



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MONTES CLAROS

QUALIDADE DE SILAGENS DE GENÓTIPOS DE SORGO

DANIELLA CANGUSSU TOLENTINO

2014

DANIELLA CANGUSSU TOLENTINO

QUALIDADE DE SILAGENS DE GENÓTIPOS DE SORGO

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração Produção Animal, para obtenção do título de “Mestre em Zootecnia”.

Orientador

Prof. Dr. Daniel Ananias de Assis Pires

**UNIMONTES
MINAS GERAIS - BRASIL
2014**

Tolentino, Daniella Cangussu

T649q Qualidade de silagens de genótipos de sorgo [manuscrito] /
Daniella Cangussu Tolentino. – 2014.
73 p.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em
Zootecnia, Universidade Estadual de Montes Claros – Janaúba,
2014.

Orientador: Prof. D. Sc. Daniel Ananias de Assis Pires.

1. Genótipos de sorgo. 2. Silagem. 3. Sorgo. I. Pires, Daniel
Ananias de Assis. II. Universidade Estadual de Montes Claros.
III. Título.

CDD. 633.62

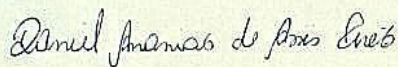
Catálogo: Biblioteca Setorial Campus de Janaúba

DANIELLA CANGUSSU TOLENTINO

QUALIDADE DAS SILAGENS DE GENÓTIPOS DE SORGO

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal, para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

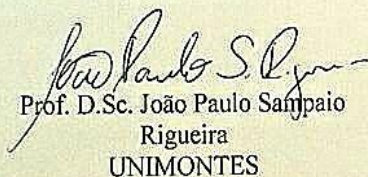
APROVADA em 21 de FEVEREIRO de 2014.



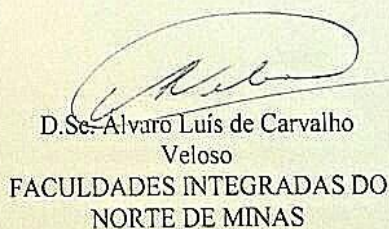
Prof. D.Sc. Daniel Ananias de Assis
Pires
UNIMONTES
(Orientador)



Prof. D.Sc. Virgílio Mesquita Gomes
UNIMONTES



Prof. D.Sc. João Paulo Sampaio
Rigueira
UNIMONTES



D.Sc. Alvaro Luís de Carvalho
Veloso
FACULDADES INTEGRADAS DO
NORTE DE MINAS

JANAÚBA
MINAS GERAIS – BRASIL
2014

Aos meus pais, Júlio e Neli, ao meu irmão, Rodrigo e ao meu orientador, Daniel, que sempre estiveram ao meu lado confortando-me com compreensão, carinho e muita paciência.

DEDICO!

AGRADECIMENTOS

A Deus, por nunca me deixar desistir, pelas bênçãos de sabedoria, proteção, força e paciência nos momentos mais difíceis ao longo desses dois anos de luta. Obrigada por sempre iluminar meu caminho.

Aos meus pais, Júlio e Neli, que sempre se fizeram presentes mesmo estando longe, me oferecendo todo amor, carinho, dedicação, incentivo, apoio incondicional, e pela confiança que nos estudos alcancei o sucesso.

Ao meu irmão, Rodrigo, que esteve ao meu lado, sempre me ouvindo reclamar, chorar e também agradecer. Obrigada pelos conselhos e por sempre estar presente em minha vida.

Ao meu grande orientador, Daniel, pelos ensinamentos sábios, dedicação, disponibilidade, paciência e por sempre ter uma palavra amiga para nos acalmar diante dos momentos de insegurança. A você, Daniel, minha sincera gratidão!

Aos funcionários da Embrapa Milho e Sorgo, pelo auxílio na implantação do experimento.

Ao Dr. José Avelino, por trabalhar arduamente na execução do experimento.

Ao coorientador, Virgílio, pelo conhecimento transmitido nos momentos de incertezas.

Ao professor Álvaro, pela participação na banca de defesa.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudo.

Aos professores do curso de graduação e pós-graduação em Zootecnia: Eleuza, João Paulo, Sidney, Vicente, Luciana, Fredson, Laura e Auriclécia, pela disponibilidade, paciência e exemplo de profissionais.

Aos meus amigos conquistados na instituição, que me ajudaram de forma incansável, levarei todos vocês no meu coração onde for: Wemerson, João Rafael, João Vinícius, Annamaria, Pilar, Lidianne, Paulo Victor, Joyce, Géssica, Vlau e Denise.

Aos colegas de curso, obrigada pela ajuda, carinho, conselho, torcida e pelos meus melhores sorrisos: Luciana, Laize, Karla, Sandrinha, Sílvio, Franklin, Vanice, Ana Cássia, João Ricardo, Flávio, Florence, Adélio, Cláudia, Daniela, Lucas, Daniel, Claudinha, Carina, Fernando, Sóstenes e Suzana.

Aos eficientes e queridos estagiários do laboratório de Bromatologia: Amanda, Hugo, Jéssica, Marielle, Leidiane, Djesi, Jane, Weudes, Jordana, Anselmo, Deyse, Rodrigo, Thaís e Luiz pela disposição e ajuda na conduta das análises laboratoriais.

Aos funcionários da Universidade Estadual de Montes Claros, em especial: João Escobar, Fábio, Joílton, Pablo, Adelino, Cidinha, Sr. Nelson, Juliano, Gevaldo, Romilton e Warley, pela colaboração.

A todas as pessoas que, de alguma forma, contribuíram e estiveram presentes nessa jornada.

Obrigada a todos vocês!

**Quando descobrimos o que realmente queremos da vida,
nos tornamos os melhores naquilo.”**

Lucas Brenelli Gomes

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS	i
LISTA DE TABELAS	ii
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
1. INTRODUÇÃO	7
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	10
2.1. Histórico da planta de sorgo	10
2.2. Fenologia do sorgo	12
2.3. Cultivares disponíveis	14
2.3.1. Granífero	14
2.3.2. Forrageiro	15
2.3.3. Sacarino.....	16
2.3.4. Sudanense.....	17
2.3.5. Vassoura.....	18
2.4. Produtividade.....	18
2.5. Silagem de sorgo na nutrição de ruminantes	20
2.6. Qualidade fermentativa das silagens	23
2.6.1. pH.....	24
2.6.2. Atividade de água.....	25
2.6.3. Relação N amoniacal / N total	26
3. MATERIAL E MÉTODOS	29
3.1. Local e dados climáticos	29
3.2. Genótipos utilizados	30
3.3. Plantio.....	30
3.4. Avaliação da produção, das características bromatológicas, fermentativa e digestibilidade in vitro da matéria seca	31
3.5. Análises estatísticas	34
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4.1. Qualidade fermentativa	36

4.2. Composição nutricional, digestibilidade in vitro e produção de matéria seca digestível das silagens	41
5. CONCLUSÕES	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58

LISTA DE ABREVIATURAS

Aw – Atividade de água;
CEL - Celulose;
CIN – Cinzas;
DIVMS - Digestibilidade *in vitro* da matéria seca;
FDA - Fibra em detergente ácido;
FDN - Fibra em detergente neutro;
FDNcp – Fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteínas;
HCEL - Hemicelulose;
LGN - Lignina;
m³ – Metros cúbicos;
mL – Mililitros;
mm – Milímetros;
MS - Matéria seca;
MV – Matéria verde;
N-NH₃/NT – Nitrogênio amoniacal/nitrogênio total
NNP – Nitrogênio não proteico;
NPK – Nitrogênio, fósforo e potássio;
PB - Proteína bruta;
PIDA – Proteína indisponível em detergente ácido;
PIDN – Proteína indisponível em detergente neutro;
pH – Potencial hidrogeniônico;
PMSD - Produção de matéria seca digestível;
PVC - Policloreto de polivinila;
TNT – Tecido não tecido;
t ha⁻¹ - Tonelada por hectare;
°C – Grau Celsius

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Teores médios de potencial hidrogeniônico (pH), atividade de água (Aw) e relação nitrogênio amoniacal/nitrogênio total (N-NH₃/NT) em silagens de vinte e quatro genótipos de sorgo (dados expressos na matéria seca).....37

TABELA 2. Teores médios de matéria seca (MS), cinzas (CNZ), digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) e produção de matéria seca digestível (PMSD) em silagens de vinte e quatro genótipos de sorgo (dados expressos na matéria seca).....42

TABELA 3. Teores médios de proteína bruta (PB), proteína indisponível em detergente ácido (PIDA) e proteína indisponível em detergente neutro (PIDN) em silagens de quatro genótipos de sorgo (dados expressos na matéria seca).....48

TABELA 4. Teores médios de fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteínas (FDNcp), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HEM), celulose (CEL) e lignina (LIG) em silagens de vinte e quatro genótipos de sorgo (dados expressos na matéria seca).....53

RESUMO

TOLENTINO, Daniella Cangussu. **Qualidade de silagens de genótipos de sorgo**. 2014. 66 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, Minas Gerais, Brasil.¹

Objetivou-se selecionar dentre 24 genótipos de sorgo os superiores para produção de silagem. O estudo foi conduzido no campo experimental da Embrapa Milho e Sorgo, município de Sete Lagoas-MG. Foram utilizados 24 genótipos de sorgo forrageiro, sendo 21 híbridos obtidos do cruzamento entre fêmeas graníferos e machos forrageiros (12F38019, 12F38006, 12F40006, 12F40005, 12F40019, 12F37016, 12F37005, 12F37043, 12F39006, 12F39005, 12F39019, 12F38005, 12F38007, 12F37007, 12F39007, 12F40007, 12F38014, 12F37014, 12F39014, 12F40014 e 12F38009) e 3 testemunhas: BRS 610, BRS 655 e Volumax. O delineamento experimental foi blocos ao acaso, sendo 24 genótipos plantados em 3 blocos. Foi estimada a produtividade por área, as características bromatológicas, fermentativas e a digestibilidade *in vitro* da matéria seca das silagens de sorgo. As análises: matéria seca, cinzas, proteína bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, lignina, pH, nitrogênio amoniacal, atividade de água e digestibilidade *in vitro* da matéria seca. O pH das silagens de sorgos avaliados, houve diferença entre genótipos, sendo os inferiores 12F40005, 12F40019, 12F39019, 12F39006, 12F38005, 12F37007, 12F40007, 12F37014, 12F38009, Volumax e BRS 610. Quanto à atividade de água, os genótipos não diferiram, sendo a média de 0,97. O nitrogênio amoniacal diferiu entre genótipos, sendo valores inferiores encontrados nos genótipos 12F38019, 12F38006, 12F40006, 12F37016, 12F37043, 12F39006, 12F39019, 12F38007, 12F37007, 12F39007, 12F40007, 12F38014, 12F37014, 12F39014, 12F40014, BRS 655 e VOLUMAX. Com relação à matéria seca houve diferença, sendo inferiores os genótipos 12F38019, 12F40006, 12F40005, 12F40019, 12F37016, 12F37043, 12F39006, 12F39019, 12F39007, 12F38014, 12F40014, 12F38009, BRS 655, VOLUMAX e BRS 610. Os teores de cinzas não foram diferentes entre os genótipos, cuja média de 5,31. A digestibilidade *in vitro* da matéria seca, os valores foram diferentes entre genótipos, as maiores digestibilidades observadas para os materiais: 12F38019, 12F38006, 12F37016, 12F39006, 12F39005, 12F39019, 12F37007, 12F39007,

¹ **Comitê de Orientação:** Prof. Daniel Ananias de Assis Pires – Departamento de Ciências Agrárias/UNIMONTES (Orientador); Prof. Virgílio Mesquita Gomes – Departamento de Ciências Agrárias/UNIMONTES (Coorientador); Prof. João Paulo Sampaio Rigueira – Departamento de Ciências Agrárias/UNIMONTES e Álvaro Luís Carvalho Veloso.

12F38014, 12F37014, 12F39014, 12F40014, BRS 655 e BRS 610. Teores de proteína bruta superiores nos genótipos 12F38019, 12F40006, 12F37016, 12F39005, 12F38007, 12F37007, 12F37014, 12F39014 e BRS 655. Não houve diferença entre os genótipos para a variável proteína indisponível em detergente ácido, sendo a média de 0,09. Proteína indisponível em detergente neutro houve diferença entre genótipos, o superior foi 12F38019 com valor de 0,95. Houve diferença entre genótipos com relação à variável fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína, valores inferiores foram encontrados nos genótipos 12F39006, 12F39005, 12F40019, 12F40005 e Volumax. Houve diferença entre genótipos para fibra em detergente ácido, os inferiores foram 12F40005, 12F40019, 12F37043, 12F39006, 12F39005, 12F38005, 12F38007, 12F40007, 12F38014, 12F39014, Volumax e BRS 610. Hemicelulose foi diferente quanto aos genótipos testados, somente o 12F39014 foi superior aos demais, valor de 40,19. Para a celulose, não houve diferença entre genótipos, com média de 23,74. A lignina foi diferente quanto aos genótipos testados, valores inferiores foram encontrados nos 12F39014 e 12F40014. Os genótipos de sorgo favoráveis para produção de silagem foram 12F39006, 12F37014, 12F37007 e 12F39019, pois apresentaram valores elevados de proteína bruta e digestibilidade *in vitro* da matéria seca, e reduzidos teores de pH, nitrogênio amoniacal, fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína e lignina.

ABSTRACT

TOLENTINO, Daniella Cangussu. **Quality of silage of sorghum genotypes.** 2014. 66 p. Dissertation (Master's degree in Animal Science) - Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, Minas Gerais, Brazil.²

This aimed to select, from 24 sorghum genotypes the greatest ones for silage. The study was conducted at experimental field of Embrapa Maize and Sorghum, in Sete Lagoas-MG. We used 24 genotypes of sorghum, 21 hybrids obtained from crosses between females grain and males forage, besides 3 controls: BRS 610 and BRS 655 and Volumax. The 21 tested hybrids were: 12F38019, 12F38006, 12F40006, 12F40005, 12F40019, 12F37016, 12F37005, 12F37043, 12F39006, 12F39005, 12F39019, 12F38005, 12F38007, 12F37007, 12F39007, 12F40007, 12F38014, 12F37014, 12F39014, 12F40014 and 12F38009. The experimental design was in randomized blocks, 24 genotypes planted in 3 blocks. The analyses: dry matter, ash, crude protein, neutral detergent fiber, acid detergent fiber and lignin, pH, ammonia nitrogen and water activity, besides the *in vitro* digestibility of dry matter. There was significant difference for pH of silage sorghum among the 24 genotypes, being 12F40005, 12F40019, 12F39019, 12F39006, 12F38005, 12F37007, 12F40007, 12F37014, 12F38009, Volumax and BRS 610 the lowest ones. As for the water activity, the genotypes did not differ with an overall average of 0,97. The ammonia nitrogen differed among genotypes, with the lowest values found in the genotypes 12F38019, 12F38006, 12F40006, 12F37016, 12F37043, 12F39006, 12F39019, 12F38007, 12F37007, 12F39007, 12F40007, 12F38014, 12F37014, 12F39014, 12F40014, BRS 655 and Volumax. There was no difference for dry matter among the 24 sorghum genotypes, with 12F38019, 12F40006, 12F40005, 12F40019, 12F37016, 12F37043, 12F39006, 12F39019, 12F39007, 12F38014, 12F40014, 12F38009, BRS 655 and BRS 610 Volumax showing the lowest values. There was no difference for ash content among the genotypes whose average was 5,31. Regarding *in vitro* digestibility of dry matter, the values were different among genotypes, and the highest digestibility were observed for materials: 12F38019, 12F38006, 12F37016, 12F39006, 12F39005, 12F39019, 12F37007, 12F39007, 12F38014, 12F37014, 12F39014, 12F40014, BRS 655 and BRS 610. Crude protein content was higher in genotypes 12F38019, 12F40006, 12F37016, 12F39005, 12F38007, 12F37007, 12F37014, 12F39014 and BRS 655. There

² **Guidance Committee:** Prof. Daniel Pires Ananias de Assis - Department of Agrarian Sciences / UNIMONTES (Adviser); Prof. Virgílio Mesquita Gomes - Department of Agrarian Sciences / UNIMONTES (Co-adviser); Prof. João Paulo Sampaio Rigueira - Department of Agricultural Sciences / UNIMONTES; Álvaro Luís Carvalho Veloso

was no difference among genotypes for ADIP, with an average of 0,09. There was difference for NDIP among genotypes, the highest one was 12F38019 genotype, whose value was of 0,95. There was difference between genotypes for NDFap variable, the lowest values were found in genotypes 12F39006, 12F39005, 12F40019, 12F40005 and Volumax. There was difference between genotypes for ADF; the 12F40005, 12F40019, 12F37043, 12F39006, 12F39005, 12F38005, 12F38007, 12F40007, 12F38014, 12F39014, Volumax and BRS 610 presented the lowest values. Hemicellulose was different for the 24 tested genotypes, the genotype 12F39014 was superior to the other, showing value of 40,19. For cellulose, there was no difference between genotypes with overall average for the 24 genotypes of 23,74. Lignin was different as for the 24 genotypes tested, lower values were found in genotypes 12F39014 and 12F40014. Sorghum genotypes favorable for silage were 12F39006, 12F37014, 12F37007 12F39019, since they showed high levels of crude protein and *in vitro* digestibility of dry matter, and reduced levels of pH, NH₃-N / NT, NDFap and lignin.

1. INTRODUÇÃO

A estacionalidade de produção das plantas forrageiras é reconhecida como um dos principais fatores responsáveis pelos baixos índices de produtividade da pecuária nacional.

No Brasil, devido às condições climáticas, a disponibilidade de forragens é irregular ao longo do ano, com períodos alternados de excesso e escassez de pastagens. Visando a reduzir os reflexos negativos da estacionalidade na produção de forragens sobre o desempenho do rebanho, é necessário que o excesso de forragem produzida no período chuvoso seja conservado para ser utilizado no período seco, garantindo aos animais boa qualidade e quantidade de alimentação volumosa ao longo de todo o ano.

A cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) se destaca pela rusticidade, elevada produção de biomassa e pela grande tolerância ao déficit hídrico. Essas características associadas à sua eficiência energética permitem o seu cultivo em zonas áridas e semiáridas, com produção em diferentes épocas e regiões, garantindo certa perenidade na oferta de matéria-prima, motivo que tem favorecido a expansão da área plantada no Brasil.

O seu cultivo tem assumido destaque em substituição ao milho como suplemento energético, trazendo grandes vantagens econômicas ao produtor. Consiste em uma das culturas alimentares mais versáteis e eficientes, tanto do ponto de vista fotossintético, como em velocidade de maturação. Para a produção de silagem, o sorgo tem se mostrado como uma alternativa viável aos produtores rurais, principalmente em regiões edafoclimáticas que limitam o cultivo e/ou o potencial produtivo da cultura do milho.

O sorgo é uma planta favorável ao processo de ensilagem, devido às suas características fenotípicas que determinam facilidade de plantio, manejo, colheita e armazenamento. Na sua composição química contém alta

concentração de carboidratos solúveis que são essenciais para uma adequada fermentação láctica da matéria orgânica, fator responsável pela qualidade nutricional da silagem (NEUMANN *et al.*, 2002). Além do mais, possui alto potencial de produção de biomassa por unidade área, desenvolve bem em regiões áridas ou semiáridas onde a cultura se sobressai por sua maior resistência ao estresse hídrico e solos pobres, tolerância às doenças e pragas, facilidade de cultivo e conservação, bom valor nutritivo, fonte de fibra digestível e amido, além de excelente consumo animal, o que proporciona desempenho na produção de carne e leite e pode ser fornecido para animais em pastejo ou estabulados (FERREIRA *et al.*, 1995; RESTLE *et al.*, 1998).

O uso de silagem pode contribuir para elevar a produtividade animal e, conseqüentemente, a rentabilidade dos sistemas produtivos (LOURENÇO JÚNIOR *et al.*, 2004). A ensilagem é um processo de conservação da matéria orgânica picada em meio anaeróbio, que sofre alterações físico-químicas e organolépticas devido à fermentação microbiana presente.

Quanto ao melhoramento genético, estudos avançados como o modelo empírico são utilizados para seleção de novos genótipos de sorgo. Convém frisar que o processo de seleção empregado direciona para esta ou aquela característica, conforme se configura a demanda e/ou exigência da região, época, finalidade ou mesmo natureza do produto final, etc. Neste âmbito, com a seleção podemos obter: cultivares graníferas de porte baixo (visando colheita mecanizada do grão); cultivares taninosas (visando reduzir o ataque de pássaros); cultivares de porte alto (visando o aproveitamento do restolho); cultivares de baixo tanino no grão (visando o aproveitamento para confecção de produtos destinados à alimentação humana e também para uso na avicultura) e cultivares resistentes ao acamamento (produção de silagens) de acordo com Tabosa *et al.* (1993).

Objetivou-se com este trabalho selecionar dentre vinte e quatro genótipos de sorgo os superiores para produção de silagem.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Histórico da planta de sorgo

O sorgo é a base alimentar de mais de 500 milhões de pessoas em cerca de 30 países. Somente arroz, trigo, milho e batata superam em termos de quantidade de alimento consumido (RIBAS, 2009).

Originalmente africano, o sorgo pertence à família Poaceae e tem o nome científico *Sorghum bicolor*. Encontra-se no quinto lugar entre os cereais mais cultivados no mundo, ficando atrás apenas para as produções de trigo, arroz, milho e cevada (EMBRAPA, 2002).

O mesmo autor cita que em regiões como a Ásia, África, China, Rússia e América Central os grãos de sorgo são largamente utilizados para a alimentação humana, enquanto que na América do Norte e Sul, Europa e Austrália sua produção é destinada especialmente à produção de rações para nutrição animal.

De acordo com a Embrapa (2002), a cultura do sorgo é um produto da intervenção do homem, que domesticou a espécie ao longo de gerações e o transformou para satisfazer as necessidades dos humanos e animais. Sua origem está provavelmente na África, embora algumas evidências indiquem que possa ter havido duas regiões de dispersão independentes: África e Índia.

O sorgo não é nativo do hemisfério ocidental e nas Américas é de introdução bem mais recente. As primeiras introduções ocorreram no Caribe, trazidas por escravos africanos e desta região o sorgo atingiu o Sudoeste dos Estados Unidos por volta da metade do século XIX. Nos Estados Unidos, atualmente o maior produtor mundial de grãos de sorgo, a primeira lavoura de sorgo plantada de que se tem notícia data de 1853 por William Prince de Nova Iorque, segundo Embrapa (2002).

Conforme a Embrapa (2002), a partir daquela época, numerosos materiais genéticos foram introduzidos nos EUA pelo Departamento de Agricultura e outras agências provenientes de diversas partes do mundo. Mas foi na década de 40, com o surgimento dos chamados "*combine types*" ou sorgos graníferos como conhecemos hoje, é que a cultura tomou um significativo incremento em várias regiões do Oeste dos EUA.

No Brasil, onde o sorgo foi mais recentemente introduzido, seu cultivo está se popularizando também e já somos um dos dez maiores produtores mundiais. Possivelmente as primeiras sementes de sorgo trazidas ao Brasil entraram pelo Nordeste, no período de intenso tráfico de escravos para trabalhar na atividade açucareira, cereal comumente chamado na época de "Milho da Guiné" (EMBRAPA, 2002). A área cultivada com sorgo deu um salto extraordinário a partir do início dos anos 90. Atualmente o Centro-Oeste é a principal região de cultivo de sorgo granífero, enquanto o Rio Grande do Sul e Minas Gerais lideram a área de sorgos forrageiros.

Embrapa (2002), considera que modernos cultivares têm se adaptado muito bem a sistemas integrados de agricultura e pecuária. O maior uso de grãos de sorgo no Brasil está nos setores da avicultura e da suinocultura, principais consumidores, que apresentam margem de lucro muito estreita em decorrência dos altos custos de produção e baixos preços obtidos na comercialização de seus produtos; contudo, poderão reduzir significativamente seus gastos, beneficiando-se da menor cotação do sorgo, inferior à do milho. Além disso, o sorgo forrageiro com aproximadamente 40% do total da área de sorgo cultivada sinaliza para que a bovinocultura possa se tornar, em curto prazo, o grande mercado consumidor para forragem e grãos de sorgo, proporcionando incentivo à consolidação da cultura no país (COELHO *et al.*, 2002).

2.2. Fenologia do sorgo

O sorgo é uma planta de clima tropical, cultivada em diversas regiões do mundo, principalmente em locais com altitude de 1.800 m. Quanto à temperatura do ar, as pesquisas têm constatado que a temperatura ótima varia com a cultivar e que temperaturas superiores a 38 °C reduzem a produtividade, e inferiores a 16 °C limitam crescimento (COSTA *et al.*, 2004).

A planta é cultivada em áreas e condições ambientais muito secas e/ou muito quentes, onde a produtividade de outros cereais é antieconômica. Embora seja de origem tropical, vem sendo cultivado em latitudes de até 45° norte e 45 ° sul, só possível graças aos melhoristas que desenvolveram cultivares com adaptação fora da zona tropical. É cultivado principalmente onde a precipitação anual se situa entre 375 a 625 mm, ou onde esteja disponível irrigação suplementar (RIBAS, 2005). Aguiar *et al.*, (2007) observaram que boas produtividades foram obtidas com precipitação acima de 900 mm durante o ciclo.

Ainda segundo Aguiar *et al.*, (2005), é vasta a literatura mostrando que diferentes genótipos apresentam diferente tolerância ao estresse hídrico. Das suas várias características xerofíticas, a capacidade de se recuperar após a seca é a mais importante quando se pensa em predição de produtividade. Apesar de ser uma cultura resistente ao estresse hídrico, ela também sofre sob o efeito do déficit hídrico, chegando reduzir consideravelmente a produtividade.

Um dos motivos da tolerância ao estresse hídrico trata-se do sistema radicular do sorgo, mais extenso, fibroso e com maior número de pelos absorventes. A profundidade do sistema radicular chega até 1,5 m (sendo 80% até 30 cm de profundidade no solo), em extensão lateral alcança 2,0 m. O crescimento das raízes em geral termina antes do florescimento, e nessa fase a planta passa a priorizar as partes reprodutivas (panículas) as quais apresentam grande demanda por fotoassimilados (EMBRAPA, 2010).

O sorgo é uma planta C4 especialmente adaptada a altas intensidades luminosas, altas temperaturas e à seca. É sensível ao fotoperiodismo, o qual pode ser definido como a resposta do crescimento à duração dos períodos de luz e de escuro. O comprimento do dia varia conforme a estação do ano e com a latitude. O sorgo é uma planta de dias curtos, ou seja, floresce em noites longas. O fotoperíodo da planta do sorgo pode ser colocado da seguinte forma: se o comprimento do dia aumenta, a planta não floresce, ao passo que se o comprimento do dia decresce a planta floresce (EMBRAPA, 2010).

O ciclo fenológico do sorgo pode ser dividido em três fases: a vegetativa, a reprodutiva e a maturação dos grãos. A fase vegetativa, etapa de crescimento (EC1), caracteriza-se pela germinação, aparecimento da plântula, crescimento das folhas e estabelecimento do sistema radicular fasciculado. A segunda fase, EC2, começa quando o meristema apical se diferencia em meristema floral, que continua com o desenvolvimento da inflorescência e vai até a antese. Durante essa fase há a elongação dos entrenós do colmo e grande expansão das folhas. Finalmente a terceira fase, EC3, se caracteriza pela maturação dos grãos e senescência das folhas (PINHO e VASCONCELOS, 2002).

Durante a EC1, a planta tem um crescimento inicial lento, e o controle ineficiente de plantas daninhas, nesta fase pode reduzir seriamente o rendimento do grão. Na fase seguinte (EC2), aproximadamente aos trinta dias após o começo da embebição, a planta está com uma altura de 30 e 40 cm. Nessa fase a absorção de nutrientes é intensa, e é quando ocorre o maior acúmulo de matéria seca. Ocorre também um grande crescimento do sistema radicular e as folhas crescem mais rapidamente, conferindo maior capacidade de competição com as plantas daninhas. Finalmente na EC3, os fatores considerados mais importantes são aqueles relacionados ao enchimento dos grãos. O primeiro período de maturação do grão é conhecido como leitoso passando para a fase de grão

pastoso, quando o acúmulo de matéria seca é muito rápido. Durante as três etapas de crescimento, a fotossíntese, o particionamento de fotoassimilados e a divisão e expansão celular devem estar ajustados visando um bom rendimento da cultura. É lógico pensar que o rendimento final é função tanto da duração do período de enchimento de grãos como da taxa de acumulação da matéria seca diária (MAGALHÃES *et al.*, 2009).

2.3. Cultivares disponíveis

A escolha de cultivares de sorgo constitui um dos fatores de maior importância para produção de grãos, forragem ou álcool. As cultivares produzidas por entidades oficiais e particulares são testadas em vários locais do Brasil, através dos Ensaios Nacionais de Sorgo, coordenados pelo Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, a fim de se proceder à avaliação do rendimento e do comportamento dessas cultivares em relação às principais doenças e pragas (EMBRAPA, 2008).

De acordo com a Embrapa (2008) e Miranda e Pereira (2006), o sorgo é classificado agronomicamente em cinco grupos: granífero, forrageiro ou silageiro, sacarino, sudanense e vassoura.

2.3.1. Granífero

Os híbridos de sorgo granífero apresentam alta capacidade de produção de grãos (8 t ha⁻¹ de grãos secos), altura reduzida que varia de 1,00 a 1,60 m, panículas bem desenvolvidas e grãos de tamanho grande. Os grãos apresentam constituição química bastante semelhante à do milho, podendo substituí-lo, em elevadas proporções na alimentação animal. Algumas cultivares são mais

resistentes ao ataque de pássaros, pois possuem elevado teor de tanino nos grãos, o que reduz a digestibilidade da matéria seca do alimento.

Quando utilizado para silagem, a produção de massa verde é baixa, geralmente abaixo de 30 t ha⁻¹, o que eleva o custo de produção, mas a qualidade da silagem é alta, devido à elevada participação de grãos na massa ensilada. Para compensar o menor porte da planta, elevar a produção de massa verde e reduzir o custo da silagem só será possível quando aumentar a densidade de plantio, visando obter uma maior população de plantas por hectare na colheita.

Este tipo de sorgo tem uma boa capacidade de rebrota e a produtividade de grãos na rebrota pode alcançar valores médios de 80% do rendimento obtido na primeira colheita (EMBRAPA, 2008; MIRANDA e PEREIRA, 2006).

2.3.2. Forrageiro

O sorgo forrageiro compreende um tipo de porte mais alto, com altura de planta superior a 2,00 m, muitas folhas, panículas abertas, poucas sementes, elevada produção de forragem, e adaptação a regiões com baixa pluviosidade. Pode ser chamado também de silageiro pelo fato da sua aptidão ser principalmente para silagem. O sorgo forrageiro pode se transformar numa cultura de grande expressão para a produção animal, pelas seguintes características: elevado potencial de produção de biomassa, boa adequação à mecanização, reconhecida qualificação como fonte de energia para arração animal e grande versatilidade (feno, silagem, corte verde e pastejo direto). A qualidade levemente inferior de sua silagem relativamente à do milho, é de certa forma compensada pela maior produção de massa verde.

Cultivares de porte alto são muito propensas ao acamamento ou tombamento das plantas, causando sérios prejuízos aos produtores, afetando

qualidade e custo da silagem, pela perda de grãos e de folhas, além de dificultar ou impossibilitar a colheita mecanizada.

Os sorgos forrageiros de alta qualidade, conhecidos como sorgo de duplo propósito (grão e forragem), produzem silagem comparável à do milho. São genótipos de porte médio, com plantas variando de 2,00 a 2,30 metros de altura. A produção de massa verde é alta, variando de 40 a 55 t ha⁻¹ com boa produção de grãos (4 a 6 t ha⁻¹), o que confere alta qualidade à silagem. O rendimento da rebrota desse tipo de sorgo é viável, desde que as condições de temperatura e umidade do solo sejam favoráveis ao desenvolvimento da planta. Após a colheita, efetuando um cultivo com adubação em cobertura, a produção obtida na rebrota atinge valores de 40 a 60% do obtido no primeiro corte (EMBRAPA, 2008; MIRANDA e PEREIRA, 2006).

2.3.3. Sacarino

A condução da cultura do sorgo sacarino é semelhante à do forrageiro, diferindo nos métodos de colheita e processamento. As cultivares sacarinas utilizadas para a produção de álcool caracterizam-se basicamente por apresentarem: plantas altas variando de 2,00 a 3,00 metros de altura, o que confere a esses genótipos um alto potencial de produção de massa verde, colmos suculentos e com carboidratos solúveis como o da cana-de-açúcar e panículas abertas com baixa produção de grãos.

O Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo coordenou o Ensaio Nacional de Sorgo Sacarino nos últimos anos em todas as regiões do Brasil. A maior parte das cultivares avaliadas neste ensaio é de origem de programas de melhoramento dos EUA e foi desenvolvida para regiões entre 2º Sul e 3º Sudoeste de latitude, mostrando baixa produtividade quando avaliadas nas regiões Norte e Nordeste.

Existem no mercado várias empresas produzindo genótipos adaptados às diversas condições brasileiras. As variedades geralmente têm menor potencial de produção que os híbridos, especialmente em termos de grãos. A produção de massa verde dos híbridos é alta, variando de 50 a 70 t ha⁻¹ no primeiro corte; boa rebrota, colhendo-se de 30 a 70% no segundo corte, dependendo da temperatura, da disponibilidade de água, da fertilidade do solo e adubação (EMBRAPA, 2008; MIRANDA e PEREIRA, 2006).

2.3.4. Sudanense

O sorgo sudanense, também conhecido como sorgo sudão, além dos híbridos interespecíficos de *Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense* é caracterizado por apresentar ciclo vegetativo precoce, atingir até 3 metros de altura e possuir colmos com espessura fina, o que facilita o processo de desidratação para produção de feno.

O capim sudão também se adapta ao clima seco e prospera em locais com altas concentrações de sal e baixa disponibilidade de água, embora responda bem à irrigação. As suas sementes apresentam boa germinação, com rápida emergência sob altas temperaturas do solo e do ar, tem melhor capacidade de rebrota que a maioria das gramíneas anuais, permitindo utilizações sucessivas para pastejo e produção de feno (EMBRAPA, 2008; MIRANDA e PEREIRA, 2006).

2.3.5. Vassoura

É um tipo de sorgo que apresenta porte alto, colmos geralmente finos e que possui as panículas com características especiais, que as tornam adequadas ao fabrico de vassouras e escovas.

Poucos estudos foram efetuados com este tipo, não existindo hoje firmas comerciais que possuam sementes no mercado. Os plantios são geralmente efetuados com sementes obtidas no plantio do ano anterior e é hoje uma cultura que apresenta problemas de doenças.

Não é cultivado em todas as regiões do país, tem importância regionalizada, principalmente no Sul do Brasil e no interior de São Paulo onde é usado na fabricação de vassouras e também como produto artesanal (EMBRAPA, 2008; MIRANDA e PEREIRA, 2006).

2.4. Produtividade

Em relação à produção de matéria verde (MV) do sorgo, a produtividade mínima aceitável é de 40 t ha⁻¹ de MV, pois, abaixo disso, é economicamente inviável. Quanto à produção de matéria seca (MS), esta é uma importante característica na avaliação da viabilidade econômica de uma forrageira destinada à produção de silagem. A produtividade esperada do sorgo para o primeiro corte é de 4 a 11 t ha⁻¹ de grãos e 40 a 45 t ha⁻¹ de massa verde.

Os fatores ambientais e a genética influenciam diretamente na produção e na capacidade de absorção de nutrientes pelas plantas. O efeito da estação do ano também é importante, podendo modificar a anatomia da planta e consequentemente a sua composição química (MAGALHÃES, 1985). Fatores integrados também influenciam na produtividade, dentre eles estão: a

interceptação de radiação pelo dossel, eficiência metabólica da planta, eficiência de translocação de fotoassimilados para os grãos e a capacidade de dreno.

Lima *et al.*, (2007), avaliando a cultivar de sorgo forrageiro (BRS Ponta-Negra) de alta produtividade de grãos, forragens e capacidade de rebrota, registraram produção de MV de 38,50 t ha⁻¹ no primeiro corte, 29,09 t ha⁻¹ no segundo corte, 21,83 t ha⁻¹ no terceiro corte e 19,68 t ha⁻¹ no quarto corte. Oliveira (2008), determinando a produção de diferentes forrageiras, encontrou produtividade de 82,0 t ha⁻¹ de MV para o sorgo forrageiro BR 601. Rodrigues Filho (2006), mensurando a produção dos genótipos de sorgo forrageiro BRS610, CMSXS762, BR506 e BR700, reportou valores de 63,90; 59,93; 67,56 e 45,87 t ha⁻¹ de MV e 14,22; 15,40; 16,38 e 14,64 t ha⁻¹ de MS, respectivamente para os genótipos de sorgo. Gomes *et al.*, (2006), em experimento avaliando genótipos de sorgo no Estado do Ceará, revelaram produções de matéria seca variando de 6,88 a 14,83 t ha⁻¹. A cultivar de maior produção foi a IPA 467-4-2, que foi também a de maior altura, comparada aos onze demais genótipos. Considerando que essa cultivar foi a mais alta, pode-se inferir a possibilidade da existência de uma correlação direta entre a altura das plantas e a participação do colmo na produção da matéria seca. Segundo Zago (1997), híbridos mais altos apresentam maiores percentagens de colmo, o que pode comprometer o valor nutritivo do material.

A interação entre uma boa produtividade de matéria seca e um bom valor nutritivo tem sido buscada a partir dos híbridos de sorgo que tenham um bom equilíbrio entre colmo, folha e panícula. Quando se deseja alta produção de massa verde para silagem, cultivares de sorgo forrageiro se destacam pela elevada produção de massa; contudo, a proporção de grãos é menor. Por outro lado, o sorgo granífero é caracterizado pela alta produção de grãos, mas com baixo valor de biomassa. Sorgos de duplo propósito apresentam produções intermediárias de massa verde e grãos. Em relação às características

agronômicas, os híbridos interespecíficos apresentam vantagens em relação a outras plantas forrageiras cultivadas (ZAGO, 1992).

A composição estrutural da planta de sorgo também é um ponto importante tanto para a produção quanto para a qualidade da silagem. As panículas e as folhas são os componentes da planta que apresentam maiores coeficientes de digestibilidade e, teoricamente, uma maior digestibilidade total da planta inteira. As porcentagens de folha, colmo e panícula têm estreita ligação com a altura da planta. Genótipos mais altos atingirão maiores produtividades, porém, a percentagem de colmo será alta em relação às folhas e panículas, comprometendo a digestibilidade *in vitro* da matéria seca da planta completa (ZAGO, 1997).

Gontijo Neto *et al.*, (2002), avaliando a produtividade de genótipos de sorgo forrageiro sob níveis crescentes de adubação, observaram valores de produção de matéria seca digestível (PMSD) variando entre 8,0 e 9,2 t ha⁻¹, sendo valores elevados, ou seja, quanto da forrageira produzida realmente foi digestível para os animais.

2.5. Silagem de sorgo na nutrição de ruminantes

A produção de silagem de alta qualidade é um aspecto que vem sendo trabalhado no setor pecuário, com o objetivo de diminuir os custos do sistema de produção. Essa prática proporciona redução significativa na utilização de concentrados (BRONDANI e ALVES FILHO, 1998; RESTLE *et al.*, 1999a), pois segundo Allen (1996) o alimento volumoso, como componente da dieta tem papel fundamental na manutenção das funções ruminais, fonte de energia e no potencial de desempenho dos rebanhos. O uso de combinações entre alimentos volumosos pode ser uma maneira viável de otimização do consumo, melhorando

a ingestão de nutrientes e reduzindo o custo da dieta, visto que proporciona a possibilidade de redução no consumo de concentrado.

Os híbridos de sorgo para produção de silagem são selecionados por características que conferem elevada concentração de energia na massa das plantas, estabilidade de índices de produtividade e de produção de grãos, rusticidade e grande resistência a deficiências hídricas ocasionais e pragas. O grande potencial do sorgo para ensilagem deve-se, principalmente, ao seu elevado teor de carboidratos solúveis, que garante adequada fermentação no interior do silo, sem a necessidade do uso de aditivos (ZAGO, 2002).

Lance *et al.*, (1964) relataram ter a silagem de sorgo de 85 a 92% do valor nutritivo da silagem de milho. Entretanto, existem relatos de semelhança entre milho e sorgo (MELOTTI *et al.*, 1968; AZEVEDO *et al.*, 1974), ou ligeira superioridade para o sorgo (SILVA *et al.*, 1973). Na revisão de Rooney e Pflugfelder (1986), constata-se que o sorgo precisa ser mais intensamente processado que o milho para atingir a digestibilidade ótima para o grão. Várias pesquisas reportam que a comparação entre o valor nutricional de diversos grãos de cereais indica que o sorgo apresenta de 93 a 96% do valor nutritivo do milho.

Ao considerar o consumo de matéria seca e produção de leite ou carne, normalmente os sorgos de porte médio e baixo são semelhantes ao milho, e os sorgos de porte alto, normalmente, inferiores (OWEN *et al.*, 1957; BROWNING *et al.*, 1961; BROWNING e LUSK, 1966; NORDQUIST e RUMERY, 1967 e NAUFEL *et al.*, 1969). Enfatizando a produção de leite, a maioria dos autores verificaram superioridade para a silagem de milho (VILELA, 1983; GOMIDE *et al.*, 1987), enquanto outros encontraram produções semelhantes (BROWNING e LUSK, 1966; NORDQUIST e RUMERY, 1967) ou até superiores para a de sorgo (BROWNING *et al.* 1961).

O consumo de nutrientes é o principal fator associado ao desempenho animal, pois é determinante no atendimento às exigências de manutenção e

produção, podendo ser influenciado pelas características do animal, do alimento e das condições de alimentação (MERTENS, 1994).

Além do consumo e da composição bromatológica dos alimentos, é importante o conhecimento da utilização dos nutrientes pelo animal, que é obtido a partir de estudos sobre a digestão. Muitos fatores influenciam a digestibilidade, incluindo a composição e o preparo dos alimentos e os fatores dependentes do animal e do nível nutricional (MCDONALD *et al.*, 1995).

Nas plantas de sorgo, os taninos estão presentes nos vacúolos celulares nas folhas e na testa das sementes. Embora a presença de taninos esteja mais relacionada aos grãos, alguns trabalhos que analisaram diferentes partes da planta identificaram a presença destes compostos nas folhas, bainha e caule (NSAHLAI *et al.*, 1998). Taninos são compostos fenólicos, portanto, não estão envolvidos nos processos essenciais da planta (respiração, fotossíntese, transpiração e etc). Os taninos são classificados na nutrição como fator antinutricional e podem afetar o desempenho animal (ELKIN e ROGLER, 1991). Grãos com teores de tanino acima de 1% podem diminuir a digestibilidade de metionina, aminoácido limitante ao desenvolvimento de aves e suínos. Todavia, não acarreta problemas nutricionais para ruminantes, com exceção dos bezerros, quando ainda não possuem rúmen funcional (TEIXEIRA, 2001).

Outro fator antinutricional presente no sorgo é o ácido cianídrico, glicosídeos cianogênicos ou ésteres, que podem liberar substâncias tóxicas quando a planta sofre algum estresse (falta de água, frio, pastejo e pisoteio), que ocasione a ruptura de sua estrutura celular. A liberação do ácido cianídrico ocorre em presença da enzima β -glicosidase, que tem a função de transformar o composto glicosídeo cianogênico e o composto p-dihidroximandelonitrilo em açúcar e ácido cianídrico (HCN). Uma vez ingerido e absorvido pelo organismo, o ácido se combina com a hemoglobina para formar a cianohemoglobina,

impedindo o transporte de oxigênio para as células, causando risco de intoxicação nos animais (CARVALHO, 1996).

Todas as cultivares de sorgo, quando jovens, possuem um heteroglucosídeo cianogênico, a durrina, que encontra no rúmen condições ideais para se transformar por ação enzimática da emulsificação em ácido cianogênico. O risco de intoxicação é maior quando o sorgo é utilizado para pastejo direto ou corte, principalmente nas rebrotas, uma vez que a durrina se concentra mais nas folhas superiores das plantas. Entretanto, com o avanço da maturidade ocorre uma redução dos níveis desta substância na planta, que só deve ser utilizada quando atingir aproximadamente um metro de altura ou estiver próxima do florescimento, porque seguramente este nível tóxico é bem baixo (10% do encontrado na fase vegetativa), não apresentando nenhum perigo aos animais. Desse modo, deve-se ter o cuidado de não deixar os animais se alimentarem de plantas jovens (DERMARCHI *et al.*, 1995).

2.6. Qualidade fermentativa das silagens

A ensilagem é um processo de conservação que consiste na fermentação anaeróbica de plantas forrageiras e seu processo tem sido amplamente estudado com o intuito de suprir as deficiências causadas pelo período de escassez de alimentos, além de conservar o valor nutricional da dieta, reduzir os gastos com a utilização de concentrados e aperfeiçoar a eficiência produtiva das propriedades (MELLO, 2004).

Contudo, obter uma silagem de alta qualidade depende de alguns parâmetros determinados após a fermentação da forrageira. A classificação é feita a partir das análises de pH, atividade de água e relação nitrogênio amoniacal/nitrogênio total.

2.6.1. pH

O pH (potencial hidrogeniônico) é uma grandeza físico-química que indica a acidez, neutralidade ou alcalinidade de um meio qualquer. Sua escala varia entre 0 e 14, sendo que o pH 7 com temperatura de 25 °C, indica um pH neutro, abaixo desse valor refere-se a um meio ácido e acima de 7 indica um meio alcalino (PILCH, 2014).

A avaliação do pH na silagem é comumente utilizada como indicativo da qualidade fermentativa, por ser uma análise rápida, barata e de fácil execução. Ao medir o valor do pH, pode-se avaliar a magnitude da fermentação, processo fundamental para o sucesso da forragem conservada. Assim, valores de pH das silagens bem conservadas variam entre 3,6 a 4,2; enquanto que as de baixa qualidade se situam entre 5,0 a 7,0 (TOMIC, 2004).

Silagens bem conservadas apresentam altas proporções de ácido lático em relação aos outros ácidos orgânicos, desde que não se utilizem aditivos para restringir a fermentação (FAIRBAIRN *et al.*, 1992). A estabilização do pH e a adequada quantidade de ácidos orgânicos fazem com que se reduza a capacidade tamponante da forragem (VAN SOEST, 1994). A redução do pH na silagem, decorrente da produção desses ácidos, promove uma queda na atividade proteolítica das enzimas da própria forragem e reduz o crescimento de microrganismos anaeróbicos indesejáveis, particularmente as enterobactérias e clostrídios (PILCH, 2014).

Oliveira (2008), encontrou valor de 3,9 para o pH da silagem de sorgo forrageiro. Ribeiro *et al.*, (2007), determinando o padrão fermentativo da silagem de cinco genótipos de sorgo, verificaram valores de pH variando entre 3,69 e 4,58. Araújo *et al.*, (2007), analisando qualidade das silagens de três genótipos de sorgo ensilados em cinco diferentes estádios de maturação, constataram valores de pH entre 3,65 e 4,09.

2.6.2. Atividade de água

Segundo Ditchfield (2000), o termo atividade da água (A_w) foi criado para denominar a água disponível para crescimento microbiano e reações que possam deteriorar os alimentos. A A_w refere-se à medição da concentração de solutos em água e seus efeitos sobre a atividade química da água. O valor da A_w indica o nível de água em sua forma livre nos materiais e é expresso na escala de 0 a 1,0; em que se considera o valor 0 (zero) para materiais livres de água e 1,0 para a água em sua forma líquida. Logo, a atividade de água pura é 1,0 e diminui com o aumento na concentração de solutos.

No campo da avaliação de alimentos ensilados, a A_w é de grande importância para a qualidade de fermentação durante a ensilagem e para a atividade microbiológica durante a fase de utilização da silagem. De acordo com Lindgren (1999), a redução na A_w pode ter efeito sinérgico na queda do pH, devido à tolerância das bactérias ácido lácticas às condições de baixa umidade, assumindo grande importância na qualidade da fermentação da silagem.

Os microrganismos de uma forma geral são fundamentais no processo de fermentação de silagens e têm sua atividade largamente afetada pela A_w . Alguns trabalhos conduzidos no Brasil, com espécies tropicais, evidenciam valores relativamente elevados para a A_w em silagens de gramíneas. Nesse contexto, Castro *et al.*, (2001), registraram valores de A_w entre 0,69 e 0,85 para silagem de Tifton 85, enquanto Igarasi (2002), registrou valores de A_w superiores a 0,93 para silagem de Capim-Tanzânia.

O desenvolvimento da maioria das bactérias e fungos está restrito a valores de A_w acima de 0,90, no entanto, as salmonelas precisam de A_w superior a 0,92 para crescimento. Garcia (2004), destaca que o limite mínimo para o crescimento de fungos é de 0,78 A_w e a produção de aflatoxinas é de 0,86 A_w . Segundo McDonald *et al.*, (1991), o crescimento de bactérias do gênero

Clostridium é inibido com A_w abaixo de 0,94, mas as bactérias ácido lácticas são menos sensíveis.

Nos estudos publicados por pesquisadores brasileiros, tem-se verificado que o aumento no teor de matéria seca de silagens de gramíneas evidencia reduções na população microbiana, especialmente de clostrídeos. Em silagens de materiais emurchecidos, a baixa atividade microbiana torna-se evidente pela baixa concentração de ácidos orgânicos e consequente pH mais elevado (JOBIM, 2007).

2.6.3. Relação N amoniacal / N total

O conteúdo de amônia das silagens, expresso como percentagem do nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total ($N-NH_3/NT$), é utilizado na avaliação das silagens. O aumento da produção de amônia provocado pela proteólise ou pela ocorrência eventual de aquecimento excessivo na massa do silo pode ocasionar neutralização dos ácidos desejáveis e reações de “Maillard” conforme Pigurina (1991), parâmetros determinantes na qualidade final do material ensilado (VAN SOEST, 1994).

Segundo McDonald *et al.*, (1991), silagens mal preservadas apresentam níveis de amônia superiores a 20%. Essa amônia é derivada do catabolismo de aminoácidos, entre outros produtos de degradação como aminas, cetoácidos e ácidos graxos, por via de três processos bioquímicos: deaminação, descarboxilação e reações de oxidação e redução.

Quanto à relação, o teor de $N-NH_3/NT$ junto com o valor de pH são indicativos do processo fermentativo. Normalmente a quantidade de amônia é utilizada como indicador da atividade clostridial proteolítica. Muitos trabalhos concordam com a utilização deste parâmetro na indicação do grau de proteólise na silagem (MCDONALD *et al.*, 1991). Tais preocupações são importantes,

visto que os altos níveis de proteólise nas silagens podem estar relacionados a baixos consumos voluntários e menor eficiência de síntese de proteína microbiana (VAN SOEST, 1994).

A silagem é considerada de muito boa qualidade quando apresenta uma relação N-NH₃/NT menor que 10%, boa entre 10 e 15%, média entre 15 e 20% e ruim quando maior que 20% (AFRC, 1987).

Skonieski *et al.*, (2010), estudando as características fermentativas de silagens de sorgo forrageiro e duplo propósito, encontraram para os genótipos forrageiros valor de 1,9% de N-NH₃/NT. Para os duplos propósitos, o valor foi de 1,91% para a relação N-NH₃/NT.

O nitrogênio amoniacal da silagem é significativamente menor quando se ensilam materiais com valores altos de matéria seca e carboidrato solúvel em água (MCDONALD *et al.*, 1991). Gonçalves *et al.*, (1999), ao compararem silagens de diferentes híbridos de sorgo, observaram menores concentrações de N-amoniacal em silagens com maiores concentrações de MS.

Um importante fator determinante do tipo de fermentação no processo de ensilagem é o teor de matéria seca da planta. Nos sorgos, esse teor varia com a idade de corte e com a natureza do colmo da planta (CARVALHO *et al.*, 1992). Segundo Cummins (1972), o desenvolvimento de híbridos de sorgo com colmo seco pode contribuir para a produção de silagem de melhor valor nutritivo, com menores perdas durante o processo de ensilagem e melhor consumo voluntário pelos animais. No entanto, a correlação colmo succulento com menor teor de matéria seca da planta inteira não foi encontrada em alguns trabalhos (BORGES, 1995 e NOGUEIRA, 1995). Este último autor afirma que a proporção de grãos da planta exerceu maior influência no teor de matéria seca que a succulência ou não do colmo.

Conforme Carvalho *et al.*, (1992), das frações da planta de sorgo, o colmo é a porção que menos contribui para a elevação do teor de matéria seca,

seguido pelas folhas e a panícula que permite grandes ganhos de matéria seca num curto período. Segundo Nússio (1992), 40-50% da produção de matéria seca deveriam ser compostos de grãos no momento da ensilagem, na tentativa de garantir qualidade e consumo do material ensilado.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local e dados climáticos

O estudo foi conduzido no período de Fevereiro a Agosto de 2014, no campo experimental da Embrapa Milho e Sorgo, localizado no município de Sete Lagoas - MG, onde foram implantadas as parcelas experimentais para avaliação dos genótipos de sorgo para produção de silagem.

Sete Lagoas se localiza na porção centro-norte do Estado de Minas Gerais e a norte da capital Belo Horizonte. O relevo em grande parte é caracterizado por superfícies aplainadas e vales abertos, intercalados por planaltos residuais. Os solos da região em sua maioria são rasos, devido à rocha calcária, mas são ricos em nutrientes. O solo predominante é o Argissolo Vermelho, que abrange uma área de sul a norte do município; quanto à vegetação natural, está inserida em sua maior parte em áreas de Cerrado. Com relação à hidrografia, a região faz parte da Bacia do Rio das Velhas, afluente do Rio São Francisco.

Marques, Alvarenga e Curi (1998), afirmam que a condição climática da região de Sete Lagoas, na classificação de Köppen, é tropical estacional de savana sendo os verões quentes e chuvosos, bem como os invernos secos (Aw). Estação chuvosa predominante no município é de outubro a março e estiagem de maio a agosto. O índice médio pluviométrico anual é de 1.403 mm. Em conformidade com dados da estação meteorológica do município, a temperatura média anual é de 20,9 °C, com mês mais frio (Julho) média de 17,5 °C, enquanto com o mês mais quente (Fevereiro) média de 23,0 °C.

3.2. Genótipos utilizados

Foram utilizados neste experimento 24 genótipos de sorgo forrageiro, sendo 21 híbridos obtidos do cruzamento entre fêmeas graníferas e machos forrageiros, adicionalmente 3 testemunhas: o BRS 610 e BRS 655, provenientes da Embrapa, com alta produção de massa, e VOLUMAX que também possui alta produção de massa e alto valor nutritivo da silagem.

Os 21 híbridos testados são: 12F38019, 12F38006, 12F40006, 12F40005, 12F40019, 12F37016, 12F37005, 12F37043, 12F39006, 12F39005, 12F39019, 12F38005, 12F38007, 12F37007, 12F39007, 12F40007, 12F38014, 12F37014, 12F39014, 12F40014 e 12F38009.

3.3. Plantio

Os 24 genótipos de sorgo foram semeados em Fevereiro de 2013. Foram semeadas 20 sementes por metro linear em cada parcela e após a emergência das plântulas foi realizado um desbaste para ajustar o número de planta por metro linear em função do genótipo avaliado. A colheita foi mecanizada, realizada no mês de Maio quando a planta de sorgo apresentou teor de matéria seca favorável para o processo de ensilagem.

Para a condução do experimento no campo, foi utilizado o delineamento em blocos ao acaso, sendo 24 genótipos semeados em 3 blocos, totalizando 72 parcelas experimentais. Cada parcela foi constituída por 6 fileiras com 6 metros de comprimento e 70 centímetros de espaçamento entre fileiras. A adubação foi realizada de acordo com a análise de solo e as exigências da cultura.

No plantio foram utilizados 400 kg de NPK (8, 28, 16) e adicionado 0,5% de Boro. Após 40 dias, a adubação foi de cobertura utilizando-se 100 kg de ureia.

3.4. Avaliação da produção, das características bromatológicas, fermentativa e digestibilidade *in vitro* da matéria seca

As avaliações da produtividade ($t\ ha^{-1}$) foram efetuadas em quatro fileiras (centrais e intermediárias) de plantio em cada parcela, eliminando-se 1 m nas extremidades de cada fileira, e as duas fileiras laterais de cada parcela como bordaduras. Nas mesmas fileiras também foram avaliadas: as características bromatológicas, fermentativas e a digestibilidade *in vitro* da matéria seca das silagens de sorgo.

Foram utilizados silos de laboratório feitos de tubos de PVC de 100 mm de diâmetro e 500 mm de comprimento, sendo a forrageira picada em picadeira estacionária e prensada com soquete de madeira, adotando-se uma densidade média de $600\ Kg\ m^{-3}$. Os silos foram vedados no momento da ensilagem, com tampas de PVC providas de válvulas tipo Bunsen e lacradas com fita crepe, sendo pesados antes e após a ensilagem.

Foram realizadas três repetições por tratamento e duas réplicas (em caso de perda da silagem por fungos) por parcela, sendo confeccionado um total de cento e quarenta e quatro (144) silos, que foram abertos após 56 dias de ensilagem.

A avaliação nutricional das silagens foi realizada no Laboratório de Análise de Alimentos da Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES) – Campus Janaúba, MG.

No momento da abertura dos silos, o material foi homogeneizado e extraídos aproximadamente 200 mL de suco da silagem prensada com auxílio de um prensa hidráulica para determinação dos valores de pH, extraídos da massa do silo 25 g de silagem para nitrogênio amoniacal e 20 g para determinação para atividade de água, colocados em mini bandejas de plástico.

Amostra retirada após abertura dos silos foi colocada em sacos de papel, pesada e posteriormente realizado a pré-secagem em estufa de ventilação

forçada a 55 °C, por 72 horas ou até atingir peso constante. As amostras pré-secas foram moídas em moinho tipo Willey com peneira de malha de 1 mm e, em seguida, acondicionadas em frascos de vidro com tampa rosqueável identificadas para as posteriores análises de composição química do alimento: matéria seca (MS), cinzas (CNZ), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (LIG). Seguindo metodologias descritas por Detmann (2012), foram analisadas: fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) em autoclave. Conforme descrito por Pell e Schofield (1993), nas análises de FDN, as amostras foram tratadas com alfa-amilase termoestável, sem o uso de sulfito de sódio, e corrigidas para nitrogênio e cinzas residuais (MERTENS, 1992) e calculados os teores de hemicelulose e celulose a partir dos resultados encontrados nas análises de FDN, FDA e lignina.

As análises fermentativas da silagem: pH, nitrogênio amoniacal e atividade de água foram executados a partir do suco e da silagem. Para a determinação do pH, empregou-se um peagâmetro seguindo metodologia descrita por Silva e Queiroz (2006). A análise do N-NH₃/NT foi realizada amostrando-se aproximadamente 25 g de silagem de cada genótipo. Em seguida, estas foram tratadas com 200 mL de solução de ácido sulfúrico a 0,2N, inseridas em potes com tampas e mantidas em repouso durante 48 horas sob refrigeração para solubilização do N-NH₃. Subsequente, foram filtradas em papel-filtro de rápida filtração e o filtrado submetido à destilação com hidróxido de potássio (KOH) 2N em aparelho do tipo micro Kjeldahl e, em seguida, titulado com ácido clorídrico (HCl) 0,1N, conforme Bolsen *et al.*, (1992). A medida da atividade de água das silagens foi realizada pela metodologia descrita por Mari (2003), utilizando-se o equipamento AquaLab 4TE DUO.

A determinação de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foi realizada com as amostras pré-secas a 55 °C. A DIVMS foi determinada de

acordo com a metodologia descrita por Tilley e Terry (1963), modificada por Holden (1999), através do uso da incubadora *in vitro* da Tecnal® (TE-150), com modificação do material do saquinho utilizado (7,5 x 7,5 cm), confeccionado utilizando-se tecido não tecido (TNT – 100 g/m²) conforme Casali *et al.*, (2008).

O líquido ruminal necessário para a determinação da DIVMS foi coletado de dois bovinos mestiços adultos, castrados, providos de cânula ruminal, de aproximadamente 400 kg de peso corporal, retirado pela manhã e proporcionalmente misturado para a obtenção de um líquido composto (pool). Os animais foram alojados em um curral, alimentados com silagem de sorgo e suplementados com concentrado, sal mineral e água *ad libitum* durante os 15 dias anteriores à coleta.

O CO₂ foi inoculado por cerca de 30 segundos antes e após a adição do líquido ruminal, juntamente com o material na fase sólida. Para o inóculo proveniente da fístula ruminal, foi mantida uma proporção de 50% de material da fase sólida e 50% de material líquido para sobrevivência dos microrganismos. Cerca de 400 mL de cada inóculo foram colhidos para cada jarro. Em cada jarro da incubadora artificial foram colocados os saquinhos (24 saquinhos + 1 amostra em branco) contendo 2 gramas de amostra moída em peneira de crivo 5 mm, 1.200 mL de solução tampão de McDougall (g/litro – 9,8 de NaHCO₃; 7 de Na₂HPO₄ x 7H₂O ; 0,57 de KCl; 0,47 de NaCl; 0,12 de MgSO₄ x 7H₂O e 0,04 de CaCl₂) e 400 mL de líquido ruminal. Antes da incubação, foi adicionado a cada 1.200 mL de solução-tampão de McDougall, 20 mL de solução de ureia (5,5 g de ureia/100 mL H₂O) e 20 mL da solução de glicose (5,5 g de glicose/100 mL H₂O). Após o preparo, a solução foi inoculada com CO₂ com o objetivo de eliminar o oxigênio (O₂), propiciando um ambiente anaeróbio; em seguida foi realizada a incubação dos materiais por 48 horas.

O método de incubação em dois estágios foi realizado pela adição de cerca de 40 mL de ácido clorídrico (HCl) a 6 N e 8 g de pepsina em cada jarro,

mantendo-se a 39 °C por mais 24 horas. A pepsina foi previamente dissolvida em 34 mL de água destilada a 35 °C durante cinco minutos em agitador, mantendo-se o pH da solução entre 2,0 e 3,5 (HOLDEN, 1999). Ao término deste período, os jarros foram drenados e os sacos de TNT foram lavados no próprio jarro, cinco a seis vezes com água destilada e uma única lavagem com acetona. O gás contido nos sacos foi removido com delicada pressão das mãos sobre os mesmos, os quais foram colocados em estufa a 105 °C por 12 horas para secagem. Os filtros de TNT foram pesados com os resíduos para se determinar a matéria seca (MS) e o coeficiente de digestibilidade *in vitro* da MS, tendo sido calculados pela diferença do alimento incubado e pelo resíduo, após a incubação, através da fórmula:

DIVMS (%) = ((%MS do alimento incubado – (%MS do resíduo x Fator de correção))/%MS do alimento incubado) x 100, sendo o fator de correção o resultado da razão entre o peso da amostra em branco antes de incubar pelo peso da mesma amostra após incubação.

Já para a produção de matéria seca digestível (PMSD) para cada genótipo, foi calculado com a seguinte equação: $PMSD \text{ t ha}^{-1} = (\%MS \text{ } 105 \text{ } ^\circ C \times \%DIVMS)$

3.5. Análises estatísticas

Os dados obtidos no laboratório foram submetidos à análise de variância por meio do programa SISVAR (FERREIRA, 2010), e quando a mesma apresentou significância para o teste de “F” a média do fator genótipo foi comparada pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade, conforme o modelo estatístico a seguir:

$$Y_{ik} = \mu + G_i + B_k + e_{ik}$$

Em que:

Y_{ik} = Observação referente ao genótipo i , na repetição k ;

μ = Média geral;

G_i = Efeito do genótipo i , com $i = 1, 2, 3 \dots 24$;

B_j = efeito de bloco k , onde $k = 1, 2$ e 3 ;

e_{ik} = O erro experimental associado aos valores observados (Y_{ik}) que por hipótese tem distribuição normal com média zero e variância σ^2 .

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Qualidade fermentativa

Ao considerar o pH das silagens de sorgo avaliadas, pode-se observar na Tabela 1 que houve diferença ($P < 0,05$) entre os 24 genótipos. Os 13 genótipos: 12F37043, 12F38019, 12F38006, 12F40006, 12F37016, 12F37005, 12F38014, 12F39007, 12F38007, 12F39005, 12F39014, 12F40014 e BRS 655 obtiveram valores elevados de pH, variando de 4,03 e 4,25. Os demais genótipos: 12F40005, 12F40019, 12F39019, 12F39006, 12F38005, 12F37007, 12F40007, 12F37014, 12F38009, VOLUMAX e BRS 610 apresentaram valores reduzidos, variando de 3,80 a 4,00, sendo valores desejáveis para a fermentação. Apesar das diferenças entre os genótipos, os materiais ensilados apresentaram valores de pH que possibilitam uma boa conservação do material ensilado.

Somente o genótipo 12F37005 apresentou valor de pH acima do preconizado por Paiva (1976) e McDonald *et al.*, (1991), sendo de 4,2 acima, inadequado para uma boa preservação do material ensilado, mas como este não diferiu dos genótipos que apresentaram valores de pH elevados, a silagem produzida pode ser considerada de boa qualidade.

Quando comparado os encontrados na literatura, Ribeiro *et al.*, (2007), determinando o padrão fermentativo da silagem de cinco genótipos de sorgo, verificaram valores de pH variando entre 3,69 e 4,58. No entanto, Araújo *et al.*, (2007), analisando qualidade das silagens de três genótipos de sorgo ensilados em cinco diferentes estádios de maturação, encontraram valores de pH variando de 3,65 a 4,09. Jayme *et al.*, (2007), pesquisando a composição bromatológica e perfil de fermentação das silagens de cinco genótipos de capim-Sudão (*Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*), encontraram valores de pH variando de 3,6 a 3,75.

TABELA 1. Teores médios de potencial hidrogeniônico (pH), atividade de água (Aw) e relação nitrogênio amoniacal/nitrogênio total (N-NH₃/NT) em silagens de vinte e quatro genótipos de sorgo (dados expressos na matéria seca)

Genótipos	pH(%)	Aw	N-NH ₃ /NT(%)
12F38019	4,12 ^A	0,97	2,68 ^C
12F38006	4,11 ^A	0,96	2,44 ^C
12F40006	4,10 ^A	0,97	3,10 ^C
12F40005	4,00 ^B	0,97	3,52 ^B
12F40019	3,94 ^B	0,97	3,52 ^B
12F37016	4,14 ^A	0,96	2,25 ^C
12F37005	4,25 ^A	0,96	4,37 ^A
12F37043	4,05 ^A	0,97	2,68 ^C
12F39006	3,94 ^B	0,97	3,10 ^C
12F39005	4,17 ^A	0,96	3,48 ^B
12F39019	3,94 ^B	0,97	3,24 ^C
12F38005	3,90 ^B	0,97	4,23 ^A
12F38007	4,06 ^A	0,97	3,24 ^C
12F37007	3,93 ^B	0,97	2,72 ^C
12F39007	4,03 ^A	0,97	2,96 ^C
12F40007	4,00 ^B	0,97	2,72 ^C
12F38014	4,03 ^A	0,97	2,82 ^C
12F37014	3,94 ^B	0,97	2,82 ^C
12F39014	4,15 ^A	0,97	2,96 ^C
12F40014	4,07 ^A	0,97	2,96 ^C
12F38009	3,98 ^B	0,96	4,09 ^A
BRS 655	4,11 ^A	0,97	3,10 ^C
VOLUMAX	3,80 ^B	0,97	2,96 ^C
BRS 610	3,99 ^B	0,96	3,65 ^B
Média	-	0,97	-
CV(%)	3,16	0,80	15,37

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas, na mesma coluna, diferem entre si (P<0,05) pelo Teste Scott-Knott. CV = Coeficiente de variação.

Silagens de sorgo, quando bem fermentadas, apresentam valores mínimos de pH em torno de 3 a 7 dias após a ensilagem, que são mantidos por longo tempo de estocagem (FAIRBAIRN, 1992; VAN SOEST, 1994; MEESKE *et al.*, 1993). A estabilidade do pH na silagem deve-se a interações entre concentração da matéria seca, da capacidade tamponante da forrageira (FISHER e BURNS, 1987), das concentrações de carboidratos solúveis e do lactato e das condições de anaerobiose do meio (HAIGH, 1990; HERDERSON, 1993; MOISIO e HEIKONEN, 1994).

A redução do pH na silagem, decorrente da produção de ácidos orgânicos, promove uma queda na atividade proteolítica das enzimas da própria forragem e reduz o crescimento de microrganismos anaeróbicos indesejáveis, particularmente as enterobactérias e clostrídios.

Segundo Van Soest (1994), em silagens com teor de matéria seca superior a 35%, o pH não é um parâmetro importante na avaliação da sua qualidade, pois, nesse caso, o desenvolvimento da acidez é inibido pela deficiência hídrica e pela alta pressão osmótica do meio. Portanto, o pH é inversamente correlacionado com o teor de umidade.

Os teores de pH das silagens deste experimento foram próximos ao valor padrão (abaixo de 4,2) preconizado pelos autores, que permitem classificar as silagens como bem conservadas e de boa qualidade.

Na Tabela 1, os teores presentes nas silagens de 24 genótipos de sorgo para a atividade de água foram próximos, isto é, não diferiram ($P > 0,05$). A média geral dos 24 genótipos foi de 0,97, sendo que o A_w indica o nível de água em sua forma livre nos materiais e é expresso na escala de 0 a 1,0 A_w . Considera-se o valor 0 (zero) para materiais livres de água e 1,0 para a água em sua forma líquida. Logo, a atividade de água pura é 1,0 e diminui com o aumento na concentração de solutos.

Alguns trabalhos conduzidos no Brasil, com espécies tropicais, evidenciam valores relativamente elevados para a Aw em silagens de gramíneas. Nesse contexto, Castro *et al.*, (2001) registraram valores de Aw entre 0,69 e 0,85 para silagem de Tifton 85. Por outro lado, Igarasi (2002), reportou valores de Aw superiores a 0,93 para silagem de capim-Tanzânia.

Já Motta (2012), avaliando a microbiota fúngica em dietas de bovinos leiteiros utilizando como volumoso silagem de sorgo encontrou valores de 0,92 Aw, inferiores aos encontrados no presente trabalho.

Na avaliação de alimentos ensilados, a Aw é de grande importância para a qualidade de fermentação durante a ensilagem e para a atividade microbiológica durante a fase de utilização da silagem. De acordo com Lindgren (1999), a redução na Aw pode ter efeito sinérgico na queda do pH devido à tolerância das bactérias ácido-láticas às condições de baixa umidade, assumindo grande importância na qualidade de fermentação de silagens.

Os microrganismos de uma forma geral são fundamentais no processo de fermentação de silagens e têm sua atividade largamente afetada pela Aw, o desenvolvimento da maioria das bactérias e fungos está restrito a valores de Aw acima de 0,90. Salmonelas precisam de Aw superior a 0,92 para crescimento. Garcia (2004), destaca que o limite mínimo para o crescimento de fungos é de 0,78 Aw e para a produção de aflatoxinas é de 0,86 Aw. Segundo McDonald *et al.*, (1991), o crescimento de bactérias do gênero *Clostridium* é inibido com Aw abaixo de 0,94, enquanto que as bactérias ácido-láticas são menos sensíveis.

Apesar das silagens testadas apresentarem valores favoráveis de Aw ao crescimento de clostrídios e salmonelas, os elevados valores de MS e a redução repentina do pH das silagens, devido aos elevados teores de carboidratos solúveis, permitiram fermentação adequada das mesmas, evitando proteólise intensa e inibindo crescimento desses microrganismos, conferindo ao alimento conservado boa qualidade.

Ainda verificando a qualidade fermentativa das silagens de sorgo, encontram-se na Tabela 1 os valores obtidos entre a relação nitrogênio amoniacal/nitrogênio total, observando que a variável diferiu ($P < 0,05$) entre genótipos. Valores inferiores da relação N-NH₃/NT foram encontrados nos genótipos 12F38019, 12F38006, 12F40006, 12F37016, 12F37043, 12F39006, 12F39019, 12F38007, 12F37007, 12F39007, 12F40007, 12F38014, 12F37014, 12F39014, 12F40014, BRS 655 e VOLUMAX, que variaram de 2,25 a 3,24. Os demais genótipos apresentaram valores mais elevados, não sendo o desejável quando se trata de fermentação anaeróbica no processo de ensilagem.

Araújo *et al.*, (2007), analisando a qualidade das silagens de três genótipos de sorgo ensilados em cinco diferentes estádios de maturação, constataram valores variando de 4,09 a 8,02% de N-NH₃/NT. Avaliando a qualidade e o valor nutritivo da silagem de genótipos de sorgo forrageiro (AGX213 e AG2002) e duplo propósito (AG2005E e AGX217), Neumann *et al.*, (2004), reportaram valores médios de N-NH₃/NT para os genótipos forrageiros de 1,73% e para os duplos propósitos de 2,03%. Resultados de N-NH₃/NT da planta inteira de 4,88% foram obtidos com sorgos forrageiros por Borges (1995).

A silagem é considerada de muito boa qualidade quando apresenta uma relação N-NH₃/NT menor que 10%, boa entre 10 e 15%, média entre 15 e 20% e ruim quando maior que 20% (AFRC, 1987). De acordo com Van Soest (1994), silagens de boa qualidade possuem baixos teores de amônia e os aminoácidos constituem a maior parte da fração não proteica.

O aumento da produção de amônia provocado pela proteólise ou pela ocorrência eventual de aquecimento excessivo na massa do silo pode ocasionar neutralização dos ácidos desejáveis e reações de “Maillard” segundo Pigurina (1991), parâmetros determinantes na qualidade final do material ensilado (VAN SOEST, 1994). Essa amônia é derivada do catabolismo de aminoácidos, entre outros produtos de degradação como aminas, cetoácidos e ácidos graxos, por via

de três processos bioquímicos: deaminação, descarboxilação e reações de oxidação e redução.

O teor de N-NH₃/NT junto com o valor de pH são indicativos do processo fermentativo da silagem. Normalmente a quantidade de amônia é utilizada como indicador da atividade clostridial proteolítica. Muitos trabalhos concordam com a utilização deste parâmetro na indicação do grau de proteólise na silagem (MCDONALD *et al.*, 1991). Tais preocupações são importantes, pois os altos níveis de proteólise nas silagens podem estar relacionados a baixos consumos voluntários e menor eficiência de síntese de proteína microbiana (VAN SOEST, 1994).

No presente trabalho, os teores médios de N-NH₃/NT das silagens foram abaixo de 10% do N total, indicando, conforme Oshima e McDonald (1978) e Borges *et al.*, (1997), que houve uma fermentação láctica adequada. Assim, segundo Henderson (1993), a classificação da fermentação das silagens avaliadas, considerando o teor de N-NH₃/NT, seria de muito boa qualidade.

4.2. Composição nutricional, digestibilidade in vitro e produção de matéria seca digestível das silagens

Com relação ao teor de matéria seca, observa-se na Tabela 2 que houve diferença entre os 24 genótipos de sorgo para produção de silagem ($P < 0,05$).

Quando comparados os valores dos teores de MS, os genótipos 12F37005, 12F39005 e 12F38005 apresentaram os maiores valores ($P < 0,05$), e superiores aos demais genótipos, sendo de 46,92, 50,25 e 46,63, respectivamente. Os demais genótipos testados foram inferiores quanto aos teores de MS das silagens variando de 36,31 para o genótipo 12F39006 até 42,78 para o genótipo 12F40007.

TABELA 2. Teores médios de matéria seca (MS), digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) e produção de matéria seca digestível (PMSD) em silagens de vinte e quatro genótipos de sorgo (dados expressos na matéria seca)

Genótipos	MS (%)	DIVMS (%)	PMSD (t ha ⁻¹)
12F38019	38,04 ^C	74,18 ^A	7,58
12F38006	44,46 ^B	68,43 ^A	5,95
12F40006	38,55 ^C	61,38 ^B	5,40
12F40005	39,28 ^C	58,97 ^B	4,76
12F40019	38,01 ^C	56,02 ^B	5,30
12F37016	40,36 ^C	65,37 ^A	6,78
12F37005	46,92 ^A	60,56 ^B	6,57
12F37043	38,76 ^C	56,67 ^B	5,99
12F39006	36,31 ^C	66,10 ^A	6,16
12F39005	50,25 ^A	63,34 ^A	6,59
12F39019	39,53 ^C	64,90 ^A	5,51
12F38005	46,63 ^A	59,61 ^B	5,61
12F38007	43,24 ^B	55,20 ^B	4,89
12F37007	42,56 ^B	64,23 ^A	6,70
12F39007	40,33 ^C	62,71 ^A	4,13
12F40007	42,78 ^B	60,89 ^B	4,84
12F38014	41,40 ^C	67,26 ^A	5,52
12F37014	42,14 ^B	68,74 ^A	6,96
12F39014	43,53 ^B	67,97 ^A	6,11
12F40014	39,37 ^C	66,74 ^A	4,24
12F38009	40,25 ^C	61,00 ^B	6,01
BRS 655	38,89 ^C	67,86 ^A	5,11
VOLUMAX	37,12 ^C	50,46 ^B	4,43
BRS 610	39,48 ^C	66,01 ^A	5,56
Média	41,12	62,99	5,70
CV(%)	5,65	8,76	24,83

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas, na mesma coluna, diferem entre si (P<0,05) pelo Teste Scott-Knott. CV = Coeficiente de variação.

O teor de MS ideal para ensilagem é estimado entre 30 e 35% (VAN SOEST, 1994; BORGES *et al.*, 1997; PESCE *et al.*, 2000) para evitar perdas pela formação de efluentes e processos biológicos que produzam gases, água e calor, bem como proporcionar fermentação láctica adequada para a manutenção do valor nutritivo da silagem. O aumento da matéria seca em silagens se deve principalmente à perda de líquidos por efluentes (VAN SOEST, 1994), e à transformação de carboidratos e proteínas em compostos voláteis não retidos na silagem, como dióxido de carbono e água (MUCK, 1988).

Neumann *et al.*, (2004) encontraram valores de MS de 32,41% e Pesce *et al.*, (2000), de 26,7% para o genótipo AG2005E; já Ribeiro *et al.*, (2007) registraram valores de 31,91% e Von Pinho *et al.*, (2007), de 21% MS para o genótipo Volumax. Araújo *et al.*, (2007), analisando a qualidade das silagens de três genótipos de sorgo ensilados em cinco diferentes estádios de maturação, encontraram valores de MS variando de 28,85 a 57,37%. Rodrigues Filho *et al.*, (2006), mensurando a produção do genótipo de sorgo BRS610, obtiveram 22,86 % de MS.

Pequenas perdas de matéria seca são esperadas em silagens com altos níveis de carboidratos solúveis e matéria seca ideal (GOURLEY e LUSK, 1977; FISHER e BURNS, 1987). Da mesma forma, a rápida queda nos valores do pH e as baixas concentrações de N-amoniaco registradas são condizentes com pequenas perdas de matéria seca (HAIGH, 1990).

Silagens feitas de forragens com teores de MS mais elevados (>40%) podem apresentar maior dificuldade de compactação e, conseqüentemente, silagem de menor qualidade, devido à maior presença de ar. Em concordância Van Soest (1994), cita que materiais com maior teor de umidade são mais fáceis de serem compactados.

Segundo Zago (1991), das frações da planta de sorgo, o colmo é a porção que menos contribui para a elevação do teor de MS, seguido pelas folhas

e panícula. Assim, considerando estes genótipos como sorgo duplo propósito, a maior participação da panícula na estrutura física da planta pode ter sido o principal responsável pela alteração no teor de MS. Aliadas a esta característica, as condições edafoclimáticas durante o cultivo também contribuem para a elevação do teor de matéria seca da cultura. E nesse caso, o veranico ocorrido durante o cultivo possivelmente contribuiu para aumentar a matéria seca no momento do corte. Nessas condições a planta completa o ciclo mais rápido e o teor de matéria seca se eleva justificando os valores encontrados.

Com relação à DIVMS, os valores foram diferentes entre genótipos ($P < 0,05$) sendo que as maiores digestibilidades observadas foram encontradas nos materiais: 12F38019, 12F38006, 12F37016, 12F39006, 12F39005, 12F39019, 12F37007, 12F39007, 12F38014, 12F37014, 12F39014, 12F40014, BRS 655 e BRS 610, com os respectivos valores de 74,18, 68,43, 65,37, 66,10, 63,34, 64,90, 64,23, 62,71, 67,26, 68,74, 67,97, 66,74, 67,86 e 66,01.

Conforme Paiva (1976), silagens com DIVMS entre 40 e 55% podem ser classificadas como sendo de qualidade satisfatória, e silagens de 55 a 65% são classificadas como de boa qualidade.

A digestibilidade é uma estimativa da capacidade do alimento em permitir que o animal utilize seus nutrientes em menor ou maior escala. Vários fatores podem interferir nos coeficientes de digestibilidade dos alimentos, principalmente a maturidade da planta, quando se trata de forrageiras, exercendo um efeito negativo sobre a digestibilidade dos nutrientes, principalmente, em função da redução no teor de proteína e do aumento da lignificação da parede celular (OLIVEIRA *et al.*, 1991).

A digestibilidade é influenciada diretamente pelo tempo de permanência do alimento no trato gastrointestinal, portanto, é influenciada pelas taxas de digestão e passagem (TEIXEIRA, 1997). O estado de repleção ruminal parece estar mais bem correlacionado com a taxa de passagem do alimento, que sofre

alterações na redução do tamanho de partículas, em função da ruminação e ataque microbiano ruminal. Quando o alimento se encontra com baixo valor nutritivo, verifica-se menor taxa de passagem de partículas no rúmen, o que pode acarretar redução no consumo de matéria seca (VAN SOEST, 1994).

Vieira *et al.*, (2004) relataram valores próximos aos deste experimento quando trabalharam com dois genótipos de sorgo forrageiros e dois de duplo propósito, com respectivos valores de 55,86 e 61,12% de DIVMS. Skonieski *et al.*, (2010), mensurando a caracterização nutricional de silagens de sorgo forrageiro e duplo propósito, encontraram 53,57 e 52,74% de DIVMS. Pires *et al.*, (2013), avaliando características das silagens de cinco genótipos de sorgo cultivados no inverno, reportaram valores médios de DIVMS para o Volumax de 52,22% e para o BRS 610 de 56,38%.

A digestibilidade dos sorgos duplos propósitos tende a ser maior que a digestibilidade dos sorgos forrageiros em razão da maior quantidade de panículas presentes nos genótipos daqueles. A panícula é a fração da planta de sorgo que apresenta maior coeficiente de digestibilidade da MS (ZAGO, 1997). Para Araújo (2002), o aumento da participação de panícula na planta do sorgo, acompanhada por aumento na quantidade de amido, seria capaz de compensar a redução da digestibilidade devido ao avanço da maturidade da planta. No entanto, Silva *et al.*, (1999) relatam que os valores de DIVMS e DIVMO são aumentados com, no mínimo, 40% de participação da panícula na planta para obtenção de silagens de sorgo de boa qualidade. Na revisão de Rooney e Pflugfelder (1986), constata-se que o grão de sorgo precisa ser mais intensamente processado que o do milho para atingir a digestibilidade ótima, devido ao tamanho reduzido ocorre perdas em grandes concentrações nas fezes dos animais. Várias pesquisas reportam que na comparação entre o valor nutricional de diversos grãos de cereais indica que o sorgo apresenta valor nutricional de 93 a 96% do valor nutritivo do milho.

Conforme Pesce *et al.*, (2000), atenção especial deve ser dada à qualidade da fibra dos genótipos utilizados quanto ao seu tipo e composição, uma vez que este fator poderá exercer influência sobre o coeficiente de digestibilidade da planta como um todo. De acordo com Silva *et al.*, (2011), a lignina forma uma barreira que impede a aderência microbiana e a hidrólise enzimática da celulose e hemicelulose, indisponibilizando os carboidratos estruturais potencialmente degradáveis e diminuindo a digestibilidade da MS.

A maioria dos genótipos testados apresentou valores elevados de DIVMS, podendo ser justificado pela quantidade de grãos presente na massa ensilada e, conseqüentemente, elevado teor de amido e menor presença de fibra.

Ao considerar, na Tabela 2, as produções de matéria seca digestível dos 24 genótipos de sorgo, observa-se que os valores não diferiram estatisticamente ($P>0,05$), cuja média de PMSD encontrada foi de 5.695,01 kg ha⁻¹. A PMSD é uma forma de conciliar produtividade com o valor nutritivo, ou seja, a associação entre as grandezas de volume e qualidade. Por isso, a produção de matéria seca digestível, nada mais é do que o resultado da multiplicação da produtividade de matéria seca pela sua digestibilidade, indicando o que efetivamente é produzido na área e fornecido de nutrientes aos animais (TOMICH, 2003).

Gontijo Neto *et al.*, (2002), avaliando a produtividade de genótipos de sorgo forrageiro sob níveis crescentes de adubação, constataram valores de PMSD variando entre 8,0 e 9,2 t ha⁻¹. O potencial forrageiro de seis genótipos de sorgo com Capim-Sudão foi avaliado por Gontijo *et al.*, (2008), as PMSD encontradas foram de 0,86; 0,88; 1,12; 0,65; 2,05 e 1,12 t ha⁻¹.

Considerando os teores de cinzas presentes nas 24 silagens de sorgo demonstrados na Tabela 3, não houve diferença entre os genótipos ($P>0,05$) cuja média geral foi de 5,31. Streeter *et al.*, (1990), estudando apenas os grãos de sorgo, encontraram valores de cinzas, variando de 3,8 a 4,3%. Em pesquisa,

avaliando a composição químico-bromatológica de silagem de sorgo com diferentes proporções de panículas, Cabral *et al.*, (2003) obtiveram resultados variando de 4,99 a 9,71%.

Teores de cinzas implicam a determinação da quantidade de minerais presentes na forrageira, porém altos índices podem representar alto teor de sílica, e esta não contribui nutricionalmente para os animais. As cinzas indicam riqueza de minerais no alimento, mas nunca quais minerais presentes e seus teores. Geralmente, alimentos de origem animal são ricos em cálcio e fósforo, já os alimentos vegetais possuem baixo valor de matéria mineral, minerais variáveis (SILVA e QUEIROZ, 2006).

Com relação aos teores de PB, observa-se que os genótipos 12F38019, 12F40006, 12F37016, 12F39005, 12F38007, 12F37007, 12F37014, 12F39014 e BRS 655 apresentaram valores de 9,56, 9,33, 8,60, 8,98, 10,24, 8,59, 8,85, 8,90 e 9,83, respectivamente e foram superiores aos demais.

Um alimento e/ou dieta deve conter, pelo menos, 7% de PB para fornecer nitrogênio suficiente para uma efetiva fermentação microbiana no rúmen. Neste trabalho esse valor foi suprido pela maioria dos genótipos, uma vez que somente as silagens de 12F40005, 12F40014 e 12F38009 apresentaram valores abaixo do preconizado pelo autor.

Von Pinho *et al.*, (2006), avaliando as características nutricionais das silagens dos genótipos de sorgo AG2005E e MASSA3 (duplo propósito) encontraram valores médios de 9,2%. E esses mesmos autores, trabalhando com sorgos forrageiros Volumax e BRS610, obtiveram valores médios de PB de 8,0%, valores próximos aos encontrados neste trabalho, utilizando-se os mesmos genótipos.

TABELA 3. Teores médios de cinza (CNZ), proteína bruta (PB), proteína indisponível em detergente ácido (PIDA) e proteína indisponível em detergente neutro (PIDN) em silagens de vinte e quatro genótipos de sorgo (dados expressos na matéria seca)

Genótipos	CNZ (%)	PB (%)	PIDA (%)	PIDN (%)
12F38019	5,40	9,56 ^A	0,08	0,95 ^A
12F38006	4,52	8,25 ^B	0,08	0,09 ^B
12F40006	5,61	9,33 ^A	0,09	0,07 ^C
12F40005	5,64	6,58 ^B	0,11	0,07 ^C
12F40019	4,74	7,62 ^B	0,11	0,09 ^B
12F37016	5,80	8,60 ^A	0,09	0,07 ^C
12F37005	5,75	7,97 ^B	0,09	0,09 ^B
12F37043	5,33	8,04 ^B	0,10	0,09 ^B
12F39006	5,68	7,90 ^B	0,09	0,09 ^B
12F39005	5,30	8,98 ^A	0,11	0,06 ^C
12F39019	4,58	8,08 ^B	0,11	0,07 ^C
12F38005	4,66	8,28 ^B	0,10	0,06 ^C
12F38007	5,19	8,90 ^A	0,09	0,06 ^C
12F37007	5,33	8,59 ^A	0,07	0,09 ^B
12F39007	5,35	7,76 ^B	0,08	0,06 ^C
12F40007	4,96	7,42 ^B	0,10	0,07 ^C
12F38014	5,30	7,41 ^B	0,09	0,07 ^C
12F37014	4,86	8,85 ^A	0,09	0,06 ^C
12F39014	6,06	8,90 ^A	0,08	0,05 ^C
12F40014	5,06	6,72 ^B	0,11	0,08 ^B
12F38009	5,58	6,27 ^B	0,10	0,07 ^C
BRS 655	5,53	9,83 ^A	0,10	0,06 ^C
VOLUMAX	5,52	7,62 ^B	0,10	0,08 ^B
BRS 610	5,78	7,60 ^B	0,10	0,09 ^B
Média	5,31	8,14	0,09	0,11
CV(%)	12,72	13,98	16,92	12,27

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas, na mesma coluna, diferem entre si ($P < 0,05$) pelo Teste Scott-Knott. CV = Coeficiente de variação.

Conforme Van Soest (1994), a porcentagem de PB não é modificada com o processo de ensilagem, apesar de as diferentes proporções de frações nitrogenadas poderem ser alteradas. Sabe-se que a fermentação provoca alterações na composição das frações nitrogenadas, reduzindo os níveis de proteína verdadeira e aumentando os níveis de aminoácidos livres ou produtos da quebra desses aminoácidos, incluindo amônia, CO₂ e aminas (OHSHIMA e MCDONALD, 1978). A desaminação e a descarboxilação dos aminoácidos reduzem o valor nutricional da silagem (OHSHIMA *et al.*, 1979). No material ensilado, em geral, parte do nitrogênio total encontra-se na forma de nitrogênio solúvel, produto da atividade enzimática das plantas (MCKERSIE, 1985; MOISIO e HEIKONEN, 1994).

De acordo com Pitt (1991), ocorre solubilização da proteína da silagem com a elevação da temperatura no silo. As silagens com muita umidade tendem a sofrer maior solubilidade proteica, apresentando maiores perdas, em razão da maior atividade enzimática.

Ao conduzir este trabalho, pode-se observar que o teor de MS foi alto o suficiente para impedir as perdas e, além disso, é provável que o teor de carboidratos solúveis encontrado nos genótipos testados sejam altos possibilitando rápido abaixamento do pH e boa conservação da silagem, evitando proteólise intensa.

McDonald *et al.*, (1991) relataram que a quantificação de PB em silagens é de pouco significado nutricional, pois não leva em conta as alterações na fração nitrogenada, que ao final da ensilagem pode apresentar um conteúdo de nitrogênio não proteico (NNP) de até 30% do nitrogênio total.

Silva *et al.*, (1999), ao avaliarem os híbridos de sorgo BR-303 (granífero), CMSXS-756 (duplo propósito) e o BR-601 (forrageiro), verificaram que o incremento da participação de panícula na massa ensilada promoveu aumento progressivo no teor de PB da silagem para todos os híbridos, indicando

que este componente apresenta maior teor de PB que o conjunto folhas e colmo. Brito *et al.*, (2000) observaram que os genótipos de porte baixo mostraram níveis mais altos de PB, que podem ser justificados por suas maiores proporções de panículas e folhas em relação à planta. Bruno *et al.*, (1992) demonstraram que a parte da planta com teores mais elevados de PB são as folhas, seguidas pelas panículas e pelos colmos.

Gaggiotti *et al.*, (1992) afirmam que os teores de PB da silagem de sorgo dependem da associação de diversos fatores, dentre eles: do comportamento agrônomo do genótipo, estágio de maturação e condições edafoclimáticas da área de cultivo.

Ao considerar os teores de PIDA e PIDN presentes nas silagens de sorgo e apresentados na Tabela 3, pode-se observar que não houve diferença ($P>0,05$) entre os genótipos para a variável PIDA, sendo a média encontrada de 0,09. Já em relação a variável PIDN, houve diferença entre genótipos ($P<0,05$), sendo os genótipos 12F40006, 12F40005, 12F37016, 12F39005, 12F39019, 12F38005, 12F38007, 12F39007, 12F40007, 12F38014, 12F37014, 12F39014, 12F38009 e BRS 655 apresentarem os menores valores: 0,07, 0,07, 0,07, 0,06, 0,07, 0,06, 0,06, 0,06, 0,07, 0,07, 0,06, 0,05, 0,07 e 0,06, respectivamente, característica desejável devido à maior disponibilidade da proteína presente no alimento para o animal.

As formas de nitrogênio indisponível e de proteína indisponível são determinadas com base nos teores de nitrogênio e proteína insolúveis em detergente ácido, frações que são compostas, pela forma de nitrogênio associadas com a lignina, complexos tanino-proteína e compostos oriundos da reação de “Maillard” (VAN SOEST, 1994). Os componentes destas frações são altamente resistentes ao ataque microbiano e enzimático; por isso são totalmente insolúveis e/ou indigestíveis no trato gastrointestinal.

De acordo com Wilson (1994) e Jung e Allen (1995), à medida que a planta atinge a sua maturidade, ocorre síntese de polímeros estruturais que são depositados nas células vegetais. A deposição de polímeros de lignina inicia-se no engrossamento da parede celular secundária (JUNG e ALLEN, 1995). Segundo Van Soest (1994), com o avançar da idade da planta, ocorre o decréscimo na relação folha/colmo e a fração colmo passa a apresentar o maior teor de material lignificado.

O maior teor de PIDN encontrado no genótipo 12F38019 (0,95) pode ser justificado pelo porte da planta, isto é, o genótipo duplo propósito apresentou porte baixo, ou seja, completando o ciclo vegetativo mais rapidamente quando comparado aos outros genótipos testados. Com isso, ocorreu maior lignificação das frações da planta principalmente o colmo, complexando as proteínas e tornando-as indisponíveis.

Ao considerar os teores de FDNcp e FDA encontrados na Tabela 4, conclui-se que no estudo desses parâmetros houve diferença entre genótipos ($P < 0,05$). Com relação à variável FDNcp, valores inferiores foram apresentados nos genótipos 12F39006, 12F39005, 12F40019, 12F40005 e VOLUMAX, sendo eles: 50,48, 48,17, 50,39, 43,68 e 43,10, respectivamente, valores desejáveis para uma fibra de boa qualidade. Já com relação aos valores de FDA, os genótipos inferiores foram 12F40005, 12F40019, 12F37043, 12F39006, 12F39005, 12F38005, 12F38007, 12F40007, 12F38014, 12F39014, VOLUMAX e BRS 610, com respectivos valores de 33,20, 26,71, 33,41, 30,13, 31,11, 33,66, 31,16, 28,02, 33,42, 33,85, 24,06 e 34,07. Os teores de FDN e FDA são indicativos da quantidade de fibra da forragem, estando a FDN relacionada à quantidade de fibra que há no volumoso, enquanto a FDA à quantidade de fibra menos digestível; desse modo, quanto menores os teores, melhor será a qualidade da silagem produzida e maior será o consumo pelo animal de MS (SANTOS *et al.*, 2010).

De acordo com Moraes e Maraschin (1988), forragens com elevadas concentrações de FDN limitam a ingestão de matéria seca pelo animal, uma vez que quando a massa fibrosa passa vagarosamente pelo trato digestório do ruminante, ocupa espaço por mais tempo limitando a taxa de consumo. Para Van Soest (1994), valores acima de 60% de FDN se correlacionam negativamente com o consumo de massa seca pelo animal. Pode-se observar que as silagens aqui estudadas apresentaram valores de FDN dentro da faixa preconizada a não limitar o consumo de matéria seca. Quanto à fração FDA, Gonçalves *et al.*, (2006) afirmam que teores elevados de FDA dificultam a fragmentação do alimento e sua digestão pelas bactérias ruminais. Consoante Van Soest (1994), a análise de FDA representa uma estimativa do teor total de celulose e lignina da amostra, sendo inversamente relacionada com a digestibilidade da MS.

Conforme Silva *et al.*, (1999), fica evidente a diminuição nas concentrações de FDN com o aumento da participação do componente panícula na composição final da planta. Os teores de FDN bem como FDA são crescentes na composição das plantas no decorrer do seu estágio vegetativo, o que é devido à maior participação da parede celular das plantas (celulose e hemicelulose) em função do decorrer da idade (JOCHIMS *et al.*, 2008).

De acordo com Müller *et al.*, (2006), em consequência da maturidade das plantas, com o avanço do ciclo, ocorre aumento no teor de lignina e aumento da parede celular nos tecidos dos vegetais, devido, principalmente, à diminuição da relação folha/colmo. As maiores mudanças que ocorrem na composição química das plantas forrageiras são aquelas que acompanham sua maturação. À medida que a planta envelhece, a proporção dos componentes digestíveis tende a diminuir e a de fibras, aumentar. Além disso, os alimentos volumosos com altos teores de FDN possuem maior proporção da fração B2 dos carboidratos, que por fornecer energia mais lentamente no rumem, pode afetar a eficiência de síntese microbiana e o desempenho animal, como relataram Ribeiro *et al.*, (2001).

TABELA 4. Teores médios de fibra insolúvel em detergente neutro corrigido para cinzas e proteínas (FDNcp), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HEM), celulose (CEL) e lignina (LIG) em silagens de vinte e quatro genótipos de sorgo (dados expressos na matéria seca)

Genótipos	FDNcp (%)	FDA (%)	HEM (%)	CEL (%)	LIG (%)
12F38019	54,35 ^A	35,94 ^A	16,46 ^C	23,18	5,45 ^B
12F38006	58,19 ^A	47,20 ^A	18,86 ^C	23,00	6,99 ^A
12F40006	56,72 ^A	36,96 ^A	30,86 ^B	25,15	7,95 ^A
12F40005	50,48 ^B	33,20 ^B	11,72 ^C	21,75	7,45 ^A
12F40019	48,17 ^B	26,71 ^B	20,48 ^C	27,10	8,35 ^A
12F37016	60,87 ^A	40,63 ^A	21,23 ^C	26,04	5,60 ^B
12F37005	57,04 ^A	38,56 ^A	22,61 ^C	24,06	7,60 ^A
12F37043	57,42 ^A	33,41 ^B	24,01 ^C	27,06	8,48 ^A
12F39006	50,39 ^B	30,13 ^B	18,84 ^C	21,61	5,23 ^B
12F39005	43,10 ^B	31,11 ^B	15,13 ^C	20,05	5,38 ^B
12F39019	60,02 ^A	38,50 ^A	16,04 ^C	20,72	6,03 ^B
12F38005	54,69 ^A	33,66 ^B	19,27 ^C	27,07	8,51 ^A
12F38007	60,16 ^A	31,16 ^B	28,93 ^B	22,66	7,90 ^A
12F37007	61,77 ^A	40,54 ^A	17,11 ^C	20,17	5,41 ^B
12F39007	58,23 ^A	37,79 ^A	14,65 ^C	27,28	5,46 ^B
12F40007	56,47 ^A	28,02 ^B	18,27 ^C	25,76	6,32 ^B
12F38014	57,59 ^A	33,42 ^B	20,89 ^C	28,07	7,12 ^A
12F37014	65,29 ^A	40,16 ^A	25,93 ^B	20,20	7,23 ^A
12F39014	60,43 ^A	33,85 ^B	41,19 ^A	27,78	3,45 ^C
12F40014	65,43 ^A	37,42 ^A	26,17 ^B	16,92	2,28 ^C
12F38009	57,82 ^A	41,44 ^A	17,85 ^C	23,07	5,98 ^B
BRS 655	56,95 ^A	35,32 ^A	22,36 ^C	19,23	5,74 ^B
VOLUMAX	43,68 ^B	24,06 ^B	17,88 ^C	27,92	6,58 ^A
BRS 610	58,17 ^A	34,07 ^B	20,09 ^C	23,95	6,65 ^A
Média	56,39	34,99	21,20	23,74	6,38
CV(%)	11,17	15,08	25,05	21,96	23,32

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas, na mesma coluna, diferem entre si ($P < 0,05$) pelo Teste Scott-Knott. CV = Coeficiente de variação.

Von Pinho *et al.*, (2007) observaram valores de FDN (42,9%) e FDA (26,6%) para sorgo duplo propósito. Von Pinho *et al.*, (2006), avaliando as características nutricionais das silagens dos genótipos de sorgo duplo propósito e forrageiros, registraram percentuais de FDN de 47,2 e 50,1%, respectivamente para os sorgos duplos propósitos e forrageiros. Em relação aos percentuais de FDA, os valores apresentaram variações de 33,1 a 35,4% para os sorgos duplos propósitos e forrageiros, respectivamente. Fonseca *et al.*, (2002), ao estudarem características químicas das silagens de 60 cultivares de sorgo, verificaram percentuais de FDA na matéria seca da silagem entre 23,26 e 40,33%.

A maioria dos genótipos testados apresentou teores de FDN e FDA relativamente alto, o que está de acordo com os altos teores de MS. Isso indica que os genótipos foram colhidos em estágio avançado de maturação fisiológica, ressaltando-se também as condições de cultivo. O veranico enfrentado pela cultura possivelmente contribuiu para o teor de MS e fração fibrosa mais alta. Mas mesmo a fração fibrosa relativamente alta, esta ainda se encontra dentro de um padrão preconizado, ou seja, dificilmente ocorrerá limitação no consumo da matéria seca pelos animais e/ou perda na digestibilidade do alimento. O que foi comprovado pela digestibilidade dos materiais.

Ainda na Tabela 4, as frações fibrosas presentes na parede celular vegetal, tais como hemicelulose e o composto fenólico lignina, foram diferentes ($P < 0,05$) quanto aos 24 genótipos testados. Já para a fração fibrosa, celulose, não houve diferença entre genótipos ($P > 0,05$). Em relação à fração de hemicelulose somente o genótipo 12F39014 foi superior aos demais, obtendo-se valor de 40,19 de HEM. Avaliando a fração celulose, os valores encontrados entre genótipos foram próximos, não diferindo estatisticamente, a média geral para os 24 genótipos foi de 23,74 de CEL. Quanto à fração lignina, houve diferença entre os 24 genótipos de sorgo testados, cujos valores inferiores de LIG foram encontrados nos genótipos 12F39014 e 12F40014, 3,45 e 2,28 respectivamente.

As silagens de dois genótipos de sorgo forrageiro e dois de duplo propósito, colhidos no estágio leitoso/pastoso, apresentaram para a hemicelulose, conforme Vieira *et al.*, (2004), resultados de 22,63 a 26,63%. Avaliando genótipos de sorgo, sendo dois forrageiros (AGX213 e AG2002) e dois de duplo propósito (AG2005E e AGX217) para silagem, Neumann *et al.*, (2004) determinaram valores de hemicelulose das silagens entre 34,51 e 39,66%, sendo seus valores de MS de 35,80% e 29,50% (AGX213 e AG2002), 32,41% e 37,18% (AG2005E e AGX217).

De acordo Neumann *et al.*, (2002), as frações estruturais celulose e lignina mantêm-se constantes e estáveis na fase fermentativa da massa ensilada e somente serão decrescidas com a presença de fungos aeróbios.

Borges *et al.*, (1997), trabalhando com híbridos de sorgo de porte alto encontraram valores de CEL (21,94 a 23,05%), e com híbridos de porte baixo (20,10 a 22,69%), próximos ou abaixo dos relatados por Pesce *et al.*, (2000b), com híbridos de portes médio e alto (27,0 a 30,0%) de CEL. As silagens de dois genótipos de sorgo forrageiros e duplos propósitos, colhidos no estágio leitoso/pastoso, apresentaram para a celulose valores de 19,53 a 25,13%, em estudo realizado por Vieira *et al.*, (2004), determinando o consumo e digestibilidade de silagem de sorgo como alternativa para alimentação de ruminantes, Simon (2006), registrou valor de celulose na silagem de 35,71%.

Pesce *et al.*, (2000), na comparação de 20 híbridos de sorgo de porte médio e alto, encontraram teores de lignina variando de 4,0 a 5,4 no material original. Araújo *et al.*, (2007), determinando qualidade das silagens de três genótipos de sorgo ensilados em cinco diferentes estádios de maturação, registraram valores de lignina de 4,16 a 6,91%. Analisando o consumo e digestibilidade de silagem de sorgo como alternativa para alimentação de ruminantes, Simon (2006), constatou o valor de lignina na silagem de 4,43%.

Segundo Nússio (1992), a explicação da variação dos teores de fração fibrosa da planta está na análise de cortes histológicos do colmo destes materiais com características de comportamento agrônômico diferenciado, no qual se identificam agrupamentos de células de menor ou maior tamanho individual, resultante de programas de melhoramento genético, para aumentar a resistência do colmo ao acamamento e agentes patogênicos. Pesce *et al.*, (2000), trabalhando com híbridos de sorgo de portes médio e alto, e Borges *et al.*, (1999), com híbridos de porte baixo contendo diferentes teores de tanino e de umidade no colmo, comprovaram essa afirmação quando compararam material original e a respectiva silagem.

As frações fibrosas encontradas no presente experimento estão dentro de parâmetros razoáveis e coerentes com a literatura. Ao analisarmos a DIVMS, é provável que esses genótipos tenham boa participação de panícula na massa ensilada, pois mesmo com os teores de fibra relativamente altos, que são em sua maioria provenientes do colmo, a digestibilidade foi satisfatória.

5. CONCLUSÕES

Os genótipos de sorgo favoráveis para produção de silagem foram 12F39006, 12F37014, 12F37007 e 12F39019, pois apresentaram valores elevados de proteína bruta e digestibilidade *in vitro* da matéria seca, e reduzidos teores de pH, N-NH₃/NT, FDN_{cp} e lignina.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL – AFRC. Technical committee on responses to nutrients report number 2, characterisation of feedstuffs: nitrogen. **Nutrition Abstracts and Reviews (series B)**, Farnham Royal, v. 57, n. 12, p. 713-736, 1987.

AGUIAR, L. M. S.; MORAES, A. V. de C. de.; GUIMARÃES, D. P. Clima. In: EMBRAPA MILHO E SORGO. **Cultivo do sorgo**. 2005. Disponível em: <<http://www.sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/fontesHTML/sorgo/cultivo/dosorgo/clima>>. Acesso em: 8 jan. 2014.

AGUIAR, L. M. S.; MORAES, A. V. de C. de.; GUIMARÃES, D. P. **Clima**. In: RODRIGUES, J. A. S. (Ed). **Cultivo do sorgo**. 3. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 2007. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo/clima.htm>>. Acesso em: 8 jan. 2014.

ALLEN, M. S. Physical constraints on voluntary intake of forage by ruminants. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 74, n. 12, p. 3063-3075, 1996.

ARAÚJO, V. L. *et al.* Qualidade das silagens de três híbridos de sorgo ensilados em cinco diferentes estádios de maturação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 59, p. 168-174, 2007.

AZEVEDO, A. R.; SILVA, J. F. C.; SILVA, D. J. Estudo de digestibilidade e correlação entre nutrientes digestíveis do capim-guatemala (*Tripsacum fasciculatum*, Trim), do capim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) e das silagens de sorgo (*Sorghum vulgare*, Pers) e de milho (*Zea mays*, L.) **Revista Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 3, n. 2, p. 172-190, 1974.

BOLSEN, K. K.; LIN, C.; BRENT, B. E. Effect of silage additives on the microbial succession and fermentation process of alfalfa and corn silages. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 75, n. 11, p. 3066-3083, 1992.

BORGES, A. L. C. C. **Qualidade de silagens de híbridos de sorgo de porte alto, com diferentes teores de tanino e de umidade no colmo, e seus padrões de fermentação.** 1995. 52 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1995.

BORGES, A. L. C. C. *et al.* Qualidade de silagens de híbridos de sorgo de porte alto, com diferentes teores de tanino e umidade no colmo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 49, n. 4, p. 441-452, 1997.

BRITO, A. F. *et al.* Avaliação da silagem de sete genótipos de sorgo [(*Sorghum bicolor* (L) Moench).]I. Características agronômicas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 52, p. 391-396, 2000.

BRONDANI, I. L.; ALVES FILHO, D. C. **Produção de silagem de qualidade.** In: RESTLE, J. *et al.* (Eds.) Produção intensiva com qualidade em bovinos de corte. Santa Maria: UFSM, 1998. p. 82-88.

BROWNING, C. B.; LUSK, J. W. Comparisson on feeding value of corn and grain sorghum silages on the basis of milk production and digestibility. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 49, n. 11, p. 1511-1514, 1966.

BROWNING, C. B.; LUSK, J. W.; MILES, J. T. Comparative feeding value of corn and grain sorghum silages. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 44, n. 6, p. 1205, 1961.

BRUNO, O. A. *et al.* Cultivares de sorgos forrajeros para silagem. 1. Rendimiento de materia seca y valor nutritivo de la planta. **Revista Argentina Producción Animal**, Buenos Aires, v. 12, p. 157-162, 1992.

CABRAL, L. S. *et al.* Composição químico-bromatológica, produção de gás, digestibilidade *in vitro* da matéria seca e NDT estimado da silagem de sorgo com diferentes proporções de panículas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 5, Sept./Oct. 2003.

CARVALHO, D. D. *et al.* Estádio de maturação na produção e qualidade de sorgo. I. Produção de matéria seca e de proteína bruta. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 49, n. 2, p. 91-99, 1992.

CARVALHO, P. C. F. A estrutura da pastagem e o comportamento ingestivo de ruminantes em pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE AVALIAÇÕES DE PASTAGEM COM ANIMAIS, 1996, Maringá. **Anais...** Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 1996. p. 25-52.

CASALI, A. O. *et al.* Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos *in situ*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 2, p. 335-342, 2008.

CASTRO, F. G. *et al.* Parâmetros físicos-químicos da silagem de tifton-85 (*Cynodon spp.*) sob efeito do pré-murchamento e de inoculante bacteriano-enzimático. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. p. 270-272.

COELHO, A. M. *et al.* **Seja o doutor do seu sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa, 2002. 24 p. (Encarte de informações agronômicas, n. 100). Disponível em: <<http://www.cnpms/embrapa.br/sorgo/doutorsorgo/pdf.>>. Acesso em: 3 jan. 2014.

COSTA, R. C. L. da; OLIVEIRA-NETO, C. F. de; FREITAS, J. M. de. **Parâmetros fisiológicos da planta de sorgo utilizada na produção de silagem**. In: WORKSHOP SOBRE PRODUÇÃO DE SILAGEM NA AMAZÔNIA, 1., 2004, Belém. **Anais...** Belém: UFRA. 2004. p. 9-31.

CUMMINS, D. G.; DOBSON JR., J. W. Digestibility of bloom and bloomless sorghum leaves as determined by a modified *in vitro* technique. **Agronomy Journal**, Madison, v. 64, n. 5, p. 682-683, 1972.

DEMARCHI, J. J. A. A.; BOIN, C.; BRAUN, G. A cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) para produção de silagens de alta qualidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Nova Odessa, v. 33, n. 3, p. 111-136, 1995.

DETMANN, E. *et al.* **Métodos para análise de alimentos**. Visconde do Rio Branco-MG: Suprema Gráfica, 2012. 214 p.

DITCHFIELD, C. **Estudos dos métodos para a medida da atividade de água**. 2000. 195 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia)-Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2000.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Importância Econômica do Sorgo. **Sistema de produção 2**. 2002. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Sorgo/CultivodoSorgo/importancia.htm>>. Acesso em: 3 jan. 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisas de Milho e Sorgo. **Sistemas de produção: cultivo do sorgo**. 4. ed. Sete Lagoas: 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Ecofisiologia. **Sistema de produção 2**. 2010. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/sorgo/cultivodosorgo/ecofisiologia.htm>>. Acesso em: 3 jan. 2014.

ELKIN, R. G.; ROGLER, J. C. Differential response of ducks and chicks to dietary sorghum tannins. **Journal of Science Food and Agriculture**, London, v. 57, p. 543-553, 1991.

FAIRBAIRN, R.; ALL, I.; PHILLIP, L. P. Proteolysis and amino acid degradation during ensilage of untreated of formic acid during ensilage of untreated of formic acid-treated lucerne and maize. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 47, n. 4 p. 382-390, 1992.

FERREIRA, J. J. *et al.* **Efeito de silagem de milho, de sorgo e de capim elefante no desempenho de novilhos confinados.** Sete Lagoas: Embrapa/CNPMS, 1995. 16 p.

FERREIRA, D. F. **SISVAR Sistema de análise de variância:** versão 5.3. Lavras-MG: UFLA, 2010.

FISHER, D. S.; BURNS, J. C. Quality analysis of summer-annual forages. II. Effects of forage carbohydrate constituents on silage fermentation. **Agronomy Journal**, Madison, v. 79, p. 242-248, 1987.

FONSECA, A. H. *et al.* Desempenho de cultivares de milho em relação às características agronômicas, químicas e degradabilidade da silagem. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 49, n. 282, p. 109-122, 2002.

GARCIA, D. M. Análise de atividade de água em alimentos armazenados no interior de granjas avícolas. **Acta Scientiae Veterinariae**, Porto Alegre, v. 32, n. 3, p. 251-252, 2004.

GAGGIOTTI, M. C. *et al.* Cultivares de sorgo forrageiros para silaje II: características fermentativas y nutritivas de los silajes. **Revista Argentina Producción Animal**, Buenos Aires, v. 12, n. 2, p. 163-167, 1992.

GOMES, S. O. *et al.* Comportamento agronômico e composição químico-bromatológico de cultivares de sorgo forrageiro no Estado do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 37, n. 2, p. 221-227, 2006.

GOMIDE, J. A. *et al.* Avaliação de alimentos volumosos: I- Fenos, silagens e restos culturais na alimentação de vacas em lactação. **Revista Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 16, n. 4, p. 284, 1987.

GONÇALVES, L. C. *et al.* Silagem de sorgo de porte baixo com diferentes teores de tanino e de umidade no colmo III: quebra de compostos nitrogenados.

Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, Belo Horizonte, v. 51, n. 6, p. 571-576, 1999.

GONÇALVES, J. R. S. *et al.* Substituição do grão de milho pelo grão de milheto em dietas contendo silagem de milho ou silagem de capim-elefante na alimentação de bovinos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 9, p. 2032-2039, 2006.

GONTIJO NETO, M. M. *et al.* Híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cultivados sob níveis crescente de adubação. Rendimento, proteína bruta e digestibilidade *in vitro*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 1640-1647, 2002.

GONTIJO, M. H. R. *et al.* Potencial forrageiro de seis híbridos de sorgo com capim-sudão. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 7, n. 1, p. 33-43, 2008.

GOURLEY, L. M., LUSK, J. W. Sorghum silage quality as affected by soluble carbohydrate, tannins and others factors. In: ANNUAL CORN AND SORGHUM RESEARCH CONFERENCE, 32, 1977, Mississippi, **Proceedings...** Mississippi: Mississippi State University, 1977. p. 157-170.

HAIGH, P. M. Effect of herbage water soluble carbohydrate content and weather conditions at ensilage on the fermentation of grass silages made on commercial farms. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 45, p. 263-271, 1990.

HENDERSON, N. Silage additives. **Animal Feed Science Technology**, Amsterdam, v. 45, n. 1, p. 35-56, 1993.

HOLDEN, L. A. Comparison of methods of in vitro dry matter digestibility for ten feeds. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 82, n. 8, p. 1791-1794, 1999.

IGARASI, M. S. **Controle de perdas na ensilagem de capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia) sob os efeitos do teor de matéria**

seca, do tamanho de partícula, da estação do ano e da presença do inoculante bacteriano. 2002. 151p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Escola Superior Agrícola “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

JAYME, D. G. *et al.* Composição bromatológica e perfil de fermentação das silagens de cinco híbridos de capim-sudão (*Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*) **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 6, n. 3, p. 351-363, 2007.

JOBIM, C. C. *et al.* Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 4, p. 754-762, July, 2007.

JOCHIMS, F. *et al.* Comportamento ingestivo e consumo de forragem por cordeiras em pastagem de milheto recebendo ou não suplemento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 3, p. 572-581. 2008.

JUNG, H. G.; ALLEN, M. S. Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 73, n. 9, p. 2774-2790, 1995.

LANCE, R. D. *et al.* Evaluation of corn and sorghum silages on the basis of milk production and digestibility. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 47, n. 3, p. 254-257, 1964.

LIMA, J. M. P. *et al.* **Nova cultivar de sorgo forrageiro de dupla finalidade para o Semiárido Nordeste.** Rio Grande do Norte, 2007. Disponível em: <<http://www.emparn.rn.gov.br>>. Acesso em: 5 jan. 2014.

LINDGREN, S. Can HACCP Principles be applied for silage safety? In: INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, 7, 1999, Uppsala. **Proceedings...** Uppsala: Swedish University of Agricultural Science, 1999. p. 51-66.

LOURENÇO JÚNIOR, J. B. Potencial nutritivo da silagem de sorgo. In: WORKSHOP SOBRE PRODUÇÃO DE SILAGEM NA AMAZÔNIA, 1., 2004, Belém. **Anais...** Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia, 2004, p. 83-100.

MAGALHÃES, A. Fotossíntese. In: FERRI, M. **Fisiologia vegetal**. 2. ed. São Paulo: EPU, 1985. p. 117-168.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; RODRIGUES, J. A. S. **Ecofisiologia cultivo do sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 5. ed. 2009. Disponível em: <<http://cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo/importancia.htm>>. Acesso em: 3 jan. 2014.

MARI, L. J. **Intervalo entre cortes em capim-marandu (*Brachiaria brizantha* (Hochst ex. A. Rich.) Stapf cv. Marandu)**: produção valor nutritivo e perdas associadas à fermentação da silagem. 2003. 159 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Escola Superior Agrícola "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

MARQUES, J. J. G. S. E. M.; ALVARENGA, R. C.; CURI, N. Erosividade das chuvas da região de Sete Lagoas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 5, p. 761-768, 1998.

MCDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. **The Biochemistry of Silage**. 2. ed. Marlow: Chalcombe Publications, 1991. 340 p.

MCDONALD, P. *et al.* **Animal nutrition**. 5. ed. New York: Longman, 1995. 607 p.

MCKERSIE, B. D. Effect of pH proteolysis in ensiled legume forage. **Agronomy Journal**, Madison, v. 77, n. 1, p. 81-86, 1985.

MEEESKE, R. *et al.* Ensiling forage sorghum at two stages of maturity with the addition of lactic acid bacterial inoculants. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 43, p. 165-175, 1993.

MELLO, R. Silagem de milho, sorgo e gramíneas tropicais. **Revista Eletrônica Nutritime**, Viçosa, v. 1, n. 1, p. 48-58, 2004.

MELOTTI, L. *et al.* Ensaio de digestibilidade (aparente) de silagem de sorgo, de milho e de capim napier (2). **Boletim de Indústria Animal**. Nova Odessa, v. 25, p. 187-195, 1968.

MERTENS, D. R. Analysis of fiber in feeds and its use in feed evaluation and ration formulation. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES, 1992, Lavras. **Anais...** Lavras: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1992. p. 1-32.

MERTENS, D. R. Regulation of forage intake. In: FAHEY JR., G. C. *et al.* (Eds.). **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: ASA-CSSA-SSSA, 1994. p. 450-493.

MIRANDA, J. E. C. de.; PEREIRA, J. R. Instrução técnica para o produtor de leite. In: **Tipos de sorgo para silagem**. Juiz de Fora, MG: EMBRAPA/CNPGL, 2006. (Circular Técnica, 51).

MOISIO, T., HEIKONEN, M. Lactic acid fermentation in silage preserved with formic acid. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 47, p. 107-124, 1994.

MORAES, A de.; MARASCHIN, G. E. Pressões de pastejo e produção animal em milheto cv. comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 198-205. 1988.

MOTTA, T. P. **Microbiota fúngica e ocorrência de aflatoxina b1 na dieta de bovinos leiteiros**. 2012. 69 p. Dissertação (Mestrado em Produção Animal

Sustentável)-Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, 2012.

MUCK, R. E. Factors influencing silage quality and their implications for management. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 71, p. 2992-3002, 1988.

MÜLLER, L. *et al.* Forragem hidropônica de milheto: produção e qualidade nutricional em diferentes densidades de semeadura e idades de colheita. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 4, p. 1094-1099, 2006.

NAUFEL, F. *et al.* Estudo comparativo entre cana de açúcar e silagens de milho, sorgo e capim napier na alimentação de vacas leiteiras. **Boletim de Indústria Animal**. Nova Odessa, v. 26, p. 9-22, 1969.

NEUMANN, M. *et al.* Avaliação de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) quanto aos componentes da planta e silagens produzidas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 302-312, 2002.

NEUMANN, M. *et al.* Avaliação da qualidade e do valor nutritivo da silagem de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 3, n. 1, p. 120-133, 2004.

NOGUEIRA, F. A. S. **Qualidade das silagens de híbridos de sorgo de porte baixo com e sem taninos e de colmo seco e succulento, e seus padrões de fermentação, em condições de laboratório**. 1995. 78 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1995.

NORDQUIST, P. T.; RUMERY, M. G. A. Corn and sorghum silages for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 50, n. 8, p. 1255-1261, 1967.

NSAHLAI, L. V.; UMUNNA, N. N.; OSUJI, P. O. Complementarity of birdresistant and non-bird-resistant varieties of sorghum stover with cottonseed

cake and nong (*Guizotia abyssinica*) caka when fed to sheep. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 130, p. 229-239, 1998.

NÚSSIO, L. G. Produção de silagem de sorgo. In: **Manejo cultural do sorgo para forragem**. Sete Lagoas: EMBRAPA/CNPMS, 1992. n. 17, p. 53-55, 1992. (Circular Técnica,17).

OLIVEIRA, L. B. de. **Produção e valor nutritivo de diferentes forrageiras e de suas respectivas silagens**. 2008. 46 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2008.

OLIVEIRA, W. H. *et al.* Valor nutritivo da cana-de-açúcar adicionada de níveis crescentes de uréia. I: digestibilidade aparente e partição da digestão. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 28., 1991, João Pessoa, **Anais...** João Pessoa: SBZ, 1991. p. 239.

OSHIMA, V.; McDONALD, P. A review of changes in nitrogenous compounds of herbage during ensilage. **Journal Science Food and Agriculture**, London, v. 29, n. 6, p. 497-505, 1978.

OHSHIMA, M.; McDONALD, P.; ACAMOVIC, T. Changes during ensilage in the nitrogenous components of fresh and additive treated ryegrass and lucerne. **Journal Science Food and Agriculture**, London, v. 30, n. 2, p. 97-106, 1979.

OWEN, J. R. *et al.* Feeding value of corn and sorghum silages for milk production. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 40, n. 7, p. 1554, 1957.

PAIVA, J. A. J. **Qualidade de silagem da região metalúrgica de Minas Gerais**. 1976. 43 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1976.

PESCE, D. M. C.; GONÇALVES, L. C.; SANTOS, J. A. Análise de vinte genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), de portes médio e alto,

pertencentes ao ensaio nacional. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 978-987, 2000.

FIGURINA, G. **Factores que afectan el valor nutritivo y la calidad de fermentacion de ensilajes**. In: INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACION AGROPECUÁRIA. (Ed). Pasturas y produccion animal de áreas organaderia intensiva. Monte video: INIA, 1991. p. 77-92. (Serie Técnica, 15).

PELL, A. N.; SCHOFIELD, P. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion *in vitro*. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 76, n. 4, p. 1063-1073, 1993.

PILCH, M. R.; SCHMIDT, P. **Metodologias de avaliação do pH de silagens**. UFPR, Curitiba. Centro de pesquisa em forragicultura. Disponível em: <<http://www.ensilagem.com.br>>. Acesso em: 11 jan. 2014.

PINHO, R. G. V.; VASCONCELOS, R. C. de. **Cultura do sorgo**. Lavras: UFLA, 2002. 76 p.

PIRES, D. A. A. *et al.* Características das silagens de cinco genótipos de sorgo cultivados no inverno. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 12, n. 1, p. 68-77, 2013.

PITT, R. E. **Managing bunker silos to maximize feed quality**. Animal Science Mimeograph Series. New York: Cornell Cooperative Extension, 1991. p. 113-127.

RESTLE, J. *et al.* Aspectos qualitativos da carcaça e carne de novilhos, terminados aos 24 meses, com silagem de sorgo. In: REUNIAO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1998. p. 3.

RESTLE, J.; BRONDANI, I. L.; BERNARDES, R. A. C. O novilho super precoce. In: RESTLE, J. (Ed.). **Confinamento, pastagens e suplementação para produção de bovinos de corte**. Santa Maria: UFSM, 1999. p. 191-214.

RIBAS, P. M. Importância econômica. In: _____. **Cultivo do sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa, 2005. Disponível em: <<http://www.sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/fontesHTML/sorgo/cultivo/dosorgo/importanciaeconomica>>. Acesso em: 8 jan. 2014.

RIBAS, P. M. **Importância econômica do sorgo**: sistema de produção 2. 2009. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Sorgo/CultivodoSorgo/importancia.htm>>. Acesso em: 3 jan. 2014.

RIBEIRO, K. G. *et al.* Caracterização das frações que constituem as proteínas e os carboidratos, e respectivas taxas de digestão, do feno do capim-Tifton 85 de diferentes idades de rebrota. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 589-595. 2001.

RIBEIRO, C. G. M. *et al.* 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.

RODRIGUES FILHO, O. *et al.* Produção e composição bromatológica de quatro híbridos de sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) submetidos a três doses de nitrogênio. **Revista Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 7, n. 1, p. 37-48, 2006.

ROONEY, L. W.; PFLUGFELDER, R. L. Factors affecting digestibility with special emphasis on sorghum and corn. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 63, n. 5, p. 1607-1623, 1986.

SANTOS, M. M. *et al.* Épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do milho em plantio direto, e alocação do nitrogênio (15n) na planta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 34, p. 1185-1194, 2010.

SILVA, A. G. *et al.* Rendimento forrageiro e valor nutritivo de clones de *Pennisetum* sob corte, na zona da mata seca. **Archivos de Zootecnia**, Cordoba, v. 60, n. 229, p. 64, 2011.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. de. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2006. 235 p.

SILVA, J. F. C.; GOMIDE, J. A.; FONTES, C. A. A. Valor nutritivo das silagens de milho e de sorgo e do pé-de-milho e pé-de-sorgo seco. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 20, n. 111, p. 347-353, 1973.

SILVA, F. F. *et al.* Qualidade de silagens de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) de portes baixo, médio e alto com diferentes proporções de colmo+folhas/panícula. 1. Avaliação do processo fermentativo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 14-20, 1999.

SIMON, J. E. **Consumo e digestibilidade de silagem de sorgo (*Sorghum bicolor*, (L.) Moench) como alternativa para alimentação suplementar de ruminantes na Amazônia oriental**. 2006. 96 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Animal)-Universidade Federal do Pará, Belém, 2006.

SKONIESKI, F. R.; NORBERG, J. L.; AZEVEDO, E. B. de. Produção, caracterização nutricional e fermentativa de silagens de sorgo forrageiro e sorgo duplo propósito. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, Maringá, v. 32, n. 1, p. 27-32, 2010.

STREETER, M. N. *et al.* The effect of sorghum grain variety on site and extent of digestion in beef heifers. **Journal Animal Science**, Savoy, v. 68, n. 4, p. 1121-1132, 1990.

TABOSA, J. N. *et al.* Teste em linhas de sorgo no semiárido de Pernambuco para consumo humano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 12, p. 1385-1390. 1993.

TEIXEIRA, A. S. **Alimentos e alimentação dos animais**. 5. ed. Lavras: UFLA, FAEPE, 2001. 241 p.

TEIXEIRA, J. C. **Introdução aos métodos de determinação de digestibilidade em ruminantes**. Lavras, MG: UFLA/ FAEPE, 1997. 327 p.

TILLEY, J. M. A.; TERRY, R. A. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. **Journal British Grassland Society**, Cambridge, v. 18, n. 2, p. 104-111, 1963.

TOMICH, T. R. Características químicas e digestibilidade *in vitro* de silagens de girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 1672-1682, 2004 (Suplemento, 1).

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca, New York: Cornell University Press, 1994. 476 p.

VIEIRA, F. A. P. *et al.* Qualidade de silagens de sorgo com aditivos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 56, n. 6, 2004.

VILELA, D. Silagem. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 9, n. 108, p. 17-27, 1983.

VON PINHO, R. G. *et al.* Influência da altura de corte das plantas nas características agronômicas e valor nutritivo das silagens de milho e de diferentes tipos de sorgo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 2, p. 266-279, 2006.

VON PINHO, R. G. *et al.* Produtividade e qualidade da silagem de milho e sorgo em função da época de semeadura. **Bragantia: Revista de Ciências Agronômicas**, Campinas, v. 66, n. 2, p. 235-245, 2007.

WILSON, J. R. Cell wall characteristics in relation to forage digestion by ruminants. **Journal Agriculture Science**, London, v. 22, n. 1, p. 171-182, 1994.

ZAGO, C. P. **Cultura de sorgo para produção de silagem de alto valor nutritivo**. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4., 1992, Piracicaba. **Anais....** Piracicaba: Fealq, 1992. 320 p.

ZAGO, C. P. Utilização do sorgo na alimentação de ruminantes. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. **Manejo cultural do sorgo para forragem**. Sete Lagoas, EMBRAPA CNPMS, 1997. p. 9-26. (Circular Técnica, 17).

ZAGO, C. P. Híbridos de milho e sorgo para silagem: características agronômicas e nutricionais. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 1., 2002, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. p. 351-371.