

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**  
**Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel**  
**Programa de Pós-Graduação em Zootecnia**



**Tese**

**Características agronômicas, bromatológicas e nutricionais de silagens  
de genótipos de sorgo forrageiro**

**Leila Cardozo**

**Pelotas, 2016**

**Leila Cardozo**

**Características agronômicas, bromatológicas e nutricionais de silagens  
de genótipos de sorgo forrageiro**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências (área de conhecimento: Produção Animal).

Orientador: Jorge Schafhäuser Júnior

Co-orientadores: Fernanda Bortolini

Jamir Luís Silva da Silva

Pelotas, 2016

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas  
Catalogação na Publicação

C268c Cardozo, Leila

Características agronômicas, bromatológicas e nutricionais de silagens de genótipos de sorgo forrageiro / Leila Cardozo ; Jorge Schafhäuser Júnior, orientador ; Jamir Luís Silva da Silva, Fernanda Bortolini, coorientadores. — Pelotas, 2016.

51 f.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2016.

1. Sorghum bicolor. 2. Forragem. 3. Fermentação anaeróbica. 4. Composição química. 5. Degradabilidade. I. Schafhäuser Júnior, Jorge, orient. II. Silva, Jamir Luís Silva da, coorient. III. Bortolini, Fernanda, coorient. IV. Título.

CDD : 633.31

**Leila Cardozo**

**Características agronômicas, bromatológicas e nutricionais de silagens  
de genótipos de sorgo forrageiro**

Tese aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Doutor em Ciências,  
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade Eliseu Maciel, Universidade  
Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 26 de fevereiro de 2016.

Banca examinadora:

Dr. Jorge Schafhäuser Júnior (Orientador)  
Doutor em Zootecnia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dra. Beatriz Marti Emygdio  
Doutora em Ciência e Tecnologia de Sementes pela Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Otoniel Geter Lauz Ferreira  
Doutor em Zootecnia pela Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Ricardo Zambarda Vaz  
Doutor em Zootecnia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Rogério Fôlha Bermudes  
Doutor em Zootecnia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

À Deus. Por todas as oportunidades de crescimento que surgem no meu caminho, me obrigando a progredir e melhorar sempre como ser humano, entendendo o que, e quem tem real valor em minha vida.

Aos meu pais e família. Pela educação e pelos exemplos que me deram retidão de caráter.

Ao Gustavo. Pela oportunidade que está me dando de construir uma família, alicerçada no amor, companheirismo, respeito e admiração mútua.

Aos animais. Aos que tenho contato devido à minha profissão, que em prol de sua saúde e bem estar estudei e estudo, e aos meus animais de estimação, por terem sempre me oportunizado momentos de carinho sincero.

DEDICO.

## **Agradecimentos**

À Deus e aos meus “anjos da guarda”, que me protegem tanto e me auxiliam a conquistar meus objetivos.

À minha mãe e ao meu pai, pelo exemplo. Dela, a determinação imensurável e dele, o empenho e o valor do trabalho. Obrigada por respeitarem minhas escolhas e acreditarem na minha capacidade.

Ao Gustavo, pela parceria total. Meu apoio emocional, físico e intelectual. Junto com Alice e Melissa, transformam o nosso lar no cantinho mais seguro, confortável e carinhoso que existe no mundo. Amo tanto vocês!

Ao meu orientador, Jorge Schafhäuser Júnior. Pela chance. Podia ter optado por não se envolver, mas foi uma mão que veio em meu auxílio, sem nem me conhecer. “Fazer o bem, sem olhar a quem” vou levar o exemplo para sempre.

À todos os estagiários, pós graduandos e funcionários da Embrapa Clima Temperado, que auxiliaram em algum momento desde o plantio dos cultivares e confecção das silagens, até as análises no laboratório. Esse trabalho começou antes mesmo de eu entrar para o Labnutri e teve a participação de várias pessoas. Muito obrigada!

À todos que participaram da equipe e dos experimentos desenvolvidos pelo Labnutri – Embrapa Clima Temperado, entre os anos de 2013 e 2015. Aprendi com todos, tive ajuda em algum momento de cada um de vocês. Obrigada pelo coleguismo e principalmente, pelo bom convívio.

Ao Jamir, Fernanda e Ricardo Valgas, que também me ajudaram e esclareceram minhas dúvidas, agradeço pela disponibilidade.

Aos bovinos que foram utilizados nos três projetos em que trabalhei durante o doutorado, e que são parte fundamental para a obtenção dos resultados. Agradeço por mesmo sem a total consciência de seu papel de cobaias, terem sido colaborativos e pacíficos.

À UFPel e ao PPGZ, pela oportunidade de cursar o doutorado.

À Embrapa Clima Temperado, pela cedência de sua estrutura de pesquisa e dos recursos para a realização do projeto.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa durante todo o período de realização deste doutorado.

Aos pós graduandos e estagiários amigos que fiz nos dois primeiros anos do doutorado. Vocês também são especiais por terem me ajudado em momentos que precisei, tanto profissionalmente, como emocionalmente.

Quero agradecer pelo apoio, aos amigos que não participaram diretamente do meu doutorado, mas que fazem parte da minha vida e são tão importantes, pois a tornam mais fácil de viver! Os de longe, os de perto, os que tenho há anos e os que fiz há pouco. Tenho sorte, pois conheço tanta gente legal! Obrigada pela amizade e parceria.

Muito obrigada!

*“Se não puder voar, corra. Se não puder correr, ande. Se não puder andar, rasteje, mas continue em frente de qualquer jeito.”*

(Martin Luther King)



## Resumo

CARDOZO, Leila. **Características agronômicas, bromatológicas e nutricionais de silagens de genótipos de sorgo forrageiro**. 2016. 51f. Tese (Doutorado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2016.

O sorgo é uma forrageira com bons índices produtivos e qualidade nutricional, sendo que sua silagem é uma importante alternativa para a alimentação dos rebanhos. O melhoramento genético busca produzir e aprimorar cultivares adaptados às diferentes regiões do país, e devido a isso, a avaliação dos mesmos quanto à produtividade e valor nutricional precedem as indicações de plantio. O primeiro objetivo deste estudo, foi avaliar a produtividade, a qualidade da silagem e a composição química de 21 genótipos experimentais e 4 comerciais de sorgo. O experimento foi conduzido em um delineamento de blocos casualizados, com 25 tratamentos e 3 repetições. As silagens foram feitas em silos experimentais de saco plástico quando as forrageiras atingiram o estágio fenológico de massa mole (leitoso/pastoso). Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias agrupadas pelo teste de Scott-Knott (5%). O nível de produtividade de massa seca variou de 9,22t/ha a 13,83t/ha, com boa participação de panícula para a maioria dos materiais, e os níveis de proteína bruta variaram de 4,69% a 7,10%. Todos os materiais apresentaram boa qualidade de fermentação, com NDT variando de 60,37% a 69,89%, e os níveis médios de FDN e FDA foram de 50,28% e 32,59%, respectivamente. De acordo com os resultados obtidos, os genótipos de ciclo mais precoce 12F40014 e BRS 610, e os genótipos de ciclo mais tardio 12F39014, 12F40006 e 12F40007, apresentaram boa produção de matéria seca, com maior participação de panículas, baixos teores de FDN e FDA e bons teores de proteína e NDT. O segundo objetivo foi o de avaliar a degradabilidade ruminal *in situ* da matéria seca dos cinco genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) que se destacaram quanto a produtividade e qualidade nutricional no primeiro estudo. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial, com cinco cultivares e sete tempos de incubação. Para comparação das médias de cada tratamento nos diferentes períodos o teste SNK (5%) foi utilizado. A degradabilidade efetiva para todas as taxas de passagem foi melhor para o genótipo 12F40006, com 52,12%, 56,50% e 66,35%, seguido pelo genótipo 12F40007, com 51,73%, 55,69% e 64,63%. De forma geral, conclui-se que os cultivares 12F40006 e 12F40007, nas condições deste estudo, reúnem o maior número de características produtivas, nutricionais e de digestibilidade, podendo ser recomendados para o plantio e confecção de silagem.

**Palavras-chave:** *Sorghum bicolor*; forragem; fermentação anaeróbica; composição química; degradabilidade; digestibilidade.

## Abstract

CARDOZO, Leila. **Agronomical, bromatological and nutritional features of sorghum forage genotypes silage**. 2016. 51p. Thesis (Doctor of Science) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2016.

Sorghum is a forage with good production rates and nutritional quality, and its silage is an important alternative for feeding livestock. Genetic enhancement seeks to produce and improve cultivars that are adapted to the different regions of the country, and because of this, their evaluation as to productivity and nutritional value precede further planting instructions. The first objective of this study was to evaluate the productivity, the silage quality and the chemical composition of 21 experimental and 4 commercial sorghum genotypes. The experiment was carried out in a randomized block design, with 25 treatments and 3 repetitions each. The silages were made in experimental plastic bag silos when the forage reached the developmental stage of doughy grain. Data were subjected to analysis of variance and means were grouped by Scott-Knott test (5%). DM productivity level ranged from 9.22t/ha to 13.83t/ha with good participation of panicle for most materials and crude protein levels ranged from 4.69% to 7.10%. All materials presented good quality of fermentation, with TDN ranging from 60.37% to 69.89%, and the average levels of NDF and ADF were 50.28% and 32.59%, respectively. According to the results, the earlier cycle genotypes 12F40014 and BRS 610, and the later cycle genotypes 12F39014, 12F40006 and 12F40007, stood out due to their good DM production, with greater participation of panicles, low levels of NDF and ADF and good levels of protein and TDN. The second objective was to evaluate the ruminal *in situ* degradability of the dry matter of the five genotypes of sorghum (*Sorghum bicolor*, L. Moench) that stood out as the productivity and nutritional quality in the first study. The experimental design was completely randomized in a factorial fashion, consisting of five cultivars and seven incubation times. To compare the means of each treatment in different periods the SNK test (5%) was used. The effective degradability for all passage rates was better for genotype 12F40006, with 52.12%, 56.50%, 66.35%, followed by genotype 12F40007, with 51.73%, 55.69%, 64.63%. Overall, it is concluded that the genotypes 12F40006 and 12F40007, under the conditions of this study, gather the largest number of production characteristics, nutrition and digestibility and can be recommended for planting and production of silage.

**Key-words:** *Sorghum bicolor*; forage; anaerobic fermentation; chemical composition; degradability; digestibility.

## Lista de Tabelas

Tabela 1	Dados meteorológicos para Capão do Leão no ano de 2013.....	22
Tabela 2	Dias até a colheita, Altura, Massa seca (MS), Proporções de panícula, folha e colmo e Produção de matéria seca (PMS) da forragem pré-ensilada de genótipos de sorgo.....	24
Tabela 3	Massa seca (MS), pH, Nitrogênio amoniacal (N-NH <sub>3</sub> ), Proteína bruta (PB), Nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) e Nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) da silagem de genótipos de sorgo.....	27
Tabela 4	Fibra em detergente neutro (FDN), Fibra em detergente ácido (FDA), Celulose (CEL), Hemicelulose (HEM), Lignina em detergente ácido (LDA), Cinzas (CZ) e Nutrientes digestíveis totais (NDT) da silagem de genótipos de sorgo.....	29
Tabela 5	Composição bromatológica da silagem de genótipos de sorgo.....	35
Tabela 6	Desaparecimento médio (%) da matéria seca (MS) da silagem dos genótipos de sorgo nos tempos de incubação ruminal (horas).....	36
Tabela 7	Frações solúveis (a e b), taxa de degradação (c) fração indegradável (I), e degradabilidade efetiva (DE) simulada em três taxas de passagem (2%/h, 5%/h e 8%/h) da silagem de genótipos de sorgo.....	38

## Lista de Abreviaturas e Siglas

CEL	Celulose
CZ	Cinzas
DE	Degradabilidade Efetiva
DIVMS	Digestibilidade <i>in vitro</i> da Matéria Seca
DP	Degradabilidade Potencial
FDA	Fibra em Detergente Ácido
FDN	Fibra em Detergente Neutro
HEM	Hemicelulose
LDA	Lignina em Detergente Ácido
MS	Matéria Seca ou Massa Seca
MSC	Matéria Seca de Colmo
MSF	Matéria Seca de Folha
MSP	Matéria Seca de Panícula
NDT	Nutrientes Digestíveis Totais
NIDA	Nitrogênio Insolúvel em Detergente Ácido
NIDN	Nitrogênio Insolúvel em Detergente Neutro
NPK	Nitrogênio, Fósforo e Potássio
NRC	National Research Council
PB	Proteína Bruta
PMS	Produção de Matéria Seca

## Sumário

1	Introdução.....	12
2	Revisão da Literatura.....	14
2.1	Cultivo do sorgo.....	14
2.2	Interesse agrícola.....	15
2.3	Características agronômicas da planta de sorgo.....	16
2.4	Silagem.....	17
2.5	Qualidade bromatológica das silagens de sorgo.....	18
2.6	Degradabilidade <i>in situ</i> .....	19
3	Capítulo 1 – Desempenho agronômico e qualidade da silagem de sorgo.....	21
3.1	Introdução.....	21
3.2	Material e Métodos.....	22
3.3	Resultados e Discussão.....	25
3.4	Conclusão.....	32
4	Capítulo 2 – Cinética digestiva de silagens de genótipos de sorgo ( <i>Sorghum bicolor</i> , L. Moench) utilizando a técnica <i>in situ</i> .....	33
4.1	Introdução.....	33
4.2	Material e Métodos.....	34
4.3	Resultados e Discussão.....	36
4.4	Conclusão.....	41
5	Considerações Finais.....	42
	Referências.....	43

## 1 Introdução

No estado do Rio Grande do Sul, grande parte da renda dos produtores rurais vem da pecuária de corte e de leite, e estas respondem por uma parcela significativa da economia do estado. Entre os principais gargalos dessas atividades, estão os problemas de alimentação do rebanho nos períodos de entressafra das pastagens, onde há falta de alternativas forrageiras para pastejo, conduzindo à necessidade de fornecimento de forragem conservada, principalmente nesse período.

Entre as espécies forrageiras que podem ser ensiladas, o sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) destaca-se por ser uma alternativa viável como cultura anual por apresentar resistência a seca, boa produção e rápido crescimento (BOTELHO et al., 2010), além de produzir silagens com valor nutricional adequado para os ruminantes quando a cultura recebe manejo agrônomico correto (GOMES et al., 2015).

Segundo Neumann et al. (2002a), no sistema organizacional e de planejamento das empresas rurais, a escolha de híbridos de sorgo para produção de silagem tem sido bastante controversa, devido à falta de informações quanto ao comportamento agrônomico produtivo e qualitativo de diferentes materiais genéticos ofertados pelas empresas de melhoramento e multiplicação genética, uma vez que o comportamento produtivo influencia no rendimento da cultura, e a qualidade do material impacta diretamente na resposta animal.

Atualmente, os constituintes da parede celular fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina são referências fundamentais para os sistemas modernos de predição de ganhos, tais como o NRC (NEUMANN et al., 2002b). Eifert et al. (2004) relatam que numerosos estudos demonstraram relação negativa entre FDN e consumo de matéria seca e entre FDA e a digestibilidade aparente.

Assim, de maneira geral, estudos de comparação entre híbridos são importantes para contribuir com os programas de melhoramento genético e para recomendar aos produtores os híbridos ou cultivares cujas silagens tenham a melhor relação produção: valor nutritivo (NEUMANN et al. 2002b).

A Embrapa Milho e Sorgo (Sete Lagoas, MG.) desenvolve programas de melhoramento genético dessas plantas, e nas etapas finais desse tipo de programa, há necessidade de avaliar o desempenho das linhagens, necessitando, portanto, o plantio das mesmas, e as avaliações de seu potencial produtivo e nutricional. Com isso, um maior entendimento do processo degradativo ruminal da silagem de sorgo também se faz necessário.

Experimentos de digestibilidade *in vivo* tem um alto custo de execução, mas há outros protocolos para estimar a digestibilidade, capazes de gerar informações sobre os processos ruminais, tais como degradabilidade *in situ*.

A técnica de degradabilidade *in situ* foi desenvolvida tendo por objetivo avaliar a degradação de alimentos através de sacos porosos dentro do rúmen do animal, o qual deve ser dotado de uma fístula. Esta técnica possibilita a determinação da cinética de degradação, que é importante para alimentos fibrosos, como as forragens, pois o rúmen é o principal sítio de degradação desses alimentos (BENEVIDES et al., 2007).

Nesse contexto, os objetivos do trabalho são avaliar as características agronômicas, a qualidade e o valor nutritivo, assim como caracterizar a dinâmica da degradação ruminal da silagem de genótipos de sorgo desenvolvidos pela Embrapa.

## **2 Revisão da Literatura**

### **2.1 Cultivo do sorgo**

O sorgo é uma gramínea anual de verão, cespitosa, com altura variável que possui colmos suculentos, eretos e dispostos em forma de touceiras. As folhas são lineares e sua inflorescência é uma panícula, aberta, com ramificações curtas e grão menores nos sorgos forrageiros do que nos graníferos (FONTANELI et al., 2012), que são os principais tipos de sorgo de interesse agrícola (DEMARCHI et al., 1995).

A origem do sorgo está na África, embora algumas evidências indiquem que a Índia possa ter sido também uma região de dispersão. Nas américas, as primeiras introduções ocorreram no Caribe, e o sorgo atingiu o Sudoeste dos Estados Unidos, por volta da metade do século XIX. Porém foi a partir da década de 40 do século XX, que a cultura tornou-se popular em vários países, graças aos trabalhos de cientistas que viabilizaram os híbridos. No Brasil, o sorgo foi mais recentemente introduzido, mas seu cultivo está se popularizando (RIBAS, 2003).

Existem vários tipos de sorgo, divididos entre graníferos e forrageiros, sendo que inclusos na categoria forrageiro estão os sorgos sacarinos, utilizados como matéria prima para usinas de álcool, os sorgos de duplo propósito, bons para produção de silagem por possuírem boa produção de biomassa e de grãos, os denominados sorgos tipo vassoura, que são utilizados basicamente para produção de vassouras, e os denominados capim sudão mais aptos ao processo de fenação (DEMARCHI et al., 1995).

O sorgo em propriedades com fins pecuários, é utilizado para produção de grãos, corte/pastejo ou produção de silagem. A produção de grãos de sorgo de um modo geral, é quase sempre integrada a empresas produtoras de ração para aves, suínos e ruminantes. Como forrageira, a cultura tem se destacado no processo de produção de silagem por ser uma gramínea de elevado potencial de produção, ter boa adequação à mecanização e principalmente, bom valor nutritivo (DUARTE, 2003).

A resistência a seca é uma característica importante da planta de sorgo e a torna muito interessante para cultivo em regiões onde há distribuição irregular de chuvas. O sorgo apresenta características importantes que lhe dão resistência a



déficits hídricos, como um sistema radicular profundo e ramificado o qual é eficiente na extração de água do solo, e a diminuição do metabolismo em situações de falta de água, com um poder extraordinário de recuperação quando o estresse é interrompido (PEREIRA FILHO et al., 2015). No entanto, a exigência em umidade torna-se crítica nos períodos logo após a germinação e nas fases de polinização e floração.

Apesar do sorgo ter sido apresentado no Brasil, devido suas origens de regiões áridas e semiáridas, como rústico, a cultura apresentou dificuldades na região Nordeste, por não ser tão resistente à seca prolongada como se esperava, dependendo também de boas práticas de manejo para atingir melhores índices produtivos (DUARTE, 2003).

## **2.2 Interesse agrícola**

Devido as dificuldades comerciais encontradas pelos produtores de sorgo, a produção vem diminuindo no Brasil. Com a divulgação da "Conjuntura mensal – janeiro de 2016", pela Conab (2016), percebe-se que a área plantada de sorgo está em queda em todas as regiões, exceto na sudeste.

Este cenário já era previsto com a divulgação do "5º Levantamento 2015/16", pela Conab, em fevereiro/15, onde percebia-se uma diminuição forte na área, assim como uma redução na produção, devido à conjuntura muito mais favorável ao milho, que é um produto que aproveita melhor a moeda desvalorizada devido à grande demanda externa. A cultura do sorgo está cada vez mais sendo utilizada para locais próximos a centros de produção bovina e/ou de produção de rações, ficando nos outros locais a preferência pela produção de milho (CONAB, 2016).

Demarchi et al., (1995) divide os sorgos de interesse agrícola em dois grandes grupos: graníferos e forrageiros. Os graníferos são sorgos que possuem altura inferior a 1,60m, elevada produção de grãos e panículas, com grãos bem desenvolvidos. Em nosso país, são cultivados principalmente com a finalidade de produção para alimentação animal, sendo que em continentes como a África e na Ásia, é um importante cereal utilizado na alimentação humana. São também descritas outras utilizações para os grãos de sorgo, como a produção de amido, óleo comestível e industrial, álcool, cerveja e cera.

Os sorgos forrageiros destacam-se pela elevada produção de matéria seca, altura superior a 2,0m e por possuírem ciclo mais longo. Podem ser subdivididos em

cinco categorias, onde a primeira é composta pelos forrageiros com baixa produção de grãos, baixo teor de açúcares solúveis e altura superior a 3,0m. A segunda categoria são os chamados sorgos sacarinos, composta por cultivares com baixa produção de grãos, altura superior a 3,0m, colmos com porcentagem de sacarose entre 10% e 14% e ricos em açúcares redutores, sendo assim matéria prima para usinas produtoras de álcool e melação. Produzem silagens com bom padrão de fermentação, entretanto, esta utilização deve ser bem avaliada uma vez que possuem pequena porcentagem de grãos.

Outra categoria é chamada de sorgo de duplo propósito os quais apresentam boa produção de grãos, altura menor (entre 2,0m e 2,5m), sendo então uma boa opção para produção de silagem de elevado valor nutricional devido às maiores porcentagens de grãos. Na quarta categoria estão os denominados sorgos tipo vassoura, que produzem pequena porcentagem de grãos, panículas abertas e bem ramificadas e são utilizados basicamente para produção de vassouras. A quinta e última categoria é composta por sorgos forrageiros especializados em pastejo, corte ou fenação, denominados capim sudão ou seus híbridos com sorgo, que possuem colmo mais fino, sendo mais favorável ao processo de fenação (DEMARCHI et al., 1995).

### **2.3 Características agronômicas da planta de sorgo**

O sorgo é uma planta com altas taxas fotossintéticas e que requer normalmente, temperaturas superiores à 21°C para um bom desenvolvimento. Alguns híbridos são sensíveis ao fotoperíodo, o que pode comprometer o crescimento e a produção de matéria seca em plantios mais tardios (PINHO et al., 2007), dependendo do local de plantio.

O ciclo das plantas de sorgo varia normalmente de 90 a 190 dias (DEMARCHI et al. 1995), e em função de sua característica pouco exigente em água, completa o ciclo com pluviosidade em torno de 450mm, mas pode vegetar com apenas 300mm, desde que bem distribuídos nos períodos críticos de dependência hídrica, que são a germinação, polinização e floração, segundo Santos (2003).

As plantas de sorgo crescem em vários tipos de solos e toleram variações de fertilidade, no entanto, apresentam melhores rendimentos à medida que as condições de fertilidade sejam elevadas e equilibradas. A época de plantio depende das

características climáticas de cada região, e a recomendação para o plantio do sorgo no Rio Grande do Sul para a safra 2013/2014 foi de 23 de setembro de 2013 até final de janeiro de 2014 (CONAB, 2014).

O preparo de solo e os cuidados na semeadura devem ser observados para garantir um bom “stand” de plantas, devido ao tamanho reduzido das sementes, necessitando de uma profundidade de semeadura de 3cm, com a mínima presença de torrões (ALVARENGA et al., 2003). A densidade ideal varia com o tipo de sorgo e seu propósito: para o sorgo granífero entre 200 e 220 mil plantas/ha; para o forrageiro, cerca de 100 a 150 mil plantas/ha, a fim de diminuir o acamamento que normalmente pode ocorrer em populações maiores; para os de duplo propósito, de 130 a 170 mil plantas/ha e, para o sorgo sacarino, 100 mil plantas/ha. Os espaçamentos variam de 50 a 80 centímetros (ZAGO, 1991).

Os tipos de sorgo que podem ser usados como forragem (graníferos, forrageiros e duplo propósito) mudam a proporção dos componentes (folha, colmo e panícula) da planta, segundo Viana et al. (2001). Estes híbridos variam na altura, produção de matéria seca e composição bromatológica, produzindo silagens com valores nutritivos diferentes.

## **2.4 Silagem**

O processo de ensilagem consiste na conservação da forragem por fermentação dos açúcares presentes na forrageira a ácidos orgânicos, principalmente ácido láctico e acético, através da ação de bactérias ácido lácticas, e que é obtida em condições de anaerobiose (MCDONALD et al., 1991).

Logo após ser ensilada, a planta ainda continua respirando, sendo este processo responsável pela remoção do oxigênio de dentro do silo, o que vai criar o ambiente de anaerobiose, com produção de CO<sub>2</sub>, água e energia, sendo esta energia convertida em calor. Dentro do silo, logo após a ensilagem, são ativadas enzimas responsáveis pela hidrólise de amido e da hemicelulose a monossacarídeos, fornecendo açúcares para o processo de fermentação láctica. Já as enzimas proteolíticas, produzem nitrogênio não protéico, a partir de nitrogênio protéico, e esses processos reduzem o valor nutritivo da forrageira ensilada com relação à *in natura* (BRITO, 2000).

O teor de matéria seca da planta no momento da colheita, atua diretamente sobre o perfil de fermentação que ocorre dentro do silo. Materiais com elevada umidade, estimulam a fermentação clostrídica e produzem quantidade elevada de efluentes, que acabam levando consigo uma alta quantidade de nutrientes digestíveis. Já os materiais com teores de matéria seca acima de 45% também não são desejáveis, pois não permitem uma compactação adequada, impedindo a eliminação do oxigênio de dentro do silo (VAN SOEST, 1994).

## **2.5 Qualidade bromatológica das silagens de sorgo**

O sorgo é amplamente utilizado para produção de silagem, pois possui características propícias a uma adequada fermentação anaeróbica e produção de silagem de elevada qualidade, sem que haja necessidade de aditivos (ARAÚJO, 2006).

Demarchi et al. (1995) ressaltam que, no processo de maturação, do florescimento ao estágio de grãos duros, ocorrem alterações na composição química do sorgo. Estas mudanças ocorrem principalmente pela redução da digestibilidade da matéria seca do colmo e folhas, pela lignificação e formação de ligações entre a lignina e as hemiceluloses, e devido ao aumento dos nutrientes digestíveis em materiais genéticos de maior produção de grãos (maior participação da fração de amido), em função da elevada translocação de nutrientes para a panícula.

Segundo ZAGO (1991), das frações da planta de sorgo, o colmo é a porção que menos contribui para a elevação do teor de matéria seca (MS), seguido pelas folhas e panícula. Assim, o aumento na participação da panícula na estrutura física da planta torna-se o principal responsável pela alteração no teor de MS e consequente antecipação de colheita para ensilagem. Por isso, segundo Pereira et al. (1993) o teor de matéria seca se eleva mais rapidamente em híbridos de portes médio e baixo, já que a participação da fração panícula nestes é maior.

Os teores de matéria seca da panícula variam muito do estágio de grão leitoso até grão duro. Neumann et al. (2002b) comparando as partes físicas constituintes da planta de sorgo, observaram que os teores de matéria seca do colmo e folhas representaram 60,03% e 56,93% do teor de matéria seca da panícula, respectivamente. Sendo assim, é a observação da maturação que ocorre no grão, que determina o momento ideal da colheita do sorgo.

Com relação ao teor de proteína, sabe-se que varia conforme a aptidão do material e a proporção dos componentes da planta, sendo que a panícula é grande responsável pelo acúmulo da proteína bruta.

Existem dados contraditórios na literatura acerca do efeito da idade de corte do sorgo sobre o valor nutritivo deste. Alguns autores não observaram diferenças nos teores de fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, lignina e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) para híbridos colhidos em estádios de grãos leitoso, leitoso/pastoso, pastoso, farináceo e duro, já outros autores as observaram, o que demonstra que há muitos fatores que podem estar envolvidos na qualidade e valor nutritivo das silagens de sorgo.

## **2.6 Degradabilidade *in situ***

A determinação do desaparecimento de componentes de uma amostra, acondicionada em sacos de náilon acondicionados no rúmen por períodos pré determinados é chamada de técnica "*in situ*".

A popularidade da técnica está ligada a sua rápida e fácil execução, e por requerer pequena quantidade da amostra do alimento, possibilitando sua exposição ao ambiente ruminal, sem no entanto sofrer mastigação, ruminação ou fluxo para o trato digestivo posterior (TEIXEIRA, 1997). A suspensão de alimentos dentro do rúmen permite o contato íntimo do alimento teste com o meio ruminal, e a estimativa da degradabilidade ruminal dos alimentos por procedimentos *in situ* parece ser mais exata que em procedimentos *in vitro*. Apesar disso, ainda existem divergências quanto à forma de implementação e condução desse método (CASALI et al., 2008).

O material amplamente utilizado para confecção dos sacos é o náilon, e a porosidade apropriada é a que limita o influxo de conteúdo ruminal e que permite o influxo de populações microbianas para degradar o alimento teste enquanto ao mesmo tempo limita a saída de partículas alimentares não degradadas. Ocorrem também perdas de partículas do alimento do saco antes da incubação ruminal. A digestibilidade real dessa fração não é quantificável pelo método *in situ*, mas é frequentemente assumido estar associada com a fração rapidamente degradável e prontamente disponível (NOCEK, 1988).

A moagem do alimento reduz o tamanho de partícula e aumenta a superfície de área para a degradação microbiana. No entanto, a moagem excessiva pode

resultar na saída de pequenas partículas pelos poros do saco, tendo como resultado uma superestimação das taxas de digestão, portanto Vanzant et al. (1998), recomendam moer os alimentos com peneira com crivos de 2mm para todos os tipos de alimentos.

Os resultados obtidos pela técnica *in situ* são submetidos a equações, e as curvas de degradação obtidas (perdas versus tempos de incubação) são ajustadas pela equação proposta por Orskov e McDonald (1979), que incluíram a taxa de passagem no cálculo.

### **3 Capítulo 1 – Desempenho agrônômico e qualidade da silagem de sorgo**

#### **3.1 Introdução**

A pecuária é uma das principais atividades dos produtores rurais gaúchos, e entre os principais gargalos dessa atividade estão os vazios forrageiros, na transição das pastagens de verão com as de inverno e vice-versa, o que coloca a produção e o uso de forragem conservada como uma alternativa importante para a sustentabilidade dos sistemas.

A planta de sorgo se adapta a uma gama de ambientes, principalmente sob condições de irregularidade da distribuição hídrica, desfavorável à maioria dos outros cereais. Esta característica permite que a cultura seja apta para desenvolvimento e expansão em regiões de cultivo com distribuição irregular de chuvas (DINIZ, 2010).

Vários estudos apontam que os rendimentos do sorgo são aproximados aos da cultura do milho, quando comparados os primeiros cortes. Quando se inclui a produção alcançada com o rebrote, que geralmente fica em torno de 60% do primeiro corte, o sorgo alcança produção superior por área (MAGALHÃES et al., 2000).

Cândido et al. (2002) relatam que a grande demanda por materiais de melhor qualidade favoreceu o surgimento de inúmeros genótipos de sorgo, com características específicas de porte (alto, médio, baixo), ciclo (precoce ou tardio) e aptidão (forrageiro, duplo-propósito ou granífero), as quais têm influência marcante no valor nutritivo da silagem produzida. Assim, de maneira geral, estudos de comparação entre híbridos são importantes para contribuir com os programas de melhoramento genético, afim de recomendar aos produtores os híbridos ou cultivares melhor adaptados a cada região e ainda indicar os materiais cujas silagens tenham a melhor relação produção/valor nutritivo (ANTUNES et al., 2007).

O sucesso da obtenção de uma boa silagem está na capacidade de se criar condições favoráveis para a fermentação láctica, promovendo rápida queda do pH da massa ensilada, e conseqüentemente a inibição do desenvolvimento de microrganismos proteolíticos. A avaliação da qualidade de silagens baseia-se em parâmetros que ajudam a definir a qualidade e o processo fermentativo da forrageira

ensilada, como o teor de matéria seca, pH e o nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total (ARAÚJO, 2002).

Atualmente os sistemas de avaliação de exigências nutricionais de ruminantes como o NRC (2001) utilizam os constituintes da parede celular, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido para predição de consumo e digestibilidade de alimentos. Os teores de FDN, FDA e lignina em detergente ácido (LDA) são frações negativamente correlacionadas com o consumo voluntário, com a digestibilidade e com o valor energético da forrageira.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a produção, a composição química bromatológica e a qualidade da silagem de vinte e um genótipos de sorgo desenvolvidos pela Embrapa em comparação a quatro híbridos comerciais.

### **3.2 Material e Métodos**

Foram avaliados 25 genótipos de sorgo, sendo 21 acessos experimentais do Programa Nacional de Melhoramento Genético da Embrapa e quatro testemunhas comerciais, sendo elas: BRS 610, BRS 655, 1F305 e Volumax.

O experimento foi realizado na Estação Experimental Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado, localizada no município de Capão do Leão-RS, latitude 31°45'S, longitude 52°21'W GRW, e com altitude média de 13,2m. A classificação climática de Köppen para a região é Cfa, com solo do tipo Planossolo háplico eutrófico solódico, unidade de mapeamento Pelotas (SANTOS et al., 2006).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com três repetições. A área útil das parcelas era composta de duas fileiras de 5,0m de comprimento, espaçadas a 0,7m entre as linhas, resultando em 3,5m<sup>2</sup>.

A semeadura foi realizada no dia 16 de janeiro de 2013, com adubação de base de 300kg/ha da formulação NPK 05-20-20, e a adubação de cobertura ocorreu 30 dias após a emergência com 45kg/ha de nitrogênio, na forma de uréia. Para o controle de plantas daninhas utilizou-se herbicida à base de Atrazina na dosagem do princípio ativo de 5L/ha, além de capina manual. Os dados meteorológicos para o período de janeiro à junho de 2013, foram fornecidos pelo Laboratório de Agrometeorologia da Embrapa Clima Temperado e estão apresentadas na Tabela 1.



Tabela 1 Dados meteorológicos para Capão do Leão/RS, primeiro semestre do ano de 2013<sup>(1)</sup>.

Índice	Mês					
	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.
Precipitação pluviométrica (mm)						
Mensal	69,2	177,3	27,6	147,4	84,1	75,8
Normal	119,1	153,3	97,4	100,3	100,7	105,7
Temp. média diária (°C)						
Mensal	22,3	22,8	19,8	18,3	14,6	12,5
Normal	23,2	23,0	21,7	18,5	15,1	12,4
Temp. média da mínima (°C)						
Mensal	17,5	19,1	15,2	13,8	10,5	8,0
Normal	19,1	19,1	17,7	14,4	11,1	8,6
Temp. média da máxima (°C)						
Mensal	27,5	28,0	25,8	24,5	20,6	18,4
Normal	28,2	27,9	26,9	24,0	28,8	17,8
Radiação solar (cal.cm <sup>2</sup> .dia <sup>-1</sup> )						
Mensal	548,5	454,9	390,4	306,7	211,8	202,9
Normal	498,2	439,3	377,3	297,2	225,7	184,0

<sup>(1)</sup> Estação Agrometeorológica da Embrapa Clima Temperado.

As plantas foram colhidas quando os grãos atingiram o estado de maturação de massa mole (leitoso/pastoso), na área útil da parcela, a 10cm da superfície do solo, retirando uma subamostra para determinação do teor de massa seca. Nesse mesmo momento foram medidas as alturas de três plantas de cada parcela para se obter a altura média de planta (da superfície do solo ao ápice da panícula), as quais foram retiradas como subamostra e submetidas à separação de colmo, folha e panícula e, imediatamente após, colocadas para secagem em estufa de ar forçado a 65°C. Dessa forma se obteve os percentuais de matéria seca de folha (%MSF), de colmo (%MSC) e de panícula (%MSP). Com esses valores foi possível calcular a produção de massa seca, em kg/ha, de colmos (MSC), de folhas (MSF) panículas (MSP) e, após o somatório dos três componentes obteve-se a estimativa de produção de massa seca (PMS) em t/ha.

O material verde restante na área útil da parcela foi picado em partículas de 5cm, utilizando picador estacionário. Foram confeccionados mini silos experimentais, onde o material foi compactado em sacos de polietileno dentro de baldes plásticos,

para facilitar o processo. Os silos foram então lacrados, identificados e estocados durante 350 dias em local coberto, escuro e em temperatura ambiente.

Na ocasião da abertura dos silos, houve o cuidado de coletar o material do centro de cada silo e homogeneizá-lo, retirando-se uma subamostra para a determinação do pH em potenciômetro digital (SILVA; QUEIROZ, 2002). Com auxílio de uma prensa hidráulica, foi retirado suco para a determinação do nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) por destilação com óxido de magnésio (CHANEY; MARBACH, 1962).

O restante do material foi acondicionado em sacos de papel e levado à estufa de circulação de ar a 55°C, até peso constante, para a determinação da matéria pré-seca. Após secagem, as amostras foram então moídas em moinho tipo Willey, utilizando peneira de um milímetro, e foram armazenadas em recipientes fechados, para as posteriores análises bromatológicas.

Foram determinados os teores de matéria seca por secagem em estufa a 105°C durante pelo menos 16h (SILVA; QUEIROZ, 2002) e cinzas (CZ) após a calcinação em mufla, a 550°C durante 3h. O teor de nitrogênio total foi determinado pelo método de Kjeldahl (MÉTODO 984,13 AOAC, 1995).

Os teores de fibra em detergente neutro (FDN), de fibra em detergente ácido (FDA) e de lignina em detergente ácido (LDA) foram determinadas utilizando autoclave conforme Senger et al. (2008).

As análises do nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) e do nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) foram realizadas de acordo com Licitra et al. (1996) e a celulose (CEL) segundo as recomendações de Van Soest (1991). Os teores de hemicelulose (HEM) foram estimados utilizando a equação (1). Para se obter a porcentagem de nutrientes digestíveis totais (NDT) utilizou-se a equação (2) proposta por Teixeira e Teixeira (1998).

$$\text{HEM (\%MS)} = \text{FDN (\%MS)} - \text{FDA (\%MS)} \quad (1)$$

$$\text{NDT} = 87,84 - (0,7 \times \text{\%FDA}) \quad (2)$$

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com 25 tratamentos (genótipos de sorgo) com 3 repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott Knott à 5% de significância.

### 3.3 Resultados e Discussão

Houve diferença significativa entre os tratamentos para todos os parâmetros produtivos, exceto a PMS, conforme se observa na Tabela 2.

Tabela 2 Dias até a colheita, Altura, Massa seca (MS), Proporções de panícula, folha e colmo e Produção de matéria seca (PMS) da forragem pré-ensilada de genótipos de sorgo forrageiro, 2013, Capão do Leão/RS.

Genótipo	Dias*	Altura* (m)	MS* (%)	Panícula* (%)	Folha <sup>ns</sup> (%)	Colmo* (%)	PMS <sup>ns</sup> (t/ha)
12F38019	135 <sup>a</sup>	1,80 <sup>b</sup>	37,07 <sup>b</sup>	41,2 <sup>a</sup>	19,4	39,5 <sup>b</sup>	9,60
12F37007	134 <sup>a</sup>	1,91 <sup>b</sup>	38,47 <sup>a</sup>	38,1 <sup>b</sup>	20,6	41,3 <sup>b</sup>	12,51
12F37043	134 <sup>a</sup>	2,14 <sup>a</sup>	35,72 <sup>b</sup>	37,9 <sup>b</sup>	23,5	38,6 <sup>b</sup>	13,63
12F38009	134 <sup>a</sup>	1,93 <sup>a</sup>	39,93 <sup>a</sup>	38,3 <sup>b</sup>	21,0	40,7 <sup>b</sup>	13,62
Volumax <sup>(T)</sup>	134 <sup>a</sup>	1,84 <sup>b</sup>	36,19 <sup>b</sup>	33,0 <sup>b</sup>	21,3	45,8 <sup>a</sup>	12,40
12F37014	133 <sup>a</sup>	2,03 <sup>a</sup>	37,35 <sup>b</sup>	33,9 <sup>b</sup>	19,9	46,2 <sup>a</sup>	11,33
12F37016	133 <sup>a</sup>	1,94 <sup>a</sup>	37,56 <sup>b</sup>	34,9 <sup>b</sup>	20,0	45,1 <sup>a</sup>	12,39
12F38007	133 <sup>a</sup>	1,89 <sup>b</sup>	40,67 <sup>a</sup>	41,4 <sup>a</sup>	19,9	38,7 <sup>b</sup>	12,75
12F39019	133 <sup>a</sup>	1,85 <sup>b</sup>	40,72 <sup>a</sup>	46,9 <sup>a</sup>	18,9	34,2 <sup>b</sup>	12,60
12F38006	132 <sup>a</sup>	1,97 <sup>a</sup>	41,03 <sup>a</sup>	42,2 <sup>a</sup>	18,8	38,9 <sup>b</sup>	13,75
12F39006	132 <sup>a</sup>	2,02 <sup>a</sup>	43,38 <sup>a</sup>	46,9 <sup>a</sup>	17,5	35,6 <sup>b</sup>	13,29
1F305 <sup>(T)</sup>	131 <sup>a</sup>	1,74 <sup>b</sup>	32,45 <sup>b</sup>	32,1 <sup>b</sup>	22,6	45,3 <sup>a</sup>	10,04
12F40006	130 <sup>a</sup>	2,01 <sup>a</sup>	41,12 <sup>a</sup>	47,7 <sup>a</sup>	17,6	34,6 <sup>b</sup>	12,91
12F39007	129 <sup>a</sup>	1,92 <sup>b</sup>	41,08 <sup>a</sup>	46,0 <sup>a</sup>	18,3	35,7 <sup>b</sup>	12,92
12F39014	129 <sup>a</sup>	1,81 <sup>b</sup>	39,88 <sup>a</sup>	48,1 <sup>a</sup>	20,0	31,9 <sup>b</sup>	11,97
12F40007	129 <sup>a</sup>	1,89 <sup>b</sup>	40,53 <sup>a</sup>	46,0 <sup>a</sup>	19,7	34,3 <sup>b</sup>	13,13
12F37005	127 <sup>b</sup>	1,98 <sup>a</sup>	36,34 <sup>b</sup>	39,8 <sup>b</sup>	23,0	37,2 <sup>b</sup>	13,83
12F38014	125 <sup>b</sup>	1,85 <sup>b</sup>	36,12 <sup>b</sup>	42,5 <sup>a</sup>	17,7	39,8 <sup>b</sup>	9,48
12F40005	125 <sup>b</sup>	1,80 <sup>b</sup>	36,85 <sup>b</sup>	47,6 <sup>a</sup>	19,3	33,0 <sup>b</sup>	10,21
12F38005	124 <sup>b</sup>	1,85 <sup>b</sup>	41,68 <sup>a</sup>	47,2 <sup>a</sup>	18,4	34,4 <sup>b</sup>	11,34
12F40019	124 <sup>b</sup>	1,86 <sup>b</sup>	33,36 <sup>b</sup>	47,1 <sup>a</sup>	15,4	37,4 <sup>b</sup>	9,22
12F40014	122 <sup>b</sup>	1,85 <sup>b</sup>	38,40 <sup>a</sup>	48,7 <sup>a</sup>	19,2	32,1 <sup>b</sup>	12,84
BRS 610 <sup>(T)</sup>	121 <sup>b</sup>	1,81 <sup>b</sup>	32,65 <sup>b</sup>	43,6 <sup>a</sup>	18,7	37,7 <sup>b</sup>	9,40
12F39005	119 <sup>b</sup>	1,91 <sup>b</sup>	35,84 <sup>b</sup>	47,5 <sup>a</sup>	19,2	33,3 <sup>b</sup>	12,23
BRS 655 <sup>(T)</sup>	118 <sup>b</sup>	2,00 <sup>a</sup>	31,38 <sup>b</sup>	42,3 <sup>a</sup>	18,5	39,2 <sup>b</sup>	11,69
Média	129	1,90	37,83	42,4	19,5	38,0	11,96
Mínimo	118	1,74	31,38	32,1	15,4	31,9	9,22
Máximo	135	2,14	43,38	48,7	23,5	46,2	13,83
C.V. (%)	4,02	4,82	8,46	12,30	9,3	11,3	12,44

\*Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

<sup>(T)</sup> Genótipos testemunha

No momento da colheita para ensilagem, definiu-se o ciclo produtivo dos diferentes materiais genéticos, uma vez que para confecção de silagem, o dado mais interessante para recomendação de ciclo para os produtores, é o tempo do plantio até a colheita no ponto pré-determinado como ideal. Desta forma se constata que os que se mostraram mais precoces, necessitaram de 118 a 127 dias de intervalo da sementeira à colheita, e os mais tardios, de 129 a 135 dias. Segundo Neumann et al. (2002a), para as condições climáticas do Rio Grande do Sul, é desaconselhável o cultivo de híbridos de sorgo com ciclo prolongado, uma vez que o sorgo é sensível ao fotoperíodo.

A estatura das plantas foi distinta entre os genótipos, e não foi observado acamamento nos materiais estudados. A altura da planta depende do número e da distância dos entrenós e também do pedúnculo e da panícula, além do que, segundo alguns autores como Neumann et al. (2002b), a mesma determina o potencial de produção de massa verde. Contudo, Monteiro et al. (2004) descreve que apesar da altura ser um caráter significativo para a produção de biomassa em sorgo, nem sempre a maior altura implica em maior produção de massa seca, o que confirmou-se com os híbridos estudados, pois apesar de diferenças entre alturas, a produção de massa seca não diferiu.

O teor de matéria seca também se mostrou distinto entre os genótipos, e costuma variar muito de acordo com a idade de corte devido ao ponto de maturação dos grãos. Das frações da planta do sorgo, a panícula é a que mais contribui para uma maior elevação dos teores de matéria seca, seguido dos colmos e das folhas, o que pode ser observado nos genótipos estudados, uma vez que os materiais que apresentaram maiores teores de MS continham maior percentual de panícula ou de colmo.

De acordo com McDonald et al. (1991), para garantir silagem de boa qualidade, os teores de matéria seca da forragem podem variar entre 30% e 35%. Teores acima de 40%, apresentados por alguns dos genótipos avaliados, podem dificultar a compactação do material no silo, o que gera dificuldades em remover o ar e permite aquecimento da massa ensilada. Houve autores que constataram diferenças entre sorgos forrageiros e duplo propósito, onde os teores de MS variaram de 30% a 32% no estudo de Dalla Chiesa et al. (2008) e de 33,1% a 34% para Fernandes et al.

(2009), confirmando que o ponto de colheita, que é diferente conforme a aptidão de cada material, influencia o teor de MS da planta.

A maioria dos genótipos apresentou maior proporção de panícula na matéria seca, com destaque para 12F40014, e este é o componente mais importante para produção de silagem de alta energia, devido ao amido dos grãos. A proporção de folhas não diferiu entre os genótipos, mas a proporção menor de colmo na maioria dos materiais, pode melhorar o valor nutritivo da silagem, pois no colmo encontram-se altas proporções de parede celular, que são de baixa digestibilidade.

Dalla Chiesa et al. (2008), destacaram em seus estudos um híbrido com valores próximos a 48% de panícula, muito superior aos outros cultivares testados, o que demonstra que os genótipos avaliados no presente estudo, muitos deles com percentuais de panícula acima de 40%, possuem um diferencial importante.

É sabido que uma produção de massa seca satisfatória é totalmente dependente do potencial genético do cultivar e das condições edafoclimáticas favoráveis para o seu crescimento e desenvolvimento. Apesar de não ter sido observada diferença entre os genótipos quanto à PMS, a média foi de 11,96t/ha. Genótipos de sorgo cultivados na região sul do Rio Grande do Sul por Ávila et al. (2008) e por Bortolini et al. (2011), atingiram produção média de 12,54t/ha e 13,27t/ha, respectivamente.

Ao observar os resultados referentes à qualidade da silagem produzida pelos diferentes cultivares avaliados (Tabela 3), nota-se que os teores de MS da silagem mostraram-se distintos entre os genótipos, mas com a maioria variando entre 30% e 35%, o que segundo Paiva (1976) apud Ribeiro et al. (2007) é necessário para serem consideradas como de boa qualidade. O teor de MS da silagem é um importante indicador da qualidade fermentativa, que está relacionado tanto ao potencial de ingestão quanto à eficiência de utilização de nutrientes para produção animal (MCDONALD et al., 1991).

Os valores de pH das silagens não foram diferentes entre os genótipos, variando entre 3,72 e 4,42, e mantiveram-se próximos ao preconizado por Kung Junior et al. (2003) para que ocorra fermentação adequada (entre 3,7 e 4,2).

O teor de nitrogênio amoniacal também não variou e manteve-se abaixo de 10% do nitrogênio total, preconizado por Ferreira (2001) para silagens de boa qualidade.

Tabela 3 Massa seca (MS), pH, Nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>), Proteína bruta (PB), Nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) e Nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) da silagem de genótipos de sorgo.

Genótipo	MS* (%)	pH <sup>ns</sup>	N-NH <sub>3</sub> <sup>ns(1)</sup> (%)	PB* (%)	NIDA <sup>ns</sup> (%)	NIDN* (%)
12F38019	31,00 <sup>b</sup>	3,99	5,42	5,80 <sup>b</sup>	32,87	35,37 <sup>c</sup>
12F37007	32,74 <sup>a</sup>	3,98	4,12	5,64 <sup>b</sup>	30,10	36,57 <sup>c</sup>
12F37043	30,73 <sup>b</sup>	3,98	4,22	5,82 <sup>b</sup>	22,22	34,31 <sup>c</sup>
12F38009	34,68 <sup>a</sup>	3,72	3,31	5,09 <sup>c</sup>	29,34	42,12 <sup>b</sup>
Volumax <sup>(T)</sup>	30,18 <sup>b</sup>	4,17	4,11	4,69 <sup>c</sup>	23,09	26,26 <sup>c</sup>
12F37014	31,00 <sup>b</sup>	3,86	6,06	5,82 <sup>b</sup>	32,26	33,52 <sup>c</sup>
12F37016	33,21 <sup>a</sup>	3,92	6,26	6,05 <sup>a</sup>	30,21	31,61 <sup>c</sup>
12F38007	33,46 <sup>a</sup>	4,09	4,68	5,67 <sup>b</sup>	36,05	39,37 <sup>b</sup>
12F39019	33,26 <sup>a</sup>	4,11	4,95	5,64 <sup>b</sup>	29,89	28,30 <sup>c</sup>
12F38006	36,82 <sup>a</sup>	3,98	5,46	6,46 <sup>a</sup>	31,91	30,41 <sup>c</sup>
12F39006	34,50 <sup>a</sup>	4,32	7,68	5,02 <sup>c</sup>	29,78	35,68 <sup>c</sup>
1F305 <sup>(T)</sup>	26,20 <sup>c</sup>	3,89	2,86	5,66 <sup>b</sup>	30,37	33,77 <sup>c</sup>
12F40006	34,79 <sup>a</sup>	4,35	7,07	6,16 <sup>a</sup>	31,55	24,96 <sup>c</sup>
12F39007	33,36 <sup>a</sup>	4,34	9,50	5,64 <sup>b</sup>	29,13	39,85 <sup>b</sup>
12F39014	33,26 <sup>a</sup>	4,13	6,14	6,52 <sup>a</sup>	35,99	32,66 <sup>c</sup>
12F40007	32,38 <sup>a</sup>	3,94	6,97	6,41 <sup>a</sup>	30,64	32,08 <sup>c</sup>
12F37005	32,16 <sup>a</sup>	4,20	6,32	6,62 <sup>a</sup>	30,30	31,15 <sup>c</sup>
12F38014	30,37 <sup>b</sup>	4,04	6,31	7,10 <sup>a</sup>	32,96	37,11 <sup>c</sup>
12F40005	30,65 <sup>b</sup>	4,12	7,50	5,91 <sup>b</sup>	28,34	32,81 <sup>c</sup>
12F38005	34,94 <sup>a</sup>	3,89	6,92	6,13 <sup>a</sup>	27,48	30,17 <sup>c</sup>
12F40019	29,73 <sup>b</sup>	4,28	3,84	5,81 <sup>b</sup>	30,98	34,93 <sup>c</sup>
12F40014	32,62 <sup>a</sup>	4,31	7,91	6,55 <sup>a</sup>	39,40	34,31 <sup>c</sup>
BRS 610 <sup>(T)</sup>	27,10 <sup>c</sup>	4,10	4,66	6,66 <sup>a</sup>	38,07	36,18 <sup>c</sup>
12F39005	30,27 <sup>b</sup>	4,09	6,80	6,11 <sup>a</sup>	37,32	41,30 <sup>b</sup>
BRS 655 <sup>(T)</sup>	27,50 <sup>c</sup>	4,42	5,26	5,15 <sup>c</sup>	36,95	48,79 <sup>a</sup>
Média	31,88	4,09	5,77	5,93	31,49	34,54
Mínimo	26,20	3,72	2,86	4,69	22,22	24,96
Máximo	36,82	4,42	9,50	7,10	39,40	48,79
C.V. (%)	8,10	4,37	27,70	9,68	13,30	14,99

\*Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

<sup>(1)</sup> N-NH<sub>3</sub> – Nitrogênio amoniacal em % do nitrogênio total.

<sup>(T)</sup> Genótipos testemunha

Segundo Van Soest (1994), os teores de proteína bruta (PB) devem estar acima de 7%, para que não haja prejuízo da utilização da forragem pelos micro-organismos ruminais, com conseqüente limitação ao crescimento microbiano pelo limitado aporte de nitrogênio para a fermentação ruminal. Neste estudo, a maioria dos valores foram inferiores a 7%, variando de 4,69% a 7,1%, e podem estar relacionados à variedade e ao estágio da planta no momento em que foi colhida para ensilagem, pois há mobilização de nitrogênio para a produção de panículas (FERRARIS; CHARLES-EDWARDS, 1986).

A literatura mostra que os teores de PB de silagens de sorgo nem sempre costumam ser superiores à 7%, pois Machado et al. (2014), testando diferentes híbridos e diferentes épocas de colheita, obtiveram teor máximo de PB na silagem de 6,26% e Oliveira et al. (2010) obteve 6,1% de PB em uma cultivar testada.

Os compostos nitrogenados dos volumosos encontram-se em boa parte ligados à parede celular e tendem a aumentar com o avanço da idade de corte. Estão na forma de NIDN que é digestível, porém de lenta degradação no rúmen, ou como NIDA, que é praticamente indigestível e está geralmente associado à lignina e a outros compostos de difícil degradação (VAN SOEST, 1994).

Os teores de NIDN variaram e apresentaram média de 34,54%, superiores aos 18,1% relatados por Oliveira et al. (2010) e inferiores aos de Cardoso et al. (2004) e Neumann et al. (2005), que obtiveram 37,2% e 45,33%, respectivamente, trabalhando com silagem de sorgo colhida em estágio de grão farináceo duro.

Considerando os valores de NIDA, não foram observadas diferenças entre os genótipos. Van Soest (1994) sugere que variações de 3% a 15% desta fração na MS estariam dentro da normalidade. Geralmente, os teores mais elevados de NIDA estão associados à formação de compostos de Maillard, em decorrência da elevação da temperatura nos silos (EVANGELISTA et al., 2004), o que pode ter acontecido pelo alto teor de MS da maioria dos cultivares, ou pelo efeito do aquecimento durante a pré-secagem das amostras na estufa (VAN SOEST, 1994).

Ao observar o conjunto de resultados correspondentes a fração fibrosa dos materiais testados (Tabela 4), notam-se variações significativas para os teores de FDN, sendo inferiores aos 65,3% de Oliveira et al. (2010) colhidas em estágio de grão farináceo duro porém, foram superiores aos 39,71% do trabalho de Candido et al. (2014) colhidos em estágio de grão farináceo. A literatura mostra dados controversos



em relação aos teores de FDN com o avanço da idade da planta, com autores afirmando que há aumento e outros mostrando declínio do FDN na planta de sorgo com o avançar do estágio de maturação dos grãos.

Tabela 4 Fibra em detergente neutro (FDN), Fibra em detergente ácido (FDA), Celulose (CEL), Hemicelulose (HEM), Lignina em detergente ácido (LDA), Cinzas (CZ) e Nutrientes digestíveis totais (NDT) da silagem de genótipos de sorgo.

Genótipo	FDN* (%)	FDA* (%)	CEL* (%)	HEM <sup>ns</sup> (%)	LDA* (%)	CZ* (%)	NDT <sup>ns</sup> (%)
12F38019	51,74 <sup>a</sup>	33,95 <sup>a</sup>	30,52 <sup>b</sup>	17,80	8,86 <sup>b</sup>	5,53 <sup>b</sup>	64,08
12F37007	49,59 <sup>b</sup>	32,17 <sup>b</sup>	29,19 <sup>b</sup>	17,42	7,58 <sup>c</sup>	5,89 <sup>a</sup>	65,32
12F37043	53,35 <sup>a</sup>	35,09 <sup>a</sup>	36,67 <sup>a</sup>	18,27	11,37 <sup>a</sup>	5,97 <sup>a</sup>	63,28
12F38009	49,85 <sup>a</sup>	28,69 <sup>b</sup>	33,90 <sup>a</sup>	21,16	9,48 <sup>a</sup>	5,47 <sup>b</sup>	67,76
Volumax <sup>(T)</sup>	48,12 <sup>b</sup>	29,99 <sup>b</sup>	35,03 <sup>a</sup>	18,13	9,20 <sup>b</sup>	5,56 <sup>b</sup>	66,85
12F37014	52,07 <sup>a</sup>	32,02 <sup>b</sup>	34,17 <sup>a</sup>	20,04	8,77 <sup>b</sup>	5,84 <sup>a</sup>	65,43
12F37016	50,56 <sup>a</sup>	32,04 <sup>b</sup>	29,64 <sup>b</sup>	18,52	8,67 <sup>b</sup>	5,32 <sup>b</sup>	65,41
12F38007	48,77 <sup>b</sup>	31,29 <sup>b</sup>	29,36 <sup>b</sup>	17,47	8,33 <sup>b</sup>	5,66 <sup>a</sup>	65,93
12F39019	50,15 <sup>a</sup>	31,43 <sup>b</sup>	27,91 <sup>b</sup>	18,72	8,06 <sup>b</sup>	5,55 <sup>b</sup>	65,84
12F38006	52,25 <sup>a</sup>	33,95 <sup>a</sup>	32,86 <sup>a</sup>	18,30	10,66 <sup>a</sup>	5,37 <sup>b</sup>	64,08
12F39006	51,71 <sup>a</sup>	32,66 <sup>b</sup>	34,66 <sup>a</sup>	19,04	10,20 <sup>a</sup>	5,41 <sup>b</sup>	64,97
1F305 <sup>(T)</sup>	53,52 <sup>a</sup>	37,57 <sup>a</sup>	31,86 <sup>b</sup>	15,95	8,22 <sup>b</sup>	5,96 <sup>a</sup>	61,54
12F40006	44,97 <sup>b</sup>	29,11 <sup>b</sup>	29,17 <sup>b</sup>	15,85	9,16 <sup>b</sup>	5,09 <sup>b</sup>	67,46
12F39007	53,63 <sup>a</sup>	39,24 <sup>a</sup>	26,48 <sup>b</sup>	14,39	6,69 <sup>c</sup>	5,42 <sup>b</sup>	60,37
12F39014	46,38 <sup>b</sup>	29,82 <sup>b</sup>	29,60 <sup>b</sup>	16,55	8,47 <sup>b</sup>	5,74 <sup>a</sup>	66,96
12F40007	45,69 <sup>b</sup>	30,84 <sup>b</sup>	29,83 <sup>b</sup>	14,85	8,69 <sup>b</sup>	5,78 <sup>a</sup>	66,25
12F37005	55,10 <sup>a</sup>	38,72 <sup>a</sup>	30,77 <sup>b</sup>	16,38	10,42 <sup>a</sup>	5,52 <sup>b</sup>	60,73
12F38014	54,43 <sup>a</sup>	36,07 <sup>a</sup>	27,95 <sup>b</sup>	18,35	5,96 <sup>c</sup>	5,97 <sup>a</sup>	62,59
12F40005	47,08 <sup>b</sup>	30,42 <sup>b</sup>	25,78 <sup>b</sup>	16,66	6,20 <sup>c</sup>	5,71 <sup>a</sup>	68,91
12F38005	51,13 <sup>a</sup>	34,91 <sup>a</sup>	29,06 <sup>b</sup>	16,22	7,11 <sup>c</sup>	5,13 <sup>b</sup>	63,40
12F40019	47,77 <sup>b</sup>	28,83 <sup>b</sup>	28,60 <sup>b</sup>	18,94	8,02 <sup>b</sup>	5,32 <sup>b</sup>	67,66
12F40014	43,81 <sup>b</sup>	25,64 <sup>b</sup>	29,82 <sup>b</sup>	18,17	10,51 <sup>a</sup>	5,65 <sup>a</sup>	69,89
BRS 610 <sup>(T)</sup>	47,55 <sup>b</sup>	30,16 <sup>b</sup>	34,93 <sup>a</sup>	17,39	11,57 <sup>a</sup>	5,98 <sup>a</sup>	66,73
12F39005	57,02 <sup>a</sup>	37,84 <sup>a</sup>	28,39 <sup>b</sup>	19,18	7,47 <sup>c</sup>	5,97 <sup>a</sup>	61,35
BRS 655 <sup>(T)</sup>	50,87 <sup>a</sup>	32,48 <sup>b</sup>	37,63 <sup>a</sup>	18,39	11,73 <sup>a</sup>	6,30 <sup>a</sup>	65,10
Média	50,28	32,59	30,95	17,69	8,86	5,64	65,12
Mínimo	43,81	25,64	25,78	14,39	5,96	5,09	60,37
Máximo	57,02	39,24	37,63	21,16	11,73	6,30	69,89
C.V. (%)	6,64	10,55	10,28	8,85	18,11	5,28	3,86

\*Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

<sup>(T)</sup> Genótipos testemunha



O consumo de silagem é inversamente relacionado ao conteúdo de FDN e, mais especificamente, dependente do conteúdo de parede celular indigestível. Essa fibra indigestível ocupa espaço no trato gastrointestinal, diminuindo a taxa de passagem e, como consequência, o consumo (ZANINE et al., 2006). Conforme considerado por Ferreira (2001), valores de FDN nas silagens inferiores a 50% são os mais desejáveis.

Os menores teores de FDN e FDA foram observados para silagem de sorgo do genótipo 12F40014 de ciclo mais precoce, mas outros genótipos precoces como 12F40005, 12F40019 e a cultivar testemunha BRS 610, também destacaram-se. Dentre os de ciclo mais longo, os menores teores foram encontrados nos genótipos 12F38007, 12F390014, 12F40006 e 12F40007 o que é explicado, entre outros fatores, pelas características fenotípicas das plantas, que apresentaram também maior associação de participação do componente panícula, e menor do componente colmo, pois conforme Silva et al. (1999), a diminuição na concentração de FDN da silagem é reflexo da proporção de grãos na composição final da planta.

Segundo Vasconcelos et al. (2005), quanto menor o nível de FDA, maior o valor nutritivo do alimento. Machado et al. (2012) e Araújo et al. (2007) relataram valores médios de 34,57% e 36,3%, respectivamente, para plantas colhidas no estágio de grão pastoso, superiores aos 32,59% encontrados nos genótipos aqui estudados.

A celulose é um carboidrato estrutural componente da FDA, e pode estar ligado e protegido pela lignina ou não ser afetado por esse composto (IBRAHIM, 2007). Na silagem de sorgo, teores em torno de 35% permitem melhores taxas de consumo e digestibilidade das frações fibrosas (MARTINS et al., 2003). Os resultados obtidos mostram variações dos teores de celulose, com média de 30,95%, porém são inferiores aos de Oliveira et al. (2010), com 41% e aos de Simon et al. (2009) com 35,71%.

Henderson (1993) afirma que proteínas, aminoácidos e ácidos orgânicos contribuem para a produção de ácidos fermentados, mas as hemiceluloses são as principais fontes de substrato adicional. Não foi observada diferença para os teores de hemicelulose entre os genótipos.

Segundo Van Soest (1994), a lignina produz reduções nas taxas de digestão dos componentes da parede celular devido as suas ligações principalmente com as hemiceluloses, por impedirem o acesso de enzimas ao substrato e devido a efeitos

tóxicos sobre os microrganismos ruminais. Foi observada variação dos teores conforme o genótipo, de 5,96% à 11,73%. Magalhães et al. (2010), obtiveram variação de 3,57% a 7,06% e Ibrahim (2007), média de 14,61%. Dentre os genótipos de melhor desempenho quanto às porções fibrosas e de participação de panícula, destacou-se 12F40005, com 6,20% de LDA.

Para os teores de cinzas houve diferenças significativas, chegando ao teor máximo de 6,30% para o genótipo comercial BRS 655. Candido et al. (2014), obteve valores médios de 3,32%, abaixo dos de Magalhães et al. (2010), com 4%.

Os teores de NDT não apresentaram diferença estatística, e obtiveram valor médio de 65,12%, o que demonstra que as silagens são, em sua maioria, de boa qualidade, já que em diversos trabalhos, os valores de NDT para silagem de sorgo mostram-se inferiores a 60%. Cabe ressaltar que o valor de NDT é obtido por meio da Equação (2) para predição, a qual não apresenta 100% de acurácia.

### **3.4 Conclusão**

Alguns genótipos estudados apresentam potencial para produção de silagem de boa qualidade, com boa produção de matéria seca e proteína bruta, com elevada participação de panículas, além de baixos valores de FDN, FDA. Destacaram-se dentre os que apresentaram ciclo mais precoce entre o plantio e a colheita, o híbrido 12F40014 e a testemunha BRS 610. Já entre os de ciclo mais tardio, os destaques foram os híbridos 12F39014, 12F40006 e 12F40007.

## **4 Capítulo 2 – Cinética digestiva de silagens de genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) utilizando a técnica *in situ***

### **4.1 Introdução**

A utilização de forragem conservada sob forma de silagem é uma estratégia para contornar a estacionalidade da produção de plantas forrageiras, e o cultivo do sorgo para este fim tem se mostrado uma alternativa viável para regiões com condições edafoclimáticas menos favoráveis, principalmente para cultivo do milho.

Conforme Neumann et al. (2002b), o sorgo é uma forrageira que possui alto rendimento de matéria seca por hectare, além de bom valor nutritivo e concentração de carboidratos solúveis, o que é essencial para uma boa fermentação láctica, fundamental para a produção de silagem de boa qualidade.

A procura por genótipos que podem melhor se adequar as diferentes necessidades e regiões do país onde forem cultivadas, vem favorecendo o surgimento de inúmeros genótipos de sorgo com características específicas (CÂNDIDO et al., 2002), e isso gera variações em sua estrutura e composição químico-bromatológica.

A qualidade do volumoso é dada pelo seu valor nutritivo, representado pela composição química, digestibilidade, consumo e desempenho dos animais que o consumirem (MAGALHÃES et al., 2005). Portanto, a comparação de diferentes forrageiras e genótipos pela degradabilidade, indica as mais digestíveis e conseqüentemente, as que representarão melhor retorno produtivo/econômico.

As avaliações de digestibilidade de forrageiras *in vivo* são eficientes, porém vem sendo substituídas por técnicas de digestão tais como e a técnica *in situ* pois possuem custos mais altos e demandam mais tempo para ser realizadas.

A técnica de degradação ruminal *in situ* é importante para avaliar a qualidade dos alimentos fibrosos como as forrageiras, pois o rúmen é o principal sítio de degradação destes alimentos (BENEVIDES et al., 2007), e a popularidade da técnica está ligada a sua rápida e fácil execução, uma vez que requer pequena quantidade da amostra do alimento e possibilita sua exposição ao contato íntimo com o ambiente ruminal, apesar de não estar sujeita às experiências da mastigação e ruminação (TEIXEIRA, 1997).

O objetivo deste trabalho foi o de avaliar a degradabilidade ruminal *in situ* da matéria seca de cinco genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench)

#### **4.2 Material e Métodos**

Foram avaliadas silagens de cinco genótipos de sorgo, sendo quatro acessos experimentais do Programa Nacional de Melhoramento Genético da Embrapa, e a testemunha comercial BRS 610.

O experimento foi realizado durante a safra 2012/13, na Estação Experimental Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado, localizada no município de Capão do Leão-RS, latitude 31°45'S, longitude 52°21'W GRW, e com altitude média de 13,2m. A classificação climática de Köppen para a região é Cfa, com solo do tipo Planossolo háplico eutrófico solódico, unidade de mapeamento Pelotas (SANTOS et al., 2006).

A semeadura foi realizada no dia 16 de janeiro de 2013, e as plantas foram colhidas e picadas em partículas de 5cm, quando os grãos atingiram o estado de maturação de massa mole (leitoso/pastoso), na área útil da parcela, a 10cm da superfície do solo. Foram confeccionados mini silos experimentais, onde o material foi compactado em sacos de polietileno dentro de baldes plásticos. Os silos foram então lacrados, identificados e estocados durante 350 dias em local coberto, escuro e em temperatura ambiente.

Na ocasião da abertura dos silos, houve o cuidado de coletar o material do centro de cada silo e homogeneizá-lo, acondicionando-o em sacos de papel que foram levados à estufa de circulação de ar a 55°C, até peso constante, para a determinação da matéria pré-seca. As amostras foram divididas e moídas em moinho tipo Willey, para as posteriores análises.

Foram determinados a partir das amostras moídas a 1mm, os teores de matéria seca por secagem em estufa a 105°C durante pelo menos 16h (SILVA; QUEIROZ, 2002), e cinzas após a calcinação em mufla a 550°C durante 3 horas. O teor de nitrogênio total foi determinado pelo método de Kjeldahl (MÉTODO 984,13 AOAC, 1995).

A fibra em detergente neutro, a fibra em detergente ácido e a lignina em detergente ácido foram determinadas utilizando autoclave conforme Senger et al. (2008).

Os dados referentes à composição bromatológica foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey à 5% de significância.

Para a análise de degradabilidade *in situ*, as amostras foram moídas a 2mm, e 1g foi acondicionada em saquinho de náilon com poros de 50µm e tamanho de 5cm x 5cm, proporcionando uma relação de 20mg de amostra por cm<sup>2</sup> de saco. As extremidades dos sacos de náilon foram então fechadas (seladas à quente) e os saquinhos agrupados por tempo de incubação.

No momento da incubação das amostras no rúmen, foram utilizados 4 bovinos adultos, com peso médio de 500kg, dotados de cânulas ruminais permanentes, alimentados com forragem *ad libitum*. Os sacos de náilon foram agrupados por horário em sacos maiores de tecido de algodão e amarrados a uma corda na qual foram fixados pesos de chumbo, a fim de manter as amostras submersas no conteúdo ruminal, sendo que a extremidade oposta da corda ficou presa à cânula.

Os tempos de incubação foram: 72, 48, 24, 12, 9, 6 e 3 horas. Ao final do período, todos os saquinhos foram removidos ao mesmo tempo do rúmen, lavados em água corrente e submersos em solução salina 0,9% durante aproximadamente 10 minutos, com o objetivo de retirar do material as bactérias não aderidas às partículas de resíduo ruminal. Posteriormente, foram lavados em água corrente novamente. Após secagem em estufa 55°C por 48 horas, as amostras foram pesadas, sendo registrado o peso do resíduo de incubação.

Os dados sobre o desaparecimento da matéria seca foram ajustados por regressão não-linear, que prediz a degradabilidade potencial (DP) dos alimentos por meio do modelo proposto por Mehez e Orskov (1977), descrito pela equação (3), onde “a” é a fração solúvel, em %; “b”, a fração potencialmente degradável, em %; e “c”, a taxa de degradação da fração “b”, em %/h.

$$DP(t) = a + b [1 - \exp(-c.t)] \quad (3)$$

A degradabilidade efetiva (DE) foi calculada segundo o modelo matemático proposto por Orskov e McDonald (1979), descrito pela equação (4), onde “k” é taxa estimada de passagem de sólidos no rúmen, em %/h, e as demais constantes são as mesmas da equação (3). A fração indegradável (I), em %, foi calculada pela equação (5).

$$DE(k) = a + [(b.c) / (c + k)] \quad (4)$$

$$I = 100 - (a + b) \quad (5)$$

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com 5 cultivares e 7 tempos de incubação. Para comparação das médias de cada tratamento nos diferentes períodos de incubação foi utilizado o teste SNK (Student Newman Keuls) ( $P < 0,05$ ).

#### 4.3 Resultados e Discussão

A composição bromatológica das silagens avaliadas encontra-se na Tabela 5, onde observa-se diferença significativa entre os tratamentos apenas para o teor de LDA.

Tabela 5 Composição bromatológica da silagem de genótipos de sorgo forrageiro, Pelotas-RS, 2013.

Genótipo	MS <sup>ns</sup> (%)	PB <sup>ns</sup> (%)	FDN <sup>ns</sup> (%)	FDA <sup>ns</sup> (%)	LDA* (%)
BRS610	27,10	6,66	47,55	30,16	11,57 <sup>a</sup>
12F40014	32,62	6,55	43,81	25,64	10,51 <sup>ab</sup>
12F40007	32,38	6,41	45,69	30,84	8,69 <sup>b</sup>
12F39014	33,26	6,52	46,38	29,82	8,47 <sup>b</sup>
12F40006	34,79	6,16	44,97	29,11	9,16 <sup>b</sup>

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si ( $P > 0,05$ ) pelo teste Tukey. C.V. 14,31%.

O teor de MS da silagem é indicador da qualidade fermentativa, que está relacionado tanto ao potencial de ingestão quanto à eficiência de utilização de nutrientes para produção animal (MCDONALD et al., 1991) e o teor ideal, sugerido por Paiva (1976) apud Ribeiro et al. (2007), varia entre 30% e 35%, o que não foi atingido apenas pelo genótipo BRS 610.

Já os teores de PB devem estar acima de 7% na dieta, para que não haja prejuízo da utilização da forragem pelos micro-organismos ruminais, segundo Van Soest (1994). Porém, os teores médios de PB em silagens de sorgo nem sempre atingem estes níveis, o que mostra o presente estudo, onde os valores variaram de 6,16% à 6,66%, e podem estar relacionados à variedade e ao estágio da planta no momento em que foi colhida para ensilagem, pois há mobilização de nitrogênio para a produção de panículas (FERRARIS; CHARLES-EDWARDS, 1986).

Dentre as frações fibrosas, o teor de FDN está mais relacionado ao consumo da forrageira (VAN SOEST, 1994), e conforme Ferreira (2001), os valores desejáveis de FDN nas silagens são inferiores a 50%. Já o teor de FDA influencia a digestibilidade da forragem, pois contém a maior proporção indigestível, a lignina (Oliveira et al. 2010). Segundo Vasconcelos et al. (2005), quanto menor o nível de FDA, maior o valor nutritivo do alimento. Os cultivares estudados não apresentaram diferenças significativas quanto aos teores de FDN e FDA, e todos mostraram boa qualidade devido ao baixo conteúdo destes constituintes.

Segundo Van Soest (1994), processo de lignificação é reconhecido como o principal fator que leva à redução da digestibilidade da parede celular vegetal. A lignina reduz as taxas de digestão dos componentes da parede celular devido as suas ligações com as hemiceluloses, por impedirem o acesso de enzimas ao substrato e devido a efeitos tóxicos sobre os micro-organismos ruminais. Os cultivares estudados diferiram entre si e mostram teores de lignina variando de 8,47% a 11,57%, sendo o maior valor do genótipo BRS 610, que no estudo de Rocha et al. (2014), apresentou média de 6,7%. Porém, dos cultivares estudados pelos mesmos autores, um apresentou 28,8% de lignina. Já Ferreira et al. (2015), encontraram em diferentes cultivares e idades de corte, o maior teor de lignina de 4,75%, e Castro et al. (2014), obtiveram 4,31% de lignina em silagem de um cultivar de sorgo.

O desaparecimento médio (%) da matéria seca dos cinco genótipos de sorgo nos horários de incubação ruminal é descrito na Tabela 6.

Tabela 6 Desaparecimento médio (%) da matéria seca (MS) da silagem dos genótipos de sorgo nos tempos de incubação ruminal (horas) de bovinos da raça Jersey.

Tempo (h)	BRS 610*	12F40014*	12F40007*	12F39014*	12F40006*	C.V. (%)
3	36,69 <sup>Cf</sup>	40,89 <sup>Be</sup>	46,79 <sup>Ae</sup>	43,74 <sup>ABf</sup>	45,09 <sup>Af</sup>	11,69
6	38,96 <sup>Cf</sup>	43,96 <sup>Be</sup>	49,21 <sup>Ae</sup>	46,44 <sup>ABef</sup>	45,93 <sup>ABef</sup>	11,05
9	42,04 <sup>Be</sup>	47,77 <sup>Ad</sup>	50,12 <sup>Ae</sup>	48,87 <sup>Ae</sup>	49,42 <sup>Ae</sup>	10,45
12	45,06 <sup>Cd</sup>	49,93 <sup>Bd</sup>	53,93 <sup>Ad</sup>	52,02 <sup>ABd</sup>	54,56 <sup>Ad</sup>	9,75
24	55,15 <sup>Bc</sup>	58,70 <sup>Bc</sup>	59,07 <sup>Bc</sup>	59,09 <sup>Bc</sup>	62,19 <sup>Ac</sup>	8,45
48	69,51 <sup>BCb</sup>	72,58 <sup>ABb</sup>	70,17 <sup>ABCb</sup>	67,18 <sup>Cb</sup>	73,64 <sup>Ab</sup>	7,05
72	73,65 <sup>Ba</sup>	79,09 <sup>Aa</sup>	76,66 <sup>Aba</sup>	75,81 <sup>Aba</sup>	78,48 <sup>Aa</sup>	6,48

\*Médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem pelo teste SNK (P>0,05).

Avaliando-se o desaparecimento da MS nos diferentes tempos de incubação, nota-se que as silagens dos híbridos 12F39014, 12F40006 E 12F40007 obtiveram as maiores porcentagens de desaparecimento da MS nos horários de 3, 6 e 9 horas de incubação, sendo que as 9 horas, o genótipo 12F40014 também mostrou-se mais degradado. Após transcorridas 12 horas de incubação, apenas os genótipos 12F40006 e 12F40007 mantiveram o desaparecimento médio da matéria seca maior. Nas 24 horas de incubação há destaque para a degradabilidade do híbrido 12F40006 (62,19%), que se mantém até as 72 horas, quando há maior degradação também do híbrido 12F40014. Para todos os tempos, o genótipo BRS 610 se mostra menos degradado, o que é explicado pelo maior teor de lignina deste material.

Com relação a observação da degradação de cada cultivar, nota-se comportamento esperado (vão degradando mais conforme o passar do tempo) e semelhante nos diferentes tempos, principalmente a partir das 12 horas de incubação, onde a degradação passa a ser linear para todos eles. Os cultivares 12F39014 e 12F40006, mostraram comportamento igual em todos os tempos, e o cultivar 12F40007 apresentou uma demora maior para iniciar a degradação, uma vez que não mostra diferença nos tempos 3, 6 e 9 horas de incubação, o que pode ser justificado pelo maior teor de FDA deste material, que não permitiu uma pronta digestão da parede celular.

Cavalcante et al. (2012), observaram na silagem de um híbrido de sorgo, que no tempo máximo de 96 horas, o cultivar apresentou apenas 44,52% de desaparecimento de MS. Magalhães et al. (2005), demonstraram estabilização da degradabilidade da MS após as 72 horas, e dos cultivares que avaliou, o que mais degradou atingiu a taxa de 62,04%, nas 72 horas de incubação, sendo que no experimento de Araújo (2006), o mesmo cultivar no mesmo horário apresentou parecida degradabilidade (62,32%).

A falta de padronização que ainda há na técnica de degradabilidade *in situ* pode reduzir a comparabilidade entre diferentes trabalhos e ter levado a estes resultados superiores de degradabilidade do presente trabalho, com relação aos dos outros autores. Segundo recomendação de Vanzant et al. (1998), após identificarem diferenças de resultado conforme o tamanho das partículas, todos os tipos de alimentos devem ser moídos em peneira com crivos de 2mm.



A moagem a 2mm aumentou a superfície de contato das bactérias com as amostras, uma vez que independente do grau de lignificação dos genótipos, todos se mostraram superiores aos dados de literatura. Alguns trabalhos utilizam a moagem das amostras a 2mm, outros a 5mm e ainda há trabalhos mantendo os alimentos apenas picados há 0,5 – 1cm, explicando assim as grandes diferenças encontradas.

Os parâmetros de degradação ruminal da MS encontram-se na Tabela 7 e foram obtidos no *software* MATLAB (The MathWorks, Inc., 2014) por meio de regressão não-linear (algoritmo *Trust Region Reflective*) ajustada ao modelo exponencial assintótico de Mehez e Orskov (1977). A fração “a” representa a fração solúvel dos alimentos, e a “b”, a insolúvel em água, mas potencialmente degradável no rúmen em determinado tempo, sendo que a soma das duas, nos diz a porcentagem máxima de degradação do material contido nos saquinhos.

Tabela 7 Frações solúveis (a e b), taxa de degradação (c) fração indegradável (l), e degradabilidade efetiva (DE) simulada em três taxas de passagem (2 %/h, 5 %/h e 8%/h) da silagem de genótipos de sorgo forrageiro, Pelotas-RS, 2013.

Variável	BRS610	12F40014	12F40007	12F39014	12F40006
a (%)	33,21	37,41	41,47	38,21	40,74
b (%)	51,13	51,64	39,88	39,51	43,90
c (%/h)	2,33	2,31	2,77	3,31	2,80
R <sup>2</sup> (%)	99,45	99,92	98,01	98,10	99,51
l (%)	15,66	10,95	18,65	22,28	15,36
DE (k = 2%/h)	60,72	65,09	64,63	62,84	66,35
DE (k = 5%/h)	49,46	53,73	55,69	53,95	56,50
DE (k = 8%/h)	44,74	48,98	51,73	49,78	52,12

As somas das frações “a” e “b” para MS da silagem do genótipo 12F40014 apresentaram maior valor (89,05%), seguida pelos genótipos 12F40006 (84,64%) e BRS 610 (84,34%), sendo um pouco inferiores aos 90,47% encontrados por Goes et al. (2012) e maiores que 51,30% de Cavalcante et al. (2012).

As taxas de degradação observadas para todos os genótipos, que variaram de 2,31%MS/h a 3,31%MS/h, classificam os materiais como de bom valor nutritivo, uma vez que segundo Sampaio (1994), taxas de degradação inferiores a 2%MS/h seriam próprias de forrageiras que necessitariam de maiores tempos de permanência no rúmen para melhor degradação. Cardoso et al. (2012) obtiveram taxas de degradação

em silagens de sorgo que chegaram a 7,75%MS/h, porém Cavalcante et al. (2012) e Goes et al. (2012), obtiveram taxas menores que 2%MS/h.

Os parâmetros “A = (a+b)” e “c” são considerados por Sampaio (1988) como sendo os principais parâmetros relacionados com a qualidade da forrageira, uma vez que um maior valor de “A” indicaria um material mais degradável, e um menor valor de “c” implicaria em um menor tempo de desaparecimento da fração que é mais lentamente degradável. Desta forma, forragens de mais elevada digestibilidade necessariamente são aquelas que apresentam maiores valores de “A” e “c”, a fim de atingirem o potencial máximo de degradação em um menor tempo. Considerando estas três frações, os genótipos 12F40014, BRS 610 e 12F40006 mostraram-se melhores.

Após a ruminação, as partículas dos alimentos tendem a passar para o compartimento seguinte, e a velocidade relacionada a este trânsito digestivo, é a taxa de passagem (k). A degradabilidade potencial (MEHEZ; ORSKOV, 1977) é estimada sem a inclusão de “k”, então a degradabilidade efetiva (DE) proposta por Orskov e McDonald (1979) é estimada, já que inclui a taxa de passagem, que pode ser diferente conforme o nível de produção dos animais.

Os valores de degradabilidade efetiva da MS para taxas de passagens de 2%/hora, 5%/hora e 8%/hora das silagens encontram-se na Tabela 7. Segundo o AFRC (1992) uma taxa de passagem de 2%/hora é adotada para bovinos e ovinos alimentados sob exigência de manutenção. A taxa de 5%/hora é utilizada para vacas de baixa produção (abaixo de 15kg de leite/dia), para bovinos de corte e ovinos alimentados com dietas mistas. Já a taxa de 8%/hora é utilizada para vacas de alta produção (acima de 15kg de leite/dia) e alimentadas com dietas mistas. A degradabilidade efetiva pode então ser estimada assumindo-se um valor de taxa de passagem.

A degradabilidade efetiva para todas as taxas de passagem foi melhor para o genótipo 12F40006, seguido pelos genótipos 12F40007 e 12F39014. Magalhães et al. (2005), obtiveram DE de 50,90%, 53,35% e 56,22%, e Araújo (2006), 37,05%, 42,43% e 54,40% para as taxas de passagem de 8%/hora, 5%/hora e 2%/hora, respectivamente. Os valores de DE mais altos do presente estudo, mais uma vez se explicam pela moagem diferente das amostras.

Cabe destacar aqui que o genótipo 12F39014, possui menores frações “a” e “b”, porém com maior taxa de degradação “c”, o que lhe rendeu boa degradabilidade ao se considerar as taxas de passagem para categorias animais produtivas (8%/hora e 5%/hora).

No caso dos genótipos 12F40014 e BRS 610, as frações “a” e “b” foram altas, porém devido à menor fração “c”, ao observar os valores considerando as taxas de passagem, estes materiais não se destacaram. No caso do genótipo BRS 610, a sua degradabilidade mostrou-se a menor dentre os genótipos estudados, quando observadas as taxas de passagem, confirmando assim seu desempenho inferior na análise de degradabilidade ruminal. Já no caso do genótipo 12F40014, a sua alta fração “a”, e boa degradabilidade ruminal garantiu apenas boa degradabilidade se utilizada em animais para manutenção, utilizando-se o k de 2%/hora.

Os resultados do presente estudo demonstram a importância da utilização da técnica de degradabilidade *in situ* para determinar os genótipos com melhor degradabilidade ruminal.

#### **4.4 Conclusão**

As silagens avaliadas apresentaram bom valor nutritivo, com altos índices de degradabilidade ruminal e os genótipos 12F40006 e 12F40007 se destacaram por possuir as maiores degradabilidades efetivas da matéria seca.

## **5 Considerações Finais**

Os genótipos de ciclo mais precoce entre o plantio e a colheita, 12F40014 e a testemunha BRS 610, e os de ciclo mais tardio 12F39014, 12F40006 e 12F40007, apresentaram boa produção de biomassa, com maior participação de panículas e produziram silagens de boa qualidade e valor nutritivo, com destaque para os genótipos 12F40006 e 12F40007, que apresentaram maior degradabilidade ruminal. Com isso, podemos considerar que mesmo com o plantio próximo ao limite máximo recomendado para o Estado, o que acabou alongando um pouco o ciclo das plantas, os genótipos de sorgo destacados por este estudo mantêm suas boas características produtivas e de qualidade nutricional, o que permite inferir que a antecipação do plantio, dentro das recomendações, poderia favorecer mais a expressão do seu potencial genético, tornando-os ainda mais competitivos em termos de produtividade e valor nutritivo na metade Sul do Rio Grande do Sul.

## Referências

AFRC - Agricultural and Food Research Council: Technical committee on responses to nutrients: Nutritive requirements of ruminant animal protein. **Nutrition Abstract Reviews**, v. 68, n. 9, p. 65-71, 1992.

ALVARENGA, Ramon Costa, CRUZ, José Carlos, NOVOTNY, Etelvino Henrique **Manejo do solo para cultivo de sorgo** (Comunicado técnico 89). Sete Lagoas: Embrapa milho e sorgo, 2003. 4 p.

ANTUNES, R. C.; RODRIGUEZ, N. M.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; Borges, I.; BORGES, A. L. C. C.; SALIBA, E. O. S. Composição bromatológica e parâmetros físicos de grãos de sorgo com diferentes texturas de endosperma. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, p.1351-1354, 2007.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis**. 16. ed. Washington: AOAC International, 1995. 1141 p.

ARAÚJO, Vera Lúcia de. **Características agronômicas e avaliação de silagens de 25 híbridos de sorgo**. 2006. 80 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

ARAÚJO, Vera Lúcia de. **Momento de colheita de três genótipos de sorgo para produção de silagem**. 2002. 47 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2002.

ARAÚJO, V. L.; RODRIGUEZ, N. M.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; BORGES, I. BORGES, A. L. C. C.; SALIBA, E. O. S. Qualidade das silagens de três híbridos de sorgo ensilados em cinco diferentes estádios de maturação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 59, n. 01, p. 168-174, 2007.

ÁVILA, D. T.; GOMES, J. F.; MITTELMANN, A. Avaliação de cultivares de sorgo silageiro em solo hidromórfico na Região Sul do Rio Grande do Sul ano agrícola 2006/2007. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DE MILHO, 53 E REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DE SORGO, 36. 2008, Pelotas. **Atas e Resumos...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. CD-ROM.

BENEVIDES, Y. I.; CANDIDO, M. J. D.; NEIVA, J. N. M.; BORGES, I.; SILVA, A. G. M.; SILVA, R. G. Composição e degradabilidade da dieta de ovinos em capim tanzânia com três períodos de descanso. **Archivos de Zootecnia**, v.56, p. 215-226, 2007.

BORTOLINI, F.; MITTELMANN, A.; LONGARAY, M. B.; SILVA, J. L. S.; GOMES, J. F. Avaliação agrônômica de genótipos de sorgo silageiro em solos hidromórficos no Litoral Sul do Rio Grande do Sul, no ano agrícola 2010/2011. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 17, n. 1. p. 37-44, 2011.

BOTELHO, P. R. F.; PIRES, D. A. A.; SALES, E. C. J.; JÚNIOR, V. R. R.; JAYME, D. G.; REIS, S. T. Avaliação de genótipos de sorgo em primeiro corte e rebrota para produção de silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.9, n.3, p. 287-297, 2010.

BRITO, A. F.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; ROCHA JR., V. R.; RODRIGUEZ, N. M.; BORGES, I. Avaliação das silagens de sete genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench). II. Padrão de fermentação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.52 n.5, 2000.

CANDIDO, A. R.; AMARAL, P. N. C.; JUNGES, L.; SANTOS, C. G.; NETO, O. C.; MACHADO, W. K. R. Composição bromatológica da silagem de sorgo submetida a diferentes níveis de aditivo farinha de bocaiúva. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA - ENIC, 6., 2014, Aquidauana. **Anais...Aquidauana: UEMS**, 2014.

CÂNDIDO, M. J. D.; OBEID, J. A.; PEREIRA, O. G.; CECON, P. R.; QUEIROZ, A. C.; PAULINO, M. F.; GONTIJO NETO, M. M. Valor nutritivo de silagens de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) sob doses crescentes de adubação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 1, p. 20-29, 2002.

CARDOSO, G. C.; GARCIA, R.; SOUSA, A. L.; PEREIRA, O. G.; ANDRADE, C. M. S.; PIRES, A. J. V.; BERNARDINO, F. S. Desempenho de novilhos Simental alimentados com silagem de sorgo, cana-de-açúcar e palhada de arroz tratada ou não com amônia anidra. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.2132-2139, 2004.

CARDOSO, R. PIRES, D. A. A., JÚNIOR, V. R. R., REIS, S. T., SALES, E. C. J., ALVES, D. D., GERASSEV, L. C., RODRIGUES, J. A. S., LIMA, L. O. B. Avaliação de híbridos de sorgo para silagem por meio da degradabilidade *in situ*. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.11, n.1, p. 106-114, 2012.

CASALI, A. O., DETMANN E., VALADARES FILHO, S. C., PEREIRA, J. C., HENRIQUES L. T., FREITAS, S. G.; PAULINO M. F., 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**, v.37, n.2, p.335-342, 2008.

CASTRO, O. P. C. M., RÊGO, M. M. T., AGUIAR, E. M., LIMA, G. F. C., MACIEL, F. C., LÔBOS, R. N. B., LIRA, M. A. **Composição bromatológica da silagem de sorgo com níveis crescentes de girassol**. V Congresso Nordestino de Produção Animal. Aracajú, 2008. <http://adcon.rn.gov.br/acervo/emparn/doc/doc000000000000418.pdf>. Acesso em: 02 jan. 2016.

CAVALCANTE, D. R., PERIN, F. B., BENEDETTI, E. Degradabilidade *in situ* da matéria seca de três forrageiras tropicais nas formas in natura e ensilada. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.64, n.1, p.163-168, 2012.

CHANEY, A. L.; MARBACH, E. P. Modified reagents for determination of urea and ammonia. **Clinical Chemistry**, v.8, n.2, p.130-162, 1962.

COMPANIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Conjuntura mensal**. [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16\\_02\\_19\\_14\\_19\\_11\\_sorgojan\\_eiro2016.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_02_19_14_19_11_sorgojan_eiro2016.pdf). Acesso em: 16 de mar. 2016.

COMPANIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento safra brasileira de grãos**. v. 1 - Safra 2013/14, n. 6 - Sexto Levantamento, Brasília, p. 1-83, mar. 2014

DALLA CHIESA, E.; ARBOITTE, M. Z.; BRONDANI, I. L.; MENEZES, L. F. G.; RESTLE, J.; SANTI, M. A. M. Aspectos agronômicos de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) no desempenho e economicidade de novilhos confinados. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.30, n.1 p.67-73, 2008.

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

DINIZ, Guilherme Matos Martins. **Produção de Sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) Aspectos Gerais**. 2010. 23 f. Dissertação (Mestrado em Melhoramento Genético de Plantas) – Programa de Pós Graduação em Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2010.

DUARTE, Jason de Oliveira. **Sorgo – Aspectos econômicos**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 65 p.

EIFERT, E. C.; RESTLE, J.; PASCOAL, L. L.; BRONDANI, I. L.; NEUMANN, M.; SILVA, J. H. S da; CARLOTTO, S. B. Bezerros de corte desmamados precocemente alimentados com silagem de triticales associada a diferentes níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6, p. 1806- 1813, 2004.

EVANGELISTA, A. R.; ABREU, J. G.; AMARAL, P. N. C.; PEREIRA, R. C.; SALVADOR, F. M.; SANTANA, R. A. V. Produção de silagem de capim-marandu (*Brachiaria brizantha* Stapf cv. Marandu) com e sem emurchecimento. **Ciência e Agrotecnologia**, v.28, n.2, p. 443-44, 2004.

FERNANDES, L. O.; PAES, J. M. V.; REIS, R. A.; SILVA, E. A.; SOUZA, J. A. Cultivares de milho e sorgo para a produção de silagem – safra 2003/2004. **FAZU em Revista**, n. 6, p. 83-86, 2009.



FERRARIS, R.; CHARLES-EDWARDS, D. A. A comparative analysis of the growth of sweet and forage sorghum crops. I. Dry matter production, phenology and morphology. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.37, n.5, p.495-512, 1986.

FERREIRA, José Joaquim. Estágio de maturação ideal para ensilagem do milho e do sorgo. In: CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; RODRIGUES, J. A. S.; FERREIRA, J. J. (Org.). **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. 541 p.

FERREIRA, P. D. S., GONÇALVES, L. C., RODRIGUES, J. A. S., JAYME, D. G. SALIBA, E. O. S., NETO, O. S. P., CRUZ, D. S. G., MAGRALHÃES, F. A., JUNIOR, G. O. R., VELASCO, F. O. Valor nutricional de híbridos de sorgo para corte e pastejo (*Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*) em diferentes fases fenológicas. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 1, p. 377-390, 2015.

FONTANELI, R. S. SANTOS, H. P. FONTANELI, R. S. **Forrageiras para integração lavoura-pecuária-floresta na região sul**. Brasília: Embrapa, 2012. 544 p.

GOES, R. H. T. B., TRAMONTINI, R. C. M., CARDIM, S. T., ALMEIDA, G. D., RIBEIRO, J., MOROTTI, F., OLIVEIRA, L. A., BRABES, K. C. S. Degradação ruminal da matéria seca e de proteína bruta de volumosos para bovinos. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 10, n. 3, p. 285-291, 2012.

GOMES, L. S. P.; NETO, O. S. P.; MOURTHÉ, M. H. F.; ALMEIDA, A. C.; JÚNIOR, O. S. P. Rebrote do sorgo: vantagens agrônômicas para produção de forragem em regiões semiáridas. **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 7, n.1, p.119-137, 2015.

HENDERSON, N. Silage Additives. **Animal Feed Science and Technology**, v.68, n. 1, p. 35-56, 1993.

IBRAHIM, Gustavo Henrique Figueiredo. **Perfil fermentativo das silagens de seis genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench)**. 2007. 41 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

KUNG JUNIOR, L.; STOKES, M. R.; LIN, C. J. Silage additives. In: BUXTON, D. R.; MUCK, R. E.; HARRISON, J. H. (Org.) **Silage science and technology**. Madison: American Society of Agronomy, 2003. 927 p.

LICITRA, G.; HERNÁNDEZ, T. M.; VAN SOEST, P. J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v. 57, p.347-358, 1996.

MACHADO, F. S.; RODRÍGUEZ, N. M.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; RIBAS, M. N.; LOBATO, F. L. C.; VEIGA, I. R. F. M.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.;



PEREIRA, L. G. R. Valor nutricional de híbridos de sorgo em diferentes estádios de maturação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.66, n.1, p.244-252, 2014.

MACHADO, F. S.; RODRÍGUEZ, N. M.; RODRIGUES, J. A. S.; RIBAS, M. N.; TEIXEIRA, A. M.; RIBEIRO JÚNIOR, G. O.; VELASCO, F. O.; GONÇALVES, L. C.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; PEREIRA, L. G. R. Qualidade da silagem de híbridos de sorgo em diferentes estádios de maturação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.64, n.3, p.711-720, 2012.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; SCHAFFERT, R. E. **Fisiologia do Sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. 46 p.

MAGALHÃES, R. T.; GONÇALVES, L. C.; BORGES, I.; RODRIGUES, J. A. S.; FONSECA, J. F. Produção e composição bromatológica de vinte e cinco genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, n.3, p.747-751, 2010.

MAGALHÃES, R. T., GONÇALVES, L. C., RODRIGUES, J. A. S., BORGES, I., RODRIGUES, N. M., SALIBA, E. O. S., BORGES, A. L. C. C., ARAÚJO, V. L. Estimativa da degradabilidade ruminal de quatro genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) utilizando a técnica *in situ*. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 27, n. 4, p. 483-490, 2005.

MARTINS, R. G. R.; GONCALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; RODRIGUEZ, I. BORGES, A. L. C. C. Consumo e digestibilidade aparente das frações fibrosas de silagens de quatro genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) por ovinos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.55, n.3, p.346-349, 2003.

McDONALD, P., HENDERSON, A. R., HERON, S. **The biochemistry of silage**. Marlow: Chalcombe, 1991. 340 p.

MEHREZ, A. Z.; ORSKOV, E. R. A study of the artificial fiber bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. **Journal of Agricultural Science**, v.88 n.4, p.645- 665, 1977.

MOLINA, L. R.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUEZ, N. M. Avaliação agronômica de seis híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 52, n. 4, p. 385-390, 2000.

MONTEIRO, M. C. D.; ANUNCIAÇÃO FILHO, C. J.; TABOSA, J.N.; OLIVEIRA, F. J.; REIS, O. V.; BASTOS, G. Q. Avaliação do desempenho de sorgo forrageiro para o Semi-Árido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.3, n.1, p.52-61, 2004.

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; ALVES FILHO, D. C.; BERNARDES, R. A. C.; ARBOITE, M. Z.; PEIXOTO, L. A. O. Avaliação de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) quanto aos componentes da planta e silagens produzidas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 1, p. 302-312, 2002a.

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; ALVES FILHO, D. C.; BRONDANI, I. L.; PELLEGRINI, L. G.; FREITAS, A. K. Avaliação do valor nutritivo de planta e da silagem de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.293-301, 2002b.

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; BRONDANI, I. L.; NÖRNBERG, J. L.; MELLO, R. O.; SOUZA, A. N. M.; PELLEGRINI, L. G. Efeito do tamanho da partícula e do tipo de silo sobre o valor nutritivo da silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.4, n.2, p.224-242, 2005.

NOCEK, J. E. *In situ* and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. **Journal of Dairy Science**, v. 71, n. 8, 1988.

NRC - **Nutrient requirements of dairy cattle**. Washington: National academy of Sciences, 2001. 381 p.

OLIVEIRA, L. B.; PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P.; RIBEIRO, L. S. O.; ALMEIDA, V. V.; PEIXOTO, C. A. M. Perdas e valor nutritivo de silagens de milho, sorgo-sudão, sorgo forrageiro e girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.1, p.61-67, 2010.

ORSKOV, E. R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of Agriculture Science**, v. 92, p. 499-503, 1979.

PEREIRA, O. G.; OBEID, J. A.; GOMIDE, J. A. Produtividade de uma variedade de milho (*Zea mays* L.) e de três variedades de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e o valor nutritivo de suas silagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 22, n. 1, p. 31-38, 1993.

PEREIRA FILHO, I. A.; RODRIGUES, J. A. S. **Sorgo: o produtor pergunta, a Embrapa responde (Coleção 500 perguntas, 500 respostas)**. Brasília: Embrapa, 2015. 325 p.

PINHO, R. G. V.; VASCONCELOS, R. C.; BORGES, I. D.; RESENDE, A. V. Produtividade e qualidade da silagem de milho e sorgo em função da época de semeadura. **Bragantia**, v. 66, n.2, 2007.

RIBAS, P. M. **A Implantação da Cultura do Sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa, 2003. 4 p.

RIBEIRO, C. G. M.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, J. A. S.; RODRIGUEZ, N. M.; BORGES, I.; BORGES, A. L. C. C.; SALIBA, E.O.S.; CASTRO, G. H. F.; RIBEIRO JÚNIOR, G. O. Padrão de fermentação da silagem de cinco genótipos de sorgo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.5, n.6, p.1531-1537, 2007.

ROCHA, J. E. S., TONUCCI, R. G., FERNANDES, F. E. P., MAGALHÃES, Y. A. Produtividade e composição bromatológica de híbridos de sorgo cultivados em sistema agrossilvipastoril no semiárido. In: CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 9. 2014, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: SNPA, 2014. p. 482-484.

SAMPAIO, I. B. M. Contribuições estatísticas e de técnica experimental para ensaios de degradabilidade de forragens quando avaliada *in situ*. In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, REUNIÃO ANUAL, 31, 1994, Maringá. **Anais...** Maringá: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1994. p. 81-88.

SAMPAIO, I. B. M. **Experimental designs and modeling techniques in the study of roughage degradation in the rumen and growth of ruminants**. 1988. 228 f. Tese. University of Reading, 1988.

SANTOS, F. G., **Cultivares de sorgo** (Comunicado técnico 77), Sete Lagoas: Embrapa, 2003.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Org.) **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

SENGER, C. C. D.; KOZLOSKI, G. V.; SANCHEZ, L. M. B.; MESQUITA, F. R.; ALVES, T. P.; CASTAGNINO, D. S. Evaluation of autoclave procedures for fibre analysis in forage and concentrate feedstuffs. **Animal Feed Science and Technology**, v.146, p. 169–174, 2008.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa: UFV, 2002. 235 p.

SIMON J. E.; LOURENÇO JÚNIOR, J. B.; FERREIRA, G. D. G.; SANTOS, N. F. A.; NAHUM, B. S.; MONTEIRO, E. M. M. Consumo e digestibilidade de silagem de sorgo como alternativa para alimentação suplementar de ruminantes na Amazônia oriental. Amazônia: **Ciência & Desenvolvimento**, v. 4, n. 8, p. 28-30, 2009.

TEIXEIRA, J. C. TEIXEIRA, L. F. A. C. **Do alimento ao leite: entenda a função ruminal**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1998. 72 p.

TEIXEIRA, J. C. Introdução aos métodos de determinação de digestibilidade em ruminantes. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE DIGESTIBILIDADE EM RUMINANTES, 1997, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 1997. p. 7-27.

THE MATHWORKS, INC. **MATLAB and Optimization Toolbox Release 2014a.** Natick, Massachusetts, United States, 2014.

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

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, p. 3583-3597, 1991.

VANZANT, E. S.; COCHRAN, C.; TITGEMEYER, E. C. Standardization of *in situ* techniques for ruminant feedstuff evaluation. **Journal of Animal Science**, v.76, p.2717-2729, 1998.

VASCONCELOS, R. C.; PINHO, R. G. V.; REZENDE, A. V.; PEREIRA, M. N.; BRITO, A. H. Efeito da altura de corte das plantas na produtividade da matéria seca e em características bromatológicas da forragem de milho. **Ciência Agrotecnologia**, v.29, n.6, p.1139-1145, 2005.

VIANA, A. C.; RIBAS, P. M.; MIRANDA, J. E. C. Manejo cultural do sorgo forrageiro. In: CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; RODRIGUES, J. A. S.; CRUZ, J. C.; FERREIRA, J. J. **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo.** Sete Lagoas: Embrapa, 2001. 544 p.

ZAGO, C. P. A cultura de sorgo para produção de silagem de alto valor nutritivo. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4, 1991, Piracicaba, **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1991. p.169-217.

ZANINE, A. M.; MACEDO, J. G. L. Importância do consumo da fibra para nutrição de ruminantes. **Revista Eletrônica de Veterinária**, v.7, n.4, p.1-12, 2006.