comercial super fosfato simples, a adubação potássica de 60 kg ha⁻¹ de K₂O, na fórmula comercial de cloreto de potássio (KCl) e micronutrientes 30 kg ha⁻¹ da fórmula FTE BR – 16. A adubação nitrogenada de cobertura realizada 20 dias após a emergência das plantas no dia 07/12/2012 foi de 80 kg ha⁻¹ N na forma de ureia segundo recomendação de MARTHA JÚNIOR et al. (2007). Durante o período de cultivo foram realizados tratos culturais como capina para retirada de plantas invasoras da área experimental.

2.7 Corte do milheto para ensilagem e preparo das amostras

O milheto foi com 65 dias de crescimento vegetativo e o material coletado no campo foi picado para enchimento dos silos. O tamanho da partícula da forragem foi de um a dois cm, utilizando-se um triturador elétrico para picar a forragem. Os silos experimentais foram constituídos por baldes com tampas móveis. Foi construído no interior do silo um aparato que consistiu numa camada de areia grossa de 2 a 3 cm no fundo do silo, seguido da colocação por cima de uma tela fina de TNT para evasão dos efluentes. Na tampa foi instalada uma válvula semelhante ao bico de Bunsen para escape dos gases formados no processo fermentativo, porém, que impedia a entrada de ar no interior do silo. A forragem picada foi colocada nos silos e compactada manualmente e também com o auxílio de uma prensa hidráulica manual. Na seqüência, os silos foram armazenados em local seco e fresco.

A abertura dos silos para análise ocorreu nos tempos 0, 3, 7, 15 e 30 dias após o fechamento. A silagem produzida foi amostrada para determinação do teor de matéria pré-seca e realização das análises químicas. O restante foi congelado para posterior extração do suco da silagem para determinação de nitrogênio amoniacal e ácidos orgânicos, e parte para determinação do poder tampão. As amostras destinadas a determinação do teor de matéria seca foram pesadas, colocadas em estufa de circulação de ar a 65º C, durante 72 horas e, posteriormente, pesadas novamente.

As amostras secas a 65º C foram moídas em moinho do tipo "Willey", em peneira com malha de um milímetro, colocadas em recipientes de polietileno com tampa, identificadas e armazenadas para posteriores análises.

2.8 Variáveis analisadas

O experimento teve como objetivo determinar o fracionamento de proteínas e carboidratos das silagens de três cultivares de milheto, através da abertura dos mini-silos em diferentes tempos (0, 3, 7, 15 e 30 dias).

As análises do fracionamento foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Produção Animal da UFG. Determinou-se teor de matéria seca (MS) e de proteína bruta (PB) segundo metodologia descrita por SILVA & QUEIROZ (2002). As determinações de nitrogênio não proteico (NNP), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e em detergente ácido (NIDA) foram executadas segundo a metodologia descrita por LICITRA et al. (1996), e o nitrogênio solúvel (NS) de acordo com KRISHNAMOORTHY et al. (1982), realizadas em Macro Kjeldahl. As determinações de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina foram efetuadas conforme metodologias propostas por VAN SOEST & ROBERSTON (1985).

A proteína foi analisada e calculada para as cinco frações, ou seja, fração A, B1, B2, B3 e C em porcentagem da PB. A fração “A”, constituída de compostos nitrogenados não proteicos (NNP) foi determinada pela diferença entre o N total e o N insolúvel em ácido tricloracético (TCA) conforme a seguinte formula: A (%Nt) = Nt - N1 / Nt x 100, em que: Nt = nitrogênio total da amostra e N1 = teor de nitrogênio insolúvel em ácido tricloracético . A fração “B1” referente as proteínas solúveis rapidamente degradadas no rúmen foi obtida pela diferença entre o nitrogênio solúvel em tampão borato fosfato (TBF) menos o NNP e calculada pela seguinte formula: B1 (%Nt) = N1 - N2 / Nt x 100, em que N2 = nitrogênio insolúvel em tampão borato fosfato.

A fração “B2” e “B3”, constituídas pelas proteínas insolúveis com taxa de degradação intermediaria e lenta no rúmen foram determinadas pela diferença entre a fração insolúvel em TBF e a fração do NIDN e, a NIDN menos o NIDA, respectivamente. A formula para calcular o valor da B2 é: B2 (%Nt) = N2 - NIDN / Nt x 100 e para a fração B3 (% Nt) = NIDN - NIDA / Nt x 100. A fração “C”, constituída de proteínas insolúveis e indigeríveis no rúmen e intestinos e determinada pelo conteúdo de nitrogênio residual da amostra apos ser tratada com detergente ácido (NIDA) e é expresso em percentagem do Nt da amostra.

Os carboidratos totais (CT) e os carboidratos não fibrosos (CNF) foram determinados segundo SNIFFEN et al. (1992), pelas expressões CT= 100 – (%PB + %EE + %MM) e CNF = 100 – (%PB + % EE + %FDNcp +MM). A fração B2 foi calculada pela diferença entre FDNcp – fração C (SNIFFEN et al., 1992) e a

fração C pela porcentagem de lignina multiplicada por 2,4 (SNIFFEN et al., 1992).

2.9 Análises Estatísticas

Os dados foram analisados com o auxílio do software R (Development Core Team, 2011). Foi realizada análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey considerando nível de significância de 5%. Foram determinadas as equações de regressão polinomial pelos tempos de abertura para cada variável analisada.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Fracionamento de proteínas

Na Tabela 1, estão apresentados os valores das frações proteicas do material original e das silagens das três cultivares de milheto.

A fração A, que corresponde ao NNP (nitrogênio não protéico) é de alta digestibilidade no rúmen apresentou variação de 33,91% a 52,34% nos tempos 3 dias e 30 dias, respectivamente para a cultivar BRS 1501.

TABELA 1 – Teores médios das frações de proteínas A, B1+B2, B3 e C determinadas nos materiais originais e nas silagens dos cultivares de milheto, em diferentes tempos de abertura dos silos

| Cultivar | Tempos de abertura (dias) | | | | | | CV (%) | | | | |
|-------------------------|---------------------------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|
| | 0 | 3 | 7 | 15 | 30 | | | | | | |
| FRAÇÃO A %PB | | | | | | | | | | | |
| BRS1501 | 34,72 | bD | 33,91 | aD | 41,54 | abC | 46,49 | aB | 52,34 | aA | 11,85 |
| ADR8010 | 34,81 | bD | 35,22 | aD | 42,73 | aC | 46,47 | aB | 49,18 | bA | 14,26 |
| ADR500 | 37,76 | aC | 34,87 | aD | 40,16 | bC | 43,63 | bB | 48,05 | bA | 17,05 |
| Média | 35,76 | | 34,66 | | 41,47 | | 45,53 | | 49,86 | | |
| CV (%) | 5,97% | | 5,32% | | 3,62% | | 3,83% | | 4,26% | | |
| FRAÇÃO B1+B2 %PB | | | | | | | | | | | |
| BRS1501 | 54,67 | aA | 55,54 | aA | 46,75 | aB | 41,49 | aC | 35,9 | bD | 16,27% |
| ADR8010 | 53,93 | aA | 52,69 | bA | 45,13 | aB | 41,26 | aC | 38,78 | aC | 13,43% |
| ADR500 | 50,08 | bB | 53,29 | abA | 47,52 | aB | 43,58 | aC | 39,08 | aD | 11,36% |
| Média | 52,89 | | 53,84 | | 46,47 | | 42,11 | | 37,92 | | |
| CV (%) | 5,00% | | 4,67% | | 3,72% | | 3,75% | | 5,29% | | |
| FRAÇÃO B3 %PB | | | | | | | | | | | |
| BRS1501 | 8,01 | aAB | 7,60 | bB | 8,44 | aA | 8,36 | aA | 6,00 | cC | 12,59% |
| ADR8010 | 8,11 | aB | 8,55 | aAB | 8,72 | aA | 8,55 | aAB | 8,37 | aAB | 4,24% |
| ADR500 | 8,41 | aA | 8,38 | aA | 8,57 | aA | 8,71 | aA | 6,60 | bB | 10,27% |
| Média | 8,17 | | 8,18 | | 8,57 | | 8,54 | | 6,99 | | |
| CV (%) | 5,14% | | 7,40% | | 3,11% | | 3,22% | | 14,98% | | |
| FRAÇÃO C %PB | | | | | | | | | | | |
| BRS1501 | 3,11 | aB | 2,95 | aB | 3,28 | ab | 3,67 | aB | 5,76 | aA | 28,94% |
| ADR8010 | 3,15 | aA | 3,55 | aA | 3,42 | aA | 3,72 | aA | 3,68 | bA | 12,51% |
| ADR500 | 3,75 | aB | 3,47 | aB | 3,77 | aB | 4,09 | aB | 6,27 | aA | 28,18% |
| Média | 3,34 | | 3,32 | | 3,49 | | 3,82 | | 5,23 | | |
| CV (%) | 15,96% | | 14,25% | | 11,80% | | 18,71% | | 22,83% | | |

Letras minúsculas comparam cultivares dentro de um mesmo tempo. Teste de Tukey ($P<0,05$). Letras maiúsculas compararam diferentes tempos para uma mesma cultivar. Teste de Tukey ($P<0,05$).

O valor médio (49,86%) encontrado para a fração A no tempo 30, foi superior ao encontrado por JACOVETTI (2010) para silagem de milheto após 30 dias de fermentação (29,62%). ANDRADE et al. (2010) obtiveram um valor médio de 31,9% para fração A em silagens de capim elefante após 60 dias de fermentação. Apesar de alto, os teores obtidos nesta pesquisa não desclassificam a silagem obtida das cultivares avaliadas desde que sejam, também, fornecidos aos animais, carboidratos de rápida fermentação para que haja energia disponível para os microorganismos ruminais metabolizarem o NNP sem que haja excreção excessiva, e consequentemente, queda no desempenho. Visto que, em dietas que forneçam altos teores de NNP, a energia gasta para metabolizar o excesso de nitrogênio (N), poderia ser utilizada para ganho de peso ou aumento da produção, caso não houvesse N em excesso.

Quando as cultivares foram comparadas em uma mesma época de abertura observou-se diferenças significativas no tempo 0 (material original), em que a cultivar ADR 500 apresentou o maior valor desta fração. No tempo 7, a cultivar ADR 8010 apresentou o maior valor numérico desta fração, entretanto não diferiu estatisticamente da cultivar BRS 1501. No 15º dia de fermentação a cultivar ADR 500 apresentou o menor valor desta fração, diferindo estatisticamente das demais cultivares e, no último dia de fermentação a cultivar BRS 1501 apresentou o maior valor desta fração, diferindo de BRS 1501 e ADR 8010, que foram consideradas estatisticamente iguais.

Foram observadas diferenças estatísticas significativas ($P<0,05$) com o decorrer do processo fermentativo, que proporcionou aumento desta fração nas três cultivares, sem tendência de estabilização. Apenas na cultivar ADR 500 no tempo 0 (material original) para o tempo 3 foi observada uma diminuição na fração A. Entretanto, posteriormente o comportamento foi de aumento como nas demais cultivares. Este aumento da fração A com o avançar do processo fermentativo pode ser explicado em decorrência da fermentação da massa ensilada, já que boa parte da proteína é convertida em nitrogênio não protéico, devido à proteólise (PIRES et al., 2009).

A Figura 1 mostra o comportamento de cada cultivar nos diferentes tempos de abertura dos silos. A cultivar ADR 500 apresentou uma curva de regressão linear crescente assim representada: $y = 35,464 + 0,4025 \times (R^2 =$

0,89); a cultivar ADR 8010 apresentou uma equação quadrática $y = 33,9085 + 1,2088 x - 0,0233 x^2$ ($R^2 = 0,96$) e a cultivar BRS 1501 apresentou uma equação quadrática assim representada: $y = 33,3336 + 1,1089 x - 0,0158 x^2$ ($R^2 = 0,96$).

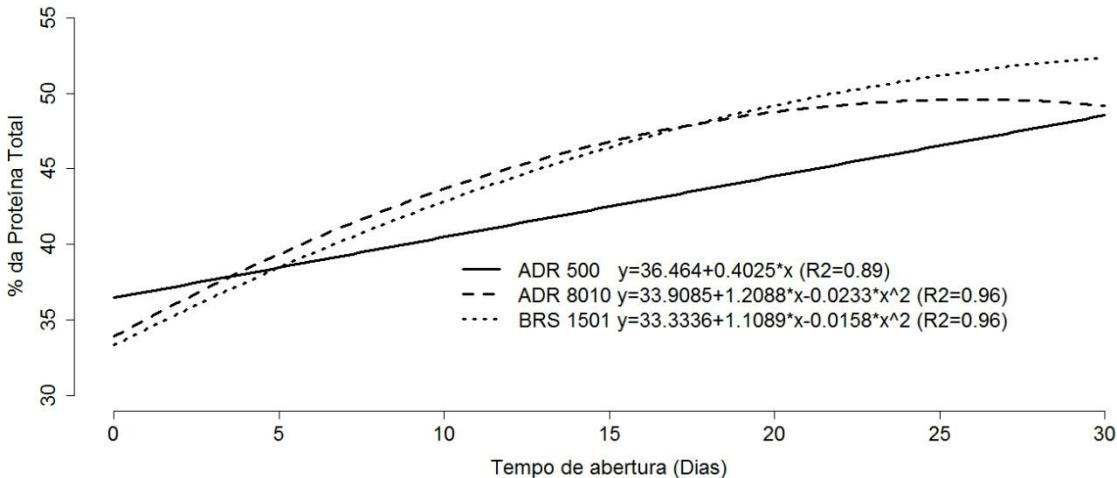


FIGURA 1 - Gráfico representativo das equações de regressão da fração A nas silagens de cultivares de milheto, em diferentes tempos de abertura dos silos

O aumento da fração A foi acompanhado da redução das frações B1 + B2 (Tabela 1). Essa, que corresponde a proteína verdadeira de rápida e intermediaria degradação, variou de 55,54% para a cultivar BRS 1501 no tempo 3 a 35,9% para esta mesma cultivar no último dia de fermentação. JACOVETTI (2010) encontrou valor médio de 69,63% para as frações B1+B2 em silagens de milheto. ANDRADE et al. (2010) obtiveram valor médio de 49,4% para as frações B1+B2 em silagens de capim elefante.

Quando as cultivares foram comparadas em uma mesma época de abertura diferenças estatísticas ($P < 0,05$) foram observadas no tempo 0, em que a cultivar ADR 500 apresentou o menor valor desta fração, e as cultivares BRS 501 e ADR 8010 foram estatisticamente semelhantes. No 3º dia de fermentação a cultivar BRS1501 apresentou o maior valor numérico para esta fração, mas foi estatisticamente semelhante à cultivar ADR500. No último dia de fermentação as cultivares ADR 8010 e ADR 500 foram estatisticamente iguais e se destacaram quanto ao teor desta fração.

Foram observadas diferenças significativas ($P<0,05$) para as três cultivares de milheto com os tempos de abertura dos silos. O processo fermentativo proporcionou diminuição destas frações nas três cultivares, fato este que é explicado pela proteólise que ocorre durante a fermentação transformando parte da proteína em aminoácidos livres e peptídeos. Na Figura 2 está representado o comportamento de cada cultivar com os tempos de abertura dos silos. ADR 500 apresentou uma equação linear decrescente assim representada: $y = 51,4739 - 0,4332 \times$ ($R^2 = 0,88$); ADR 8010 apresentou uma equação quadrática $y = 54,9303 - 1,3134 \times + 0,0262 \times^2$ ($R^2 = 0,97$) e BRS 1501 apresentou uma equação quadrática $y = 55,8833 - 1,2336 \times + 0,0188 \times^2$ ($R^2 = 0,95$).

Os resultados determinados para esta fração são indicativos de que quanto maiores os seus valores, menores teores de proteína se ligaram à fibra e, assim, maior quantidade de proteína verdadeira estará disponível para os micro-organismos ruminais.

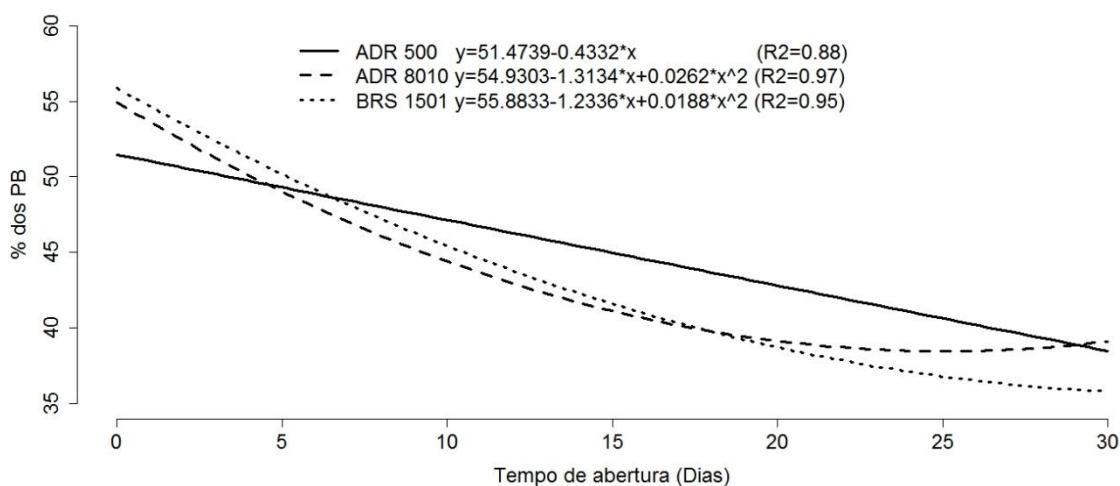


FIGURA 2 - Gráfico representativo das equações de regressão das frações B1 + B2 nas silagens de cultivares de milheto, em diferentes tempos de abertura dos silos

Os valores obtidos para a fração B3, que é a proteína ligada à parede celular, estão apresentados na Tabela 1. Quando as cultivares foram comparadas dentro de cada tempo de abertura, observou-se diferença estatística significativa

(P<0,05) no tempo 3 e no tempo 30, em que a cultivar BRS 1501 apresentou os menores valores para esta fração.

O processo fermentativo alterou significativamente (P<0,05) os valores da fração B3. Para a cultivar ADR 500 os valores mativeram-se estáveis até o 15º dia de fermentação e diminuíram no último dia de fermentação. Em BRS 1501 o tempo de fermentação diminuiu a fração B3 de 8,01% no tempo 0 para 6% no tempo 30. Isso ocorreu em decorrência do consumo de substratos pelas bactérias durante a fermentação. O comportamento destas cultivares está representado na Figura 3, onde ambas apresentaram equações quadráticas assim representadas: ADR 500 $y = 8,2622 + 0,0961x - 0,005x^2$ ($R^2 = 0,98$) e BRS 1501 $y = 7,723 + 0,1302x - 0,0062x^2$ ($R^2 = 0,92$).

ANDRADE et al. (2010) mostraram valores da fração B3 em silagens de capim elefante na ordem de 7,3%, que é bem próximo à média encontrada neste trabalho para as cultivares de milheto após 30 dias de ensilagem.

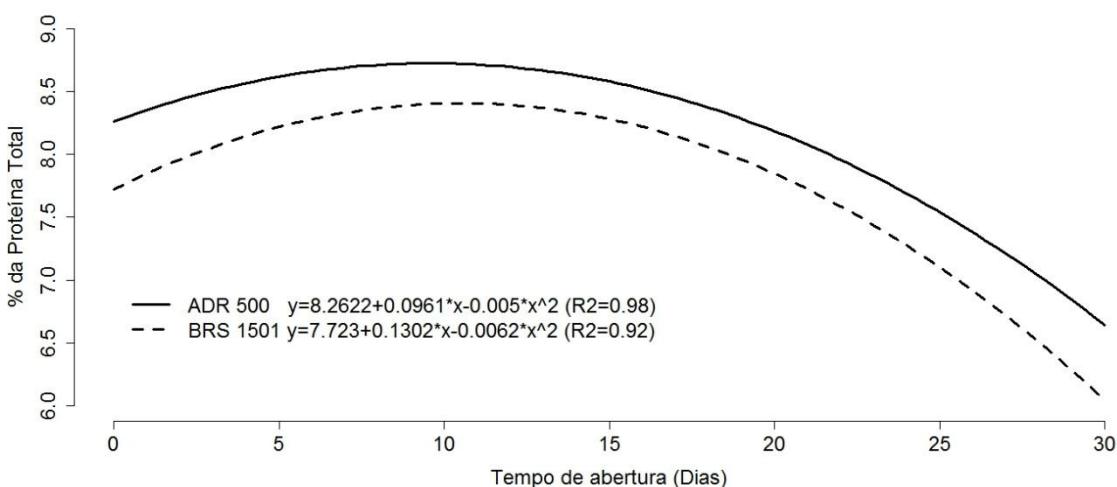


FIGURA 3 - Gráfico representativo das equações de regressão da fração B3 nas silagens de ADR 500 e BRS 1501, em diferentes tempos de abertura dos silos

Já a fração C (Tabela 1), considerada indigerível no rúmen e intestino, apresentou diferenças significativas (P<0,05) quando as cultivares foram comparadas dentro de cada tempo apenas no último dia de fermentação, em que ADR 8010 apresentou o menor valor desta fração (3,68%). O processo

fermentativo culminou no aumento da fração C, e diferenças estatísticas ($P<0,05$) foram observadas para as cultivares BRS 1501 e ADR 500, que no último dia de fermentação apresentaram valores de 5,76% e 6,27%, respectivamente. Para cultivar ADR 8010, a fração C se manteve estável do tempo 0 até o tempo 30. Na Figura 4 estão representadas as equações de regressão linear das cultivares ADR 500 e BRS 1501, que apresentaram um comportamento crescente.

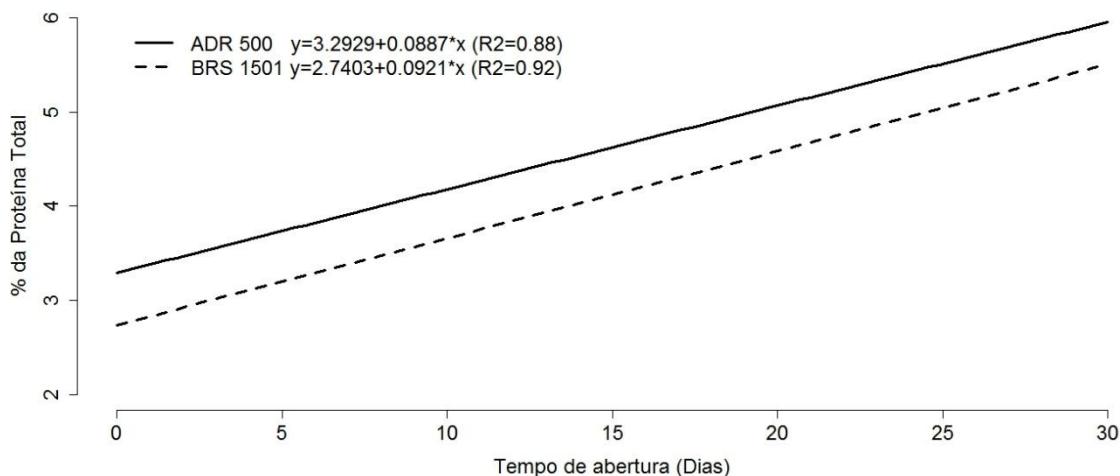


FIGURA 4 - Gráfico representativo das equações de regressão da fração C nas silagens de ADR 500 e BRS 1501, em diferentes tempos de abertura dos silos

O valor médio de 5,23% obtido neste experimento para a fração C após 30 dias de ensilagem foi superior ao valor médio de 0,94% obtido por JACOVETTI (2010) em silagens de milheto. Entretanto, ANDRADE et al. (2010) relataram valor médio da fração C para silagens de capim elefante na ordem de 11,2%.

Essa fração proteica corresponde à proteína associada à lignina, complexos taninoproteína e produtos oriundos da reação de Maillard, altamente resistentes às enzimas microbianas e indigestíveis ao longo do trato gastrintestinal (LICITRA et al., 1996).

O aumento desta fração ocorreu provavelmente devido a reação de Maillard, causada pela elevação da temperatura dentro do silo, principalmente em silagens com alto teor de umidade. A reação de Maillard promove a polimerização de açúcares solúveis e hemicelulose com aminoácidos, formando produtos

indisponíveis para os animais. Entretanto, os valores observados neste trabalho podem ser considerados baixos, pois de acordo com VAN SOEST (1994) de 5 a 15% do N total das forragens encontra-se ligado a lignina totalmente indisponível. De forma geral, as maiores frações proteicas observadas nesta silagem são as aproveitáveis pelos animais.

3.2 Fracionamento de carboidratos

Estão presentes, na Tabela 2 os valores de carboidratos totais e das frações de carboidratos do material original e das silagens das cultivares de milheto.

O processo fermentativo alterou significativamente ($P<0,05$) o teor de CT nas silagens das três cultivares de milheto. A Figura 5 mostra o que o comportamento das cultivares foi quadrático em relação aos teores de CT e foi representado pela equação de regressão $y = 85,1 - 0,07 x + 0,0017 x^2$ ($R^2 = 0,62$). Os valores de CT obtidos neste estudo após 30 dias de fermentação foram superiores que o relatado por VAN SOEST (1994), constituindo 50% a 80% da matéria seca das plantas forrageiras. VIANA et al. (2012) encontraram para silagens de milho e sorgo forrageiro teores de CT DE 83,3% e 82%, respectivamente.

TABELA 2 – Valores médios de carboidratos totais (CT) % MS e das frações de carboidratos A+B1, B2 e C determinados nos materiais originais e nas silagens dos cultivares de milheto, em diferentes tempos de abertura dos silos

| Cultivar | Tempos de abertura | | | | | | CV (%) |
|--|--------------------|-----|--------|-----|-------|-----|--------|
| | 0 | 3 | 7 | 15 | 30 | | |
| CARBOIDRATOS TOTAIS (CT) %MS | | | | | | | |
| BRS1501 | 85,55 | aA | 85,69 | aA | 85,00 | aAB | 84,50 |
| ADR8010 | 84,11 | bAB | 85,00 | aA | 83,98 | bB | 84,39 |
| ADR500 | 85,03 | abA | 85,12 | aA | 84,66 | abA | 84,30 |
| Média | 84,90 | | 85,27 | | 84,54 | | 84,40 |
| CV (%) | 1,01% | | 0,76% | | 0,71% | | 0,82% |
| FRAÇÃO A+B1 %CT | | | | | | | |
| BRS1501 | 47,87 | aA | 48,04 | aA | 46,70 | aB | 45,72 |
| ADR8010 | 47,68 | aA | 47,52 | aA | 46,25 | aB | 45,26 |
| ADR500 | 47,76 | aA | 47,53 | aA | 46,62 | aB | 45,67 |
| Média | 47,77 | | 47,70 | | 46,52 | | 45,55 |
| CV (%) | 1,33% | | 1,09% | | 0,59% | | 0,65% |
| FRAÇÃO B2 %CT | | | | | | | |
| BRS1501 | 41,74 | abA | 40,97 | bA | 41,45 | aA | 41,37 |
| ADR8010 | 41,37 | bBC | 43,08 | aA | 41,24 | aBC | 40,63 |
| ADR500 | 43,00 | aA | 42,82 | aAB | 41,45 | aB | 41,67 |
| Média | 42,04 | | 42,29 | | 41,38 | | 41,22 |
| CV (%) | 2,67% | | 3,24% | | 2,30% | | 1,63% |
| FRAÇÃO C %CT | | | | | | | |
| BRS1501 | 10,39 | abD | 10,99 | aCD | 12,91 | aBC | 12,91 |
| ADR8010 | 10,94 | aC | 9,40 | bD | 14,12 | aB | 14,17 |
| ADR500 | 9,24 | bC | 9,65 | bC | 12,66 | aB | 12,66 |
| Média | 10,19 | | 10,01 | | 13,23 | | 13,25 |
| CV (%) | 9,96% | | 10,82% | | 8,55% | | 6,06% |
| | | | | | | | |
| Letras minúsculas comparam cultivares dentro de um mesmo tempo. Teste de Tukey ($P<0,05$). | | | | | | | |
| Letras maiúsculas comparam diferentes tempos para uma mesma cultivar. Teste de Tukey ($P<0,05$). | | | | | | | |

Letras minúsculas comparam cultivares dentro de um mesmo tempo. Teste de Tukey ($P<0,05$).
Letras maiúsculas comparam diferentes tempos para uma mesma cultivar. Teste de Tukey ($P<0,05$).

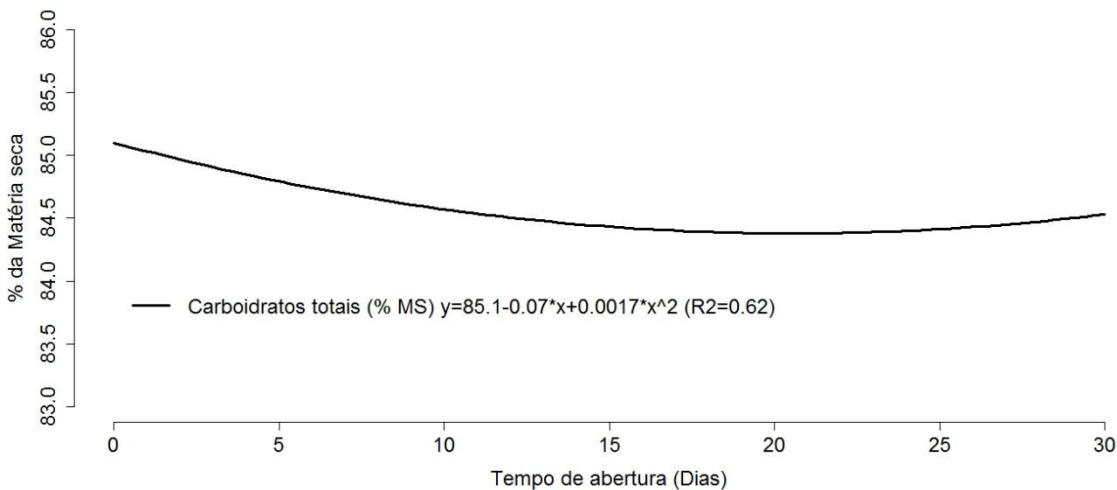


FIGURA 5 - Gráfico representativo da equação de regressão dos carboidratos totais (CT) nas silagens de cultivares de milheto, em diferentes tempos de abertura dos silos

Para as frações A+B1 (Tabela 2), não foram observadas diferenças estatísticas ($P>0,05$) quando as cultivares foram comparadas dentro de cada tempo de abertura. Entretanto, diferenças estatísticas significativas ($P<0,05$) foram observadas nos tempos de abertura. Ocorreu diminuição desta fração a partir do tempo 7 até o tempo 30 para as três cultivares. A Figura 6 mostra que o comportamento das cultivares foi quadrático em relação aos teores das frações A+B1 e foi representado pela equação de regressão $y = 47,952 - 0,2055 x + 0,0031 x^2$ ($R^2 = 0,98$). Essa diminuição é explicada pelo consumo dos açúcares que servem como substratos para as bactérias produzirem os ácidos responsáveis pela queda do pH e também pela conservação da massa ensilada. A redução ou o consumo excessivo nas frações A + B1 pode ocorrer se houver demora ou se o fechamento e vedação do silo forem mal conduzidos, assim haverá respiração excessiva causando perda de matéria seca, principalmente se tratando de carboidratos solúveis, que são os principais substratos para a fermentação das bactérias, fato não observado nesta pesquisa.

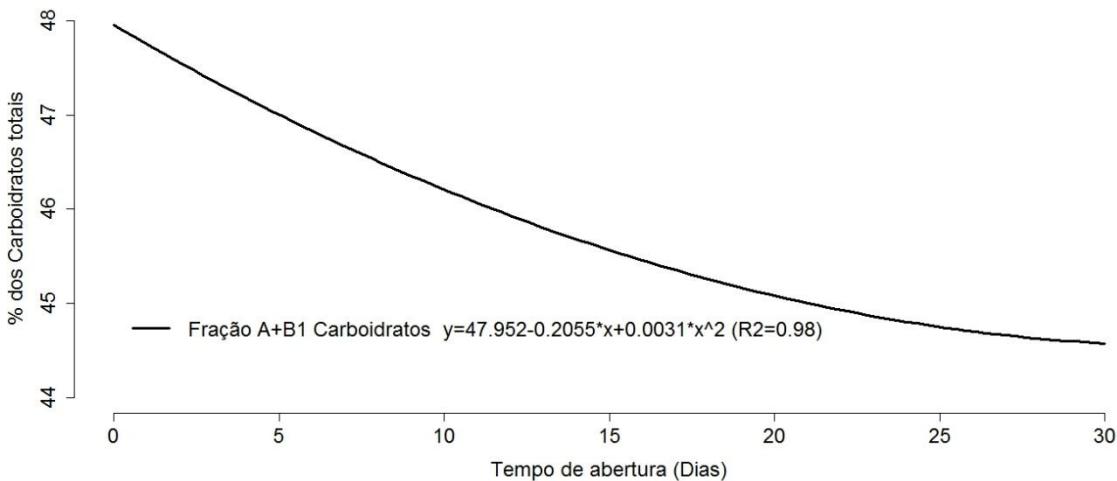


FIGURA 6 - Gráfico representativo da equação de regressão das frações A+B1 nas silagens de cultivares de milheto, em diferentes tempos de abertura dos silos

Alimentos com elevada fração A + B1 são considerados boas fontes energéticas para aumento no conteúdo dos microrganismos ruminais que utilizam CNF (CARVALHO et al., 2007) e para o sincronismo entre a taxa de digestão das proteínas e dos carboidratos, podendo ter importante efeito sobre os produtos finais da fermentação e sobre a produção animal (NOCEK & RUSSELL, 1988).

De acordo com SNIFFEN et al. (1992), a fração A é composta de açúcares e a fração B1, de amido, pectina e glucanas. A pectina, apesar de estar localizada na parede celular, pode ser incluída na fração que compreende o conteúdo celular, pois preenche os requisitos de polissacarídeos não-amiláceos e é rapidamente digerida no rúmen (VAN SOEST et al., 1994).

Para a fração B2 (Tabela 2), foram observadas diferenças estatísticas ($P<0,05$) entre as cultivares no tempo 0 e no tempo 3.

Analizando-se o comportamento de cada cultivar a medida em que se avançou o processo fermentativo, observou-se que BRS 1501 não apresentou variações estatisticamente significativas entre o material original e as silagens. Entretanto, foram observadas diferenças estatísticas significativas ($P<0,05$) para ADR 8010 e ADR 500 entre os tempos de abertura.

MALAFIAIA et al. (1998) destacaram que o valor da fração B2 dos alimentos está relacionado ao teor de FDN, pois, em estudos realizados com

diversos alimentos, ficou evidenciado que as gramíneas foram os volumosos com os maiores valores da fração B2, em decorrência dos maiores teores de FDN.

Na Tabela 2 são observados os valores da fração C nos materiais originais e nas silagens de três cultivares de milheto, em cinco tempos de abertura, expressas em % dos carboidratos totais (CT).

Quando as cultivares foram comparadas separadamente dentro de cada tempo, diferenças estatísticas significativas ($P<0,05$) foram observadas no tempo 0, tempo 3 e no tempo 15.

Ao avaliar-se o comportamento das cultivares à medida em que se avançou o processo fermentativo, observou-se aumento em resposta ao tempo de fermentação para as três cultivares do material original para o último dia de fermentação. Esse aumento pode ser explicado pelo consumo das frações A+B1 com o avançar do processo fermentativo, que culminou em aumento do percentual da fração C. O efeito do tempo de fermentação para as três cultivares de milheto demonstrou equações de regressão quadráticas como mostra a Figura 7.

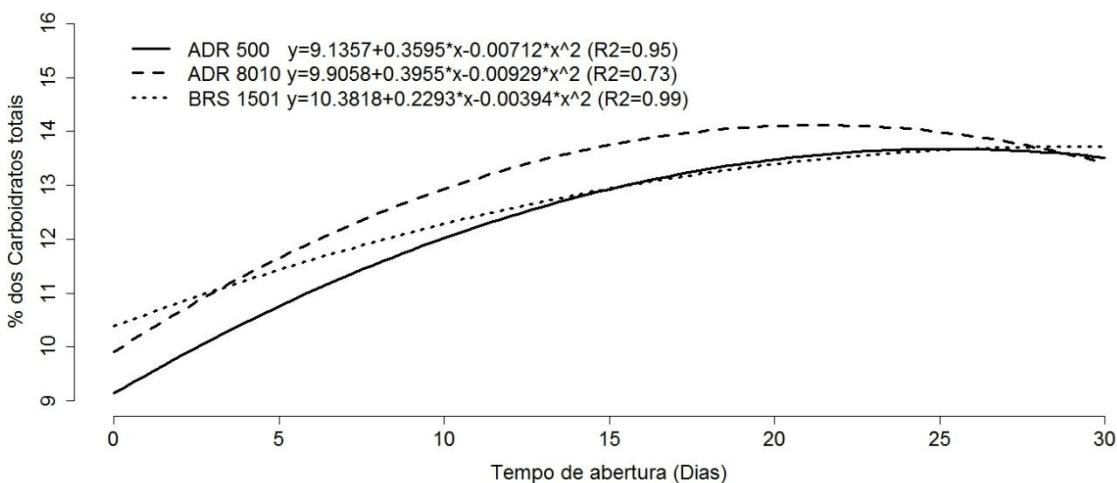


FIGURA 7 - Gráfico representativo das equações de regressão da fração C nas silagens de cultivares de milheto, em diferentes tempos de abertura dos silos

Apesar do aumento observado nesta pesquisa, esta fração, considerada não degradável e indigestível dos carboidratos e que inclui a porção da parede celular vegetal que não será digerida ao longo do trato gastrointestinal, encontra-se dentro da faixa aceitável (SNIFFEN et al. 1992). Além disso, os resultados obtidos nesta pesquisa encontram-se abaixo do valor médio observado por SILVA (2013), que foi de 20,63%, ao avaliar silagens de diferentes cultivares de milheto.

4. CONCLUSÕES

Os teores das frações de proteínas e de carboidratos obtidos no presente estudo permitem classificar as silagens como de boa qualidade e possibilitam o seu uso na alimentação de ruminantes. Entretanto, são necessários mais estudos para avaliar o consumo, desempenho, digestibilidade e aceitabilidade deste alimento pelos animais.

Pelos resultados até aqui obtidos, pode-se dizer que a silagem de milheto é uma alternativa na alimentação dos animais no período seco do ano e o tempo 30 dias promove silagens com teores de frações de proteínas e carboidratos adequadas.

5. 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 sub-produtos agrícolas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.39, n.11, p.2342-2348, 2010.
2. BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Irrigação, Departamento Nacional de Meteorologia. **Normas Climatológicas: 1961-1990**. Brasília, 1992. 84 p.

3. CARVALHO, G.G.P.; GARCIA, R.; PIRES, A.J.V. et al. Fracionamento de carboidratos de silagem de capim-elefante emurchedido ou com farelo de cacau. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, n.4, p.1000-1005, 2007.
4. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa Produção da Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.
5. FOX, D. G.; TEDESCHI, L. O.; TYLUTKI, T. P.; VAN AMBURGH, M. E.; CHASE, L. E; A. N; OVERTON The Cornell Net Carbohydrate and Protein System model for evaluating herd nutrition and nutrient excretion. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.112, n.1/4, p.29-78, 2004.
6. JACOVETTI, R. **Uso do milheto como silagem comparado a gramínea tradicionais: aspectos quantitativos, qualitativos e econômicos**. 2012. 45f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Escola de Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.
7. KOEPPEN, W. **Climatologia Tradicional**. Traduzido para o Espanhol por Pedro Henchiehs Perez, 1948.
8. KRISHNAMOORTHY, U., MUSCATO, T. V., SNIFFEN, C. J.; VAN SOEST, P. J.Nitrogen fraction in selected feedstuffs. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.65, n. 2, p. 217-225, 1982.
9. LICITRA, G.; HERNANDEZ, T. M.; VAN SOEST, P. J Standartization of procedures for nitrogen fractionatio of ruminants feeds. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 57, n. 4, p. 347-358, 1996.
10. MALAFAIA, P.A.M.; VALADARES FILHO, S.C.; VIEIRA, R.A.M. et al. Determinação das frações que constituem os carboidratos totais e da cinética ruminal da fibra em detergente neutro de alguns alimentos para ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.4, p.790-796, 1998.
11. MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L.; SOUSA, D. M. G. D. **Cerrado: uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens**. 1.ed. Planaltina: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Cerrados, 2007. 224 p.
12. NOCEK, J.E.; RUSSELL, J.B. Protein and energy as an integrated system: relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. **Journal of Dairy Science**, v.71, n.8, p.2070-2107, 1988.
13. PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P.; GARCIA, R. et al. Fracionamento de carboidratos e proteínas das silagens de capim-elefante com casca de café, farelo de cacau ou farelo de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.3, p.422-427, 2009.

14. QUEIROZ, D. S.; SANTANA, S. S.; MURÇA, T. B.; SILVA, E. A.; VIANA, M. C. M.; RUAS, J. R. M. Cultivares e épocas de semeadura de milheto para produção de forragem. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.13, n.2, p.318-32, 2012.
15. SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos (Métodos químicos e biológicos)**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 239p.
16. SILVA, N. R. **Biomassa, eficiência de conversão e recuperação aparente de nitrogênio, valor nutritivo da silagem de cultivares de milheto submetidos a adubação nitrogenada**. Tese (Doutorado). Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, Universidade Federal de Goiás, 2013.
17. SNIFFEN, C.J. O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. et. al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 70, n. 11, p.3562-3577, 1992.
18. VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B. **Analysis of forages and fibrous foods**. Ithaca: Cornell University, 1985. 202p.
19. VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press. 1994, 476p.
20. VIANA, P T.; PIRES, A. J. V.; OLIVEIRA, L. B.; CARVALHO, G. G. P.; RIBEIRO, L. S. O.; CHAGAS, D. M. T.; NASCIMENTO FILHO, C. S.; CARVALHO, A. O. Fracionamento de carboidratos e de proteína das silagens de diferentes forrageiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.41, n.2, p.292-297, 2012.