

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE VETERINÁRIA
Colegiado do Curso de Pós-Graduação

AVALIAÇÃO DE QUATRO GENÓTIPOS DE SORGO
(Sorghum bicolor) **COM E SEM TANINOS NOS GRÃOS**
PARA A PRODUÇÃO DE SILAGENS

DANIEL ANANIAS DE ASSIS PIRES

Belo Horizonte
Escola de Veterinária - UFMG
2007

DANIEL ANANIAS DE ASSIS PIRES

**AVALIAÇÃO DE QUATRO GENÓTIPOS DE SORGO
(*Sorghum bicolor*) COM E SEM TANINOS NOS GRÃOS
PARA A PRODUÇÃO DE SILAGENS**

Tese apresentada à Escola de Veterinária da
Universidade Federal de Minas Gerais, como
requisito parcial para obtenção do grau de Doutor
em Zootecnia.

Área de Concentração: Nutrição Animal
Orientador: Prof. Lúcio Carlos Gonçalves

**Belo Horizonte - Minas Gerais
Escola de Veterinária - UFMG
2007**

P667a Pires, Daniel Ananias de Assis, 1977-
Avaliação de quatro genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.)) com e sem taninos nos
grãos para produção de silagens/ Daniel Ananias de Assis Pires. - 2007.
107. : il.

Orientador: Lúcio Carlos Gonçalves

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária

IncluiBibliografia

1. Sorgo – Silagem – Teses. 2. Sorgo como ração- Teses. 3. Ovino – Alimentação e rações -
Teses. 4. Digestibilidade – Teses. I. Gonçalves, Lúcio Carlos. II. Universidade Federal de
Minas Gerais. Escola de Veterinária. III. Título.

CDD – 633.2

“Se os seus problemas têm solução, você não tem problemas”

Fabiana Scalabrini

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a meu pai Alúcio, minha mãe Maria Antonia, as minhas irmãs Luciana, Taciana e Liliana, ao professor Lúcio, à Danielle e aos meus amigos.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela minha existência e por tudo que Ele tem me proporcionado.

À minha querida família, meu porto seguro, que sempre me apoiou e vibrou com as minhas conquistas. Ao meu pai, exemplo de força e determinação, minha mãe, paciência, bondade e confiança, Luciana, Taciana e Liliana personalidade e carinho. Obrigado pelo amor de todos vocês.

Ao professor Lúcio, meu amigo e orientador, pelos ensinamentos na vida profissional e pessoal que levarei comigo pelo resto da vida.

À Universidade Federal de Minas Gerais pela oportunidade de estudo.

À CAPES pela bolsa de estudos concedida.

Aos meus grandes amigos Cristiano Gonzaga Jayme, Diogo Gonzaga Jayme e Roberto Guimarães Júnior (sem os quais a realização deste trabalho seria muito difícil).

Aos professores Norberto Mario Rodríguez e Eloísa Oliveira Simões Saliba pela boa vontade em ajudar e ensinar, pelas valiosas contribuições na tese e pelo apoio no Laboratório de Nutrição.

Ao professor Luiz Gustavo e ao Thierry Tomich, pelo exemplo que são, pelas contribuições e ajudas imprescindíveis durante a tese e pela amizade. Ao Roberto Camargos, pela amizade e boa vontade em ajudar.

Aos professores Rogério Martins Maurício, Ana Luíza e Iran Borges pelos ensinamentos e ajuda durante o curso.

Aos amigos irmãos Guimarães Jr (Bung's), Diogo (Di), Cristiano (Kiko), Verinha, Gustavo Frias (Bizil), Gabriel, Fernando (Baby), Tim, Marcelo, Deborah, Wellington, Dr. Wilson, Alex, Fernanda e Flávia pelo convívio agradável, amizade e coleguismo.

À amiga Fabiana Scalabrini, nosso maior exemplo...

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição da Escola de Veterinária da UFMG, Toninho, Carlos, Kelly, Margarida, Marcos e Júnior por toda a ajuda nas análises e pela amizade.

Aos demais colegas da pós-graduação e graduação pelo bom relacionamento e amizade.

Aos membros do Colegiado de Pós-Graduação e Departamento de Zootecnia, pela disponibilidade.

A todos que, de alguma forma, me ajudaram e torceram por mim. Muito obrigado!

SUMÁRIO

RESUMO	9
ABSTRACT	12
CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO GERAL	13
CAPÍTULO II - REVISÃO DE LITERATURA	14
I - UTILIZAÇÃO DO SORGO PARA PRODUÇÃO DE SILAGEM E ALIMENTAÇÃO ANIMAL	14
II - CONSUMO VOLUNTÁRIO E DIGESTIBILIDADE APARENTE.....	23
III - TÉCNICA DE DEGRADABILIDADE <i>IN SITU</i>	27
IV - TÉCNICA <i>IN VITRO</i> SEMI-AUTOMÁTICA DE PRODUÇÃO DE GASES (RPT).....	31
V - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34
CAPÍTULO III	45
AVALIAÇÃO DE DIFERENTES TEMPOS DE COLHEITA DE AMOSTRAS PARA DETERMINAÇÃO DO CONSUMO E DIGESTIBILIDADE APARENTE DE SILAGENS DE SORGO COM E SEM TANINO NOS GRÃOS.....	45
3.1. RESUMO	45
3.2. ABSTRACT	46
3.3. INTRODUÇÃO.....	47
3.4. MATERIAL E MÉTODOS.....	47
3.4.1 - Preparo das silagens:	47
3.4.2 - Procedimento experimental:.....	47
3.4.3 - Procedimento laboratorial:	48
3.4.4 - Procedimento estatístico:.....	49
3.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	49
3.6. CONCLUSÕES.....	72
3.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
CAPÍTULO IV	75
DEGRADABILIDADE <i>IN SITU</i> DOS COMPONENTES NUTRICIONAIS DAS SILAGENS DE QUATRO GENÓTIPOS DE SORGO COM E SEM TANINO NOS GRÃOS	75
4.1. RESUMO	75
4.2. ABSTRACT	76
4.3. INTRODUÇÃO.....	77
4.4. MATERIAL E MÉTODOS.....	77
4.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	80
4.6. CONCLUSÕES.....	92
4.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	92
CAPÍTULO V	96
DEGRADABILIDADE E CINÉTICA DE FERMENTAÇÃO RUMINAL DAS SILAGENS DE QUATRO GENÓTIPOS DE SORGO COM E SEM TANINOS NOS GRÃOS AVALIADAS PELA TÉCNICA <i>IN VITRO</i> SEMI-AUTOMÁTICA DE PRODUÇÃO DE GASES	96
5.1. RESUMO	96
5.2. ABSTRACT	97
5.3. INTRODUÇÃO.....	98
5.4. MATERIAL E MÉTODOS.....	98
5.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	101
5.6. CONCLUSÕES.....	105
5.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	105
CAPÍTULO VI.....	107
CONCLUSÕES GERAIS	107

LISTA DE TABELAS

Capítulo III

Tabela 1- Composição química, pH e energia bruta das silagens utilizadas em um dia de período experimental (dados expressos na matéria seca)	50
Tabela 2- Composição química, pH e energia bruta das silagens utilizadas em três dias de período experimental (dados expressos na matéria seca)	50
Tabela 3- Composição química, pH e energia bruta das silagens utilizadas em cinco dias de período experimental (dados expressos na matéria seca)	50
Tabela 4- Composição química, pH e energia bruta das silagens utilizadas em sete dias de período experimental (dados expressos na matéria seca)	51
Tabela 5. Valores médios de digestibilidade aparente da matéria seca (DAMS) em percentagem (%), consumo de matéria seca (CMS) em g/dia, consumo de matéria seca em g/UTM/dia (CTM) e consumo de matéria seca digestível em g/UTM/dia (CMSD) das silagens de quatro genótipos de sorgo durante os quatro períodos de coleta de amostra	54
Tabela 6. Valores médios de consumo de energia bruta em Kcal/UTM/dia (CEB), digestibilidade aparente da energia bruta (DAEB) em % e consumo de energia digestível (CED) em Kcal/UTM/dia das silagens de quatro genótipos de sorgo durante os quatro períodos de coleta de amostra	56
Tabela 7- Valores médios de consumo de proteína (CPB) em g/dia, digestibilidade aparente da PB (DAPB) em %, consumo de PB em g/UTM/dia (CPBUTM) e consumo de proteína digestível em g/UTM/dia (CPDUTM) das silagens de quatro genótipos de sorgo durante os quatro períodos de coleta de amostra	59
Tabela 8 – Valores médios de nitrogênio ingerido e nitrogênio fecal em gramas por dia (g/dia) das silagens de quatro genótipos de sorgo durante os quatro períodos de coleta de amostra	62
Tabela 9 - O nitrogênio ingerido, N fecal, Nitrogênio urinário e balanço de nitrogênio em gramas por dia (g/dia) das silagens de quatro genótipos de sorgo.....	61
Tabela 10 - Valores médios de consumo de FDN (CFDN) em g/dia, digestibilidade aparente da FDN (DA FDN) em %, consumo de FDN em g/UTM/dia (CFDN UTM), consumo de FDN digestível em g/UTM/dia (CFDND UTM), das silagens de quatro genótipos de sorgo durante os quatro períodos de coleta de amostra	65
Tabela 11 - Valores médios de consumo de FDA (CFDA) em g/dia, digestibilidade aparente da FDA (DA FDA) em %, consumo de FDA em g/UTM/dia (CFDA UTM), consumo de FDA digestível em g/UTM/dia (CFDAD UTM), das silagens de quatro genótipos de sorgo durante os quatro períodos de coleta de amostra	66
Tabela 12- Valores médios de consumo de hemiceluloses (CHCEL) em g/dia, digestibilidade aparente das hemiceluloses (DA HCEL) em %, consumo de hemiceluloses em g/UTM/dia (CHCEL UTM) e consumo de hemiceluloses digestíveis em g/UTM/dia (CHCELD UTM), das silagens de quatro genótipos de sorgo durante os quatro períodos de coleta de amostra.....	69
Tabela 13 - Valores médios de consumo de celulose (CCEL) em g/dia, digestibilidade aparente da celulose (DA CEL) em %, consumo de celulose em g/UTM/dia (CCEL UTM) e consumo de celulose digestível em g/UTM/dia (CCELD UTM), das silagens de quatro genótipos de sorgo durante os quatro períodos de coleta de amostra.....	70
Tabela 14- Valores médios de consumo de lignina (CLIG) em g/dia e consumo de lignina em g/UTM/dia (CLIG UTM), das silagens de quatro genótipos de sorgo durante os quatro períodos de coleta de amostra	71

Capítulo IV

Tabela 1. Composição química do feno e do concentrado utilizados na alimentação dos animais em percentagem da matéria seca	78
Tabela 2. Protocolo de incubação e retirada dos sacos de náilon do rúmen	78
Tabela 3. Concentrações médias de pH e nitrogênio amoniacal (N-NH ₃ em mg %) no líquido ruminal colhido em diferentes períodos após o fornecimento da refeição	80

Tabela 4. Desaparecimento médio (%) da MS das silagens de quatro genótipos de sorgo em função dos tempos de incubação	81
Tabela 5. Potenciais de degradação (A), taxas de degradação (c), frações solúveis (S), frações degradáveis (B1), tempos de colonização (TC) e degradabilidades efetivas (DE), nas taxas de passagem 2,0%/h, 5,0%/h e 8,0%/h, da matéria seca das silagens de quatro genótipos de sorgo.....	82
Tabela 6. Desaparecimento médio (%) da proteína bruta das silagens de quatro genótipos de sorgo em função dos tempos de incubação	84
Tabela 7. Potenciais de degradação (A), taxas de degradação (c), frações solúveis (S), frações degradáveis (B1), tempos de colonização (TC) e degradabilidades efetivas (DE), nas taxas de passagem 2,0%/h, 5,0%/h e 8,0%/h, da proteína bruta das silagens de quatro genótipos de sorgo	85
Tabela 8. Desaparecimento médio (%) da fibra em detergente neutro das silagens de quatro genótipos de sorgo em função dos tempos de incubação.....	87
Tabela 9. Potenciais de degradação (A), taxas de degradação (c), frações solúveis (S), frações degradáveis (B1), tempos de colonização (TC) e degradabilidades efetivas (DE), nas taxas de passagem 2,0%/h, 5,0%/h e 8,0%/h, da fibra em detergente neutro das silagens de quatro genótipos de sorgo	88
Tabela 10. Desaparecimento médio (%) da fibra em detergente ácido das silagens de quatro genótipos de sorgo em função dos tempos de incubação.....	90
Tabela 11. Potenciais de degradação (A), taxas de degradação (c), frações solúveis (S), frações degradáveis (B1), tempos de colonização (TC) e degradabilidades efetivas (DE), nas taxas de passagem 2,0%/h, 5,0%/h e 8,0%/h, da fibra em detergente ácido das silagens de quatro genótipos de sorgo	91

Capítulo V

Tabela 1. Produções cumulativas de gases (em mL/g de MS) corrigidas para um grama de matéria seca (PCG) e degradabilidade da matéria seca em percentagem (DMS) após 6, 12, 24, 48 e 96 horas de fermentação das silagens de quatro genótipos de sorgo (CMSXS165, CMSXS114, BR601 e BR700)...	101
Tabela 2. Potencial máximo de produção de gases (A) em mL/g de MS, tempo de colonização (TC) em horas, taxa de produção de gases (μ) em mL/g de MS/h e degradabilidade efetiva da matéria seca (% de MS) para as taxas de passagem 2,0%, 5,0% e 8% das silagens de quatro genótipos de sorgo.....	104

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Produção cumulativa de gases das silagens de dois híbridos de sorgo (BR700 com tanino e BR601 sem tanino) e de duas linhagens isogênicas (CMSXS114 com tanino e CMSXS165 sem tanino).....	102
--	-----

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi estudar o período experimental e o valor nutricional das silagens de quatro genótipos de sorgo (CMSXS 165, CMSXS 114, BR 700 e BR 601), em ensaio de consumo e digestibilidade aparente, bem como determinar as suas composições químicas e o valor nutritivo em ensaios de degradabilidade *in situ* e *in vitro*, técnica semi-automática de produção de gases, utilizando-se ovinos. Os teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e energia bruta (EB) determinados nas silagens foram de: 31,75, 32,04, 38,98 e 20,21%; 9,38, 9,03, 7,22 e 6,97%; 44,06, 47,87, 52,65 e 53,44%; 23,42, 26,23, 29,82 e 29,63% e 4368,45, 4321,95, 4317,56 e 4233,51kcal/kg, para as silagens dos genótipos CMSXS165, CMSXS114, BR700 e BR601, respectivamente. Os consumos de matéria seca em g/unidade de tamanho metabólico (CMS-UTM) foram de 51,05 e 51,23 g/UTM/dia para as silagens das linhagens CMSXS114 e CMSXS165, respectivamente. Já para as silagens dos híbridos BR700 e BR601 os consumos de matéria seca g/UTM/dia foram de 28,37 e 33,57 g/UTM/dia, respectivamente. Os valores de digestibilidade aparente da matéria seca (DAMS), digestibilidade aparente da proteína bruta (DAPB), digestibilidade aparente da energia bruta (DAEB) e digestibilidade aparente da FDN e FDA da silagem da linhagem CMSXS165 sem tanino foi superior ($p < 0,05$) a silagem da linhagem CMSXS114, sendo os valores obtidos: 71,87%; 71,65%, 71,97%, 66,20% e 64,83%, respectivamente. As silagens das linhagens isogênicas foram semelhantes ($p > 0,05$) quanto aos valores de consumo voluntário da matéria seca, energia, proteína bruta, e frações fibrosas. No estudo de degradabilidade *in situ* as degradabilidades da matéria seca após 96 horas de incubação variaram de 57,10 % para a silagem do genótipo BR601 a 73,19% para a silagem do CMSXS165. As degradabilidades efetivas (DE) da MS para as taxas de passagem de 2,0%/h, 5,0%/h e 8,0%/h foram de 58,47, 49,87 e 46,12% para a linhagem CMSXS165; 45,21, 37,97 e 35,39% para o BR601; 48,67, 41,83 e 38,49% para o BR700 e 48,40, 41,19 e 38,04 para a linhagem CMSXS114. O maior potencial de degradação (A) da PB foi encontrado para a silagem da linhagem CMSXS165 (79,88%). Quanto às taxas de degradação (c) desta fração, a silagem do BR700, apresentou o maior valor de 4,67%/h. As degradabilidades da FDN e FDA variaram de 32,22 a 56,07% e 26,40 a 54,40%, para o CMSXS165 e BR700, respectivamente. No ensaio de produção de gases as comparações entre os genótipos nos diferentes períodos de fermentação indicaram que o genótipo CMSXS165 sem tanino foi o que produziu maior volume de gases. Os valores de DMS apresentados às 96 horas de fermentação foram de 69,20% para a silagem da linhagem CMSXS165, 53,80% para a silagem da linhagem CMSXS114, 55,6% para a silagem do BR601 e 54,40% para o BR700, sendo que os três últimos não diferiram ($p > 0,05$) entre si. Os potenciais máximos de produção de gases variaram de 173 para a silagem do BR700 a 212 mL/g de MS para a silagem da linhagem CMSXS165. A silagem da linhagem CMSXS165 sem tanino se destacou entre as demais, em função do seu maior potencial de produção de gases e degradabilidades efetivas. Com base nos resultados encontrados conclui-se que os taninos presentes em silagens de sorgo comprometem o aproveitamento do alimento por ruminantes.

Palavras chave: consumo, digestibilidade, sorgo, ruminante, silagem, valor nutricional.

ABSTRACT

The objective of this work was to study the experimental period and the nutritional value of the silages of four genotypes of sorghum (CMSXS 165, CMSXS 114, BR 700 and BR 601), in assay of consumption and apparent digestibility, as well as determining their chemical compositions and the nutritional value in *in situ* degradability assays and technique *in vitro* automatic production of gases, using itself ewes. The dry matter (DM), crude protein (CP), fiber in neutral detergent (NDF), fiber in acid detergent (ADF) and crude energy (CE) determined in the silages had been of: 31.75, 32.04, 38.98 and 20.21%; 9.38, 9.03, 7.22 and 6.97%; 44.06, 47.87, 52.65 and 53.44%; 23.42, 26.23, 29.82 and 29.63% and 4368.45, 4321.95, 4317.56 and 4233.51kcal/kg, for the silages of genotypes CMSXS165, CMSXS114, BR700 and BR601, respectively. The consumptions of dry matter in g/unit of metabolic weight (DMI-MWU) had been of 51.05 and 51.23 g/MWU/day for the silages of CMSXS114 and CMSXS165, respectively. Already for the silages of hybrids BR700 and BR601 the consumptions of dry matter had been 28.37 and 33.57 g/MWU/day, respectively. The values of apparent digestibility of the dry matter (ADDM), apparent digestibility of the crude protein (ADCP), apparent digestibility of the crude energy (ADCE) and apparent digestibility of NDF and ADF of the silage CMSXS165 without tannin was higher ($p < 0.05$) the values of voluntary consumption of the dry matter, crude energy, crude protein, and fibrous fractions. In the degradability study *in situ* the degradabilities of the dry matter 96 hours of incubation had varied of 57.10% for the silage of genotype BR601 to 73.19% for the silage of the CMSXS165. The effective degradability (ED) of the DM for the taxes of 2.0%/h, 5.0%/h and 8.0%/h had of 58.47, 49.87 and 46.12% for CMSXS165; 45.21, 37.97 and 35.39% for the BR601; 48.67, 41.83 and 38.49% for BR700 and 48.40, 41.19 and 38.04 for CMSXS114. The greatest potential of degradation (a) of the CP was found for the silage of CMSXS165 (79.88%). The taxes of degradation (c) of this fraction, the silage of the BR700, it presented the highest value of 4.67%/h. The degradabilities of NDF and ADF varied of 32.22 to 56.07% and 26.40 to 54.40%, for CMSXS165 and BR700, respectively. In the assay of production of gases the comparisons between the genotypes in the different periods of fermentation indicated that genotype CMSXS165 without tannin was that produced more gases. The values of DDM to 96 hours of fermentation was 69.20% for the silage of CMSXS165, 53.80% for the silage of CMSXS114, 55.6% for the silage of BR601 and 54.40% for the BR700, respectively. In the assay of production of gases the comparisons between the genotypes in the different periods of fermentation indicated that genotype CMSXS165 without tannin was that produced more gases, being that the three last ones not differed ($p > 0.05$) between itself. The maximum potentials of production of gases varied of 173 for the silage of the BR700 and 212 mL/g of DM for the silage of CMSXS165. The silage of CMSXS165 without tannin higer than the others silages, in function of its potential greater of production of gases and effective degradabilities. The results conclude that the tannin in silages of sorghum compromise the exploration of the food for ruminants.

Keywords: digestibility, nutritional value, sorghum, ruminant, silage, voluntary intake.

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO GERAL

O sorgo (*Shorgum bicolor* (L.) Moench) é um dos cereais mais cultivados no mundo. A maior área plantada está localizada nos continentes da África e da Ásia, onde o sorgo é a melhor opção de cultivo em regiões áridas e semi-áridas.

No Brasil o sorgo ainda é pouco plantado. Segundo o IBGE, sua produção no ano de 2005/2006 foi de 1.720.000 toneladas de grãos, apresentando um aumento de 8% em relação à safra 2004/2005. A produção de grãos de sorgo no Brasil é praticamente destinada à alimentação animal.

Na alimentação animal, o sorgo pode ser explorado de diversas formas. Além dos grãos, a planta pode ser oferecida na forma de silagem, rolão, verde ou ainda ser pastejada. Embora o milho ainda seja o cereal mais plantado e mais produtivo, algumas particularidades do sorgo, como a tolerância a solos mais pobres e a baixa umidade, contribuem para o aumento da área plantada e da sua utilização na produção animal.

Muitas culturas podem ser utilizadas para este fim, mas o milho e o sorgo são as mais adaptadas por produzirem silagens de qualidade sem a necessidade da pré-murcha ou o uso de aditivos conseguindo-se bons desempenhos dos animais alimentados com essas silagens.

Quando comparadas às duas culturas, o sorgo também produz silagens com boas características fermentativas e depois do milho é a cultura anual mais importante para produção de silagem. Além disso, a silagem de sorgo apresenta de 85-95% do valor nutritivo da silagem de milho (Seiffert e Prates, 1978; Valente et al. 1984).

Embora o valor nutritivo de alguns híbridos de sorgo seja semelhante ao do milho (95%), outros são inferiores (85%) e esta variação pode ser explicada pela presença ou ausência de compostos fenólicos como os taninos condensados. Estas macromoléculas (5.000 – 20.000 Daltons) são resultantes do metabolismo secundário dos vegetais. Os cultivares que possuem taninos nos grãos são indicados principalmente para regiões que sofrem com o ataque de pássaros e apresentam umidade relativa elevada durante o período da safra.

Os taninos são bastante estudados nos grãos de sorgo, principalmente devido ao seu efeito negativo na digestão protéica de aves e suínos. Nos ruminantes, o efeito antinutricional é amenizado pela ação dos microorganismos do rúmen, porém alguns estudos têm demonstrado variações na retenção de nitrogênio, na absorção de aminoácidos e no consumo de matéria seca destes animais.

Embora em muitos casos os microorganismos sejam capazes de hidrolisar as moléculas de tanino, a capacidade de formar complexo com diferentes moléculas e a conhecida ação antimicrobiana, despertam o interesse para realização de mais estudos sobre a ação destas moléculas no rúmen e seus efeitos na absorção de nutrientes pelos animais.

Assim o objetivo do presente estudo foi determinar o valor nutricional das silagens de quatro genótipos de sorgo, por meio de ensaios de consumo e digestibilidade aparente, degradabilidade *in situ* e pela técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases. No Capítulo II foi realizada uma revisão de literatura sobre a planta de sorgo, o seu uso na alimentação animal e as técnicas utilizadas para avaliação do valor nutricional das silagens. No Capítulo III foi feito um estudo de diferentes tempos de colheita de amostras

em um experimento de consumo e digestibilidade aparente, utilizando carneiros como unidade experimental. O Capítulo IV consistiu em avaliar as silagens pela técnica de degradabilidade *in situ* e no Capítulo V as mesmas foram avaliadas pela técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases.

CAPÍTULO II - REVISÃO DE LITERATURA

I - UTILIZAÇÃO DO SORGO PARA PRODUÇÃO DE SILAGEM E ALIMENTAÇÃO ANIMAL

2.1.1. INTRODUÇÃO

Em função da estacionalidade da produção das plantas forrageiras na maior parte do Brasil, é necessária a conservação do excesso de forragem produzida durante os meses de abundância para viabilizar um programa sustentado de produção animal. A conservação de forragens para os meses de escassez pode ser através da vedação de pastagens, manejo de capineiras, aproveitamento de restos de cultura ou palhadas, plantio de culturas de inverno, fenação e ensilagem.

Dentre estas práticas de conservação a fenação e a ensilagem são as mais difundidas. A fenação pode ser totalmente mecanizada, mas com um custo de produção muito superior ao da ensilagem (em média 50% a mais). Assim a ensilagem é a prática de conservação mais difundida devido ao bom conhecimento da técnica de produção pelos produtores e seu uso tem sido crescente, pois consegue-se a obtenção de grande volume de alimento, uso mais intensivo da terra, alimento com bom valor nutritivo e pode ser totalmente mecanizada.

A ensilagem do sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) vem ganhando papel de destaque, principalmente em regiões áridas e semi-áridas onde a cultura se sobressai por sua maior resistência ao estresse hídrico. O sorgo possui sistema radicular bem desenvolvido, o que permite obtenção de água nas camadas mais profundas do solo, possui ainda menor superfície foliar que o milho, apresentando menor perda de água por transpiração (Serrano, 1971).

2.1.2. ALGUMAS CARACTERÍSTICAS DA CULTURA DE SORGO PARA A ENSILAGEM

O sorgo tem como origem a África e parte da Ásia. Apesar de ser uma cultura muito antiga, somente a partir do fim do século XIX é que teve um grande desenvolvimento em muitas regiões agrícolas do mundo (Veiga, 1986). Bernardino (1996) afirma que a cultura de sorgo para forragem já deve ocupar de 30-35% da área total cultivada no país e a expectativa é de que nesta década cresça para 50% do total cultivado para a produção de silagem.

Segundo Fontes e Moura Filho (1979), o sorgo é muito resistente à desidratação devido ao seu sistema radicular fibroso e muito extenso (podendo atingir 1,5m de profundidade, valor este normalmente 50% maior que o do milho), ao ritmo de transpiração eficaz (retardamento do crescimento) e características foliares das xerófitas, como a serosidade e a ausência de pilosidade, que reduzem a perda de água da planta.

Antunes (1979) estudando as exigências climáticas do sorgo considerou que com menos de 450 mm anuais, a cultura só deverá ser plantada com uso de irrigação. No entanto com o desenvolvimento de variedades e híbridos de maturação precoce, o ciclo destas culturas requer, para seu

completo desenvolvimento, cerca de 380mm de chuva, desde que este total apresente boa distribuição nos três meses subsequentes à semeadura. Apesar desta resistência à seca o sorgo tem dois períodos críticos em que a cultura exige umidade no solo. O primeiro é o que vai até 20 a 25 dias após a germinação. E o segundo corresponde ao período próximo ao florescimento.

O principal objetivo da conservação de forragens é a sua preservação durante o ótimo estágio de crescimento, para que esta seja fornecida aos animais no período de escassez. A silagem é o material produzido pela fermentação controlada de uma forragem com alto teor de umidade. Para ser ensilada, uma forragem deve conter um nível adequado de substratos fermentáveis sob forma de carboidratos solúveis em água (os principais são a glicose, frutose, sacarose e frutanas), um baixo poder tampão, um teor de matéria seca acima de 20% e deve também possuir uma estrutura física que permita uma boa compactação no silo (McDonald et al., 1991).

Segundo Viana et al. (2001), estão disponíveis no mercado três tipos de sorgo como recurso forrageiro: os sorgos graníferos, os forrageiros (duplo propósito, corte e pastejo e tradicionais ou silageiros) e os sacarinos. Estes híbridos variam na altura, produção de matéria seca e composição bromatológica, produzindo silagens com valores nutritivos diferentes. Os híbridos graníferos variam de 1,00-1,60 metros, com panículas bem desenvolvidas e grãos de tamanho grande produzindo silagens de valor nutritivo superior ao de silagens dos sorgos forrageiros de porte alto. Os sorgos do tipo forrageiro são adaptados para produção de silagem e para corte verde, com altura entre 2 e 3 metros. Além disso, existem híbridos de duplo propósito (forragem e grão), com altura média em torno de 2 metros. Os híbridos de porte alto produzem silagens com valores

nutritivos normalmente inferiores aos de uma boa silagem de milho devido a uma menor proporção de grãos na massa ensilada (Zago, 1997). O sorgo forrageiro apresenta grande potencial para utilização, já que possui elevada produtividade, boa adequação à mecanização e grande versatilidade, podendo ser utilizado como feno, pastejo, corte direto e silagem (Borges, 1995 e Bernardino, 1996).

Segundo Cummins (1971), os critérios para seleção de híbridos de sorgo para silagem têm sido, principalmente, altura da planta, produtividade, produção de grãos, resistência a doenças e pragas e tolerância à seca. De acordo com Vilella (1985), a proporção de grãos é um importante fator determinante da qualidade das silagens, pois nele encontra-se a maior fração energética disponível da planta, sendo eles responsáveis pela maior elevação no teor de matéria seca das forrageiras. Corrêa (1996), avaliando um híbrido de sorgo de porte alto e dois híbridos de porte médio, encontrou produções de matéria seca variando de 7,5 a 10,2 toneladas/ha. No entanto, Pereira et al. (1993) obtiveram produções de matéria seca e proteína bruta de 18,0 e 1,08; 16,6 e 1,34; 14,6 e 1,25 toneladas/ha para os sorgos de porte alto, médio e baixo, respectivamente. De acordo com Valente (1992), a produtividade mínima aceitável para o sorgo é de 40 toneladas de massa verde por hectare, pois, abaixo disto, é economicamente inviável.

Um importante fator determinante do tipo de fermentação no processo de ensilagem é o teor de matéria seca da planta. Nos sorgos este teor varia com a idade de corte e com a natureza do colmo da planta (Carvalho et al., 1992). Segundo Zago (1991), híbridos de sorgo com colmo seco, geralmente elevam o teor de matéria seca mais precocemente com a maturação. Esse autor encontrou para o sorgo AG 2002, de colmo suculento, 21,1; 24,9; 30,9 e 29,3% de matéria seca nos estádios de grãos leitosos,

pastosos, farináceos e duros, respectivamente. Já para o sorgo AG 2005E de colmo seco, 29,1; 33,4; 38,7 e 48,9% de matéria seca respectivamente para os mesmos estádios citados anteriormente.

Segundo Cummins (1972), o desenvolvimento de híbridos de sorgo com colmo seco pode contribuir para a produção de silagem de melhor valor nutritivo, com menores perdas durante o processo de ensilagem e melhor consumo voluntário pelos animais. No entanto a correlação colmo suculento com menor teor de matéria seca da planta inteira, não foi encontrada em alguns trabalhos (Borges, 1995 e Nogueira, 1995). Este último autor afirma que a proporção de grãos da planta exerceu maior influência no teor de matéria seca que a suculência ou não do colmo. Segundo Carvalho et al. (1992), das frações da planta de sorgo, o colmo é a porção que menos contribui para a elevação do teor de matéria seca, seguido pelas folhas e a panícula, esta última permitindo grandes ganhos de matéria seca num curto período. Segundo Nússio (1992), 40-50% da matéria seca deveria ser composta de grãos no momento da ensilagem, na tentativa de garantir qualidade e consumo do material ensilado. Silva (1997), avaliando silagens de sorgo de porte alto, médio e baixo, com diferentes combinações de colmo x folha (panícula), concluiu que o aumento da participação da panícula na planta inteira reduziu os teores de constituintes da fibra e elevou os valores de DIVMS e a digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO), em todos os híbridos estudados, demonstrando uma necessidade de participação mínima de 40% de panícula na planta de sorgo, para obtenção de silagens de boa qualidade. A participação de panícula facilitou a compactação.

Segundo Borges (1995), variedades de colmo suculento e sacarino e de porte alto têm geralmente a concentração de carboidratos solúveis mais elevadas.

Para Silva (1996), um dos problemas enfrentados no processo de ensilagem é o acamamento da forragem a ser utilizada e estes encontraram correlação positiva entre altura das plantas e porcentagem de acamamento. Segundo estes autores a possibilidade de acamamento é maior para os híbridos forrageiros, tornando-se preocupante quando a densidade de plantio é muito alta.

Algumas variedades de sorgo apresentam maiores produções de matéria verde (MV) e matéria seca (MS) que o milho. Além disso o sorgo tem sido apontado como uma boa alternativa de plantio próximo a centros urbanos, onde as culturas de milho, estão sujeitas a retirada das espigas para consumo humano, acarretando grandes prejuízos aos produtores, visto que a espiga representa de 40-50% da matéria seca do milho na época de ensilagem e tem reflexos significativos na qualidade das silagens (Carvalho et al., 1992).

2.1.3. O SORGO NA NUTRIÇÃO ANIMAL

O crescente aumento das áreas plantadas com sorgo no Brasil mostra o potencial deste cereal na alimentação animal. A maior inclusão de grãos de sorgo na formulação de rações balanceadas pode ser explicada pelo aumento da oferta deste grão no mercado e pelo melhoramento genético dos híbridos. A maior tolerância desta planta a seca reduz o risco do plantio no final do período chuvoso, resultando na maior oferta do grão em períodos de entressafra do milho.

Da mesma maneira, a utilização do sorgo para produção de silagem também vem crescendo a cada ano, principalmente nas regiões áridas e semi-áridas, onde esta cultura se sobressai (Souza et al., 2003).

Os grãos de sorgo apresentam valores nutricionais muito próximos ao do trigo e do milho, com a composição média de 70% de carboidratos, 12% de proteína, 3% de gordura, 2% de fibra e 1,5% de cinzas (Ruskin, 1996). Este autor encontrou variações de 8,3 a 15,3% nos teores de proteína entre os híbridos dos Estados Unidos.

Estudos de Okoh et al. (1982) investigaram o potencial de 16 híbridos da Nigéria na alimentação de aves e encontraram maiores teores de proteína comparados ao milho. Entretanto, concluíram que a eficiência na utilização desta proteína depende do balanço de aminoácidos e das concentrações de taninos das variedades.

Uma das características da planta de sorgo é a presença de compostos fenólicos resultantes do seu metabolismo secundário. Os principais compostos fenólicos presentes na planta de sorgo são os ácidos fenólicos, os flavanóides e os taninos (Hahn et al., 1984).

Os taninos condensados são classificados como fatores antinutricionais e podem limitar o desempenho animal (Rostango et al., 1973; Elkin e Rogler, 1991). Grãos com teores de tanino maiores que 1% podem diminuir a digestibilidade da metionina, aminoácido limitante ao desenvolvimento de aves e suínos. Entretanto não acarreta problemas nutricionais para os ruminantes, com exceção dos bezerros, quando ainda não possuem rúmen funcional (Teixeira, 2001).

Segundo Bullard e York (1996), a presença de taninos nos grãos de sorgo está relacionada com uma região da semente conhecida como testa (pericarpo). Os autores descrevem uma classificação de genótipos de sorgo baseada na extração dos taninos, que classificam os genótipos em três tipos: o tipo I híbridos que não apresentam a testa e conseqüentemente não

apresentam tanino, tipo II híbridos que apresentam testa e tanino, entretanto não apresentam elevadas concentrações nos grãos maduros em extração com metanol e o tipo III que após o amadurecimento dos grãos apresentam elevadas concentrações de taninos extraíveis em metanol.

Embora a presença de tanino no sorgo esteja mais relacionada com os grãos, alguns trabalhos que analisaram diferentes partes da planta (Nsahlai et al., 1998) identificaram a presença destes compostos na folha, bainha e caule. Neste trabalho os autores também estudaram a seletividade dos ovinos e notaram uma preferência dos animais por partes da planta com menores concentrações de tanino.

Diversos estudos (Leinmuller et al., 1991; Scalbert, 1991; McSweeney et al., 2001) demonstraram a capacidade antimicrobiana dos taninos condensados, podendo resultar em efeitos negativos na digestão e absorção dos nutrientes.

2.1.4. TANINOS: CARACTERÍSTICAS E EFEITOS

2.1.4.1. QUÍMICA DOS TANINOS

Os taninos são definidos como compostos secundários, portanto não estão envolvidos em processos essenciais das plantas (respiração, transpiração, fotossíntese, etc.). O termo tanino é antigo e foi dado devido à capacidade destes compostos de se ligarem com proteínas presentes na pele dos animais, transformando-as em couro (curtimento ou “tanning”).

A descrição química dos taninos não é recente, Haslam (1966) descreveu estes compostos como macromoléculas ou polifenóis de elevado peso molecular (200 a 3000 Daltons) capazes de formar ligações com vários tipos de proteínas, polissacarídeos e aminoácidos.

A capacidade de ligação destas moléculas depende da natureza dos taninos (moléculas grandes, mobilidade e baixa solubilidade) e das características químicas das moléculas a serem precipitadas (ponto isoelétrico, quantidade de prolina, etc.). As principais formas de ligações são as hidrofóbicas, pontes de hidrogênio, iônicas e covalentes (Cannas, 1999)

Os taninos precipitam as proteínas por interações entre seus grupos hidroxil com os grupos carbonil das proteínas. As pontes de hidrogênio e as interações hidrofóbicas aparecem como as principais ligações envolvidas (Artz et al., 1987). As pontes de hidrogênio dependem mais do pH do que as interações hidrofóbicas. Já as interações hidrofóbicas entre taninos e proteínas aumentam em altas temperaturas e com fortes forças iônicas (Mueller-Harvey e McAllan, 1992). Alguns detergentes são capazes de dissociar os complexos tanino-proteína indicando que as interações hidrofóbicas são muito importantes na associação tanino-proteína (Hagerman e Butler, 1978).

As proteínas, que de um modo geral, têm estrutura flexível e aberta e em particular aquelas ricas em prolina, possuem maior afinidade pelos taninos (Magalhães et al., 1997).

Estes compostos fenólicos são classificados em dois grupos: os hidrolisáveis que são definidos como poliésteres de ácidos fenólicos (por exemplo, o ácido gálico e ácido elágico), apresentam uma molécula de D-glicose na sua estrutura e não são muito abundantes na natureza e os condensados (mistura de polímeros flavanóides) (Van Soest, 1994). Apesar de diferirem na distribuição botânica, nos produtos de hidrólise e em outras propriedades, estes taninos apresentam em comum a capacidade de formar complexo com as proteínas. O ácido tânico constitui o

exemplo típico dos taninos hidrolisáveis e a sua hidrólise, espontânea ou enzimática, libera glicose e ácido gálico.

Os taninos condensados (TC), também chamados proantocianidinas, são polímeros de flavanóis, constituídos predominantemente por unidades de leucoantocianidinas com ligações C-C da posição 4 de uma unidade à posição 6 ou 8 da unidade seguinte. Jansman (1993) afirmou que os TC não são afetados por enzimas, mas decompõem-se quando tratados com ácidos, formando pequena quantidade de antocianidinas, sendo classificados como proantocianidinas. Quimicamente, os TC são polímeros de flavanóides: 3-hidroxiavanol e/ou 3,4-dihidroxiavandiol.

O acetato e a fenilalanina são os precursores necessários para a síntese dos flavanóides (estrutura básica dos taninos) sendo originados do metabolismo dos carboidratos e proteína, respectivamente. Todo flavanóide possui uma estrutura típica C₆-C₃-C₆. Nos vegetais os compostos fenólicos são sintetizados a partir da eritrose-4-fosfato, do fosfoenolpiruvato e da acetil CoA. As principais vias metabólicas para formação destes compostos nas plantas são a via do ácido chiquímico e a do acetato (Getachew, 1999). No entanto para que os taninos condensados sejam formados é necessário a formação de fenilalanina a partir do ácido chiquímico. O flavan-3,4-diol, é produzido via, flavanol e intermediários do dihidroflavanol. As ligações predominantes entre as moléculas monoméricas são do tipo covalente 4,8. No entanto, ligações 4,6 também podem ser encontradas em algumas espécies de plantas. No processo de condensação durante a formação do tanino, são formados primeiramente compostos diméricos, seguidos por triméricos, tetraméricos e oligoméricos (Jansman, 1993). O 3-flavanol com peso molecular abaixo de 3000 é um composto solúvel. E as proantocianidinas

altamente polimerizadas tornam-se insolúveis e são freqüentemente destinadas para conexão de tecido estrutural das plantas.

Os taninos encontrados nos grãos de sorgo são classificados como oligocatequinas. Mueller-Harvey e McAllan (1992) isolaram um novo grupo de flavan-flavanona glicosilado da semente de sorgo, o dímero flavan-(4-8)-flavanona e o trímero flavan-(4-8)-flavan-(4-8)-flavanona.

As sementes de sorgo maduras podem apresentar teores de taninos condensados ou proantocianidinas maiores que 5% do seu peso. Estas são formadas por várias extensões de epicatequinas com um elevado grau de polimerização. Esta polimerização tende a aumentar de acordo com a maturidade da semente (Butler et al., 1986).

Nas plantas, os taninos estão localizados em vacúolos celulares nas folhas e na testa das sementes. As principais enzimas envolvidas na sua síntese e armazenamento são a chalcone sintetase (CHS), chalcone isomerase (CHI), flavanoide-3'-hidroxilase (F3'H), flavanona-3-hidroxilase (F3H), dihidroflavanol redutase (DFR), leucoantocianidina redutase (LAR), antocianidina sintetase (ANS), flavanol-UDP-glicosil transferase (FGT), glutatona trans-membrana (GHS), enzimas de condensação (CE), inter-vacuolar flavan-3,4-diol (LC) e flavan-3-ol transportadora (C) (Aerts et al., 1999).

Ainda não estão bem entendidos os motivos que fazem com que as plantas sintetizem e armazenem os compostos secundários. A princípio acredita-se na existência de um sistema de defesa dos vegetais contra o ataque de herbívoros e fungos.

Uma segunda teoria possível (Brandford e Hsiao, 1982) baseia-se no princípio de que, em relação à presença de algum fator limitante ao desenvolvimento das plantas, as taxas de crescimento das plantas são

mais sensíveis do que as taxas de fotossíntese. Portanto quando a planta é submetida a algum fator que limite seu crescimento, ela pode sintetizar estes compostos secundários como uma forma de armazenar os produtos da fotossíntese.

Esta teoria poderia explicar o motivo que leva as plantas a produzirem maiores quantidades de taninos quando se encontram em condições de baixa disponibilidade de nutrientes.

2.1.4.2 TANINOS NA NUTRIÇÃO DOS RUMINANTES

Os taninos são classificados na nutrição animal como um fator antinutricional. Esta característica é mais notada em monogástricos, nos quais níveis maiores que 1% de tanino condensado na dieta pode trazer prejuízo para produção, afetando principalmente o consumo, a digestibilidade da proteína e dos aminoácidos essenciais (McDonald et al., 1995).

Pode-se dizer que os ruminantes são mais tolerantes aos taninos, pois a ação dos microorganismos do rúmen diminui os efeitos negativos destes compostos. Normalmente os microorganismos do rúmen são capazes de detoxificar diversos fatores antinutricionais em compostos mais simples e não tóxicos (Selinger et al., 1996).

Os compostos fenólicos glicosilados como os flavanóides são metabolizados no rúmen através de hidrólise ácida ou enzimática do glicosídeo e posterior quebra do anel aromático. Os produtos da degradação dos flavanóides incluem acetato, butirato, di e monohidroxifenólicos e floroglucinol (McSweeney et al., 2001).

Taninos condensados são mais difíceis de serem degradados que os hidrolisáveis e podem ser tóxicos para muitos

microrganismos. Isto pode explicar o efeito destas moléculas em retardar a biodegradação e diminuir a decomposição da matéria orgânica (Bhat et al., 1998).

Os principais mecanismos de toxidez dos taninos descritos por Scalbert (1991) são: a inibição enzimática e a privação do substrato.

Quando a ingestão de tanino pelos ruminantes é muito elevada e excede a capacidade de degradação dos microorganismos, a absorção de compostos fenólicos pode levar o animal à toxidez. Embora este processo ainda não esteja bem entendido, parece estar relacionado com o aparecimento de necrose do fígado e dos rins, fotossensibilização e até a morte (McNeill et al., 1998).

Os principais efeitos negativos encontrados por Leinmuller et al. (1991) em estudos *in vitro* foram no metabolismo dos carboidratos (diminuição dos ácidos graxos voláteis, da digestibilidade da matéria orgânica e da produção de gases) e no metabolismo das proteínas (redução dos conteúdos de amônia, inibição da atividade da urease, inibição da proteólise da caseína).

Já os efeitos *in vivo* mais citados na literatura são a diminuição na digestibilidade da proteína e da fibra, o menor aproveitamento do nitrogênio, a diminuição do consumo voluntário e dos indicadores de produção (diminuições na produção de leite e lã, no crescimento e no ganho de peso).

Pires (2003) avaliando o consumo e digestibilidade aparente em ovinos, das silagens de quatro genótipos sorgo (*Sorghum bicolor*) com e sem tanino nos grãos observou que o tanino presente nas linhagens isogênicas interferiu na digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta, fibra em detergente neutro,

fibra em detergente ácido, celulose e hemiceluloses.

Aerts et al. (1999) estudaram diferentes experimentos da Nova Zelândia com ovinos consumindo forragens com concentrações variáveis de taninos condensados (*Lotus corniculatus*: 2-5%; *Lotus pedunculatus*: 6-10% e *Acacia aneura*: 12%). Para os animais que consumiam forragens com 4-6% de taninos condensados foram observados aumentos na absorção intestinal de aminoácidos (metionina e cistina), na produção de lã, nas taxas de ovulação, na produção de leite e nas quantidades de proteína do leite. Para concentrações de 8 a 10% em rações com *Lotus pedunculatus* foi encontrado a redução do consumo, da digestibilidade e da absorção do nitrogênio e de aminoácidos, assim como, da digestão da fibra e da produção de lã.

Outros estudos conduzidos com ovinos alimentados com *Lotus* sp confirmaram que concentrações de taninos condensados entre 2 e 5% aumentam a absorção aparente de aminoácidos pelo intestino (Waghorn et al., 1995).

Os taninos condensados se encontram na forma livre quando consumido pelos animais, formando complexos com as proteínas durante a ingestão, ruminação ou ao se misturando com elas no rúmen. Estes complexos podem permanecer intactos durante todo o processo digestivo, com isto são eliminados nas fezes e representam uma importante perda de proteína dos alimentos (McNeill et al., 1998).

Os maiores benefícios dos taninos condensados na nutrição animal são a proteção das proteínas da degradação ruminal, o aumento da tolerância dos animais às helmintoses e à prevenção do timpanismo (Getachew, 1999).

Tanto os efeitos benéficos como os antinutricionais dos taninos condensados

estão ligados à capacidade destas moléculas em formar complexos com outras moléculas orgânicas.

O poder de adaptação e aproveitamento destas propriedades pelos ruminantes faz com que os taninos condensados sejam utilizados como uma ferramenta para tornar os sistemas de produção mais rentáveis.

2.1.4.3. EFEITO DOS TANINOS SOBRE OS MICROORGANISMOS E O METABOLISMO RUMINAL

A tolerância dos microorganismos ruminais em relação à presença de taninos é variável. Se alguns microorganismos são susceptíveis, outros são capazes de suportarem elevadas concentrações e até mesmo capazes de degradá-los (Mahadevan e Muthukumar, 1980 citados por Marinho, 1984).

Em relação à parede celular dos microorganismos Marinho (1984), sugere que este seja o alvo principal dos taninos, nos microorganismos susceptíveis à sua presença. As bactérias Gram negativas manifestam menos susceptibilidade em relação à ação dos taninos. Ensaio com um espectro bastante amplo de microorganismos Gram positivos e Gram negativos, demonstraram a refratariedade destes em relação a concentrações de 0,02% de ácido tânico (Smith, 1974, citado por Marinho, 1984).

A ação dos TC sobre os microorganismos do rúmen é controversa. Salawu et al. (1999), observaram uma redução na contagem total de protozoários e estudando a contagem total de bactérias viáveis, não encontraram diferenças significativas quando compararam dietas com ou sem tanino de quebracho. Já Makkar e Becker (1995) notaram uma diminuição tanto de protozoários, quanto de bactérias ao incluírem 0,4 mg/L de TC de quebracho em

um simulador de rúmen. No entanto, Chiquette et al. (1989), observaram um maior número de protozoários ($p < 0,05$), quando alimentaram ovelhas com forrageiras contendo tanino.

Estudos *in vitro* utilizando folhas de *Ficus religiosa* e ácido tânico foram realizados para verificar o efeito inibidor dos taninos na produção de ácidos graxos voláteis (AGVs). Estes estudos mostraram que, as concentrações encontradas nas folhas de *Ficus religiosa* (1,20%) bem como ácido tânico em níveis dez vezes superiores, não têm qualquer efeito na produção de AGVs (Singh, 1977, citado por Marinho, 1984). Taninos extraídos de *Shorea robusta* na concentração de 13,3% (2,66 mg/mL) e ácido tânico na mesma concentração não inibiram a produção de AGVs no rúmen. No entanto, em concentrações dez vezes superiores àquela (26,6 mg/mL), o ácido tânico inibiu a produção de AGVs (Singh, 1978, citado por Marinho, 1984). Makkar e Becker (1995), observaram aumento e decréscimo significativo para propionato e butirato, respectivamente, quando incluíram 0,4 mg/mL de tanino de quebracho em uma dieta controle sem tanino. A atividade ureásica do conteúdo ruminal foi inibida por extratos aquosos de folha de carvalho, tendo a inibição sido proporcional ao teor de taninos presente (Lohan et al., 1981).

Embora o tanino pareça proteger a proteína da digestão microbiana no rúmen, o seu efeito posterior na nutrição dos ruminantes depende da sua disponibilidade para o animal (Marinho, 1984). Segundo Church (1988), os dados experimentais mostraram que os concentrados protéicos vegetais protegidos da ação dos microorganismos ruminais (90% de proteção), não afetaram a função ruminal, tendo como consequência uma redução da sua digestibilidade pelo animal.

2.1.4.4. EFEITOS BENÉFICOS DOS TANINOS NO DESEMPENHO DE RUMINANTES

Waghorn et al. (1995) avaliaram o efeito dos TC na digestão ruminal do nitrogênio, encontrando menor proteólise e aumento no fluxo de nitrogênio não amoniacal para o abomaso, elevando a quantidade de proteína disponível para a absorção no intestino delgado. Barry e McNabb (1999) afirmaram que os TC das forrageiras aumentaram a eficiência da digestão de nitrogênio pelos ruminantes e deram maior resistência ao parasitismo em ovinos. Os TC podem desempenhar outros efeitos benéficos, como a redução do timpanismo bolhoso. Esta afecção é comum em animais que têm acesso a pastagens novas com altos conteúdos de proteínas solúveis, e alguns trabalhos determinam que pastagens com TC diminuem a probabilidade dos animais de terem o problema pois, estes taninos precipitam estas proteínas no rúmen. Porém os níveis ideais destes taninos na dieta ainda não estão estabelecidos. Trabalhos como o de Li et al. (1996), estabeleceram 0,5% na MS como suficientes para evitar o timpanismo. Ainda assim mais estudos são necessários para determinar a quantidade destes taninos na dieta que realmente são benéficos.

Niezen et al. (1995) determinaram que os TC melhoraram o desempenho e diminuíram a contagem de endoparasitas em ovinos alimentados com forrageiras com e sem tanino. O melhor desempenho foi devido ao maior aporte de aminoácidos essenciais ao intestino delgado, que foi proporcionado pela menor degradação ruminal do N. A menor contagem de parasitos internos deveu-se a dois mecanismos: (1) aumento de aminoácidos essenciais ao intestino delgado melhorando o aproveitamento dos nutrientes pelo animal e com isto estimulando o sistema imune e (2) ação direta dos taninos sobre as

larvas dos parasitos durante a passagem pelo intestino.

2.1.4.5. DIGESTÃO DOS TANINOS EM RUMINANTES

Terrill et al. (1994) conduziram experimentos para determinar o destino dos taninos condensados (TC) durante a digestão em ovelhas. Em um destes experimentos, a recuperação dos TC da digesta em dois momentos (0 e 4 horas) depois da incubação anaeróbica a 39°C foi de: 78,90 e 57,50% no rúmen; 50,90 e 49,00% no abomaso; 64,40 e 46,00% no duodeno e 43,40 e 38,80% no íleo, respectivamente. E ao fazerem análises para TC da digesta do rúmen, abomaso e íleo e amostras de fezes das ovelhas alimentadas com *Lótus pedunculatus* e calcularem o fluxo dos TC ao longo do trato digestivo, encontraram baixos valores em todas as amostras de digesta, indicando o desaparecimento do TC através do rúmen e intestino delgado, e a recuperação dos taninos condensados nas fezes foi somente cerca de 15% do ingerido.

Rabelo (1997) determinou que sorgos com diferentes teores de taninos eram degradados no rúmen, e que os TC desapareciam a medida que os tempos de incubação avançavam, atingindo o máximo após 72 horas de incubação ruminal. Segundo Perez-Maldonado e Norton (1996), 45% dos taninos condensados ingeridos foram degradados no rúmen e 40% dos TC que chegaram ao abomaso e intestinos foram absorvidos.

2.1.4.5. TEORES DE TANINOS NAS SILAGENS DE SORGO

A seleção de sorgos utilizados para a produção de silagem é feita para os genótipos com baixos teores de tanino, pois existe uma correlação negativa entre os

teores de tanino e a digestibilidade da matéria seca (Zago, 1991). Segundo Cummins (1971), que estudou a influência do teor de tanino sobre a digestibilidade *in vitro* da matéria seca, em híbridos de sorgo granífero com altos e baixos teores, verificou que o processo de ensilagem reduz o teor de taninos. O mesmo pôde ser observado por Borges et al. (1995), que determinaram uma redução significativa dos teores de tanino das silagens de sorgo com a fermentação. Myachoti et al. (1995) afirmaram que a ensilagem é uma forma de reduzir os teores de taninos nos grãos de sorgo com alta umidade, processo que pode ser utilizado para aumentar o valor nutritivo do grão de sorgo na alimentação de aves. Entretanto os autores relataram que a causa desta diminuição pela estocagem anaeróbica ainda não está completamente esclarecida. Gaspari et al. (1996), avaliando a engorda de bovinos de corte alimentados com silagem de milho e de sorgo com e sem tanino, encontraram melhores resultados com os animais alimentados com silagem de milho, mas ao comparar silagens de sorgo (com e sem tanino), o desempenho dos animais foi semelhante, indicando que o efeito dos taninos, no desempenho animal, pode ser reduzido com o processo da ensilagem.

II - CONSUMO VOLUNTÁRIO E DIGESTIBILIDADE APARENTE

O consumo voluntário corresponde a quantidade total ingerida por um animal ou grupo de animais, durante o período de tempo no qual os mesmos têm livre acesso ao alimento, sendo esse período, geralmente, correspondente a um dia. Se o consumo de alimentos é baixo, provavelmente a produção será deprimida, fazendo com que os requerimentos de manutenção se tornem grande parte da energia metabolizável, resultando numa baixa conversão alimentar. Por outro lado, quando o nível de consumo é muito alto,

uma deposição excessiva de gordura pode ocorrer. Assim, o maior desafio do nutricionista seria adequar a quantidade e a qualidade da dieta às exigências nutricionais do animal (Forbes, 1995).

2.2.1. CONSUMO DE SILAGENS DE SORGO

O consumo de alimentos é fundamental para nutrição, pois determina a quantidade de nutrientes ingeridos e conseqüentemente o desempenho animal. O aumento na disponibilidade da forragem permite maior seletividade, com maior ingestão do alimento (Thiago e Gill, 1990; Van Soest, 1994).

Segundo Van Soest (1994), o valor nutritivo de um volumoso é determinado em função de sua contribuição energética para atender as necessidades diárias do animal e da quantidade consumida espontaneamente. Este mesmo autor sugeriu que 70% do valor nutritivo de uma forragem está relacionada ao seu consumo e 30% a sua digestibilidade. E ainda determinou uma alta correlação negativa entre a porção fibra em detergente neutro e consumo de matéria seca por ruminantes.

O consumo voluntário é por definição a quantidade diária total de alimento ingerido por um animal quando este é oferecido *ad libitum*. É influenciado por fatores físicos e fisiológicos. O primeiro pode ser correlacionado ao enchimento ruminal, ou seja, (a distensão do rúmen, retículo e abomaso), à qualidade do alimento, à abertura do orifício retículo-omasal, aos efeitos da mastigação que estimula a salivação e a motilidade ruminal. No segundo caso (fatores fisiológicos) o aumento da concentração, no rúmen e no sangue, de produtos do metabolismo tais como acetato, propionato e butirato, estimulam os receptores quimiostáticos e estes, por sua vez, o centro da saciedade que está localizado no hipotálamo ventro-

medial (Thiago e Gill, 1990; Van Soest, 1994). Embora a teoria glicostática não possa ser utilizada para ruminantes, pois não apresentam variação da glicemia após a alimentação, os ácidos graxos voláteis (AGV) principalmente acetato e butirato, podem desempenhar função reguladora; a colecistoquinina (hormônio octapeptídico responsável pela saciedade), pode ter sua secreção aumentada na presença destes ácidos (Van Soest, 1994).

Entre os fatores físicos o enchimento do rúmen-retículo desempenha um importante papel sobre o consumo voluntário. Segundo Mertens (1982), em ruminantes alimentados com ração de densidade energética mais alta, o consumo é mais baixo não sendo limitado pelo enchimento ruminal. Por outro lado quando a ração tem densidade mínima de energia e poucos nutrientes necessários para atender às exigências do animal, o fator limitante do consumo é o enchimento ruminal.

A mastigação do alimento é muito importante, pois além de reduzir o tamanho de partícula, favorecendo a colonização bacteriana, aumenta a taxa de passagem e a salivação. A saliva atua como substância tampão mantendo o pH adequado a flora celulolítica (Van Soest, 1994). Além do tamanho crítico de partícula, a gravidade específica funcional também é importante na taxa de passagem de alimentos pelo orifício retículo-omasal. Partículas com baixa densidade têm menores probabilidade de escaparem do rúmen por estarem localizadas na camada superficial do líquido ruminal (Lechener-Doll et al., 1990). desBordes e Welch (1984), citados por Thiago e Gill (1990) mostraram que partículas de baixa gravidade específica (0,90 a 0,96) saíram lentamente do rúmen, as de gravidade específica intermediária (1,17 a 1,42) saíram mais rapidamente e as partículas mais densas (1,77 a 2,14) foram mais lentas e mostraram poucos sinais de mastigação.

Segundo Oliveira (1996), o limite de digestibilidade para que os fatores físicos atuem no controle do consumo é de 66,7%. Os fatores fisiológicos têm maior importância no controle do consumo em forragens com digestibilidade superior a esta.

Apesar dos mecanismos de controle da ingestão de forragens frescas e ensiladas serem semelhantes, normalmente o consumo de silagem é menor. Segundo Van Soest (1994), os sucos das silagens contêm amônia e aminas que podem reduzir o consumo. A ocorrência destes fatores está relacionada principalmente a um padrão de fermentação inadequado levando a perda dos carboidratos fermentáveis e proteínas que originam amônia e aminas nestas condições. A ingestão de matéria seca (MS) por carneiros consumindo gramíneas frescas varia normalmente entre 40 e 100 gramas de MS por unidade de tamanho metabólico (g MS UTM) e para silagens de 20 a 75 g MS UTM (McDonald et al., 1991).

Martins (2000) avaliando o consumo e a digestibilidade aparente das silagens de quatro genótipos de sorgo em ovinos não encontrou diferença estatística no consumo de matéria seca que variou de 68,55 a 54,92 gramas por unidade de tamanho metabólico por dia (g/UTM/dia). Em relação ao consumo de matéria seca digestível (CMSD) o BR601 foi diferente dos demais com 42,25 g/UTM/dia. O BR700, BR701 e o AG2002 não diferiram entre si com CMSD de 33,86; 32,96 e 27,47 g/UTM/dia, respectivamente. Em relação ao consumo de proteína bruta (PB) e proteína digestível (PD) os valores ficaram entre 5,53 e 3,95 g/UTM/dia e 2,16 e 1,11g/UTM/dia, respectivamente. Para os consumos de energia bruta (EB), energia digestível (ED) e energia metabolizável (EM) os valores médios foram, 257,96; 195,76 e 142,15 Kcal/UTM/dia, respectivamente e 36,45;

29,08; 23,94; 9,85 e 5,43 g/UTM/dia, respectivamente para consumo de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose, hemicelulose e lignina. Caldas (1994) avaliando a digestão comparada em três grupos genéticos de caprinos (animais amambrinados ou nativos, pardos e ½ amambrinados-pardo) alimentados com silagem de capim elefante encontrou valores de consumo de matéria seca (g/UTM/dia) de 33,85 a 30,7 g/UTM/dia valores próximos aos encontrados por Gomide et al. (1987), para sorgo forrageiro 36,6 g/UTM/dia. Lusk et al. (1984) avaliando silagens de milho e sorgo não observaram diferenças na produção de leite (24,4 x 24,7 l/dia) e encontraram valores de digestibilidade aparente da matéria seca variando de 59,8 a 61,4% e 58,3 a 58,8%, para milho e sorgo respectivamente. No entanto Lusk et al. (1984) e Gomide et al. (1987) encontraram ingestões de matéria seca maiores para silagens de sorgo que para silagens de milho (1,83 x 2,64% do peso vivo (PV) e 1,68 e 2,00% PV, respectivamente para milho e sorgo). Bezerra et al. (1993) analisando o valor nutricional de silagens de milho, milho consorciado com sorgo e rebrotas de sorgo, encontraram maiores valores de consumo de matéria seca (66,7 g/UTM), proteína bruta (7,7 g/UTM), proteína digestível (4,8 g/UTM) e energia bruta (325,4 Kcal/UTM) para as silagens de rebrota de sorgo aos 98 dias. Freitas (2002) avaliando cinco genótipos de milho encontrou valores de consumo de matéria seca entre 54,86 e 67,00 g/UTM/dia, consumo de proteína bruta entre 4,24 e 5,19 g/UTM/dia, consumo de FDN entre 25,39 e 31,68 g/UTM/dia, consumo de FDA entre 14,12 e 18,14 g/UTM/dia, consumos de celulose e hemicelulose variando de 12,30 a 16,19 g/UTM/dia e 11,28 a 13,78 g/UTM/dia, respectivamente.

2.2.2. DIGESTIBILIDADE

A digestão de alimentos (volumosos ou concentrados) pode ser definida como a degradação de macromoléculas a compostos simples. Na digestão destes alimentos participam fenômenos de natureza química e física. Os processos físicos compreendem a motilidade do trato gastrointestinal, mistura do conteúdo, mastigação, deglutição e ruminação. Os fatores químicos envolvem as secreções enzimáticas e glandulares do animal e a atividade das enzimas bacterianas.

As plantas possuem várias substâncias que causam resistência à degradação pelos microorganismos ruminais. Dentre estas substâncias podem ser citados os fenilpropanóides que incluem as ligninas, flavonas, cumarinas, taninos e isoflavonas (Jung e Allen, 1995). Segundo Jung e Deetz (1993), citados por Saliba (1998) a lignificação da parede celular limita a fermentação microbiana reduzindo a degradação das forragens por três meios: efeito tóxico dos componentes da lignina aos microorganismos; hidratação superficial causada pelas ligações da lignina aos polissacarídes, que limitam o acesso das enzimas fibrolíticas aos carboidratos específicos e através de um ambiente hidrofóbico criado pelo polímero da lignina que impede a ação de enzimas hidrofílicas com função em meio aquoso. Os compostos fenólicos provocam redução na digestão e utilização metabólica da proteína e das hemiceluloses, sendo dentre eles os taninos os mais importantes (Saliba, 1998).

Em relação a culturas como a de sorgo que possui colmo, folhas e panícula, Cummins (1971) cita que a digestibilidade das paniculas é sempre maior que a das folhas e o colmo, normalmente a parte de menor digestibilidade. Avaliando a qualidade das silagens de sorgo Corrêa (1996), Silva (1997) e Brito (1999) obtiveram aumento da DIVMS das silagens à medida que se

aumentava a participação das panículas. No entanto Silva (1996) e Rocha Júnior (1999) não encontraram um aumento na DIVMS com uma maior participação de panículas na massa ensilada.

Segundo Tilley e Terry (1963), os resultados de DIVMS são altamente correlacionados com os valores de digestibilidade *in vivo* e estes relacionam-se diretamente com o consumo de alimentos. De acordo com Gourley e Lusk (1978), a presença ou ausência de taninos, dentre e entre os híbridos de sorgo, faz com que existam variações na digestibilidade dos nutrientes de sorgo.

Para Corrêa (1996), a porcentagem de fenóis totais das silagens diminuiu com o avanço do estágio de maturação do sorgo. Já Nogueira (1995) verificou que apesar do processo fermentativo ter reduzido os teores de tanino das amostras, os valores de DIVMS não se modificaram durante a ensilagem. Borges (1995) observou que o teor de tanino não influenciou a DIVMS, mas teve sua concentração reduzida com a ensilagem. Já Silva (1997), observou que a ensilagem aumentou os teores de fenóis totais das amostras. Entretanto Bernardino (1996), não observou alteração nos teores de tanino, enquanto que a DIVMS diminuiu com a fermentação.

Cummins (1971) que estudou a influência do teor de tanino sobre DIVMS de híbridos de sorgos graníferos de alto e baixo tanino, verificou que o efeito depressivo do tanino nos grãos diminuiu com a ensilagem, mas nas outras frações da planta esse efeito foi pequeno. Contudo o tanino dos grãos representa a maior parte do tanino presente nas silagens. Sendo assim, pode-se dizer que o tipo de tanino presente nos grãos se difere do tanino dos colmos e folhas (Zago, 1991). Outros autores também evidenciaram a redução nos teores de tanino com a ensilagem, encontrando alta correlação negativa entre digestibilidade *in*

vitro da matéria seca e o teor de tanino: os sorgos de alto tanino podem se aproximar dos sorgos de baixo tanino, pois com a ensilagem ocorre um decréscimo no teor de tanino e um aumento da digestibilidade neste tipo de sorgo (Hahn et al., 1984). No trabalho de Borges (1995), não foi observada diferença nas porcentagens de digestibilidade *in vitro* da matéria seca entre os híbridos, nos diferentes períodos. Dessa forma o teor de tanino não influenciou este parâmetro, apesar de ter sua concentração reduzida com a ensilagem. Segundo Cummins (1971), a digestibilidade do grão aumentou com a ensilagem (de 50 para 60% em sorgos de alto tanino, e de 65 para 75% em sorgo de baixo tanino), entretanto, não houve aumento na digestibilidade das folhas e caules. Segundo o autor, isto ocorreu devido a não redução do tanino nestas frações da planta (caule e folha) com a ensilagem. Do mesmo modo, Montgomery et al. (1984), citados por Borges (1995), observaram aumento de tanino na planta com o avanço da maturidade, sendo que houve redução nos teores de tanino durante a ensilagem.

Já Borges (1995), em estudo com híbridos de sorgo forrageiro com e sem taninos, encontrou uma diminuição dos valores de DIVMS de um híbrido com e outro sem tanino, enquanto, para dois outros híbridos (um com e outro sem tanino), não houve mudança nos valores de DIVMS com a ensilagem. Para Marinho (1984), Van Soest (1994), Nogueira (1995), e Zago (1997), existe uma correlação entre o conteúdo do tanino, a digestibilidade de MS e da proteína, sendo que estas decrescem com o aumento no teor de tanino nos grãos de sorgo. Borges (1995) encontrou variação de 54,42 a 55,56% de DIVMS para híbridos de sorgo de porte alto com diferentes teores de tanino e suculência no colmo. Nogueira (1995), Corrêa (1996), Silva (1996), Silva (1997), Pesce (1998), Brito (1999) e Rocha Júnior (1999) encontraram valores de DIVMS entre 57,65 e 61,53%, 50,23 e

60,56%, 50,19 e 58,49%, 57,83 e 62,49%, 54,11 e 63,04%, 51,27 e 58,49% e 50,19 e 58,50%, respectivamente.

Montgomery et al. (1986), citados por Rodrigues (1991), avaliando 12 híbridos de sorgo graníferos e forrageiros, com alto teor de tanino, observaram reduções significativas no teor destes entre as fases de grão leitoso, pastoso e maturação fisiológica. No entanto não observaram diferença entre os estádios nos sorgos de baixo tanino no grão. Rogler e Butler (s.d.), citados por Corrêa (1996), também observaram redução de tanino nos grãos de sorgo com alto teor de tanino e ausência desse efeito em sorgo com baixo teor de tanino. Rodrigues (1991), encontrou valores máximos de tanino quando os grãos estavam leitosos. Segundo, este autor os grãos de sorgo podem ser classificados com ou sem tanino. Quando os níveis forem superiores a 0,70% o material terá tanino e quando os níveis forem inferiores a 0,70% o material não terá tanino. Para esta classificação o autor usou do método azul da Prússia e este método é utilizado para classificar grãos e não silagens.

Por isso Corrêa (1996), ao encontrar níveis de fenóis totais acima do limite estabelecido por Rodrigues (1996), não encontrou correlação negativa com a DIVMS.

De acordo com Kumar e Singh (1984), alimentos ricos em tanino, como grão de sorgo, devem ser fornecidos com restrições para ruminantes, pois estes alimentos podem causar diversos problemas como: baixa produção de leite, redução na digestibilidade do enxofre, alterações tóxico-degenerativas no intestino, fígado, baço e rins, presença de muco na urina e constipação. Entretanto, Hibberd et al. (1985) e Josifovich et al. (1987) concluíram que os ruminantes adaptados à dietas ricas em fenóis, possuem microorganismos capazes de modificar ou destruir

integralmente estas substâncias, reduzindo consideravelmente sua toxicidade.

III - TÉCNICA DE DEGRADABILIDADE *IN SITU*

O desempenho animal depende da qualidade da forragem ingerida e de sua degradabilidade pela microbiota ruminal. E ao avaliar a degradabilidade ruminal de uma espécie forrageira pode-se determinar o nível de aproveitamento desta no rúmen. Segundo Mehrez e Orskov (1977) e Hungtington e Givens (1995), a possibilidade da mensuração da degradabilidade ruminal dos alimentos foi primeiro discutida por Quin et al. (1938). Eles sugeriram que as amostras dos alimentos poderiam ser colocadas em bolsas cilíndricas de seda, suspensas no rúmen de carneiros através de uma cânula. Também já foi utilizado o poliéster (dácron), mas em 1977, Mehrez e Orskov sugeriram o uso de sacos de náilon.

A avaliação da digestibilidade de uma forrageira torna-se importante, baseada em dois pontos básicos: a necessidade de se comparar diferentes forrageiras considerando-se que as mais digestíveis apresentarão melhor retorno econômico/produutivo pelos animais que as consumiram; e quanto à formulação de modelos mecanísticos que expressem progressiva e verdadeiramente o fenômeno dinâmico da digestão, considerando os fatores circunstanciais inerentes ao alimento oferecido (Sampaio, 1988).

Os estudos *in situ* com saquinhos de náilon possibilitam a determinação da digestibilidade e degradabilidade das forragens, seus diversos componentes e principalmente da proteína. Esta técnica tem sido cada vez mais utilizada na avaliação de alimentos pelos ruminantes, devido à facilidade, rapidez de execução, e principalmente devido à sua alta correlação

com resultados obtidos em experimentos *in vivo*. A determinação de parâmetros cinéticos, relacionados com a degradabilidade ruminal dos nutrientes segundo Nocek (1988), são difíceis de serem determinados *in vivo* e são de fundamental importância na avaliação nutricional de alimentos para ruminantes.

A técnica consiste em colocar amostras de alimento em uma série de sacos de náilon e incubá-los no rúmen de animais fistulados. Em tempos apropriados os sacos são retirados e lavados (Barbosa, 1996). Dessa forma pode-se avaliar a qualidade dos alimentos pela determinação da quantidade de amostra que é degradada e a taxa em que esta degradação ocorre (Thiago, 1994). No entanto esta técnica possui algumas limitações. Por estar confinado nos sacos, o material não está sujeito ao processo ruminal total, ou seja, mastigação, ruminação e passagem. Além disso, o desaparecimento do material durante o tempo de incubação não significa que houve, necessariamente, degradação completa: microbiológica ou química. Parte do material pode deixar o saco por ser suficientemente pequeno para atravessar os poros, por ser solúvel ou por ter sido reduzido pelo processo biológico, mas ainda sem passar por um processo de degradação química (Nocek, 1988).

Esta técnica tem sido preferida com relação à metodologia *in vivo* por ser menos trabalhosa, com menor demanda de recursos financeiros e menor quantidade de alimento, e principalmente por descrever a participação da degradação ruminal na digestibilidade total dos alimentos (Nocek, 1988; Huntington e Givens, 1995).

2.3.1. Modelagem matemática da degradação ruminal

O objetivo de um modelo matemático para avaliar a degradabilidade ruminal é

representar os conceitos biológicos do processo de degradação no rúmen (Mertens, 1993). O primeiro passo da modelagem é a descrição do sistema em um diagrama de fluxo único, dividindo assim todo o processo em componentes distintos e facilitando a descrição matemática. O segundo passo é então a determinação dos valores prováveis destes parâmetros. Sendo assim, o modelo é sempre uma simplificação da realidade (Sauvant, 1997). Sampaio (1988) comparando modelos que descreveram a degradação ruminal observou que o modelo proposto por Ørskov e McDonald (1979) foi o modelo mais eficiente para descrevê-la. E estes autores propuseram a seguinte equação:

$$\text{Degradação Potencial (DP)} = a + b * [1 - \exp(-ct)]$$

Em que,

a = a percentagem rapidamente degradável (solúvel) do material contido nos sacos de náilon;
 b = a fração potencialmente degradável do material incubado nos sacos de náilon;
 c = a taxa fracional constante de degradação da fração b ;
 t = o tempo de incubação no rúmen;

Merhez e Ørskov (1977) sugeriram a seguinte equação:

$$p = a + b (1 - e^{-ct}) \quad (1)$$

Em que,

p = percentagem de degradação após um tempo (t) expresso em horas de incubação no rúmen;
 a = intercepto da curva de degradação no tempo zero (t_0), representando o substrato solúvel e completamente degradado;
 b = degradabilidade potencial do material que permaneceu no saco após o tempo zero

e que será degradado (substrato insolúvel potencialmente degradável);

c = taxa fracional constante de degradação da fração b remanescente, após o tempo zero.

O material não degradado pode ser representado como sendo $1 - (a + b)$.

Sampaio (1988) propôs uma equação simplificada da equação (1):

$$p = A - B * e^{-ct} \quad (2)$$

Em que,

A = percentagem máxima de degradação do material contido no saco e corresponde a "a + b", como definidos para a equação (1);

B = não tem valor biológico de interesse

c = taxa fracional constante de degradação da fração b remanescente, após o tempo zero; e

t = tempo de incubação expresso em horas.

k = a taxa fracional de passagem.

Segundo Sampaio (1988), os parâmetros "A" e "c" são os principais elementos na qualificação de uma forrageira. Desta forma quando da comparação de diferentes equações, um elevado valor de A indica um material mais degradável, enquanto que um maior valor de "c" implica em menor tempo para o desaparecimento da fração imediatamente degradável. Segundo Borges (1997) as forragens mais digestíveis apresentam valores altos de A, mas necessitam também de altos valores de "c", para que alcancem o potencial máximo de degradação em menor tempo.

De acordo com McDonald (1981) existe uma fase anterior ao início do processo de degradação, onde já existe o processo de colonização microbiano mas, sem no entanto, ocasionar hidrólise do material incubado, sendo denominado de "lag time", tempo de colonização ou ainda t_0 . Este parâmetro é determinado pelo

desaparecimento do material em sacos controle, que não vão ao rúmen, e sim, lavados em água corrente até não mais turvá-la. A porcentagem de material desaparecido corresponde ao total solúvel ou suficientemente pequeno para sair pelos poros do saco. Segundo Stensig et al. (1994), caso o tempo de colonização não seja considerado no modelo, a assíntota é superestimada e a taxa de degradação é subestimada. A estimativa da degradabilidade potencial e do tempo de colonização de acordo com McDonald (1981) é representada pela seguinte equação:

$$Lag = 1/c \ln (b/a' + b' - S) \quad (3)$$

Já para o conceito de degradabilidade efetiva é importante considerar a taxa de passagem, principalmente para alimentos contendo grande quantidade de material degradável com baixa taxa de degradação (Rodríguez, 1995). Assim a degradação dos alimentos nos compartimentos do trato gastrointestinal é resultante de dois parâmetros competitivos, que atuam simultaneamente: a taxa de passagem e a taxa de degradação (Orskov, et al. 1980). Dessa forma caso a taxa de passagem não seja considerada, ocorre uma superestimação da degradação ruminal, pois o alimento fica retido no rúmen. Assim Ørskov e McDonald (1979) propuseram a seguinte equação para estimar a degradabilidade efetiva (DE):

$$DE = S + \frac{B1 * c}{c + k} \quad (4)$$

Em que,

S = fração solúvel da amostra no tempo zero;

B1 = fração lentamente degradável, correspondente a subtração de A (equação 2) - S;

c = taxa de degradação;

k = taxa de passagem.

2.3.2. Fontes de variação da técnica

Existem diversos fatores que podem afetar a degradabilidade *in situ* dos alimentos e de acordo com Huntington e Givens (1995) as principais fontes de variação da técnica são: aspectos físicos da bolsa de incubação (tipo de material, tamanho dos poros e área superficial da bolsa em relação ao peso da amostra); processamento das amostras (tamanho de partícula e secagem da amostra incubada); procedimento de incubação (horário de incubação, posicionamento no rúmen, estratégia de colocação e remoção e lavagem das bolsas após a incubação); efeito da dieta fornecida ao animal experimental; efeito do animal; e contaminação microbiana do resíduo de incubação.

Para evitar as variações da técnica, Nocek (1988) fez algumas recomendações importantes como: a porosidade dos sacos que deve estar entre 30 e 53 μm . Estas porosidades favorecem o acesso de protozoários e bactérias ao substrato incubado e ainda evita a perda de partículas não degradadas o que superestimaria a degradabilidade, devendo ser ajustado o tamanho da porosidade dos sacos de incubação com o tipo de material incubado (Huntington e Givens, 1995; Vazant et al., 1998). Além disto, o aumento na porosidade pode favorecer o influxo de partículas finas da digesta ruminal subestimando a degradabilidade do substrato e a diminuição do tamanho dos poros pode dificultar o escape dos produtos da ação microbiana, criando um microambiente dentro dos sacos e segundo Marinucci et al. (1992) a não remoção dos produtos da degradação microbiana dos sacos de náilon favorece a formação de um microambiente com menor pH e menor atividade das bactérias celulolíticas; um outro ponto importante é o tamanho de partícula que deve ser de 2 mm para

suplementos protéicos e energéticos, 5 mm para grãos de cereais inteiros, subprodutos fibrosos, fenos, silagens; e se o material não for moído, descrever o tamanho da partícula.

Um outro ponto é a relação da quantidade de amostra por área de superfície do saco de náilon, para que haja resíduo de material para a execução das análises laboratoriais, e ocorra à estimativa mais próxima da realidade dos parâmetros da degradação e Nocek (1988) sugere uma relação entre 10 a 20 mg/cm^2 . Este mesmo autor recomenda mergulhar os sacos em água ou solução tampão antes da incubação ruminal.

O resíduo de microorganismos ruminais na amostra incubada afeta o valor de degradabilidade do nitrogênio, principalmente da fração lentamente degradável. A ocorrência de resíduos de microorganismos, segundo Huntington e Givens, (1995) é principalmente afetado pela forma de lavagem dos sacos após a sua retirada do rúmen e Nocek (1988) recomenda a correção para a contaminação microbiana, principalmente, para forragens de baixa qualidade; um outro fator é a dieta dos animais que deve atender as exigências dos mesmos, documentando-se a composição da ração; usar pelo menos duas repetições no tempo quando apenas um animal é utilizado; inserir os sacos em um mesmo tempo em relação à alimentação de cada animal e período e manter estes no saco ventral do rúmen, já que as bactérias presentes nesta região têm maior capacidade de colonização do substrato por estarem na fase líquida da digesta ruminal; após a incubação lavar os saquinhos em água corrente até a água ficar clara. De acordo com o autor, estes cuidados permitem condições próximas às ideais para a atuação nos alimentos de enzimas, temperatura, pH, entre outros fatores, porém não submete os alimentos a condições idênticas às situações encontradas nos animais, tendo em vista

que não passam pelos processos de mastigação, ruminação e passagem pelo trato digestivo.

IV - TÉCNICA *IN VITRO* SEMI-AUTOMÁTICA DE PRODUÇÃO DE GASES (RPT)

Os ensaios *in vivo* envolvendo a produção animal e a digestibilidade são os métodos mais precisos para determinar o valor nutricional dos alimentos. Entretanto, o custo financeiro para que os mesmos possam ser realizados é alto, pois requerem o uso de animais, alimentos, mão-de-obra e tempo. Com o intuito de reduzir estes problemas as metodologias *in situ* e *in vitro* de avaliação de alimentos foram desenvolvidas para determinar o valor nutricional destes. Entretanto, a técnica *in situ* vem sendo criticada devido ao limitado número de amostras por experimento, alto custo para manutenção de animais fistulados além de ser, principalmente na Europa, condenado por organizações ligadas ao “bem estar e proteção animal”. Desta forma as metodologias *in vitro* para avaliação dos alimentos se constituem como boa opção para determinar o valor nutricional dos alimentos, pois apresentam altas correlações com o consumo e a digestibilidade *in vivo* (Orskov, 2002). Além disso, têm menor tempo de execução, com melhor controle da condição experimental (Fondevilla e Barrios, 2001).

Já em 1963 a técnica de Tilley e Terry era capaz de estimar a digestibilidade *in vitro* da matéria seca com boa precisão, no entanto com uma referência mínima à dinâmica da fermentação ruminal. As técnicas posteriores passaram a incorporar as estimativas da cinética de degradação no retículo-rúmen tanto pela mensuração na degradação ruminal de alimentos em sacos de náilon incubados no rúmen (Mehrez et al., 1977; Ørskov e McDonald, 1979; Ørskov et al., 1980; Sauvant et al., 1985; Michalet-

Doreau et al., 1987) quanto pelas técnicas de produção de gases (Blummel e Ørskov, 1993; Pell e Schofield, 1993; Theodorou et al., 1994; Cone et al., 1996; Sileshi et al., 1996; Maurício et al., 1999).

A técnica de produção de gases é baseada na mensuração do volume de gases produzido durante as fermentações *in vitro*. E estes são produzidos a partir da degradação anaeróbica dos substratos no rúmen. A técnica consiste em utilizar substrato moído, um meio de cultura anaeróbico e inóculo microbiano proveniente do fluido ruminal. O substrato pré-pesado é suspenso no meio anaeróbico, mantido a 39°C e o fluido ruminal fresco é adicionado como inóculo. A partir deste momento, a produção de gases da fermentação começa a ser registrada possibilitando a descrição da cinética de fermentação (Williams, 2000), tendo em vista que os gases produzidos durante o processo estão intimamente relacionados ao processo fermentativo dentro do rúmen (Quin, 1943).

Tendo em mente a necessidade de desenvolver um sistema *in vitro* capaz de descrever a cinética de fermentação ruminal, Pell e Schofield (1993) desenvolveram um sistema automático para medição da produção de gases. Em cada frasco um sensor de pressão com capacidade de leitura de 0 a 15 psi (pressão por polegada quadrada) e uma agulha metálica foram conectados. Os sensores são capazes de converter mudanças na pressão em sinal eletrônico que é enviado ao computador programado para converter voltagem em volume de gás.

Theodorou et al. (1994) desenvolveram uma técnica *in vitro* em que eram utilizados frascos de vidro (160 mL) que continham substrato, inóculo e meio de cultura, estes eram lacrados com tampas de borracha e assim ocorria o acúmulo de gases na parte livre (espaço entre a tampa e o meio de cultura) do frasco. A pressão gerada era

quantificada por um aparelho transdutor o qual era conectado a uma seringa e a uma agulha que era introduzida na tampa de borracha permitindo a leitura da pressão e a medição do volume de gás produzido (mL). Assim o volume de gases era coletado em espaços de tempo determinados (3, 6, 9, 12, 15, 21, 27, 33, 39, 48, 60, 72, 96 horas) permitindo a construção gráfica do volume de gases acumulado e o tempo de fermentação. Desta forma foi possível descrever a cinética de fermentação do substrato.

A curva de produção de gases foi matematicamente descrita por France et al. (1993). As principais vantagens desta técnica (Theodorou et al., 1994) em relação ao método de Menke et al. (1979) foram o aumento do número de substratos a serem testados e a rapidez das leituras. Esta técnica foi adotada no Departamento de Agricultura da University of Reading (UK) para avaliação de forrageiras tropicais, temperadas bem como de outros alimentos. A técnica de Theodorou et al. (1994) foi posteriormente totalmente automatizada através do uso de um sensor de pressão acoplado a um solenóide conectado a um computador (Davies et al., 1995). Desta maneira quando a pressão atingia 0,5 psi o solenóide permitia a liberação dos gases (voltando a pressão igual a 0). Cada abertura do solenóide era armazenada no computador permitindo posteriormente a quantificação do volume de gás bem como a construção do perfil de fermentação ruminal. Embora este sistema totalmente automatizado tenha reduzido o volume de trabalho, o custo desses equipamentos inviabilizaram seu uso.

O último processo automático de medição da produção de gases foi desenvolvido em 1996 na Alemanha por Cone et al. (1996). Foi usado um transdutor de pressão eletrônico o qual foi calibrado para que quando a pressão interna atingisse um valor previamente estabelecido à válvula abriria e

o gás era liberado. O número de aberturas da válvula era monitorado por computador e posteriormente transformado em volume.

Apesar da completa automatização das leituras dos sistemas automáticos para medição de gás (Pell e Schofield, 1993, Davies et al., 1995 e Cone et al., 1996) estes sistemas possuem capacidade limitada quanto ao número de substratos a serem testados e devido ao alto custo.

Em 1999, Maurício et al. (1999) desenvolveram um sistema para avaliação de forragens (Reading Pressure Technique) que embora baseado na técnica descrita por Theodorou et al. (1994) se diferencia deste pelo fato de ter sido eliminado as medições manuais de volume (gases) através do uso de seringas. Os trabalhos iniciais tentando estimar o volume de gases através das relações estabelecidas pela lei dos gases de Boyle não permitiram uma correta estimativa do volume de gases obtido. Desta forma foi verificado que a melhor estimativa do volume de gases via pressão foi estabelecida pela equação resultante da regressão quadrática entre o volume de gases obtido via seringa e pressão interna do frasco. Assim sendo para cada laboratório, independentemente da altitude local, pode-se obter equações que permitam a estimativa de volume via pressão (Maurício et al., 1999). Através da semi-automatização da técnica de produção de gases, alcançada devido à leitura via computador e predição do volume de gases acumulado nos frascos, pode-se obter acentuada redução no tempo de leitura de cada frasco (5 a 6 segundos / frasco) permitindo um acréscimo substancial no número de substratos testados (336 frascos ou 75 substratos com 3 frascos por substrato) e redução nos custos de implantação comparativamente a sistemas automáticos. Além do aumento na capacidade de amostras por teste, a semi-automatização incrementou a acurácia na descrição do perfil de fermentação ruminal principalmente durante o período inicial

“lag time”. Isto se deve a maior frequência de leituras durante as 96 horas de fermentação. Esses aspectos contribuem para a aplicabilidade da técnica como rotina em laboratórios ligados a avaliação de forragem.

2.4.1. Origem dos gases

Os gases formados e medidos no rúmen, pela técnica *in vitro* de produção de gases, podem ser de origem direta ou indireta. A produção direta de gases é originada da fermentação dos carboidratos (pentoses e hexoses) no rúmen e a produção indireta, pela neutralização dos ácidos graxos voláteis pelo tampão bicarbonato presente no líquido ruminal ou saliva artificial (Getachew et al., 1998). Os gases produzidos são os ácidos graxos volatéis (AGV), gás carbônico (CO₂), metano (CH₄) e hidrogênio (H₂) e a produção destes gases pode ser utilizada para o estudo da taxa e extensão da degradação ruminal (Stern et al., 1997; Williams, 2003).

Já a fermentação da proteína produz baixa quantidade de gases, e na fermentação das gorduras os gases podem ser desconsiderados (Getachew et al., 1998; Menke et al., 1979). Os gases são produzidos principalmente quando o substrato é fermentado à acetato e butirato. Segundo Fondevilla e Barrios (2001) para cada mmol de ácido butírico produzido pela fermentação *in vitro* são produzidos um total de 3 mmol de CO₂, e para cada mmol de ácido acético são produzidos 2 mmol de CO₂, enquanto que o ácido propiônico e o ácido láctico têm uma produção total de 1 mmol de CO₂ cada.

2.4.2. Fontes de variação da técnica

Fatores como preparo das amostras, meio de cultura, líquido ruminal, mistura de tampões, anaerobiose, pH e temperatura

podem afetar a fermentação *in vitro*, afetando a produção de gases (Williams, 2003). Quanto ao preparo de amostras é importante padronizar o tamanho de partícula da amostra a ser incubada, pois segundo Mould et al. (2000), a redução do tamanho de partículas com o processo de moagem aumenta a taxa de degradação pelo aumento da superfície de contato do substrato disponível para a colonização da microflora ruminal. Assim Theodorou et al. (1994) e Maurício et al. (1999) recomendam que os substratos empregados nestes ensaios tenham tamanho de 1mm.

Em relação ao líquido ruminal é importante descrever as condições em que este foi obtido, uma vez que este pode variar em qualidade e homogeneidade de acordo com a espécie, raça, dieta, condição fisiológica, sexo e hora de coleta em relação ao horário de alimentação (Pereira, 2003) e estes fatores podem afetar o perfil de degradação dos substratos incubados (Schofield, 2000).

Em função da dificuldade de manter animais fistulados Cone et al. (2002) estudaram a possibilidade de substituição do líquido ruminal por fezes para avaliar os parâmetros da fermentação ruminal pela técnica *in vitro* de produção de gases. Estes autores trabalharam com 21 alimentos incubados com líquido ruminal proveniente de bovinos, ovinos e fezes de bovino. Nos tempos de 24 e 48 horas, não foi ressaltada diferença entre o líquido ruminal de ovinos e bovinos para a produção total de gases. No entanto, os valores de taxa de produção *in vitro* de gases não se equivaleram para os dois inóculos. Com relação às fezes, não se observou equivalência com o líquido ruminal de bovinos nos tempos de 24 horas, tornando-se estes equivalentes no tempo de 48 horas de incubação.

Para garantir a atividade das bactérias celulolíticas os valores de pH do líquido ruminal não devem ser inferiores a 6,0, tendo como valores ótimos 6,2 a 6,8

(Russel e Dobrowski, 1980). Já o controle de temperatura a 39°C deve ser feito de forma criteriosa, pois a atividade microbiana, o volume de gases produzidos e a pressão são influenciados diretamente pela temperatura (Schofield, 2000).

2.4.3. Modelagem da cinética de produção de gases

Para descrever a correta interpretação dos resultados da cinética de fermentação ruminal é importante ajustar os dados ao modelo utilizado (Fondevilla e Barrios, 2001). Inicialmente, o modelo de Ørskov e McDonald (1979) foi adaptado para a produção *in vitro* de gases, e este modelo assume que a taxa fracional de produção *in vitro* de gases é constante durante todo o processo, e que o substrato tem composição homogênea. No entanto, sugerem ainda que todos os componentes solúveis e produtos da hidrólise são fermentados, o que não é realidade.

A equação proposta por Ørskov e McDonald (1979) para a produção *in vitro* de gases pode ser observada abaixo:

$$Y = a + b * [1 - \exp(-ct)]$$

Em que,

Y é a produção acumulada de gases (mL);
a é a produção *in vitro* de gases devido á fermentação da fração solúvel;
b é a produção *in vitro* de gases devido á fermentação da fração insolúvel;
c é a taxas fracionais de produção *in vitro* de gases da fração b (horas⁻¹);
t é o tempo de incubação (horas).

France et al. (1993) propõem um modelo para descrever à cinética de produção *in vitro* de gases, assumindo que a taxa de degradação pode variar durante o processo de degradação, conforme mostra a equação abaixo.

$$Y = A * [1 - \exp(-b(t - \text{lag}) - c(\sqrt{t} - \sqrt{\text{lag}}))]$$

Em que,

Y é a produção acumulada de gases (mL);
A é o potencial máximo de produção *in vitro* de gases (mL)
b e c são as taxas fracionais constantes (horas⁻¹ e horas^{-0,5} respectivamente);
lag é o tempo de colonização (horas);
t é o tempo de incubação (horas).

Segundo Fondevilla e Barrios (2001) os modelos multicompartimentais são mais adequados quando se usa um número muito grande de leituras, como ocorre nos sistemas completamente automatizados, porém isto não ocorre quando o número de leituras é limitado. A equação de France et al. (1993), apesar de apresentar interpretação fisiológica questionável, pode ser a mais apropriada nestas condições (Fondevilla e Barrios, 2001). Uma comparação matemática de ajustes de modelos de curvas de produção de gases (Dhanao et al, 2000) mostrou que a equação de France et al. (1993) é mais bem adaptada em descrever à cinética de produção dos gases devido a sua flexibilidade em ajustar dados que apresentem ou não forma sigmoidal.

V - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AERTS, R. J., BARRY, T. N., McNABB, W. C. Polyphenols and Agriculture: beneficial effects proanthocyanidins in forages. *Agriculture Ecosystem and Environment*. V. 75, p. 1-12, 1999.
- ANTUNES, F. Z. Tecnologia para cultura do sorgo. Exigências climáticas da cultura de sorgo. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 5, n. 56, p. 6-12, 1979.

- ARTZ, W.E.; BISHOP, P.D.; DUNKER, A.K.; SCHANUS, E.G.; SWANSON, B.G. Interaction of synthetic proanthocyanidin dimer and trimer with bovine serum albumin and purified bean globulin fraction. *Journal Agricultural and Foods Chemistry*, v.35, p. 417-421, 1987.
- BARBOSA, G.S.S.C. *Influência das condições experimentais sobre a estimativa de parâmetros do modelo de Orskov para avaliação de digestibilidade em ruminantes*. 1996. Dissertação (Mestrado)-Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1996
- BARRY, T.N.; McNABB, W.C. The implications of condensed tannins on the nutritive value of temperate forages fed to ruminantes. *British Journal of Nutrition*, v.81, p.263-272, 1999.
- BERNARDINO, M.L.A. *Avaliação nutricional de silagens de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) de porte médio com diferentes teores de tanino e suculência no colmo*. 1996, 44f. Dissertação (Mestrado em zootecnia) - Escola de Veterinária, UFMG. Belo Horizonte.
- BEZERRA, E.S.; VON TIESENHAUSEN, I.M.E.V.; OLIVEIRA, A.I.G. et al. Valor nutricional das silagens de milho, milho consorciado com sorgo e rebrotas de sorgo. *Rev. Soc. Bras. Zoot.*, v.22, n.6, p1044-1054, 1993.
- BHAT, T. K., SINGH, B., SHARMA, O. P. Microbial degradation of tannins: A current perspective. *Biodegradation*, v. 9, p. 343-357, 1998.
- BLUMMEL, M., ØRSKOV, E. R.. Comparison of *in vitro* gas production and nãilon bag degradability of roughages in predicting food intake in cattle. *Anim. Feed Sci. Technol.* v.40, p.109-119, 1993.
- BORGES, A.L.C.C. *Qualidade de silagens de híbridos de sorgo de porte alto, com diferentes teores de tanino e de umidade no colmo, e seus padrões de fermentação*. 1995, 52f. Dissertação (Mestrado em zootecnia) - Escola de Veterinária, UFMG. Belo Horizonte.
- BORGES, A.L.C.C.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUEZ, N.M. et al. Efeito da fermentação sobre os teores de tanino de silagens de sorgo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 30, 1995, Juiz de Fora. *Anais...* Juiz de Fora: SBZ, 1995, p.466-468.
- BORGES, I. *Influência da dieta na degradabilidade in situ do caroço de algodão integral e do bagaço de cana de açúcar auto-hidrolisada, na dinâmica da fermentação ruminal e na cinética sanguínea de ovinos*. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 1997. 129p. Tese (Doutorado em Ciência Animal).
- BRADFORD, K. J., HSIAO, T. C. Physiological responses to moderate water stress. In: LANGE, O. L., NOBEL, P. S., OSMOND, C. B., ZIEGLER, E. H. (Ed). *Physiological plant ecology*. II. Water relations and carbon assimilation. Berlin: Springer verlag, 1982. p. 253-262.
- BRITO, A.F. *Avaliação das silagens de sete genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e os seus padrões de fermentação*. 1999, 65f. Dissertação (Mestrado em zootecnia) - Escola de Veterinária, UFMG. Belo Horizonte.
- BULLARD, W. R., YORK, J. D. Screening grain sorghum for bird tolerance and nutritional quality. *Crop Protection*, v. 15, n. 2, p. 159-165, 1996.

- BUTLER, L.G.; ROGLER, J.C.; MEHANSO, H.; CARLSON, D.M. *Dietary effects of tannins. In Plants Flavonoids in Biology and Medicine: Biochemical, pharmacological and Structure Activity Relationships (Symposium, 1985)* p.141-156. New York: Alan R. Liss, 1986.
- CALDAS, W.S. *Digestão comparada entre três grupos genéticos de caprinos: I. Alimentados com silagem de capim elefante (Pennisetum purpureum, Schum), II. Alimentados com silagem de capim elefante (Pennisetum purpureum, Schum) suplementado com concentrado em dois níveis de consumo.* 1994, 51f. Dissertação (Mestrado em zootecnia) - Escola de Veterinária, UFMG. Belo Horizonte.
- CANNAS, A. Tannins: fascinating but sometimes dangerous molecules. Itaka, 1999.
<http://www.ansci.cornell.edu/plants/toxicagents/tannin.htm> (acessado 30 março 2003).
- CARVALHO, D.D.; ANDRADE, J.B.; BIONDI, P., et al. Estádio de maturação na produção e qualidade de sorgo. I. Produção de matéria seca e de proteína bruta. *Bol. Ind. Anim.*, v.49, n.2, p.91-99, 1992.
- CHIQUELLE, J.; CHENG, K.J.; RODE, L.M. et al. Effect of tannin content in two isosynthetic strains of birdsfoot trefoil (Lotus corniculatus L.) on feed digestibility and rumen fluid composition in sheep. *Cand. Journal Animal Science*, v.69, p.1031-1039, 1989.
- CHURCH, D.C. *El rumiante: fisiología digestiva y nutrición.* Zaragoza: Acribia, 1988.
- CONE, J.W.; VAN GELDER, A.H.; BACHMANN, H. Influence of inoculum source on gas production profiles. *Animal Feed Science Technology*. v.99, p. 221-231, 2002.
- CONE, J. W., VAN GELDER, A. H., VISSCHER, G. J. W. et al. Influence of rumen fluid and substrate concentration on fermentation kinetics measured with a fully automated time related gas production apparatus. *Anim. Feed Sci. Techn.* v.61, p.113-128, 1996.
- CORRÊA, C.E.S. *Qualidade das silagens de três híbridos de sorgo (Sorghum bicolor L.) em diferentes estádios de maturação.* 1996, 62f. Dissertação (Mestrado em zootecnia) - Escola de Veterinária, UFMG. Belo Horizonte.
- CUMMINS, D.G. Relationships between tannin content and forage digestibility in sorghum. *Agron. J.*, v.63, n.3, p.500-502, 1971.
- CUMMINS, D.G.; DOBSON JR., J.W. Digestibility of bloom and bloomless sorghum leaves as determined by a modified *in vitro* technique. *Agron. J.*, v.64, n.5, p.682-683, 1972.
- DAVIES, D.R., THEODOROU, M.K., BAUGHAN, J., BROOKS, A.E. AND NEWBOLD, J.R. An automated pressure evaluation system (APES) for determining the fermentation characteristics of ruminant feeds. *Annales de Zootechnie* v.44 (suplemento 1), p.36, 1995.
- desBORDES, C.K.; WELCH, J.G. Influence of specific gravity on ruminantion and passage of digestible particles. *Journal Animal Science*, v. 59, p. 470-475, 1984.
- DHANOVA, M. S.; LOPEZ, S.; DIJKSTRA, J., et al. Estimating the extent of degradation of ruminant feeds from a description of their gas production profiles observed *in vitro*: comparison of models. *Br. J. Nutr.*, v. 83, p.131-142, 2000.

- ELKIN., R. G., ROGLER, J. C. Differential response of ducks and chicks to dietary sorghum tannins. *Journal of Science food and Agriculture*, v. 57, p. 543-553, 1991.
- FONDEVILLA, M.; BARRIOS, A. The gas production and its application to the study of the nutritive value of forages *Cuban J. Agric. Sci.* v.35, n.3, p.187-199, 2001.
- FONTES, L.A.N.; MOURA FILHO, W. Calagem e adubação. *Inf. Agrop.*, Belo Horizonte, v.5, n.56, p.17-19, 1979.
- FORBES, J.M. *Voluntary food intake and diet selection in farm animals*. Wallingford: CAB International, 1995. 532p.
- FRANCE, J., DHANOA, M.S., THEODOROU, M.K., et al. A model to interpret gas accumulation profiles associated with *in vitro* degradation of ruminant feeds. *Journal of Theor. Biol.*, v. 163, p. 99-111, 1993.
- FREITAS, G.A.R. *Consumo e digestibilidade aparente das silagens de cinco genótipos de milho (*Zea mays* (L.))*. 2002, 25f. Dissertação (Mestrado em zootecnia) - Escola de Veterinária, UFMG. Belo Horizonte.
- GASPARI, F.; VECCHIETTINI, M.; CINTI, F. Silomais e silosorghis com e senza tannini nell'ingrasso del vitellone. *Zoot. Nutr. Animal*, v.22, p.355-366, 1996.
- GETACHEW, G. Tannins in tropical multipurpose tree species: Localization and qualification of tannins using histochemical and approaches and the effect of tannins on *in vitro* rumen fermentation. Stuttgart, 1999. 186p. Dissertation (MS) – Universitat Hohenheim.
- GETACHEW, G., BLÜMMEL, M., MAKKAR, H.P.S., et al. *In vitro* gas measuring techniques for assesment of nutritional quality of feeds: a review. *Anim. Feed Sci. Techn.* v.72, p.261-281, 1998.
- GOMIDE, J.A.; ZAGO, C.P.; CRUZ, M.E. et al. Milho e sorgo em cultivos ou consorciados com soja, para produção de silagens. *Rev. Soc. Bras. Zoot.*, v.16, n.4, p.308-317, 1987.
- GOURLEY, L.M.; LUSK, J.W. Genetic Parameters relatec to sorghum silage quality. *J. Dairy Science.*, v.61, n.12, p.1821-1827, 1978.
- HAGERMAN, A.E.; BUTLER, L.G. Protein precipitation method for the quantitative determination of tannins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.26, p.809-812, 1978.
- HAHN, D.H.; ROONEY, L.W.; EARP, C.F. Taninnis and phenols of sorghum. *Cereal Foods World*, v.29, n.12, p.776-779, 1984.
- HASLAM, E. Vegetable tannins. In: CONN, E. E. (Ed). *The biochemistry of plants*. London. Academic Press, 1981. p. 527-556.
- HIBBERD, C.A.; WAGNER, D.G.; HINTZ, R.L. et al. Effect of sorghum grain variety and reconstitution on site and extent of starch and protein digestion in steers. *Journal of Animal Science*, v.61,n.3, p.702-712, 1985.
- HUNTINGTON, J.A.; GIVENS, D.I. The *in situ* technique for studying the rumen degradation of feeds: reviews of the procedure. *Nutrition Abstracts and Reviews (Series B)* v.65, n.2, p.63-93, 1995.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (www.ibge.gov.br). Acessado em 13/05/2007.

JANSMAN, A.J.M. Tannins in feedstuffs for simple stomached animals. *Nutrition Research Reviews*, v.6, p.209-236, 1993.

JOSIFOVICH, J.; MADDALONI, J.; ECHEVERRIA, I. Sorgo con tanino y maiz en la producion de carne bovina. *Revista Argentina de Produccion Animal*, v.7,n.3,p.237-243, 1987.

JUNG, H.G.; ALLEN, M.S. Characterization of plant cell walls affesting intake and digestibility of forages by ruminants. *Journal. Animal.Science.*, V.73, N.9, P2774-2790, 1995.

JUNG, H.G.; DEETZ, D.A. Cell wall lignification and degradability. In: JUNG, H.G.; BUXTON, D.R.; HATFIELD, R.D. (ed.) *Forage cell wall structure and digestibility*. Madison: American Society of Agronomy, 1993. P. 315-346.

KUMAR, R.; SINGH, M. Tannins: their adverse role in ruminant nutrition. *Journal Agriculture Food Chemistry*, v.32, n.3, p.447-453, 1984.

LECHENER-DOLL, M.; RUTAGWENDA, T., SCHWARTS, J.J. et al. Seazonal changes of ingesta mean retention time and forestomach fluid volume in indigenous camels, cattle, sheep and goats grazing a thornbush savannah pasture in kenya. *J. Agric. Sci.*, v. 115, n. 3, p.409-420, 1990.

LEINMULLER, E., STEINGASS, H., MENKE, K. Tannins in ruminants feedstuff. *Animal Research and Development*, v. 33, p. 9-62, 1991.

LI, Y.G.; TANNER, G.; LARKIN, P. The DMCA-HCl protocol and the threshold proanthocyanidin content for bloat safety in forage legumes. *Journal Science Food Agriculture*, v.70, p.89-101, 1996.

LOHAN, O.P.D.; LALL, H.P.S.; MAKKAR & NEGI, S.S. Inhibition of rumen urease activity by tannins in oak leaves. *Indian Journal Animal Science*, v.51, p.279-281, 1981.

LUSK, J.W.; KARAU, P.K.; BALOGU, D.O. et al. Brown mibrid sorghum or corn silage for milk production. *J. Dairy Sci.*, v.67, n.8, p1739-1744, 1984.

MAGALHÃES, P.C.; RODRIGUES, W.A.; DURÃES, F.O.M. *Tanino no grão de sorgo bases fisiológicas e método de determinação*. 1997. Disponível no site <<http://www.cnpms.embrapa.br/circu27.html>>. Acessado 15/05/2002.

MAHADEVAN, A.; MUTHUKUMAR, G. *Aquatic microbiology whit reference to tannin degradetion*. Hidrobiologia. v.72, p.73-79, 1980.

MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K. Degradation of condensed tannins by rumen microbes exposed to quebracho tannins (QT) in rumen simulation technique (RUSITEC) and effects of QT on fermentative processes in the RUSITEC. *Journal Science Food Agiculture*, v.68, p.495-500, 1995.

MARINHO, A.A.M. Influência dos taninos no comportamento dos microorganismos e suas implicações nas transformações microbianas no trato gastrointestinal dos ruminantes. *Ver. Port Ciênc. Veter.* v. 79, n.469, p.5-21, 1984.

- MARINUCCI, M.T.; DEHORITY, B.A.; LOERCH, S.C. *In vitro* and *in situ* studies of factors affecting digestion of feeds in synthetic fiber bags. *Journal Animal Science*, v.70, p. 296-307, 1992.
- MARTINS, R.G.R. *Consumo e digestibilidade aparente das silagens de quatro genótipos de sorgo) Sorghum bicolor (L.) Moench em ovinos*. 2000, 23f. Dissertação (Mestrado em zootecnia) - Escola de Veterinária, UFMG. Belo Horizonte.
- MAURICIO, R.M., MOULD, F.L., DHANOA, M.S., et al. A semi-automated *in vitro* gas production technique for ruminants feedstuff evaluation. *Anim. Feed Sci. Techn.*, v.79, p.321-330, 1999.
- McDONALD, I. M. A revised model for the estimation of protein degradability in rumen. *J. of Agric. Sci.*, v.96, p.251-252, 1981.
- McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S. *The biochemistry of silage*. 2 ed. Marlow: Chalcombe Publications, 1991. 340p.
- McDONALD, P., EDWARDS, R. A., GREENHALGH, C. A., MORGAN, C. A. *Animal nutrition*. 5.ed. Zaragoza: Acribia, 1995. 576p.
- McNEILL, D. M., OSBORNE, N., KOMOLONG, M. K., NANKERVIS, D. Condense tannins in the Genus *Leucena* and their nutritional significance for ruminant. In: SHELTON, H. M., GUTERINDGE, R. C., MULLEN, B. F., BRAY, R. A. *Leucena – Adaptation, quality and farming system*. Canberra:ACIAR, 1998. p.205-214. (ACIAR Proceedings, 86)
- McSWEENEY, C. S., PALMER, B., McNEILL, D. M., KRAUSE, D. O. Microbial interaction with tannins: nutritional consequence for ruminants. *Animal Feed Science and Technology*, v. 91, p. 83-91, 2001.
- MEHREZ, A.Z., ØRSKOV, E.R. A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. *J. Agric. Sci.*, v. 88, p. 645-650, 1977.
- MEHREZ, A.Z., ØRSKOV, E.R., McDONALD, I. Rate of rumen fermentation in relation to ammonia concentration. *Br. J. Nutr.*, v.38, n.3, p.437-443, 1977.
- MENKE, K. H., RAAB, L., SALEWSKI, A., et al. The estimation of the digestibility and energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they incubated with liquor *In Vitro*. *J. Agric. Sci.*, v.93, p. 217-222, 1979.
- MERTENS, D.R. Análise da fibra e sua utilização na avaliação de alimentos e formulação de rações. In: Simpósio internacional de ruminantes, 1982. *Sociedade Brasileira de Zootecnia*, Esal, p. 188-219, 1982.
- MERTENS, D.R. Rate and extent of digestion. In: FORBES, J.M.; FRANCE, J. *Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism*. Londres: CAB International, 1993. Cap. 2, p.14-51.
- MICHALET-DOREAU, B., VERITE, R., CHAPOUTOT, P. Methodologie de mesure de la degradabilite in sacco de l'azote des aliments dans le rumen. *Bull. Techn. C.R.Z.V., Theix I.N.R.A.* v.69, p.5-7,1987.

- MONTGOMERY, C.R., et al. Tannin concentration and quality changes in sorghum as affected by maturity and sorghum type. *Crop Science*, v. 16, p.372-375, 1986.
- MONTGOMERY, C.R.; NELSON, B.D.; MASON, L.F. Relationship of tannin level in sorghum to stage of maturity, sorghum type, ensiling and digestibility. Forage systems-leading U.S. agriculture into the future, 1984, p.321-234. Lexington, Kentucky, USA: American Forage and Grassland Council. (Resumo).
- MOULD, F. L., MAURÍCIO, R. M., OWEN, E. Cumulative and rate of gas release of pure carbohydrates fermented *in vitro* using Reading Pressure Technique. In: GAS PREDICTION: FERMENTATION KINETICS FOR FEED EVALUATION AND TO ASSESS MICROBIAL ACTIVITY, 2000, Wageningen. *Proceedings ...Wageningen: EAAP, 2000*, p. 27-28.
- MUELLER-HARVEY, I.; McALLAN, A.B. Tannins: their biochemistry and nutritional properties. *Advances in Plant Cell Biochemistry and Biotechnology*, vol. 1, p.149-214, 1992.
- MYACHOTI, C.M.; ATKINSON, J.L.; LESSON, S. Sorghum tannins: a review. *World's Poultry Science*, v.53, p.5-21, 1995.
- NIEZEN, J.H.; WAGHORN, T.S.; CHARLESTON, W.A.G. et al. Growth and gastrointestinal nematode parasitism in lambs grazing either lucerne (*Medicago sativa*) or sulla (*Hedysarum coronarium*) which contains condensed tannins. *Journal of Agricultural Science*, v.125, p.281-289, 1995.
- NOCEK, J. E. *In situ* and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. *J. Dairy Sci.*, v.71, n.8, p.2051-2069, 1988
- NSAHLAI, L. V., UMUNNA, N. N., OSUJI, P. O. Complementarity of bird-resistant and non-bird-resistant varieties of sorghum stover with cottonseed cake and nong (*Guizotia abyssinica*) cake when fed to sheep. *Journal of Agricultural Science*, v. 130, p. 229-239, 1998.
- NOGUEIRA, F.A.S. *Qualidade das silagens de híbridos de sorgo de porte baixo com e sem teores de taninos e de colmo seco e succulento, e seus padrões de fermentação em condições de laboratório*. 1995, 34f. Dissertação (Mestrado em zootecnia) - Escola de Veterinária, UFMG. Belo Horizonte.
- NÚSSIO, L.G. Produção de silagem de sorgo. IN: MANEJO CULTURAL DO SORGO PARA FORRAGEM. *Circular Técnica, EMBRAPA/CNPMS*, n.17, P.53-55, 1992.
- OKOH, P. N., OBILANA, A. T., NJOKU, P. C., ADUKU, A. O. Proximate analysis, amino acid composition and tannin content of improved Nigeria sorghum varieties and their potential in poultry feeds. *Animal Feed Science and Technology*, v. 7, p. 359- 364, 1982.
- OLIVEIRA, J.I. *Valor nutritivo, em caprinos do feno de capim jaraguá (*Hyparrhenia rufa*), em avançado estágio de maturação, tratado com hidróxido de sódio ou amônia anidra*. 1996, 36f. Dissertação (Mestrado em zootecnia) - Escola de Veterinária, UFMG. Belo Horizonte.
- ØRSKOV, E .R. *Trails and trails in livestock research*. Aberdeen: Garamond, 2002. 204p.

- ØRSKOV, E. R.; HOVELL, F.D.B.; MOULD, F. The use of the náilon bag technique for evaluation of feedstuffs. *Trop. Anim. Prod.* v.5, p.195-213, 1980.
- ØRSKOV, E. R.; McDONALD, I. M. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci.* v.92, p.499-503, 1979.
- PELL, A. N.; SCHOFIELD, P. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion *in vitro*. *J. Dairy Sci.* v. 76, p.1063-1073, 1993.
- PEREIRA, L. G. R. *Potencial forrageiro da cultura do girassol (Helianthus annuus L.) para a produção de silagem.* 2003. 134p. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.
- PEREIRA, O.G.; OBEID, J. A.; GOMIDE, J.A. et al. 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 da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, v.22, n.1, p.31-38, 1993.
- PEREZ-MALDONADO, R.A.; NORTON, B.W. Digestion of ¹⁴C-labelled condensed tannins from *Desmodium intortum* in sheep and goats. *British Journal of Nutrition*, v.76, p.501-513, 1996.
- PESCE, D.M.C. *Avaliação de vinte genótipos de sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench) de portes médio e alto pertencentes ao Ensaio Nacional.* 1998, 44f. Dissertação (Mestrado em zootecnia) - Escola de Veterinária, UFMG. Belo Horizonte.
- PIRES, D. A. A. *Consumo e digestibilidade aparente em ovinos, de silagens de sorgo (Sorghum bicolor (L.)) com e sem tanino nos grãos.* 2003. 53p. Dissertação (Mestrado em zootecnia) Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- QUIN, J. I. Studies on the alimentary tract of merino sheep in South Africa 7. Fermentation in the forestomachs of sheep. *Ond. J. Vet. Sci. Anim. Ind.* v.2, p. 91-117, 1943.
- QUIN, J. I.; VAN DER WATH, J. G.; MYBURGH, S. Studies on the alimentary canal of Merino sheep in South África. 4. Description of experimental technique. *Onderstepoort Journal of Veterinary Science and Animal Industry.* v.11, p.341-360, 1938.
- RABELO, E. *Degradabilidade in situ de silagens de híbridos de sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench) de porte médio com diferentes teores de tanino e suculência no colmo.* 1997, 49f. Dissertação (Mestrado em zootecnia) - Escola de Veterinária, UFMG. Belo Horizonte.
- ROCHA JÚNIOR, V. R. *Qualidade das silagens de sete genótipos (Sorghum bicolor (L.) Moench) e seus padrões de fermentação.* 1999, 66f. Dissertação (Mestrado em zootecnia) - Escola de Veterinária, UFMG. Belo Horizonte.
- RODRIGUES, W.A. *Variabilidade para teor de tanino em sorgo (Sorghum bicolor L.), seu controle genético e associação com a resistência à pássaros.* 1991, 36f. Dissertação (Mestrado em zootecnia) - Lavras: ESAL.
- RODRIGUES, W.A. *Tanino em sorgo: métodos de determinação e análise genética.* 1996, 41f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

- RODRIGUEZ, N.M. Pesquisas sobre dinâmica da fermentação ruminal e partição da digestão realizadas no Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES, Anais..., Viçosa, UFV, 1995. p. 389-417.
- ROGLER, J.C.; BUTLER, L.G. Enhancement of high tannin sorghum utilization: biological effects of dietary tannins. *Intersomil Fighting Hunger with Research*, s.d., p.145-149.
- ROSTANGO, H. S., FEATHERTON, W. R., ROGLER, J. C. Studies on the nutritional values of sorghum grain with varying tannin contents for chicks. 1 Growth studies. *Poultry Science*, v. 52, p. 765-772, 1973.
- RUSKIN, F. R. *Lost crops of Africa: Grains*. Washington: National Academic Press, 1996. 386p.
- RUSSELL, J. B., DOMBROWSKI, D. B. Effect of pH on the efficiency of growth by pure cultures of rumen bacteria in continuous culture. *Appl. Environm. Microb.*, v. 39, p.604-610, 1980.
- SALAWU, M.B.; ACAMOVIC, T.; STEWART, C.S. et al. Effects of feeding quebracho tannin diets, with or without a dietary modifier, on rumen function in sheep. *Animal Science*, v.69, p.265-274, 1999.
- SALIBA, E.O.S. *Caracterização química e microscópica das ligninas dos resíduos agrícolas de milho e de soja expostas a degradação ruminal e seu efeito sobre a digestibilidade dos carboidratos estruturais*. 1998, 126f. Tese (Doutorado) - Escola de Veterinária, UFMG. Belo Horizonte.
- SAMPAIO, I. B. M. *Experimental designs and modeling techniques in the study of roughages degradation in rumen and growth of ruminants*. 1988. 228p. Thesis (PhD) – Department of Applied Statistics, University of Reading.
- SAUVANT, D. Rumen mathematical modelling. In: HOBSON, P.N.; STEWART, C.S. (Ed.) *The rumen microbial ecosystem*. London: Blackie Academic and Professional, p.685-708, 1997.
- SAUVANT, D., BERTRAND, D., GIGER, S. Variations and prevision of the in sacco dry matter digestion of concentrates and by-products. *Anim. Feed Sci. Technol.* v.13, p.7-23, 1985.
- SCALBERT, A. Antimicrobial properties of tannins. *Phytochemistry*, v. 30, n.12, p.3875-3883, 1991.
- SCHOFIELD, P. Gas production methods. In: *Farm Animal Metabolism and Nutrition*. Wallingford (UK). CAB International. 450 p. 2000.
- SEIFFERT, N.F.; PRATES, E.R. Forrageiras para ensilagem. II- Valor nutritivo e qualidade de silagem de cultivares de milho (*zea mays, L.*) sorgos (*Sorghum sp*) e milhetos (*Pennisetum americanum, Schum*). *Revista da sociedade Brasileira de Zootecnia*, v.7, n.2, p.183-195, 1978.
- SELINGER, L. B., FOSBERG, C. W., CHENG, K. J. The rumen: a unique source of enzymes for enhancing livestock production. *Anaerobe*, v. 2, p. 263-284, 1996.
- SERRANO, J.M.R. El sorgo híbrido despertado interés en las Américas. *La Hacienda*, Kissimmée, v.66, n.5, p. 36-37, 1971.

- SILESHI, Z.; OWEN, E.; DHANOA, M.S.; THEODOROU, M.K. Prediction of *in situ* rumen dry matter disappearance of Ethiopian forages from an *in vitro* gas production technique using a pressure transducer, chemical analyses or *in vitro* digestibility. *Anim. Feed Sci. Technol.* v.61, p.73-87,1996.
- SILVA, A.V. *Qualidade das silagens de treze genótipos de sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench)*. 1996, 49f. Dissertação (Mestrado em zootecnia) - Escola de Veterinária, UFMG. Belo Horizonte.
- SILVA, F.F. *Qualidade das silagens de híbridos de sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench) de portes baixo, médio e alto com diferentes proporções de colmo + folhas/panículas*. 1997, 47f. Dissertação (Mestrado em zootecnia) - Escola de Veterinária, UFMG. Belo Horizonte.
- SINGH, M. Effects of pipal tannin and tannic acid on volatile fatty acids production and goat's rumen. *Indian Vet. Journal*, v.54, p.553-557, 1977.
- SINGH, M. Effects of salseed tannin and tannic on volatile fatty acids production and goat's rumen. *Indian Vet. Journal*, v.55, p.45-49, 1978.
- SMITH, D.G. Inhibition of swarming in *Proteus spp* by tannic acid. *Journal Appl. Bact.*, v.38, p.29-32, 1974.
- SOUZA, V. G., PEREIRA, O. G., MORAES, S. A., VALADARES FILHO, R. G. S. C., ZAGO, C. P., FREITAS, E. V. V. Valor nutritivo da silagem da sorgo. *Revista Brasileira Zootecnia*, v. 32, n.3, p. 753-759, 2003.
- STENSIG, T.; WEISBJERG, M.R.; HVELPLUND, T. Estimation of ruminal digestibility of NDF from in sacco degradation and rumen fractional outflow rate. *Acta Agric. Scand.*, v.44, p.96-109, 1994.
- STERN, M.D.; BACH, A.; CALSAMIGLIA, S. Alternative techniques for measuring nutrient digestion in ruminants. *J. Anim. Sci.* , v.75, p. 2256-2276, 1997.
- TEIXEIRA, A. S. *Alimentos e Alimentação dos animais*. 5.ed. Lavras: UFLA, FAEPE, 2001. 241p.
- TERRIL, T.H.; WAGHORN, G.C.; WOOLLEY, D.J. et al. Assay end digestion of ¹⁴C-labelled condensad tannins in the gastrointestinal tract of sheep. *British Journal of Nutrition*, v.72, p.467-477, 1994.
- THEODOROU, M. K.; WILLIAMS, B. A.; DHANOA, M. S. et al. A new gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminal feeds. *Anim. Feed Sci. Techn.* v. 48, p. 185-197, 1994.
- THIAGO, L.R.L.S. Utilização da Técnica de Degradabilidade *In Situ* para avaliação de Forragens e Alimentos Concentrados. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE RUMINANTES, 1994, Maringá. *Anais...* Maringá: EDUEM, 1994. p.89-93.
- THIAGO, L.R.L.S.; GILL, M. Consumo voluntário: Fatores relacionados com a degradação e passagem da forragem pelo rúmen. *Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte*. Campo Grande, MS, 1990.
- TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A. A two stage tecnique for the *in vitro* digestion of forage crops. *J. British Grassl. Soc.*, v.18, n.1, p.104-111, 1963.

- VALENTE, J.O. Introdução. In: MANEJO CULTURAL DO SORGO PARA FORRAGEM. *Circular Técnica, EMBRAPA/CNPMS*, n.17, p.5-7, 1992.
- VALENTE, J.O., SILVA, J.F.C., GOMIDE, J.A. Estudo de duas variedades de milho (*Zea mays L.*) e de quatro variedades de sorgo para silagem. 2. Valor nutritivo e produtividade das silagens. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, v.13, n.1, p.67-73, 1984.
- VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2 ed. Ithaca, New York: Cornell University Press, 1994. 476p.
- VAZANT, E.S.; COCHRAN, C.; TITGEMEYER, E.C. Standardization of *in situ* techniques for ruminants feedstuff evaluation. *Journal Animal Science*, v.76, p. 2717-2729, 1998.
- VEIGA, A.C. Aspectos econômicos da cultura do sorgo. *Informe Agropecuário*, n.114, p.3-5, 1986.
- 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. et al. *Produção e utilização de silagem de milho e sorgo*. Embrapa Milho e Sorgo Sete Lagoas, MG, 2001, p.263-287.
- VILELLA, O. Sistema de consorciação de forragem. *Coronel Pacheco, EMBRAPA/CNPGL*, 1985. 15p. (Boletim Pesquisa, 11).
- WAGHORN, G.C.; SHELTON, I.D. Effect of condensed tannins in *Lotus pedunculatus* on the nutritive value of ryegrass (*Lolium perene*) fed to sheep. *Journal of Agricultural Science*, v.127, p.291-297, 1995.
- WILLIAMS, B. A. Cumulative Gas-production Techniques for Forage Evaluation. In: GIVENS, D.I., OWEN, E., OMED, H.M. et al. (eds.). *Forage Evaluation in Ruminant Nutrition*. Wallingford: CAB International. 2000. 475 p.
- WILLIAMS, B. A. Cumulative gas production: how to measure it, and what it can(not) tell you. In: ISNH6 SATELLITE WORKSHOP/SYMPOSIUM WILD AND DOMESTIC HERBIVORE DIET CHARACTERIZATION, 2003, Mexico. *Anais...Mexico: UADY*, 2003. p. 1-3
- ZAGO, C.P. 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.
- ZAGO, C.P. Utilização do sorgo na alimentação de ruminantes. In: MANEJO CULTURAL DO SORGO PARA FORRAGEM. *Circular Técnica, Embrapa/CNPMS*, n.17, p.9-26, 1997

CAPÍTULO III

AValiação DE DIFERENTES TEMPOS DE COLHEITA DE AMOSTRAS PARA DETERMINAÇÃO DO CONSUMO E DIGESTIBILIDADE APARENTE DE SILAGENS DE SORGO COM E SEM TANINO NOS GRÃOS

3.1. RESUMO

Foram avaliados os tempos de coleta de amostra e os consumos voluntários e digestibilidades aparentes das silagens de quatro genótipos de sorgo (CMSXS 165, CMSXS 114, BR 700 e BR 601) em ovinos adultos castrados. O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado com fatorial 4x4 e cinco repetições. Os teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e energia bruta (EB) nas silagens avaliadas foram de: 31,75, 32,04, 38,98 e 20,21%; 9,38, 9,03, 7,22 e 6,97%; 44,06, 47,87, 52,65 e 53,44%; 23,42, 26,23, 29,82 e 29,63% e 4368,45, 4321,95, 4317,56 e 4233,51kcal/kg, para as silagens dos genótipos CMSXS165, CMSXS114, BR700 e BR601, respectivamente. Os valores de consumo e digestibilidade aparente da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose, hemicelulose, lignina e energia bruta (EB) foram semelhantes ($p>0,05$) ao avaliar cada tratamento nos diferentes períodos de coleta de amostra. No entanto ao avaliar os quatro tratamentos em cada período de coleta de amostra, os consumos de matéria seca em g/unidade de tamanho metabólico (CMS-UTM) foram de 51,05 e 51,23 g/UTM/dia para as silagens das linhagens CMSXS114 e CMSXS165, respectivamente. Já para as silagens dos híbridos BR700 e BR601 os consumos de matéria seca g/UTM/dia foram de 28,37 e 33,57 g/UTM/dia, respectivamente. Os valores de digestibilidade aparente da matéria seca (DAMS), digestibilidade aparente da proteína bruta (DAPB), digestibilidade aparente da energia bruta (DAEB) e digestibilidade aparente da FDN e FDA da silagem da linhagem CMSXS165 sem tanino foi superior ($p<0,05$) a silagem da linhagem CMSXS114, sendo os valores obtidos: 71,87%; 71,65%, 71,97%, 66,20% e 64,83%, respectivamente. As silagens das linhagens isogênicas foram semelhantes ($p>0,05$) quanto aos valores de consumo voluntário da matéria seca, energia, proteína bruta, e frações fibrosas. Os resultados deste experimento sugerem que o período experimental pode ser reduzido, pois nesta pesquisa os resultados obtidos para todos os parâmetros avaliados em um, três, cinco ou sete dias de coleta de amostra, foram semelhantes ($p>0,05$). Quanto aos taninos os resultados evidenciaram o seu efeito negativo sobre a digestibilidade aparente das diferentes frações das silagens de sorgo.

Palavras chave: consumo voluntário, digestibilidade, ruminantes, silagem, valor nutricional.

3.2. ABSTRACT

The voluntary periods of sample collection and consumptions had evaluated and apparent digestibilities of the silages of four genotypes of sorghum (CMSXS165, CMSXS114, BR700 and BR601) in castrated adult ewes. The delineation utilized was the one completely occasional with factorial 4x4 and five repetitions. The dry matter (DM), crude protein (CP), fiber in neutral detergent (NDF), fiber in acid detergent (ADF) and crude energy (CE) in the evaluated silages were of: 31.75, 32.04, 38.98 and 20.21%; 9.38, 9.03, 7.22 and 6.97%; 44.06, 47.87, 52.65 and 53.44%; 23.42, 26.23, 29.82 and 29.63% and 4368.45, 4321.95, 4317.56 and 4233.51kcal/kg, for the silages of genotypes CMSXS165, CMSXS114, BR700 and BR601, respectively. The values of consumption and apparent digestibility of the dry matter (DM), crude protein (CP), fiber in neutral detergent (NDF), fiber in acid detergent (ADF), cellulose, hemicellulose, lignin and crude energy (CE) were similar ($p>0,05$) when evaluating each treatment in the different periods of sample collection. However when evaluating the four treatments in each period of sample collection, the consumptions of dry matter in g/unit of metabolic weight (DMI-MWU) was of 51,05 and 51.23 g/MWU/day for the silages of CMSXS114 and CMSXS165, respectively. Already for the silages of hybrids BR700 and BR601 the consumptions of dry matter was of 28.37 and 33.57g/MWU/day, respectively. The values of apparent digestibility of the dry matter (ADDM), apparent digestibility of the crude protein (ADCP), apparent digestibility of the crude energy (ADCE) and apparent digestibility of NDF and ADF of the silage of CMSXS165 without tannin were to higher ($p<0,05$) silage of CMSXS114, being the gotten values: 71.87%; 71.65%, 71.97%, 66.20% and 64.83%, respectively. The silages of the lineage isogenics were similar ($p>0.05$) to the values of voluntary consumption of the dry matter, crude energy, crude protein, and fibrous fractions. The results of this experiment suggest that the experimental period can be reduced, therefore in this research the results gotten for all the parameters evaluated in one, three, five or seven days of sample collection, had been similar ($p>0,05$). The results of this experiment evidenced the negative effect of tannin, on the apparent digestibility of the different fractions of the silages of sorghum.

Keywords: digestibility, nutritional value, ruminant, silage, voluntary intake.

3.3. INTRODUÇÃO

Os valores de consumo e a digestibilidade aparente de um alimento são importantes na determinação do seu valor nutricional. Por meio destes parâmetros é possível medir a quantidade dos nutrientes ingeridos e a proporção destes nutrientes apta a ser utilizada pelo animal. O consumo e a digestibilidade aparente estão intimamente associados; o primeiro, determinante no aporte de nutrientes e conseqüentemente no atendimento das exigências nutricionais, é considerado a principal variável que influencia o desempenho animal e, juntamente com a digestibilidade e a eficiência energética, constituem-se nos parâmetros mais importantes relacionados com a qualidade dos alimentos e por conseqüência, com a produção animal.

Os ensaios *in vivo*, envolvendo a produção animal e o consumo e a digestibilidade aparente, são os métodos mais precisos para determinar o valor nutricional dos alimentos. Entretanto, estes ensaios têm um período experimental que varia de cinco a sete dias, acarretando em aumento no custo e no número de amostras. Uma forma de resolver este problema seria a avaliação da redução do período experimental.

Assim os objetivos deste trabalho foram avaliar se a duração do período experimental de 1 (um), 3 (três), 5 (cinco) e 7 (sete) dias interferem nos resultados da digestibilidade aparente e nos dados de consumo das silagens de sorgo, além de avaliar se a presença do tanino nas silagens interfere ou não nos consumos voluntários e digestibilidades aparentes (DA) da matéria seca (MS), energia bruta (EB), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose (CE) e hemicelulose (HE) de duas linhagens isogênicas de sorgo granífero (uma com e outra sem tanino nos grãos) e

de dois híbridos de sorgo (um com e outro sem tanino nos grãos).

3.4. MATERIAL E MÉTODOS

3.4.1 - Preparo das silagens:

Quatro tipos de sorgo foram testados, sendo duas linhagens isogênicas de sorgo granífero (CMS-XS 114 com tanino e CMS-XS 165 sem tanino) e dois híbridos de sorgo (BR-700 duplo propósito com tanino e BR-601 forrageiro sem tanino) foram plantados nas dependências da EMBRAPA Milho e Sorgo, localizada no Km 65 da rodovia MG424, no município de Sete Lagoas -MG. O plantio dos genótipos utilizados foi feito no verão de 1999 e no mesmo dia, em parcelas com 10 fileiras de 10 metros cada e espaçamento de 0,7m entre linhas. A adubação constou de 350 Kg de 8-28-16 no plantio e após 40 dias 110 Kg de uréia na cobertura. Como os genótipos utilizados têm ciclos diferentes e todos os materiais foram colhidos no mesmo dia, o estágio de colheita foi diferente. Os materiais graníferos e o sorgo duplo propósito como completam o ciclo mais rápido foram colhidos em estágio pastoso e farináceo/duro, respectivamente, e o BR601 forrageiro de ciclo mais longo no estágio leitoso. As linhagens e os híbridos foram cortados manualmente rente ao solo e imediatamente ensilados em tambores metálicos com capacidade para 200 litros cada, revestidos internamente com sacos plásticos, compactados sob pisoteio e vedados com o auxílio de travas nas tampas.

3.4.2 - Procedimento experimental:

O ensaio de digestibilidade aparente foi conduzido nas dependências do departamento de Zootecnia da EV-UFGM,

em Belo Horizonte - MG. Vinte carneiros adultos, castrados, caudectomizados, tosquiados, sem raça definida (SRD), com peso médio de 38 kg foram utilizados nesse ensaio, sendo cinco por tratamento. Os animais foram manejados em gaiolas metabólicas, individuais, confeccionadas em cantoneira de ferro, com piso ripado, dispoendo de bebedouro e comedouro em aço inoxidável e saleiro de PVC. Para a coleta de urina foram utilizados funis já devidamente acoplados às gaiolas e baldes com tela, e para a coleta de fezes, caixas plásticas dispostas abaixo dos funis de coleta de urina. Aos baldes com tela coletores de urina foram adicionados, diariamente, 100 mL de HCl 2N. O período experimental total foi de 7 (sete) dias após 21 dias de adaptação às dietas. Foram avaliados os resultados de 1, 3, 5 e 7 dias de coleta de amostras. As pesagens dos animais foram feitas no início e no final dos períodos pré-experimental e experimental.

A silagem foi oferecida em quantidade suficiente para se obter aproximadamente 20% de sobras no cocho. A água e uma mistura mineral comercial foram administradas "ad libitum" e os cochos de água lavados diariamente.

Foram realizadas amostragens diárias das silagens oferecidas e suas sobras, das fezes e da urina. Para as silagens foram coletados aproximadamente 300g por tratamento por dia. As sobras foram recolhidas diariamente e armazenadas por animal por dia. A coleta total de fezes foi obtida duas vezes ao dia (7 e 17h) e também armazenadas por animal por dia. As amostras de urina foram recolhidas somente no período da manhã (7h), com a amostragem de 10% do total do material mensurado, no entanto ao armazenar estes volumes foram utilizados os mesmos frascos por animal durante os sete dias. O material amostrado foi pesado e congelado.

3.4.3 - Procedimento laboratorial:

Uma amostra da silagem foi prensada em prensa hidráulica "Carver" modelo C, visando a obtenção do suco da silagem imediatamente após a abertura do silo. No suco foi feita a filtragem e, imediatamente após, adicionado 1 mL de ácido metafosfórico a cada 5 mL de suco como forma de permitir sua conservação até a análise dos teores de ácidos orgânicos. Procedeu-se a leitura do valor de pH (potenciômetro de "Beckman Expandomatic SS-2" com escala expandida), determinação dos teores de nitrogênio amoniacal (com uso do cloreto de cálcio e óxido de magnésio segundo o AOAC, 1980) para avaliação da qualidade.

As amostras diárias de fezes, alimento fornecido e sobras foram descongeladas durante um período de 14 horas. Tiveram o teor de matéria pré-seca determinado em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas e foram moídas em moinho estacionário tipo "Thomas-Wiley", modelo 4, utilizando-se peneira de 5 mm. Após a moagem das amostras diárias procedeu-se a homogeneização das mesmas para confecção das amostras compostas. Estas amostras compostas foram dos dias um (1), três (3), cinco (5) e sete (7). Foram moídas utilizando peneira de 1 mm e estocadas a temperatura ambiente em frascos de vidro com tampa. Em relação a urina, como os volumes coletados foram armazenados nos mesmos frascos por animal durante os sete dias, não foi possível trabalhar com amostras compostas.

As amostras compostas de fezes, silagens e sobras foram analisadas em duplicatas no laboratório de nutrição da Escola de Veterinária da UFMG. Determinou-se os teores de matéria seca em estufa a 105°C (AOAC, 1980), proteína bruta (PB) e conteúdo de nitrogênio (N) pelo método de Kjeldahl (segundo AOAC International, 1995) utilizando aparelho da marca Büchi

para destilação e titulação, energia bruta (EB) por combustão em bomba calorimétrica adiabática modelo PARR 2081 (AOAC International, 1995), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose, hemicelulose e lignina pelo método sequencial de Robertson e Van Soest (1981).

Os valores de energia digestível (ED) foram obtidos pela diferença entre a EB dos alimentos e das fezes.

A avaliação do consumo voluntário da MS das silagens foi determinada pela diferença entre a quantidade de material fornecido aos animais e as sobras nos cochos, e os valores de digestibilidade aparente foram obtidos através da fórmula:

$$DA = \frac{(Kg \text{ cons} \times \% \text{ cons}) - (kg \text{ fz} \times \% \text{ fz})}{(Kg \text{ cons} \times \% \text{ cons})} \times 100,$$

em que:

kg cons = quantidade de alimento consumido

% cons = teor do nutriente no alimento fornecido

kg fz = quantidade de fezes coletadas

% fz = teor do nutriente nas fezes

3.4.4 - Procedimento estatístico:

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com fatorial 4x4 e 5 repetições, utilizando-se o seguinte esquema de análise de variância:

Fontes de variação	Graus de liberdade
Total	79
Genótipos (G)	3
Tempo (T)	3
Interação (TxG)	9
Erro	64

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância utilizando-se o pacote estatístico SAEG versão 8.0 1998 e as médias comparadas pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

3.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.5.1. Composição química, pH e energia bruta das silagens

Nas Tabelas 1, 2, 3 e 4 aparecem a composição química, pH e os valores de energia bruta das silagens utilizadas neste experimento, correspondentes aos dias 1, 3, 5 e 7 de coleta de amostras.

Tabela 1- Composição química, pH e energia bruta das silagens utilizadas em um dia de período experimental (dados expressos na matéria seca)

	CMSXS 165	BR 601	BR 700	CMSXS 114
MS total (%)	30,46	21,23	39,94	32,33
PB (%)	8,97	6,95	7,32	9,25
FDN (%)	43,50	52,80	52,50	48,30
FDA (%)	23,49	29,10	31,34	26,15
HCell (%)	20,01	23,70	21,16	22,15
Cel (%)	17,35	23,07	22,69	19,41
Lignina (%)	6,14	6,03	8,65	6,74
EB (Kcal/Kg)	4371,15	4295,00	4375,81	4303,95
pH	3,96	3,95	3,97	4,05
NH ₃ /NT (%)	6,48	2,93	5,78	3,24

Tabela 2- Composição química, pH e energia bruta das silagens utilizadas em três dias de período experimental (dados expressos na matéria seca)

	CMSXS 165	BR 601	BR 700	CMSXS 114
MS total (%)	31,90	20,32	37,90	30,35
PB (%)	9,50	7,30	7,23	8,97
FDN (%)	45,60	52,30	54,03	49,34
FDA (%)	23,10	28,85	30,03	26,50
Hcel (%)	22,50	23,45	24,00	22,84
Cel (%)	17,24	22,90	21,53	19,85
Lignina (%)	5,86	5,95	8,5	6,65
EB (Kcal/Kg)	4375,27	4235,57	4325,06	4353,41
pH	3,86	3,84	3,89	3,79
NH ₃ /NT (%)	6,28	2,35	7,05	3,05

Tabela 3- Composição química, pH e energia bruta das silagens utilizadas em cinco dias de período experimental (dados expressos na matéria seca)

	CMSXS 165	BR 601	BR 700	CMSXS 114
MS total (%)	32,53	19,85	38,52	33,10
PB (%)	9,87	7,00	7,35	9,25
FDN (%)	44,12	55,10	53,00	46,34
FDA (%)	23,86	29,80	29,12	25,89
HCell (%)	20,26	25,30	23,88	20,45
Cel (%)	18,28	24,10	20,97	19,49
Lignina (%)	5,58	5,70	8,15	6,40
EB (Kcal/Kg)	4360,03	4195,10	4275,23	4305,15
pH	3,88	3,92	3,83	4,00
NH ₃ /NT (%)	5,38	4,31	6,08	4,17

Tabela 4- Composição química, pH e energia bruta das silagens utilizadas em sete dias de período experimental (dados expressos na matéria seca)

	CMSXS 165	BR 601	BR 700	CMSXS 114
MS total (%)	32,13	19,45	39,55	32,39
PB (%)	9,18	6,64	6,96	8,63
FDN (%)	43,03	53,57	51,07	47,50
FDA (%)	23,22	30,77	28,79	26,39
Hcel (%)	19,81	22,80	22,28	21,11
Cel (%)	17,60	24,00	20,73	17,44
Lignina (%)	5,62	5,76	8,06	6,51
EB (Kcal/Kg)	4367,33	4208,47	4295,16	4323,32
pH	4,09	3,80	4,01	3,97
NH ₃ /NT (%)	5,68	1,91	6,48	2,27

A silagem do sorgo BR 700 foi a que apresentou maior teor de MS entre as silagens testadas para todos os tempos de coleta de amostra. Os valores de MS encontrados para este híbrido foram de 39,94; 37,90; 38,52 e 39,55%, para os períodos de 1, 3, 5 e 7 dias de coleta, respectivamente. Estes valores foram seguidos pelos das linhagens isogênicas CMSXS 114 (32,33; 30,35; 33,10 e 32,39%) e CMSXS 165 (30,46; 31,90; 32,53 e 32,13%) e os menores teores de MS foram obtidos para o híbrido BR 601 (21,23; 20,32; 19,85 e 19,45%), para 1, 3, 5 e 7 dias, respectivamente. Os valores de matéria seca encontrados neste trabalho foram inferiores aos obtidos por Pesce (1998) (27,75), Serafim (1998) (24,37) e Martins (2000) (29,74) para o híbrido BR 601 e semelhante aos observados por Corrêa (1996) e Molina (2000) que encontraram valores de 20,30 e 20,80% de MS, respectivamente, para o híbrido BR 601 no estágio leitoso. Para o BR 700 Serafim (1998) (30,46) encontrou valor inferior ao deste experimento e Molina (2000) valor semelhante para o estágio pastoso e superior para o estágio farináceo. As duas linhagens isogênicas (graníferas) apresentaram valores de matéria seca semelhantes ao encontrado por Silva (1997) para o híbrido BR 303 também granífero.

As diferenças nos teores de matéria seca encontrados neste experimento e nos citados acima podem ser em função das diferenças nos tipos de sorgo utilizados (forrageiros, duplo propósito ou graníferos), estádios de maturação da planta no momento da ensilagem, diferenças na relação colmo:folha:panícula dos sorgos utilizados em cada experimento, além do tipo de silo utilizado (tambor 200 litros x silo PVC). Quando comparado o teor de matéria seca de cada material utilizado neste experimento nos quatro períodos de coleta de amostras foi observada semelhança entre os valores encontrados.

Os teores de matéria seca dos materiais utilizados encontraram-se numa faixa onde foi possível ocorrer boa compactação e bom desenvolvimento das bactérias lácticas.

Quanto aos valores de pH, todas as silagens avaliadas neste experimento, nos quatro períodos de coleta de amostra, apresentaram valores inferiores a 4,2 considerados por Paiva (1976) e McDonald et al. (1991) adequados para uma boa preservação do material ensilado. Corrêa (1996) (3,62) e Pesce (1998) (3,65) encontraram valores de pH menores do que os obtidos neste experimento. No entanto Alvarenga (1993) (3,99) e Martins (2000) (4,0) encontraram valores similares. O pH e a baixa relação

NH₃/NT (< 10% em todas as silagens nos diferentes tempos de coleta) permitem classificar as silagens deste experimento como de boa qualidade, mesmo para o híbrido BR 601, com baixo teor de matéria seca, pois este híbrido apresenta maiores concentrações de carboidratos fermentáveis no colmo (colmo doce), o que de acordo com Meeske et al. (1993) é suficiente para uma rápida queda de pH e conseqüentemente uma baixa relação NH₃/NT conservando o material ensilado de forma eficiente.

As linhagens isogênicas apresentaram valores de PB superiores a 7%, em todos os períodos de coleta de amostra. E segundo Van Soest (1994) este é o valor proteico mínimo necessário para um bom desenvolvimento dos microrganismos ruminais, garantindo uma boa degradação do alimento ingerido. Os híbridos BR700 e BR601 apresentaram valores de PB mais baixos que as linhagens isogênicas, mas próximos aos recomendados por Van Soest (1994). Os maiores valores de PB para as silagens das linhagens isogênicas (CMSXS165 e CMSXS114), ambos graníferos, podem ser devido à participação da panícula na massa ensilada. Os valores obtidos neste experimento para o híbrido BR 601, nos quatro períodos de coleta foram inferiores aos encontrados por Pesce (1998) (8,89%) e Serafim (1998) (7,59%), semelhantes aos de Corrêa (1996) (6,53) e Martins (2000) (7,01%) e superiores aos valores encontrados por Silva (1996) e Brito (1999) que obtiveram valores de 4,98% de PB para este mesmo híbrido. Para o híbrido BR 700 Martins (2000) (7,95%) obteve valor superior aos encontrados neste experimento, nos quatro períodos de coleta. Serafim (1998) encontrou (6,87%) valor semelhante ao deste experimento e Molina (2000) valores inferiores para este mesmo híbrido nos estádios pastoso e farináceo (6,29 e 5,88, respectivamente), também nos quatro períodos de coleta. As linhagens isogênicas (graníferas) apresentaram

valores de PB, nos quatro períodos de coleta de amostra, semelhantes aos encontrados por Silva (1996) e Brito (1999), para o material CMSXS 156, também granífero.

As diferenças observadas para PB entre os genótipos deste experimento devem-se aos tipos de sorgo (graníferos ou forrageiros) o que justifica maiores valores de PB para as linhagens isogênicas (graníferas) quando comparadas ao sorgo forrageiro. E as diferenças deste experimento e os citados podem ser devido às diferenças entre os genótipos utilizados, diferenças de estádios de maturação no momento da ensilagem, ocorrência de ataque de pássaros ou condições climáticas e de cultivo. Quando comparado os valores de PB de cada material nos diferentes tempos de coleta de amostra, pode-se observar uma semelhança entre os valores encontrados.

Quando avaliados os valores de FDN e FDA das silagens aqui estudadas nos quatro períodos de coleta de amostra, estes variaram de 43,03 a 55,10% e 23,10 a 31,34%, respectivamente. Pesce (1998) (59,29 e 34,39%), Serafim (1998) (56,59 e 33,19%) e Martins (2000) (61,08 e 41,34%) observaram valores de FDN e FDA, para o híbrido BR 601, superiores aos encontrados neste experimento, nos quatro períodos de coleta de amostra. No entanto Molina (2000) encontrou para este mesmo híbrido no estádio pastoso valor de FDN inferior (48,67) e FDA semelhante (28,84%) aos encontrados nos quatro períodos de coleta. Para o híbrido BR 700, Martins (2000) (56,55 e 53,75%) achou valores de FDN e FDA superiores aos observados neste experimento, para os quatro períodos de coleta de amostra. Molina (2000) encontrou valores semelhantes de FDN e FDA de 51,85, 48,89 e 50,12% e 33,02, 30,46 e 31,64% para este mesmo híbrido nos estádios leitoso, pastoso e farináceo, respectivamente. Já os teores de hemicelulose, nos quatro períodos de coleta

de amostra deste experimento, foram inferiores ao obtido por Pesce (1998) (24,90%) para o BR 601. Superiores aos obtidos por Martins (2000) (18,41%) e semelhantes aos obtidos por Corrêa (1996) (22,03, 22,05 e 22,00%) nos estádios leitoso/pastoso, pastoso e farináceo, para este mesmo híbrido, nos quatro períodos de coleta. Para o BR700 o teor de hemiceluloses, nos quatro períodos de coleta de amostra, foi inferior ao obtido por Serafim (1998) (21,78%). Para o BR 601 os valores de celulose dos quatro períodos de coleta de amostra foram inferiores aos obtidos por Pesce (1998) (30,32%), Serafim (1998) (26,76%) e Martins (2000) (36,01%). Porém foram semelhantes ao encontrado por Molina (2000) no estádio pastoso para este mesmo híbrido. Para o BR 700 os valores de celulose dos quatro períodos de coleta de amostra foram inferiores aos verificados por Serafim (1998) (26,75%) e Martins (2000) (43,07). Para o BR 601 os valores de lignina foram superiores aos encontrados por Corrêa (1996) (3,90%) e Pesce (1998) (4,01) e semelhantes ao encontrado por Martins (2000) (6,76%) para este mesmo híbrido nos quatro períodos de coleta de amostra. Para o BR 700 os valores de lignina foram superiores ao encontrado por Serafim (1998) (5,12%) e inferiores ao obtido por Martins (2000) (10,68%), nos quatro períodos de coleta de amostra. As diferenças observadas entre os genótipos deste experimento podem ser justificadas pelos diferentes tipos de sorgo utilizados (graníferos, duplo propósito e forrageiro) e estádios de maturidade no momento da colheita como por exemplo o BR 601 com um baixo valor de MS e o BR 700 com a matéria seca mais alta. Além destes fatores, as condições climáticas, adubações e alturas de corte podem justificar as diferenças para os experimentos citados acima. No entanto quando comparado cada genótipo nos diferentes tempos de coleta de amostra, pode-se observar uma semelhança entre os valores encontrados.

3.5.2. Consumo voluntário e digestibilidade aparente da matéria seca e energia bruta

Os valores de consumo voluntário de matéria seca em g/dia e g/UTM/dia, digestibilidade aparente da matéria seca e consumo de matéria seca digestível para os quatro tratamentos durante os quatro períodos de coleta de amostras aparecem na Tabela 5.

Os valores que aparecem na Tabela 5, mostram que as digestibilidades aparentes da MS (DAMS), não diferiram entre si ($p>0,05$) ao avaliar cada tratamento nos diferentes períodos de coleta de amostra. No entanto, quando comparado os quatro tratamentos em cada período de coleta de amostra a silagem da linhagem CMSXS165 granífera sem tanino diferiu das demais ($p<0,05$). No entanto a linhagem CMSXS114 granífera com tanino não diferiu do BR601 híbrido sem tanino, mas estas foram maiores ($p<0,05$) que a digestibilidade obtida para o híbrido BR700 que possui tanino.

Para os consumos voluntários de matéria seca expressos em g/dia (CMS), Tabela 5, os valores não diferiram entre si ($p>0,05$) quando avaliado cada tratamento nos diferentes períodos de coleta de amostra. No entanto, quando comparado os quatro tratamentos em cada período de coleta de amostra, os consumos voluntários de matéria seca das silagens das linhagens CMSXS165 e CMSXS114 não diferiram entre si ($p>0,05$) e foram maiores ($p<0,05$) que as silagens dos híbridos BR601 e BR700 que foram semelhantes entre si ($p>0,05$). Os consumos de matéria seca expressos em g/UTM (Tabela 5) seguiram o mesmo padrão de variação obtido para o CMS.

Tabela 5. Valores médios de digestibilidade aparente da matéria seca (DAMS) em percentagem (%), consumo de matéria seca (CMS) em g/dia, consumo de matéria seca em g/UTM/dia (CTM) e consumo de matéria seca digestível em g/UTM/dia (CMSD) das silagens de quatro genótipos de sorgo durante os quatro períodos de coleta de amostra

Genótipo	Período (dias)				CV (%)
	1	3	5	7	
Digestibilidade da matéria seca					
CMSXS165	71,51 ^{Aa}	71,35 ^{Aa}	71,94 ^{Aa}	72,67 ^{Aa}	4,39
BR 601	67,36 ^{Ba}	66,65 ^{Ba}	67,13 ^{Ba}	67,07 ^{Ba}	
BR 700	50,38 ^{Ca}	50,73 ^{Ca}	49,80 ^{Ca}	49,79 ^{Ca}	
CMSXS114	64,25 ^{Ba}	65,09 ^{Ba}	64,84 ^{Ba}	64,94 ^{Ba}	
Consumo de matéria seca g/dia					
CMSXS165	758,42 ^{Aa}	757,50 ^{Aa}	771,02 ^{Aa}	755,85 ^{Aa}	16,33
BR 601	496,02 ^{Ba}	487,04 ^{Ba}	492,82 ^{Ba}	491,94 ^{Ba}	
BR 700	419,95 ^{Ba}	420,99 ^{Ba}	415,95 ^{Ba}	414,97 ^{Ba}	
CMSXS114	734,26 ^{Aa}	748,44 ^{Aa}	743,26 ^{Aa}	745,13 ^{Aa}	
Consumo de matéria seca g/UTM/dia					
CMSXS165	51,16 ^{Aa}	50,93 ^{Aa}	51,97 ^{Aa}	50,85 ^{Aa}	12,85
BR 601	33,83 ^{Ba}	33,33 ^{Ba}	33,61 ^{Ba}	33,54 ^{Ba}	
BR 700	28,55 ^{Ba}	28,54 ^{Ba}	28,20 ^{Ba}	28,16 ^{Ba}	
CMSXS114	50,47 ^{Aa}	51,42 ^{Aa}	51,09 ^{Aa}	51,24 ^{Aa}	
Consumo de matéria seca digestível g/UTM/dia					
CMSXS165	36,58 ^{Aa}	36,34 ^{Aa}	37,38 ^{Aa}	36,95 ^{Aa}	17,82
BR 601	22,78 ^{Ba}	22,21 ^{Ba}	22,56 ^{Ba}	22,49 ^{Ba}	
BR 700	14,38 ^{Ca}	14,48 ^{Ca}	14,04 ^{Ca}	14,02 ^{Ca}	
CMSXS114	32,43 ^{Aa}	33,46 ^{Aa}	33,13 ^{Aa}	33,27 ^{Aa}	

Médias seguidas por letras maiúsculas idênticas significam semelhança estatística em uma mesma coluna
Médias seguidas por letras minúsculas idênticas significam semelhança estatística em uma mesma linha

Quanto ao consumo de matéria seca digestível (CMSD), Tabela 5, os tratamentos não diferiram entre si ($p > 0,05$) nos diferentes períodos de coleta de amostra. No entanto quando avaliado os tratamentos por período de coleta, as linhagens CMSXS165 e CMSXS114 não diferiram entre si ($p > 0,05$) e foram estatisticamente maiores ($p < 0,05$) que os híbridos BR601 e BR700 que foram diferentes entre si ($p < 0,05$).

Gomide et al. (1987) encontraram valores aproximados de digestibilidade aparente da MS e consumo de MS para sorgos granífero e forrageiro de 54 e 44% e 62 e 37 g/UTM/dia, respectivamente. O valor de digestibilidade aparente da MS obtido por estes autores para o sorgo forrageiro foi inferior ao obtido neste estudo para o híbrido BR 601 (forrageiro) e o consumo de MS semelhante ao encontrado para este mesmo híbrido. Quando comparados aos sorgos graníferos deste experimento, os autores observaram menor valor de

digestibilidade aparente da MS e maior consumo de matéria seca. Andrade e Carvalho et al. (1992) encontraram para o BR 506 (sorgo forrageiro e de colmo doce como o BR 601) valores de digestibilidade aparente da MS de 61,37, 63,70 e 61,97% para os estádios leitoso, farináceo e duro, respectivamente, ligeiramente inferiores ao encontrado neste experimento. Pereira et al. (1993) encontraram valores médios de consumo de matéria seca de 63,3, 81,7 e 74,6 g/UTM/dia para sorgos de porte alto, médio e baixo, respectivamente, superiores ao obtido neste experimento. Já Valente et al. (1984) obtiveram valores de digestibilidade aparente de matéria seca variando de 51,1 a 60,3%, inferiores aos valores obtidos neste trabalho para as linhagens isogênicas e para o híbrido BR 601 e superiores ao BR 700. Para estes mesmos autores, os valores de consumo de MS, variaram de 34,5 a 47,8 g/UTM/dia, semelhantes aos deste experimento. Quando comparado ao milho alguns genótipos de sorgo apresentam valores de DAMS semelhantes ou mesmo superior a DAMS do milho. Esta pode ser influenciada por fatores como a presença de tanino (que pode reduzir a digestibilidade da proteína) ou a quantidade de amido na massa ensilada (maior em sorgo granífero que em forrageiro). Freitas (2002) avaliando o consumo e a digestibilidade aparente das silagens de cinco genótipos de milho encontrou valores de DAMS entre 61,50 e 63,93%, inferiores aos valores das linhagens isogênicas e do híbrido BR 601 utilizados neste experimento.

Os valores de digestibilidade de matéria seca encontrados por Martins (2000) foram semelhantes aos encontrados neste trabalho. Para Martins (2000), o BR601 e o BR700 apresentaram DAMS de 61,75% e 52,16% respectivamente, e a DAMS encontrada neste experimento variou de 66,65 a 67,36% e 49,79 a 50,73% para os mesmos genótipos. Alvarenga (1993) avaliando o consumo e a digestibilidade aparente de

silagens de sorgo em três momentos de corte e dois tamanhos de partícula, obteve consumos de matéria seca superiores aos do presente experimento (entre 49,36 e 68,89 g/UTM/dia) e valores semelhantes de DAMS para as linhagens isogênicas e o BR 601 e superiores ao BR 700.

A diferença observada entre os valores aqui obtidos e os demais da literatura deve-se ao estágio de maturação das plantas no momento da ensilagem, como por exemplo, o BR 601 que foi colhido mais novo neste experimento para evitar o excessivo ataque de pássaros. Este híbrido, por não conter tanino, é mais atacado à medida que os grãos se tornam maduros, comprometendo o valor nutritivo da silagem.

Comparando-se os consumos de MS das silagens utilizadas neste experimento verificou-se que as linhagens isogênicas não diferiram entre si ($p>0,05$). Para o CMSXS 114 com tanino obteve-se consumo voluntário semelhante ao CMSXS 165 sem tanino. E ao comparar os híbridos (BR 601 sem tanino e o BR 700 com tanino) estes também não diferiram entre si ($p>0,05$) para o consumo de MS evidenciando que o tanino não afetou o consumo de MS destas silagens aqui estudadas. Isto pode ser extrapolado para outras silagens desde que sejam feitas com materiais que apresentem a mesma proporção de grãos e amido na massa ensilada e apresentem teor de matéria seca adequado. Comparando-se as digestibilidades aparentes das silagens das linhagens isogênicas verificou-se que a presença do tanino pode ter sido responsável pelos menores valores de digestibilidades obtidos para a linhagem CMSXS 114 ($p<0,05$). O mesmo efeito pode ser verificado quando são comparadas as digestibilidades das silagens dos híbridos BR 601 (sem tanino) com a silagem do híbrido BR 700 (com tanino) evidenciando o efeito do tanino sobre a digestibilidade aparente da matéria seca. Dentro deste

enfoque cabe ressaltar que não existiu diferença entre a digestibilidade da silagem do híbrido BR 601 (sem tanino) e a digestibilidade da silagem da linhagem CMSXS 114 (com tanino). No entanto são materiais genéticos com diferentes proporções de grãos e amido na massa ensilada e conforme Streeter et al. (1990) os taninos parecem não interferir na digestibilidade do amido no trato digestivo.

Quando avaliado a digestibilidade aparente da matéria seca, o consumo de matéria seca em g/dia, consumo de matéria seca em g/UTM/dia e o consumo de matéria seca digestível em g/UTM/dia das silagens dos

quatro genótipos de sorgo durante os quatro períodos de coleta de amostra pode-se observar que os valores encontrados para cada um destes parâmetros foram semelhantes ($p>0,05$) independente do período de coleta de amostra, sugerindo que a realização de experimento de consumo e digestibilidade aparente pode ter o período experimental reduzido sem comprometer a confiabilidade dos dados.

Na Tabela 6 são apresentados os valores de consumo de energia bruta, digestibilidade aparente da energia bruta e consumo de energia digestível.

Tabela 6. Valores médios de consumo de energia bruta em Kcal/UTM/dia (CEB), digestibilidade aparente da energia bruta (DAEB) em % e consumo de energia digestível (CED) em Kcal/UTM/dia das silagens de quatro genótipos de sorgo durante os quatro períodos de coleta de amostra

Genótipo	Período (dias)				CV (%)
	1	3	5	7	
Consumo de energia bruta Kcal/UTM/dia					
CMSXS165	230,11 ^{Aa}	227,28 ^{Aa}	226,35 ^{Aa}	222,07 ^{Aa}	12,65
BR 601	144,13 ^{Ba}	141,88 ^{Ba}	140,54 ^{Ba}	141,05 ^{Ba}	
BR 700	123,19 ^{Ba}	121,28 ^{Ba}	119,64 ^{Ba}	120,41 ^{Ba}	
CMSXS114	220,30 ^{Aa}	222,45 ^{Aa}	219,96 ^{Aa}	221,17 ^{Aa}	
Digestibilidade aparente da energia bruta em %					
CMSXS165	71,71 ^{Aa}	71,87 ^{Aa}	71,75 ^{Aa}	72,56 ^{Aa}	3,92
BR 601	67,23 ^{Ba}	66,71 ^{Ba}	66,65 ^{Ba}	66,77 ^{Ba}	
BR 700	49,84 ^{Ca}	49,36 ^{Ca}	48,56 ^{Ca}	48,89 ^{Ca}	
CMSXS114	65,19 ^{Ba}	64,40 ^{Ba}	64,35 ^{Ba}	64,55 ^{Ba}	
Consumo de energia digestível Kcal/UTM/dia					
CMSXS165	165,01 ^{Aa}	163,40 ^{Aa}	162,80 ^{Aa}	161,60 ^{Aa}	14,11
BR 601	97,00 ^{Ba}	94,80 ^{Ba}	93,60 ^{Ba}	94,00 ^{Ba}	
BR 700	61,60 ^{Ca}	59,80 ^{Ca}	58,40 ^{Ca}	59,20 ^{Ca}	
CMSXS114	144,00 ^{Aa}	142,80 ^{Aa}	141,20 ^{Aa}	142,40 ^{Aa}	

Médias seguidas por letras maiúsculas idênticas significam semelhança estatística em uma mesma coluna
Médias seguidas por letras minúsculas idênticas significam semelhança estatística em uma mesma linha

Os valores que aparecem na Tabela 6, mostram que os consumos de energia bruta, os valores de digestibilidade aparente da energia bruta e os consumos de energia

digestível, não diferiram entre si ($p>0,05$) quando avaliado cada tratamento nos diferentes períodos de duração experimental. No entanto, quando

comparado os consumos de energia bruta em Kcal/UTM/dia dos quatro materiais genéticos em cada período de coleta de amostra os valores seguiram o mesmo padrão de variação nos quatro períodos de coleta. As linhagens isogênicas e graníferas CMSXS 165 e CMSXS 114 não diferiram entre si ($p>0,05$) e foram superiores ($p<0,05$) aos híbridos BR 601 e BR 700 que foram semelhantes entre si ($p>0,05$). Quando comparado os valores de DAEB das quatro silagens em cada período de duração experimental, em todos os tempos de coleta de amostra o padrão de variação foi o mesmo. A linhagem CMSXS 165 (sem tanino) foi superior às demais ($p<0,05$). O BR 601 (sem tanino) e o CMSXS 114 (com tanino) não diferiram entre si ($p>0,05$) e foram superiores ao BR 700 ($p<0,05$). Na avaliação dos consumos de energia digestível expressos em Kcal/UTM/dia, os valores das quatro silagens em cada período de coleta de amostra, seguiram o mesmo padrão dos consumos de energia bruta em Kcal/UTM/dia. As linhagens CMSXS 165 e CMSXS 114 não diferiram entre si ($p>0,05$) e foram superiores ($p<0,05$) aos híbridos BR 601 e BR 700 que diferiram entre si ($p<0,05$).

Valente et al. (1984) avaliando silagens de sorgo encontraram valores de digestibilidade aparente da energia bruta variando de 51,3 a 59,9% e consumos de energia digestível entre 84,3 e 132,1 Kcal/UTM/dia. Os valores obtidos pelos autores para as digestibilidades aparentes da energia bruta foram inferiores aos das linhagens isogênicas CMSXS 165 e CMSXS 114 e ao híbrido BR 601 e superiores ao BR 700. Quanto aos consumos de energia digestível os valores foram inferiores aos das linhagens isogênicas (CMSXS 165 sem tanino e CMSXS 114 com tanino), semelhantes ao BR 601 e superiores ao BR 700. Alvarenga (1993), avaliando o valor nutritivo de silagens de sorgo, obteve valores de

consumo de energia digestível variando de 153,16 a 206,50 Kcal/UTM/dia e digestibilidade aparente da energia bruta variando de 65,14 a 75,45%. Em relação aos consumos de energia digestível o autor encontrou valores semelhantes aos da linhagem CMSXS 165 e superiores aos da linhagem CMSXS 114 e aos dos híbridos BR601 e BR700. Quanto a DAEB os valores foram semelhantes aos das linhagens CMSXS 165 e CMSXS 114 e do híbrido BR601 e superiores aos do BR 700. Martins (2000), avaliando o consumo e a digestibilidade aparente das silagens de quatro genótipos de sorgo, obteve valores de digestibilidade aparente da energia bruta entre 47,27 e 59,20% e consumo de energia digestível entre 161,66 e 215,71 Kcal/UTM/dia. Os valores de DAEB foram inferiores aos das linhagens e do BR 601 e semelhantes aos do BR 700. Quanto aos consumos de energia digestível o menor valor obtido por Martins (2000) foi semelhante aos valores encontrados neste experimento para a linhagem CMSXS 165, nos quatro períodos, os demais valores encontrados por Martins (2000) foram superiores a todos os materiais utilizados neste experimento, em todos os períodos avaliados.

Semelhantes aos consumos de matéria seca, os consumos de energia digestível das silagens das linhagens isogênicas, em todos os quatro períodos de coleta de amostra, não diferiram entre si ($p>0,05$). Os consumos voluntários de energia digestível pelos animais foram semelhantes entre as linhagens CMSXS 114 com tanino e CMSXS 165 sem tanino ($p>0,05$), indicando que o tanino não afetou o consumo de energia digestível destas silagens, independente do período de coleta de amostra deste experimento. No entanto o BR 601 e o BR 700 diferiram entre si ($p<0,05$) e foram inferiores às linhagens isogênicas ($p<0,05$), independente do período de coleta de amostra. Apesar da diferença para os consumos de energia

digestível das silagens dos híbridos, os motivos desta diferença podem ser vários como a presença ou ausência de tanino ou o teor de matéria seca destes híbridos no momento da ensilagem. Ao comparar as digestibilidades aparentes da energia bruta das silagens das linhagens isogênicas em cada período de coleta de amostra verificou-se que a presença do tanino comprometeu a digestibilidade da silagem da linhagem CMSXS114 ($p < 0,05$). O mesmo efeito pôde ser verificado ao comparar as digestibilidades das silagens dos híbridos BR601 (sem tanino) e BR700 (com tanino), sugerindo que os taninos quando presentes em silagens de sorgo reduzem a digestibilidade da energia bruta. É importante salientar que os híbridos acima são materiais diferentes, apresentando, portanto outras diferenças além do tanino. Neste experimento estas diferenças devem-se principalmente aos diferentes estádios de maturidade, o BR 601 com ciclo de vida mais longo foi colhido num estádio mais novo que o BR700, o que ajuda a explicar os maiores níveis de lignina para o BR700. A maior concentração de lignina no BR700 também pode ser responsável pela menor digestibilidade aparente da energia bruta. Dentro deste enfoque cabe ressaltar que não

existiu diferença entre as digestibilidades das silagens do híbrido BR601 (sem tanino) e da linhagem CMSXS114 (com tanino), no entanto o CMSXS114 é um material granífero com uma quantidade de amido na massa ensilada maior que o BR 601 (forrageiro).

Quando avaliado os três parâmetros (Tabela 6) das silagens dos quatro genótipos de sorgo durante os quatro períodos de coleta de amostra pode-se observar que os valores encontrados para cada um destes parâmetros foram semelhantes ($p > 0,05$) independente do período de coleta de amostra, sugerindo a possibilidade de redução do período experimental sem comprometer a variabilidade dos dados.

3.5.3. Consumo voluntário e digestibilidade aparente da proteína bruta e nitrogênio

O consumo voluntário de proteína bruta em g/dia, a digestibilidade aparente da proteína bruta, o consumo de proteína bruta em g/UTM/dia e o consumo de proteína digestível aparecem na Tabela 7.

Tabela 7- Valores médios de consumo de proteína (CPB) em g/dia, digestibilidade aparente da PB (DAPB) em %, consumo de PB em g/UTM/dia (CPBUTM) e consumo de proteína digestível em g/UTM/dia (CPDUTM) das silagens de quatro genótipos de sorgo durante os quatro períodos de coleta de amostra

Genótipo	Período (dias)				CV (%)
	1	3	5	7	
Consumo de proteína bruta g/dia					
CMSXS165	74,11 ^{Aa}	75,35 ^{Aa}	76,83 ^{Aa}	75,90 ^{Aa}	16,91
BR 601	33,86 ^{Ba}	35,89 ^{Ba}	34,14 ^{Ba}	34,86 ^{Ba}	
BR 700	31,09 ^{Ba}	30,94 ^{Ba}	31,26 ^{Ba}	31,81 ^{Ba}	
CMSXS114	69,65 ^{Aa}	68,04 ^{Aa}	69,64 ^{Aa}	69,01 ^{Aa}	
Digestibilidade da proteína bruta					
CMSXS165	72,13 ^{Aa}	71,16 ^{Aa}	71,15 ^{Aa}	72,16 ^{Aa}	4,77
BR 601	66,93 ^{Ba}	65,79 ^{Ba}	66,72 ^{Ba}	65,92 ^{Ba}	
BR 700	44,37 ^{Da}	44,03 ^{Da}	45,34 ^{Da}	43,95 ^{Da}	
CMSXS114	61,49 ^{Ca}	60,38 ^{Ca}	62,18 ^{Ca}	61,17 ^{Ca}	
Consumo de proteína bruta g/UTM/dia					
CMSXS165	5,00 ^{Aa}	5,07 ^{Aa}	5,18 ^{Aa}	5,11 ^{Aa}	13,37
BR 601	2,31 ^{Ba}	2,45 ^{Ba}	2,33 ^{Ba}	2,38 ^{Ba}	
BR 700	2,11 ^{Ba}	2,10 ^{Ba}	2,12 ^{Ba}	2,16 ^{Ba}	
CMSXS114	4,79 ^{Aa}	4,68 ^{Aa}	4,78 ^{Aa}	4,74 ^{Aa}	
Consumo de proteína digestível g/UTM/dia					
CMSXS165	3,61 ^{Aa}	3,61 ^{Aa}	3,69 ^{Aa}	3,69 ^{Aa}	15,00
BR 601	1,55 ^{Ca}	1,61 ^{Ca}	1,56 ^{Ca}	1,57 ^{Ca}	
BR 700	0,94 ^{Da}	0,93 ^{Da}	0,96 ^{Da}	0,95 ^{Da}	
CMSXS114	2,95 ^{Ba}	2,83 ^{Ba}	2,97 ^{Ba}	2,90 ^{Ba}	

Médias seguidas por letras maiúsculas idênticas significam semelhança estatística em uma mesma coluna
Médias seguidas por letras minúsculas idênticas significam semelhança estatística em uma mesma linha

Os valores que aparecem na Tabela 7, mostram que os consumos de proteína bruta (g/dia e g/UTM/dia), os valores de digestibilidade aparente da proteína bruta e os consumos de proteína digestível, não diferiram entre si ($p>0,05$) quando avaliada cada silagem nos diferentes períodos de coleta de amostra. No entanto, quando comparado os consumos de proteína bruta em g/dia das quatro silagens em cada período de coleta de amostra os valores seguiram o mesmo padrão de variação nos quatro períodos de coleta. As linhagens isogênicas e graníferas CMSXS 165 e

CMSXS 114 não diferiram entre si ($p>0,05$) e foram superiores ($p<0,05$) aos híbridos BR 601 e BR 700 que foram semelhantes entre si ($p>0,05$). Quando comparado os valores de DAPB das silagens em cada período de coleta, em todos os tempos de coleta de amostra, o padrão de variação foi o mesmo. A linhagem CMSXS 165 (granífera e sem tanino) foi superior às demais ($p<0,05$). O BR 601 (forrageiro sem tanino) superou ($p<0,05$) à linhagem CMSXS 114 com tanino e o BR 700 com tanino, que foram diferentes entre si ($p<0,05$). Na avaliação

dos consumos de proteína bruta expressos em g/UTM/dia, os valores dos quatro tratamentos em cada período de coleta de amostra, seguiram o mesmo padrão dos consumos de proteína bruta em g/dia. As linhagens CMSXS 165 e CMSX 144 não diferiram entre si ($p>0,05$) e foram superiores ($p<0,05$) aos híbridos BR 601 e BR 700 que não diferiram entre si ($p>0,05$).

Já para o consumo de proteína digestível em g/UTM/dia todos os materiais diferiram entre si ($p<0,05$) e as diferenças observadas nos quatro tratamentos foram às mesmas, nos quatro períodos de coleta. Os valores obtidos para a linhagem CMSXS165 foram superiores aos demais. Os valores da linhagem CMSXS114 foram superiores aos do híbrido BR601 e aos do BR700 que diferiram entre si ($p<0,05$).

Pereira et al. (1993) avaliando a produtividade de três variedades de sorgo e o valor nutritivo de suas silagens obtiveram valores de consumo de proteína bruta variando de 5,4 a 7,5 g/UTM/dia e digestibilidade aparente da proteína bruta variando de 46,6 a 52,3% para sorgos de porte alto e baixo, respectivamente. Em relação ao encontrado por estes autores, observou-se quanto à digestibilidade da proteína bruta, maior valor para as linhagens CMSXS165 e CMSXS114 e para o híbrido BR601 e menor valor para o BR700; quanto ao consumo de PB os valores obtidos neste experimento foram inferiores aos citados acima. Alvarenga (1993) avaliando o consumo e a digestibilidade aparente de silagens de sorgo em três momentos de corte e dois tamanhos de partículas, obteve valores de digestibilidade aparente entre 51,08 e 67,18% sendo semelhantes aos encontrados para as linhagens isogênicas e para o híbrido BR 601 e superiores ao BR 700. Este mesmo autor obteve valores de consumo de proteína digestível variando de 2,07 a 3,08 g/UTM/dia semelhantes aos das linhagens isogênicas e superiores aos

híbridos BR 601 e BR 700 utilizados neste trabalho.

Freitas (2002) avaliando o consumo e a digestibilidade aparente de cinco genótipos de milho, obteve valores de consumos de proteína bruta variando de 4,24 a 5,19 g/UTM/dia, digestibilidades aparentes da proteína bruta variando de 55,46 a 59,37% e consumos de proteína digestível variando de 2,44 a 3,08 g/UTM/dia. Os valores obtidos pelo autor para os consumos de proteína bruta foram similares aos das linhagens isogênicas e superiores aos encontrados para os híbridos BR601 e BR700. Os valores obtidos, por este mesmo autor, para as digestibilidades aparentes da proteína bruta foram inferiores aos da linhagem CMSXS165 e CMSXS114, semelhantes aos valores do híbrido BR601 e superiores ao BR700. E quanto aos consumos de proteína digestível os valores foram semelhantes às linhagens isogênicas e superiores aos híbridos. Estas diferenças com os dados de literatura podem ser explicadas pelos tipos de sorgo utilizados (graníferos, duplo propósito ou forrageiros), teor de matéria seca no momento da ensilagem, quantidade de tanino no sorgo ou ataque de pássaros reduzindo a quantidade de grãos na massa ensilada.

Semelhantes aos consumos de matéria seca, os consumos de proteína bruta em g/UTM/dia das silagens das linhagens isogênicas não diferiram entre si ($p>0,05$). Para o CMSXS114 com tanino obteve-se consumos voluntários de proteína bruta similares, em todos os tempos de coleta de amostra, ao CMSXS165 sem tanino ($p>0,05$). E ao comparar os híbridos (BR 601 sem tanino e BR 700 com tanino) estes também não diferiram entre si ($p>0,05$) para os consumos de proteína bruta g/UTM/dia, nos quatro períodos avaliados, sugerindo que o tanino não afetou o consumo de PB destas silagens neste experimento.

Em relação aos efeitos antinutricionais dos taninos, estes têm a capacidade de formar complexos com macromoléculas como as proteínas e os carboidratos. Quanto à afinidade por estas macromoléculas, os taninos têm uma maior afinidade para as proteínas principalmente para as ricas em prolina. Como os taninos se ligam preferencialmente às proteínas, ao analisar o consumo de proteína digestível observou-se que a linhagem CMSXS165 sem tanino apresentou maior valor que as demais, nos quatro períodos de coleta (1, 3, 5 e 7 dias). As diferenças para o consumo de proteína digestível entre as linhagens CMSXS165 sem tanino e CMSXS114 com tanino pode ser em função da quantidade de tanino condensado (TC) livre na linhagem CMSXS114, ou seja, os TC que excederam a capacidade de ligação com as proteínas das plantas, apresentando-se solúveis em água e livres para reagirem e formarem complexos com proteínas da parede intestinal e enzimas bacterianas (Barry e Manley, 1986), comprometendo assim o consumo de proteína digestível da linhagem CMSXS 114 que contém tanino. O mesmo pôde ser observado quando comparados os dois híbridos. O BR601 sem tanino foi superior ao BR700 com tanino para o consumo de proteína digestível ($p < 0,05$). No entanto ao comparar o CMSXS114 e o BR601, para a linhagem CMSXS114 com tanino obteve-se maior consumo de proteína digestível que para o híbrido BR601 sem tanino, mas são materiais genéticos diferentes. Ao comparar as

digestibilidades aparentes da proteína bruta, a linhagem CMSXS 165 (sem tanino) foi superior às demais ($p < 0,05$) e o híbrido BR 601 (sem tanino) foi superior à linhagem CMSXS 114 e ao híbrido BR 700, ambos com tanino, evidenciando-se o efeito do tanino na redução da digestibilidade aparente da proteína bruta. Os baixos valores de digestibilidade aparente da proteína bruta para o BR 700, nos quatro períodos de coleta de amostra, podem ser explicados também pelo avançado estágio de maturação em que este híbrido foi colhido. Os grãos de sorgo sendo pequenos não são quebrados no processo de moagem para ensilagem, e como o BR 700 foi colhido em avançado estágio de maturação a perda de grãos nas fezes pode ter sido maior, pois quanto mais duros os grãos mais difícil é a sua digestibilidade.

Segundo Van Soest (1994) para otimizar as condições ruminais é necessário um sinergismo entre a degradação da proteína, nível de amônia e a fermentação de carboidrato no rúmen. No entanto quando a velocidade de produção de amônia excede sua utilização, há aumento de excreção de nitrogênio (N) e do custo energético de síntese de uréia, resultando em redução da digestibilidade da proteína.

A tabela 8 mostra a quantidade de nitrogênio ingerido e o nitrogênio fecal das silagens deste experimento.

Tabela 8 – Valores médios de nitrogênio ingerido e nitrogênio fecal em gramas por dia (g/dia) das silagens de quatro genótipos de sorgo durante os quatro períodos de coleta de amostra

Genótipo	Período (dias)				CV (%)
	1	3	5	7	
	Nitrogênio ingerido				
CMSXS165	11,86 ^{Aa}	12,05 ^{Aa}	12,29 ^{Aa}	12,14 ^{Aa}	16,91
BR 601	5,42 ^{Ba}	5,74 ^{Ba}	5,46 ^{Ba}	5,58 ^{Ba}	
BR 700	4,97 ^{Ba}	4,95 ^{Ba}	5,00 ^{Ba}	5,09 ^{Ba}	
CMSXS114	11,14 ^{Aa}	10,89 ^{Aa}	11,14 ^{Aa}	11,04 ^{Aa}	
	Nitrogênio fecal				
CMSXS165	3,31 ^{Ba}	3,33 ^{Ba}	3,34 ^{Ba}	3,35 ^{Ba}	16,74
BR 601	1,79 ^{Ca}	1,85 ^{Ca}	1,82 ^{Ca}	1,91 ^{Ca}	
BR 700	2,75 ^{Ba}	2,78 ^{Ba}	2,73 ^{Ba}	2,84 ^{Ba}	
CMSXS114	4,29 ^{Aa}	4,32 ^{Aa}	4,33 ^{Aa}	4,30 ^{Aa}	

Médias seguidas por letras maiúsculas idênticas significam semelhança estatística em uma mesma coluna

Médias seguidas por letras minúsculas idênticas significam semelhança estatística em uma mesma linha

Os valores que aparecem na Tabela 8, mostram que a ingestão de nitrogênio (g/dia) e a excreção de nitrogênio fecal (g/dia), não diferiram entre si ($p > 0,05$) quando avaliado cada tratamento nos diferentes períodos de coleta de amostra. No entanto, ao avaliar a ingestão de nitrogênio nas quatro silagens em cada período de coleta de amostra as linhagens CMSXS165 e CMSXS114 não diferiram entre si ($p > 0,05$) e foram maiores ($p < 0,05$) que os híbridos BR601 e BR700 que foram semelhantes entre si ($p > 0,05$). Quanto à excreção de nitrogênio fecal, a linhagem CMSXS 114, com tanino, foi superior às demais ($p < 0,05$). O híbrido BR 700 foi semelhante a linhagem CMSXS 165 e superior ao BR 601 ($p < 0,05$).

Alvarenga (1993) avaliando o consumo e a digestibilidade aparente de silagens de sorgo obteve consumo de N entre 7,75 e 12,67 g/dia. Para o consumo de N os valores foram semelhantes aos das linhagens isogênicas (CMSXS 165 sem tanino e CMSXS 114 com tanino) e superiores aos dos híbridos (BR 601 sem tanino e BR 700 com tanino). Martins

(2000) obteve consumo de nitrogênio entre 8,02 e 11,93 g/dia. Os valores para o consumo de nitrogênio foram semelhantes aos das linhagens e superiores aos híbridos. Freitas (2002) avaliando o consumo e a digestibilidade aparente das silagens de cinco genótipos de milho encontrou valores para consumo de nitrogênio entre 8,56 e 11,15 g/dia. Quanto ao consumo de nitrogênio os valores obtidos pelo autor foram semelhantes aos deste experimento para as linhagens isogênicas e superiores aos híbridos.

Semelhante ao consumo de matéria seca, os consumos de nitrogênio das silagens das linhagens isogênicas não diferiram entre si ($p > 0,05$). Para a linhagem CMSXS114 com tanino obteve-se consumo voluntário de nitrogênio semelhante ao da linhagem CMSXS 165 sem tanino ($p > 0,05$), em todos os tempos de coleta de amostra. E ao comparar os híbridos (BR601 sem tanino e o BR700 com tanino) estes também não diferiram entre si ($p > 0,05$) para o consumo de N, nos quatro períodos avaliados, evidenciando que a presença de tanino não afetou o consumo de nitrogênio destas

silagens neste experimento. A lignina também compromete o aproveitamento do N alimentar, por prender o N à parede celular. O efeito do tanino se torna mais claro ao analisar o N fecal das silagens das linhagens isogênicas utilizadas neste experimento. A linhagem CMSXS 165 (sem tanino) teve menor N fecal comparado ao CMSXS 114 (com tanino), sugerindo um efeito prejudicial dos taninos que se ligam

ao N, impedindo que este seja absorvido pelo animal.

Quanto ao balanço de nitrogênio, em função de uma falha na metodologia experimental, só foi possível trabalhar com o balanço de nitrogênio para sete dias de coleta de amostras. Assim a Tabela 9 mostra o balanço de nitrogênio deste trabalho durante os sete dias de coleta de amostras.

Tabela 9- O nitrogênio ingerido, N fecal, Nitrogênio urinário e balanço de nitrogênio em gramas por dia (g/dia) das silagens de quatro genótipos de sorgo

	GENÓTIPOS				CV (%)
	CMSXS165	CMSXS114	BR601	BR700	
PARÂMETROS					
N ingerido	12,14 ^A	11,04 ^A	5,57 ^B	5,09 ^B	17,52
N fecal	3,35 ^B	4,29 ^A	1,90 ^C	2,84 ^B	16,62
N urinário	0,47 ^A	0,37 ^A	0,27 ^A	0,52 ^A	51,02
N retido	8,32 ^A	6,38 ^B	3,40 ^C	1,73 ^D	19,55
N ret / N ing	68,55 ^A	57,84 ^B	60,88 ^B	33,53 ^C	7,72
N ret/UTM	0,56 ^A	0,43 ^B	0,23 ^C	0,12 ^D	14,53

Médias seguidas por letras maiúsculas idênticas significam semelhança estatística em uma mesma linha.

Para a ingestão de nitrogênio (g/dia), as linhagens CMSXS165 (12,14g) e CMSXS114 (11,04g) não diferiram entre si ($P>0,05$) e foram maiores ($P<0,05$) que os híbridos BR601(5,57g) e BR700 (5,09g) que foram semelhantes entre si ($P>0,05$). Quanto a excreção de nitrogênio fecal, a linhagem CMSXS 114, com tanino, foi superior às demais ($P<0,05$). O híbrido BR 700 foi semelhante a linhagem CMSXS 165 e superior ao BR 601 ($P<0,05$). Não houve diferença estatística entre os tratamentos quanto à excreção urinária de nitrogênio.

Todos os tratamentos apresentaram balanço de N positivo, sendo o CMSXS 165 sem tanino superior aos demais ($P<0,05$). O CMSXS 114 foi superior ($P<0,05$) ao BR 601 e este último superior ao BR 700 ($P<0,05$). Para a relação $N_{\text{retido}} / N_{\text{ingerido}}$ a linhagem CMSXS 165 foi superior as demais ($P<0,05$). O CMSXS 114 semelhante ao BR 601 e superior ao BR

700 ($P<0,05$). Para o nitrogênio retido em relação ao peso metabólico a linhagem CMSXS 165 foi superior as demais ($P<0,05$). O CMSXS 114 foi superior ($P<0,05$) aos híbridos BR 601 e BR 700 que diferiram entre si ($P<0,05$).

Alvarenga (1993) avaliando o consumo e a digestibilidade aparente de silagens de sorgo obteve balanço de nitrogênio positivo em todos os tratamentos, variando de 3,22 a 6,9 g/dia. Martins (2000) obteve balanço de nitrogênio entre 2,47 e 4,8 g/dia. Em relação ao balanço de nitrogênio os valores encontrados pelo autor foram inferiores ao CMSXS 165 e CMSXS 114, semelhantes ao BR 601 e superiores ao BR 700. Freitas (2002) avaliando o consumo e a digestibilidade aparente das silagens de cinco genótipos de milho encontrou valores para o balanço de nitrogênio entre 4,39 e 5,69 g/dia. Os valores obtidos para o balanço de nitrogênio foram inferiores aos

das linhagens isogênicas e superiores aos híbridos.

Comparando-se o balanço de nitrogênio das silagens das linhagens isogênicas verificou-se menor balanço de N para a linhagem CMSXS 114 com tanino. O mesmo efeito pode ser verificado quando comparadas as duas silagens dos híbridos BR 601 (sem tanino) e BR 700 (com tanino) sugerindo que os taninos têm efeito sobre o balanço de N. O BR 700 além do tanino tem cerca de 40% a mais de lignina. E a lignina, como mencionado anteriormente, compromete o aproveitamento do N alimentar, por prender o N a parede celular.

3.5.4. Consumo e digestibilidade aparente (DA) da fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA)

Os dados de consumo de FDN, digestibilidade aparente da FDN e consumo de FDN digestível são mostrados na Tabela 10. E na Tabela 11 os valores médios de consumo de FDA, digestibilidade aparente da FDA e consumo de FDA digestível.

Tabela 10 - Valores médios de consumo de FDN (CFDN) em g/dia, digestibilidade aparente da FDN (DA FDN) em %, consumo de FDN em g/UTM/dia (CFDN UTM), consumo de FDN digestível em g/UTM/dia (CFDND UTM), das silagens de quatro genótipos de sorgo durante os quatro períodos de coleta de amostra

Genótipo	Período (dias)				CV (%)
	1	3	5	7	
Consumo de FDN g/dia					
CMSXS165	342,41 ^{Aa}	346,31 ^{Aa}	344,79 ^{Aa}	335,00 ^{Aa}	13,62
BR 601	262,81 ^{Ba}	260,07 ^{Ba}	275,58 ^{Ba}	267,09 ^{Ba}	
BR 700	218,41 ^{Ca}	223,02 ^{Ca}	221,22 ^{Ca}	210,37 ^{Ca}	
CMSXS114	363,10 ^{Aa}	372,28 ^{Aa}	345,79 ^{Aa}	356,03 ^{Aa}	
Digestibilidade da FDN					
CMSXS165	66,31 ^{Aa}	66,02 ^{Aa}	65,83 ^{Aa}	66,65 ^{Aa}	4,8
BR 601	65,96 ^{Aa}	65,20 ^{Aa}	65,17 ^{Aa}	66,12 ^{Aa}	
BR 700	42,24 ^{Ca}	42,58 ^{Ca}	43,86 ^{Ca}	40,95 ^{Ca}	
CMSXS114	57,33 ^{Ba}	59,36 ^{Ba}	56,24 ^{Ba}	57,50 ^{Ba}	
Consumo de FDN g/UTM/dia					
CMSXS165	23,16 ^{Aa}	23,46 ^{Aa}	23,32 ^{Aa}	22,61 ^{Aa}	10,97
BR 601	17,92 ^{Ba}	17,73 ^{Ba}	17,79 ^{Ba}	18,21 ^{Ba}	
BR 700	14,82 ^{Ca}	15,41 ^{Ca}	15,02 ^{Ca}	14,28 ^{Ca}	
CMSXS114	24,96 ^{Aa}	25,59 ^{Aa}	23,78 ^{Aa}	24,48 ^{Aa}	
Consumo de FDN digestível g/UTM/dia					
CMSXS165	15,35 ^{Aa}	15,49 ^{Aa}	15,35 ^{Aa}	15,06 ^{Aa}	13,01
BR 601	11,82 ^{Ba}	11,56 ^{Ba}	11,59 ^{Ba}	12,04 ^{Ba}	
BR 700	6,25 ^{Ca}	6,56 ^{Ca}	6,58 ^{Ca}	5,84 ^{Ca}	
CMSXS114	14,31 ^{Aa}	15,19 ^{Aa}	13,37 ^{Aa}	14,08 ^{Aa}	

Médias seguidas por letras maiúsculas idênticas significam semelhança estatística em uma mesma coluna
Médias seguidas por letras minúsculas idênticas significam semelhança estatística em uma mesma linha

Os valores que aparecem na Tabela 10, mostram que os consumos de FDN (g/dia), os valores de digestibilidade da FDN (%), os valores de consumos de FDN em g/UTM/dia e os valores de consumo de FDN digestível em g/UTM/dia, não diferiram entre si ($p > 0,05$) quando comparado os dados de cada silagem nos diferentes períodos de coleta de amostra. Ao comparar estes parâmetros dos quatro tratamentos para cada período, pode-se observar que os consumos de FDN em g/dia (Tabela 10) das linhagens isogênicas e

graníferas CMSXS 165 e CMSXS 114 não diferiram entre si ($p > 0,05$) e foram maiores ($p < 0,05$) que os híbridos BR 601 e BR 700 que foram diferentes entre si ($p < 0,05$). Para a digestibilidade aparente da FDN a linhagem CMSXS 165 (sem tanino) foi semelhante ao híbrido BR 601 (sem tanino) e superior à linhagem CMSXS 114 e híbrido BR 700 que diferiram entre si ($p < 0,05$). Os consumos de FDN em g/UTM/dia e os consumos de FDN digestível seguiram o mesmo padrão de variação dos consumos de FDN em g/dia.

Tabela 11 - Valores médios de consumo de FDA (CFDA) em g/dia, digestibilidade aparente da FDA (DA FDA) em %, consumo de FDA em g/UTM/dia (CFDA UTM), consumo de FDA digestível em g/UTM/dia (CFDAD UTM), das silagens de quatro genótipos de sorgo durante os quatro períodos de coleta de amostra

Genótipo	Período (dias)				CV (%)
	1	3	5	7	
Consumo de FDA g/dia					
CMSXS165	174,90 ^{Aa}	174,57 ^{Aa}	181,67 ^{Aa}	174,71 ^{Aa}	15,15
BR 601	143,22 ^{Ba}	141,84 ^{Ba}	147,11 ^{Ba}	142,49 ^{Ba}	
BR 700	132,41 ^{Ba}	125,04 ^{Ba}	119,93 ^{Ba}	120,08 ^{Ba}	
CMSXS114	194,84 ^{Aa}	197,93 ^{Aa}	192,55 ^{Aa}	196,96 ^{Aa}	
Digestibilidade da FDA					
CMSXS165	64,48 ^{Aa}	64,08 ^{Aa}	65,47 ^{Aa}	65,30 ^{Aa}	5,18
BR 601	65,24 ^{Aa}	63,70 ^{Aa}	65,01 ^{Aa}	66,24 ^{Aa}	
BR 700	39,63 ^{Ca}	40,47 ^{Ca}	39,86 ^{Ca}	39,26 ^{Ca}	
CMSXS114	56,06 ^{Ba}	56,74 ^{Ba}	55,53 ^{Ba}	56,53 ^{Ba}	
Consumo de FDA g/UTM/dia					
CMSXS165	11,85 ^{Aa}	12,07 ^{Aa}	11,78 ^{Aa}	11,92 ^{Aa}	12,26
BR 601	10,77 ^{Ba}	10,67 ^{Ba}	10,03 ^{Ba}	10,40 ^{Ba}	
BR 700	8,99 ^{Ca}	8,49 ^{Ca}	8,14 ^{Ca}	8,02 ^{Ca}	
CMSXS114	13,40 ^{Aa}	13,61 ^{Aa}	13,24 ^{Aa}	13,54 ^{Aa}	
Consumo de FDA digestível g/UTM/dia					
CMSXS165	7,64 ^{Aa}	7,73 ^{Aa}	7,71 ^{Aa}	7,78 ^{Aa}	15,64
BR 601	7,03 ^{Aa}	6,80 ^{Aa}	6,52 ^{Aa}	6,89 ^{Aa}	
BR 700	3,56 ^{Ba}	3,43 ^{Ba}	3,24 ^{Ba}	3,15 ^{Ba}	
CMSXS114	7,51 ^{Aa}	7,72 ^{Aa}	7,35 ^{Aa}	7,65 ^{Aa}	

Médias seguidas por letras maiúsculas idênticas significam semelhança estatística em uma mesma coluna
Médias seguidas por letras minúsculas idênticas significam semelhança estatística em uma mesma linha

Para a fração FDA, os valores observados na Tabela 11, mostram que os consumos de FDA (g/dia), os valores de digestibilidade da FDA (%), os consumos da FDA em g/UTM/dia e os valores de consumo de FDA digestível em g/UTM/dia, não diferiram entre si ($p > 0,05$) quando comparados os dados de cada tipo de silagem nos diferentes períodos de coleta de amostra. Ao avaliar os dados de FDA das silagens nos vários período, pode-se observar que os valores seguiram o mesmo padrão de variação nos quatro períodos de coleta. Os consumos de FDA em g/dia

(Tabela 11) foram semelhantes entre as linhagens. E estas foram superiores ($p < 0,05$) aos híbridos BR 601 e BR 700 que diferiram entre si ($p < 0,05$). As digestibilidades aparentes da FDA foram semelhantes entre a linhagem CMSXS 165 e o híbrido BR 601 ($p > 0,05$) e estes materiais foram superiores ($p < 0,05$) à linhagem CMSXS 114 e ao híbrido BR 700, que diferiram entre si ($p < 0,05$). Para os consumos de FDA em g/UTM/dia as linhagens CMSXS 165 e CMSXS 114 não diferiram entre si ($p > 0,05$) e foram superiores ao híbrido BR 601 e BR 700

($p < 0,05$) que diferiram entre si ($p < 0,05$). Quanto ao consumo de FDA digestível em g/UTM/dia, não foram observadas diferenças entre as linhagens CMSXS 165 e CMSXS 114 e o híbrido BR 601 ($p > 0,05$), que foram maiores que o BR 700 ($p < 0,05$).

Alvarenga (1993) avaliando o consumo e a digestibilidade aparente de silagens de sorgo em três momentos de corte e dois tamanhos de partículas, obteve valores de digestibilidade aparente da FDN e FDA variando de 62,09 a 76,75% e 53,74 a 67,23%, respectivamente. Quanto à digestibilidade da FDN, os valores obtidos pelo autor foram semelhantes aos encontrados neste experimento para o CMSXS 165 e BR 601; e superiores ao CMSXS 114 e BR 700. Quanto a digestibilidade da FDA os valores foram semelhantes para o CMSXS 165, CMSXS 114 e BR 601; e superiores ao BR 700. Bezerra et al. (1993) avaliando silagens de rebrota de sorgo encontraram valor de digestibilidade aparente da FDN de 60,9%. Os valores encontrados por estes autores foram inferiores aos obtidos neste experimento para o CMSXS 165 e BR 601, semelhantes aos encontrados para o CMSXS 114 e superiores ao BR 700. Martins (2000) avaliando o consumo e a digestibilidade aparente das silagens de quatro genótipos de sorgo observou valores de consumo de FDN e FDA variando de 31,41 a 40,59 g/UTM/dia e 24,18 a 35,15 g/UTM/dia, respectivamente. Consumos de FDN e FDA digestíveis variando de 11,19 a 22,28 g/UTM/dia e 9,62 a 18,83 g/UTM/dia, respectivamente. E digestibilidade aparente da FDN e FDA variando de 32,83 a 54,94% e 39,65 a 53,55%, respectivamente. Em relação ao consumo de FDN e FDA, e consumo de FDA digestível o autor encontrou valores superiores aos encontrados neste experimento para todos os materiais. Para o consumo de FDN digestível o autor encontrou valores superiores para os híbridos BR 601 e BR 700. Quanto à

digestibilidade aparente da FDN, o autor obteve valores inferiores para o BR 601 e BR 700. E em relação à digestibilidade aparente da FDA valores inferiores ao BR 601 e superiores ao BR 700.

As diferenças frente aos dados de literatura podem ser explicadas pelos tipos de sorgo utilizados (graníferos, duplo propósito ou forrageiros). Os sorgos forrageiros apresentam uma maior fração fibrosa e um menor teor de amido na massa ensilada quando comparados com sorgos graníferos. E estas variações nas frações fibrosas junto com o teor de matéria seca no momento da ensilagem, podem reduzir o consumo e a digestibilidade aparente destas silagens. Materiais ensilados com uma matéria seca muito elevada indicam um estágio de maturação avançado, o que ajuda a explicar os baixos valores de digestibilidade encontrados para estes genótipos nestas circunstâncias. Outro fator que pode estar contribuindo para a menor digestibilidade destes materiais é a perda de grãos nas fezes, já que as sementes de sorgo por serem pequenas não são moídas no processo de picagem, conseqüentemente parte deste material é perdido nas fezes sem sofrer degradação. Além destas diferenças a presença de tanino no sorgo, a relação folha:colmo:panícula, adubações e condições climáticas para o desenvolvimento da cultura, métodos de fornecimento da silagem e variações animais também influenciam o consumo e a digestibilidade. Sendo assim silagens com composições químicas muito semelhantes podem apresentar resultados diferentes, principalmente para o consumo, afetando conseqüentemente a digestibilidade dos constituintes das silagens em estudo.

Semelhantes aos consumos de matéria seca, os consumos de FDN e FDA das silagens das linhagens isogênicas não diferiram entre si ($p > 0,05$). Os consumos voluntários de FDN e FDA da silagem da linhagem CMSXS 114 com tanino foi semelhante ao

consumo da silagem da linhagem CMSXS165 sem tanino ($p>0,05$). Apesar das silagens dos híbridos terem apresentado consumos de FDN e FDA diferentes, esta diferença não pode ser atribuída aos taninos, pois são materiais genéticos diferentes e neste experimento os teores de matéria seca destas duas silagens tiveram mais de 18 unidades de diferença como pode ser observado nas Tabela 1, 2, 3 e 4. O BR601 com 20,21% de MS (média dos quatro períodos de coleta de amostra) e o BR700 com 38,98% de MS (média dos quatro períodos). Estas diferenças de matéria seca se explicam pelos diferentes estádios de maturação destes materiais no momento da ensilagem. O BR 700 por ser um sorgo de duplo propósito tem um ciclo mais curto que o BR601 (forrageiro), e como foram colhidos no mesmo dia o BR700 estava mais maduro e com isto o teor de lignina mais alto. Além destas diferenças o maior consumo de FDN e FDA para o BR601 pode ser explicado pelo maior teor encontrado na silagem deste material e pela maior digestibilidade destas frações no BR601 quando comparado ao BR700. Quanto ao consumo de FDN e FDA digestíveis não foram observadas diferenças entre as linhagens isogênicas ($p>0,05$), apesar do consumo de proteína digestível ter sido diferente entre as silagens destas linhagens. O CMXS 114 com tanino teve consumo voluntário de FDN e FDA digestíveis semelhante ao CMSXS 165 sem tanino ($p>0,05$). Como mencionado taninos têm uma maior afinidade pelas proteínas que pelos carboidratos e neste experimento o consumo destes carboidratos nas silagens das linhagens CMSXS165 e CMSXS114 não foi afetado. Apesar dos híbridos BR601 sem tanino e BR700 com tanino terem apresentado consumos de FDN e FDA digestíveis diferentes, são materiais

genéticos diferentes como descrito acima. Ao comparar as digestibilidades aparentes da FDN e FDA das silagens das linhagens isogênicas, verificou-se que a presença do tanino pode ter sido a responsável pelos menores valores de digestibilidade obtidos para a silagem da linhagem CMSXS114 com tanino ($p<0,05$). Este mesmo efeito pode ser verificado quando foram comparadas as digestibilidades das silagens dos híbridos BR601 (sem tanino) e BR700 (com tanino) e ainda ao comparar as digestibilidades da FDN e FDA da silagem da linhagem CMSXS 114 (com tanino) e da silagem do híbrido BR 601 (sem tanino) sugerindo que os taninos podem exercer efeitos na redução da digestibilidade aparente da FDN e FDA.

Quando avaliado os valores de consumo e digestibilidade aparente das frações FDN e FDA das silagens dos quatro genótipos de sorgo durante os quatro períodos de coleta de amostra pode-se observar que os valores encontrados para cada um destes parâmetros foram semelhantes ($p>0,05$) independente do período de coleta de amostra, sugerindo que a realização de experimento de consumo e digestibilidade aparente pode ter o período experimental reduzido sem comprometer a confiabilidade dos dados.

3.5.5. Consumo e digestibilidade aparente das hemiceluloses e celulose e consumo de lignina

Os dados de consumo e digestibilidade aparente das hemiceluloses e celulose e o consumo de lignina aparecem na Tabela 12, 13 e 14, respectivamente.

Tabela 12- Valores médios de consumo de hemiceluloses (CHCEL) em g/dia, digestibilidade aparente das hemiceluloses (DA HCEL) em %, consumo de hemiceluloses em g/UTM/dia (CHCEL UTM) e consumo de hemiceluloses digestíveis em g/UTM/dia (CHCELD UTM), das silagens de quatro genótipos de sorgo durante os quatro períodos de coleta de amostra

Genótipo	Período (dias)				CV (%)
	1	3	5	7	
Consumo de hemiceluloses g/dia					
CMSXS165	152,18 ^{Aa}	153,51 ^{Aa}	156,07 ^{Aa}	151,46 ^{Aa}	15,75
BR 601	115,49 ^{Ba}	115,47 ^{Ba}	114,30 ^{Ba}	114,59 ^{Ba}	
BR 700	90,43 ^{Ba}	93,47 ^{Ba}	93,16 ^{Ba}	92,29 ^{Ba}	
CMSXS114	160,39 ^{Aa}	159,12 ^{Aa}	155,89 ^{Aa}	159,07 ^{Aa}	
Digestibilidade das hemiceluloses					
CMSXS165	64,18 ^{Aa}	62,94 ^{Aa}	64,59 ^{Aa}	65,20 ^{Aa}	5,32
BR 601	65,46 ^{Aa}	64,32 ^{Aa}	66,43 ^{Aa}	65,21 ^{Aa}	
BR 700	43,04 ^{Ca}	43,11 ^{Ca}	41,70 ^{Ca}	43,11 ^{Ca}	
CMSXS114	59,05 ^{Ba}	58,09 ^{Ba}	58,87 ^{Ba}	58,71 ^{Ba}	
Consumo de hemiceluloses g/UTM/dia					
CMSXS165	10,24 ^{Aa}	10,35 ^{Aa}	10,52 ^{Aa}	10,19 ^{Aa}	12,09
BR 601	7,88 ^{Ba}	7,87 ^{Ba}	8,13 ^{Ba}	7,81 ^{Ba}	
BR 700	6,14 ^{Ca}	6,35 ^{Ca}	6,34 ^{Ca}	6,26 ^{Ca}	
CMSXS114	11,03 ^{Aa}	10,94 ^{Aa}	10,71 ^{Aa}	10,93 ^{Aa}	
Consumo de hemiceluloses digestíveis g/UTM/dia					
CMSXS165	6,57 ^{Aa}	6,51 ^{Aa}	6,79 ^{Aa}	6,64 ^{Aa}	13,08
BR 601	5,16 ^{Ba}	5,06 ^{Ba}	5,40 ^{Ba}	5,09 ^{Ba}	
BR 700	2,64 ^{Ca}	2,74 ^{Ca}	2,64 ^{Ca}	2,70 ^{Ca}	
CMSXS114	6,51 ^{Aa}	6,36 ^{Aa}	6,31 ^{Aa}	6,42 ^{Aa}	

Médias seguidas por letras maiúsculas idênticas significam semelhança estatística em uma mesma coluna
Médias seguidas por letras minúsculas idênticas significam semelhança estatística em uma mesma linha

Os valores que aparecem na Tabela 12, mostram que os consumos de hemiceluloses (g/dia), os valores de digestibilidade das hemiceluloses (%), os valores de consumos de hemiceluloses em g/UTM/dia e os valores de consumo de hemiceluloses digestíveis em g/UTM/dia, não diferiram entre si ($p>0,05$) quando comparado os dados de cada tratamento nos diferentes períodos de coleta de amostra. Ao comparar estes parâmetros dos quatro tratamentos para cada período, pôde-se observar que os consumos de hemiceluloses em g/dia (Tabela 12) das silagens das linhagens

CMSXS 165 e CMSXS 114 não diferiram entre si ($p>0,05$) e foram maiores ($p<0,05$) que as silagens dos híbridos BR 601 e BR 700 que foram semelhantes entre si ($p>0,05$). Quanto aos consumos de hemiceluloses em g/UTM/dia as silagens das linhagens CMSXS 165 e CMSXS 114 não diferiram entre si ($p>0,05$) e foram maiores ($p<0,05$) que as silagens dos híbridos BR 601 e BR 700 que foram diferentes entre si ($p<0,05$). Os consumos de hemiceluloses digestíveis em g/UTM/dia seguiram o mesmo padrão de variação obtido para CHCEL UTM. Para a

digestibilidade aparente das hemiceluloses a silagem da linhagem CMSXS165 (sem tanino) foi semelhante à silagem do híbrido BR601 (sem tanino) ($p>0,05$) e estes

materiais superiores ($p<0,05$) a silagem da linhagem CMSXS114 e a silagem do híbrido BR700, que diferiram entre si ($p<0,05$).

Tabela 13 - Valores médios de consumo de celulose (CCEL) em g/dia, digestibilidade aparente da celulose (DA CEL) em %, consumo de celulose em g/UTM/dia (CCEL UTM) e consumo de celulose digestível em g/UTM/dia (CCELD UTM), das silagens de quatro genótipos de sorgo durante os quatro períodos de coleta de amostra

Genótipo	Período (dias)				CV (%)
	1	3	5	7	
Consumo de celulose g/dia					
CMSXS165	131,83 ^{Aa}	130,83 ^{Aa}	132,06 ^{Aa}	131,07 ^{Aa}	16,01
BR 601	120,09 ^{Aa}	120,05 ^{Aa}	120,63 ^{Aa}	121,81 ^{Aa}	
BR 700	94,13 ^{Ba}	94,96 ^{Ba}	93,26 ^{Ba}	93,12 ^{Ba}	
CMSXS114	129,33 ^{Aa}	131,15 ^{Aa}	130,41 ^{Aa}	132,20 ^{Aa}	
Digestibilidade da celulose (%)					
CMSXS165	65,66 ^{Aa}	64,79 ^{Aa}	65,34 ^{Aa}	66,35 ^{Aa}	5,43
BR 601	62,16 ^{Aa}	61,82 ^{Aa}	62,05 ^{Aa}	62,39 ^{Aa}	
BR 700	39,58 ^{Da}	40,51 ^{Ca}	38,92 ^{Ca}	39,70 ^{Ca}	
CMSXS114	52,18 ^{Ca}	52,80 ^{Ba}	52,57 ^{Ba}	53,17 ^{Ba}	
Consumo de celulose g/UTM/dia					
CMSXS165	8,88 ^{Aa}	8,81 ^{Aa}	8,89 ^{Aa}	8,82 ^{Aa}	11,46
BR 601	8,19 ^{Aa}	8,18 ^{Aa}	8,23 ^{Aa}	8,31 ^{Aa}	
BR 700	6,51 ^{Ba}	6,43 ^{Ba}	6,32 ^{Ba}	6,31 ^{Ba}	
CMSXS114	8,89 ^{Aa}	9,01 ^{Aa}	8,96 ^{Aa}	9,09 ^{Aa}	
Consumo de celulose digestível g/UTM/dia					
CMSXS165	5,83 ^{Aa}	5,71 ^{Aa}	5,81 ^{Aa}	5,85 ^{Aa}	13,02
BR 601	5,09 ^{ABa}	5,06 ^{ABa}	5,11 ^{ABa}	5,18 ^{ABa}	
BR 700	2,58 ^{Ca}	2,61 ^{Ca}	2,46 ^{Ca}	2,51 ^{Ca}	
CMSXS114	4,64 ^{Ba}	4,75 ^{Ba}	4,71 ^{Ba}	4,83 ^{Ba}	

Médias seguidas por letras maiúsculas idênticas significam semelhança estatística em uma mesma coluna

Médias seguidas por letras minúsculas idênticas significam semelhança estatística em uma mesma linha

Na Tabela 13, referente aos dados de celulose, pode-se observar uma semelhança estatística, para todos os parâmetros quando comparados os dados de cada tratamento nos diferentes períodos de coleta de amostra. No entanto ao avaliar estes parâmetros em cada período, conclui-se que os consumos de celulose em g/dia foram semelhantes entre as linhagens CMSXS 165

(sem tanino) e CMSXS 114 (com tanino) e o híbrido BR 601 (sem tanino) ($p>0,05$), que foram maiores que o BR 700 (com tanino) ($p<0,05$). Os consumos de celulose em g/UTM/dia seguiram o mesmo padrão de variação para os consumos de celulose em g/dia. Para os consumos de celulose digestíveis a linhagem CMSXS 165 (sem tanino) foi semelhante ao BR 601 (sem

tanino) ($p>0,05$) e superior ($p<0,05$) ao CMSXS 114 (com tanino) e BR 700 (com tanino) que diferiram entre si ($p<0,05$). O BR 601 (sem tanino) foi semelhante ao CMSXS 114 ($p>0,05$) e superior ao BR 700 ($p<0,05$). Quanto à digestibilidade aparente

da celulose as linhagens CMSXS 165 e CMSXS 114 não diferiram entre si ($p>0,05$) e foram maiores ($p<0,05$) que os híbridos BR 601 e BR 700, que diferiram entre si ($p<0,05$).

Tabela 14- Valores médios de consumo de lignina (CLIG) em g/dia e consumo de lignina em g/UTM/dia (CLIG UTM), das silagens de quatro genótipos de sorgo durante os quatro períodos de coleta de amostra

Genótipo	Período (dias)				CV (%)
	1	3	5	7	
	Consumo de lignina g/dia				
CMSXS165	42,21 ^{Aa}	42,19 ^{Aa}	41,94 ^{Aa}	41,64 ^{Aa}	17,88
BR 601	26,20 ^{Ba}	26,14 ^{Ba}	24,75 ^{Ba}	25,09 ^{Ba}	
BR 700	25,51 ^{Ba}	27,41 ^{Ba}	25,44 ^{Ba}	25,76 ^{Ba}	
CMSXS114	43,75 ^{Aa}	44,44 ^{Aa}	42,24 ^{Aa}	43,21 ^{Aa}	
	Consumo de lignina g/UTM/dia				
CMSXS165	2,85 ^{Aa}	2,84 ^{Aa}	2,83 ^{Aa}	2,80 ^{Aa}	17,17
BR 601	1,79 ^{Ba}	1,78 ^{Ba}	1,69 ^{Ba}	1,71 ^{Ba}	
BR 700	1,74 ^{Ba}	1,87 ^{Ba}	1,74 ^{Ba}	1,71 ^{Ba}	
CMSXS114	3,02 ^{Aa}	3,06 ^{Aa}	2,91 ^{Aa}	2,98 ^{Aa}	

Médias seguidas por letras maiúsculas idênticas significam semelhança estatística em uma mesma coluna

Médias seguidas por letras minúsculas idênticas significam semelhança estatística em uma mesma linha

Na Tabela 14, considerando os diferentes períodos de coleta de amostra não foram observadas diferenças ($p>0,05$) para os consumos de lignina em g/dia e g/UTM/dia, mas ao analisar os valores dos consumos de lignina, para os quatro tipos de silagem em cada período de coleta de amostra, as linhagens CMSXS 165 e CMSXS 114 não diferiram entre si ($p>0,05$) e foram maiores ($p<0,05$) que os híbridos BR 601 e BR 700, que não diferiram entre si ($p>0,05$).

Martins (2000) avaliando silagens de quatro genótipos de sorgo, verificou maiores valores para os consumos de celulose (20,26 a 27,76), celulose digestível (9,02 a 15,23) e de lignina (3,92 a 7,39) em g/UTM/dia que os observados neste experimento. E valores semelhantes para os consumos de hemiceluloses (7,23 a 12,91) e

hemiceluloses digestíveis (5,12 a 7,35) em g/UTM/dia.

As diferenças encontradas entre este experimento e os demais citados acima podem ser explicadas pelos estádios de maturação do sorgo no momento da ensilagem, como foi descrito para os consumos e digestibilidades da FDN e FDA. Quando os sorgos são colhidos em um estágio de maturação avançado o teor de lignina nestes materiais é maior e estes compostos fenólicos afetam a degradabilidade ruminal da matéria seca, fibra bruta, da hemicelulose e celulose. Semelhantes aos consumos de matéria seca, os consumos de celulose, hemiceluloses e lignina das silagens das linhagens isogênicas não diferiram entre si ($p>0,05$). Para a silagem da linhagem CMSXS 114 (com tanino) obteve-se consumo voluntário

de celulose, hemiceluloses e lignina semelhante ao CMSXS165 sem tanino ($p>0,05$), evidenciando-se que os taninos não interferem no consumo de silagens de sorgo que o contenham. Apesar dos híbridos BR601 e BR700 não terem apresentado o mesmo consumo de celulose e hemiceluloses, esta diferença não pode ser atribuída aos taninos, pois são materiais genéticos diferentes, como mencionado anteriormente. Quanto aos consumos de hemiceluloses digestíveis não foram observadas diferenças entre as silagens das linhagens isogênicas ($p>0,05$), no entanto os consumos de celulose digestível foram diferentes para estes materiais ($p<0,05$). Estas diferenças observadas para o consumo de celulose digestível pode ser em função da maior afinidade dos taninos para a celulose que para as hemiceluloses. Os híbridos BR601 e BR700 foram diferentes entre si para os consumos de celulose e hemiceluloses digestíveis, mas são materiais genéticos diferentes. Os baixos valores de consumo e digestibilidade das frações do BR700 neste experimento podem ser explicados pelos maiores valores de lignina observados neste híbrido em relação aos demais utilizados neste experimento, indicando um estágio de maturação avançado para este genótipo, pois Molina (2000) observou valores de lignina inferiores aos deste experimento para o BR 700 (3,65 e 4,64%) nos estádios leitoso e pastoso, respectivamente. Para que ocorra a degradação da celulose e das hemiceluloses, os microorganismos ruminais são fundamentais, pois os ruminantes não possuem enzimas para degradar estes carboidratos estruturais. Assim após a colonização destes substratos as enzimas produzidas pelos microorganismos (constitutivas ou não) começam a hidrolisá-los. Contudo esta degradabilidade pode ser reduzida pela presença dos taninos que inativam as enzimas microbianas. E este efeito foi observado neste experimento ao avaliar as digestibilidades aparentes da celulose e das

hemiceluloses. Ao comparar as digestibilidades aparentes das silagens das linhagens isogênicas, verificou-se que a presença do tanino pode ter sido a responsável pelos menores valores de digestibilidade aparente da celulose e hemiceluloses obtidos para a silagem da linhagem CMSXS 114 com tanino ($p<0,05$). Este mesmo efeito pode ser verificado quando são comparadas as digestibilidades das silagens dos híbridos BR601 (sem tanino) e BR700 (com tanino) e ainda ao comparar as digestibilidades da celulose e hemiceluloses da linhagem CMSXS 114 (com tanino) e do híbrido BR 601 (sem tanino) sugerindo que os taninos podem exercer efeitos na redução da digestibilidade aparente da celulose e das hemiceluloses.

Semelhante às frações FDN e FDA, quando avaliado os valores de consumo e digestibilidade aparente das hemiceluloses, celulose e lignina das silagens dos quatro genótipos de sorgo durante os quatro períodos de coleta de amostra pôde-se observar que os valores encontrados para cada um destes parâmetros foram semelhantes ($p>0,05$) independente do período de coleta de amostra, sugerindo que a realização de experimento de consumo e digestibilidade aparente pode ter o período experimental reduzido sem comprometer a confiabilidade dos dados.

3.6. CONCLUSÕES

Os resultados sugerem que a realização de experimentos de consumo e digestibilidade aparente, empregando dietas mais simples, podem ter o período experimental ou de coleta de amostras reduzido.

O tanino não interfere no consumo da matéria seca, proteína bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, celulose, hemicelulose e lignina. No entanto interfere na digestibilidade aparente

da matéria seca, proteína bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, celulose e hemicelulose.

3.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, M.C.V. *Consumo e digestibilidade aparente de silagens de sorgo (Sorghum vulgare Pers) em três momentos de corte e dois tamanhos de partículas em carneiros.* 1993. 41f. Dissertação (Mestrado em zootecnia) - Escola de Veterinária, UFMG. Belo Horizonte.

ANDRADE, J.B.; CARVALHO, D.D. *Estádio de maturação na produção e qualidade da silagem de sorgo. II - Digestibilidade e consumo da silagem. B. indústr. anim., Nova Odessa, SP, p.101-106, 1992.*

ASSOCIATION OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS International. *Official methods of analysis.* 16 ed. Washington, D.C.: *Animal feed.*, cap. 4, 1995.

ASSOCIATION OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. *Official methods of analysis*, 13 ed. Washington, D.C.: AOAC, 1015p, 1980.

BARRY, T.N.; MANLEY, T.R. *Interrrelationships between the concentrations of condensed tannin, free condensed tannin and lignin in Lotus sp. And their possible consequences in ruminant nutrition. Journal of the Science of Food and Agriculture*, v.37, p.248-254, 1986.

BEZERRA, E.S.; VON TIESENHAUSEN, I.M.E.V.; OLIVEIRA, A.I.G. et al. *Valor nutricional das silagens de milho, milho consorciado com sorgo e rebrotas de sorgo. Rev. Soc. Bras. Zoot.*, v.22, n.6, p1044-1054, 1993.

BRITO, A.F. *Avaliação das silagens de sete genótipos de sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench) e os seus padrões de fermentação.* 1999, 65f. Dissertação (Mestrado em zootecnia) - Escola de Veterinária, UFMG. Belo Horizonte.

CARVALHO, D.D.; ANDRADE, J.B.; BIONDI, P., et al. *Estádio de maturação na produção e qualidade de sorgo. I. Produção de matéria seca e de proteína bruta. Bol. Ind. Anim.*, v.49, n.2., p.91-99, 1992.

CORRÊA, C.E.S. *Qualidade das silagens de três híbridos de sorgo (Sorghum bicolor L.) em diferentes estádios de maturação.* 1996, 62f. Dissertação (Mestrado em zootecnia) - Escola de Veterinária, UFMG. Belo Horizonte.

FREITAS, G.A.R. *Consumo e digestibilidade aparente das silagens de cinco genótipos de milho (Zea mays (L.).* 2002, 25f. Dissertação (Mestrado em zootecnia) - Escola de Veterinária, UFMG. Belo Horizonte.

GOMIDE, J.A.; ZAGO, C.P.; CRUZ, M.E. et al. *Milho e sorgo em cultivos ou consorciados com soja, para produção de silagens. Rev. Soc. Bras. Zoot.*, v.16, n.4, p.308-317, 1987.

MARTINS, R.G.R. *Consumo e digestibilidade aparente das silagens de quatro genótipos de sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench) em ovinos.* 2000, 23f. Dissertação (Mestrado em zootecnia) - Escola de Veterinária, UFMG. Belo Horizonte.

- McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S. *The biochemistry of silage*. 2 ed. Marlow: Chalcombe Publications, 1991. 340p.
- MEESKE, R.; ASHBELL, G.; WEINBERG, Z.G. et al. Ensiling forage sorghum at two stages of maturity with the addition of lactic acid bacterial inoculants. *Animal Feed Science and Technology*, v. 43, n. 3/4, p. 165-175, 1993.
- MOLINA, L.R. *Avaliação nutricional de 6 genótipos de sorgo colhidos em três estádios de maturação*. 2000, 33f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Escola de Veterinária, UFMG. Belo Horizonte.
- PAIVA, J.A.J. *Qualidade de silagem da região metalúrgica de Minas Gerais*. 1976, 43f. Dissertação (Mestrado em zootecnia) - Escola de Veterinária, UFMG. Belo Horizonte.
- PEREIRA, O.G.; OBEID, J. A.; GOMIDE, J.A. et al. 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 da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, v.22, n.1, p.31-38, 1993.
- PESCE, D.M.C. *Avaliação de vinte genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) de portes médio e alto pertencentes ao Ensaio Nacional*. 1998, 44f. Dissertação (Mestrado em zootecnia) - Escola de Veterinária, UFMG. Belo Horizonte.
- ROBERTSON, J.B.; VAN SOEST, P.J. The detergent system of analysis and its application to humans foods. In: JAMES, H.P.T., THEANDER, O. (ed). *The analysis of dietary fiber in food*. New York: Marcel Dekker, p.123-158, 1981.
- SERAFIM, M.V. *Degradabilidade in situ dos componentes nutricionais das silagens de três cultivares de sorgo (BR303, BR601 e BR700)*. 1998, 44f. Dissertação (Mestrado em zootecnia) - Escola de Veterinária, UFMG. Belo Horizonte.
- SILVA, A.V. *Qualidade das silagens de treze genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)*. 1996, 49f. Dissertação (Mestrado em zootecnia) - Escola de Veterinária, UFMG. Belo Horizonte.
- SILVA, F.F. *Qualidade das silagens de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) de portes baixo, médio e alto com diferentes proporções de colmo + folhas/paniculas*. 1997, 47f. Dissertação (Mestrado em zootecnia) - Escola de Veterinária, UFMG. Belo Horizonte.
- STREETER, M. N., WAGNER, D. G., HIBBERD, C. A., OWENS, F. N. Comparison of corn with sorghum grain hybrids: site and extent of digestion in steers. *Journal os Animal Science*, v. 68, n. 1, p.1121-1132, 1990.
- VALENTE, J.O., SILVA, J.F.C., GOMIDE, J.A. Estudo de duas variedades de milho (*Zea mays* L.) e de quatro variedades de sorgo para silagem. 2. Valor nutritivo e produtividade das silagens. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, v.13, n.1, p.67-73, 1984.
- VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2 ed. Ithaca, New York: Cornell University Press, 1994. 476p.

CAPÍTULO IV

DEGRADABILIDADE *IN SITU* DOS COMPONENTES NUTRICIONAIS DAS SILAGENS DE QUATRO GENÓTIPOS DE SORGO COM E SEM TANINOS NOS GRÃOS

4.1. RESUMO

Os objetivos deste estudo foram avaliar a degradabilidade *in situ* da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) das silagens de quatro genótipos de sorgo (CMSXS 165, CMSXS 114, BR 700 e BR 601), incubadas em ovinos nos tempos de 6, 12, 24, 48, 72 e 96 horas. O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso em esquema de parcelas subdivididas e as médias comparadas pelo teste SNK a 5% de probabilidade. Os parâmetros de cinética da degradação foram calculados de acordo com o modelo proposto por Sampaio (1988). Após 96 horas de incubação as degradabilidades da matéria seca variaram de 57,10 % para a silagem do genótipo BR601 a 73,19% para a silagem do CMSXS165. As degradabilidades efetivas (DE) da MS para as taxas de passagem de 2,0%/h, 5,0%/h e 8,0%/h foram de 58,47, 49,87 e 46,12% para a linhagem CMSXS165; 45,21, 37,97 e 35,39% para o BR601; 48,67, 41,83 e 38,49% para o BR700 e 48,40, 41,19 e 38,04 para a linhagem CMSXS114. O maior potencial de degradação (A) da PB foi encontrado para a silagem da linhagem CMSXS165 (79,88%). Quanto às taxas de degradação (c) desta fração, a silagem do BR700, apresentou maior valor de 4,67%/h. As degradabilidades da FDN e FDA variaram de 32,22 a 56,07% e 26,40 a 54,40%, para a silagem do BR700 e CMSXS165, respectivamente. Os resultados deste experimento permitem concluir que os taninos comprometem a degradabilidade ruminal da matéria seca, proteína bruta e frações fibrosas das silagens de sorgo que o contenham.

Palavras chave: degradabilidade, ruminantes, silagem, sorgo, valor nutricional.

4.2. ABSTRACT

The objectives of this study were evaluate the degradability *in situ* of the dry matter (DM), crude protein (CP), fiber in neutral detergent (NDF) and fiber in acid detergent (ADF) of the silages of four genotypes of sorghum (CMSXS165, CMSXS114, BR700 and BR601), incubated in ewes in the times of 6, 12, 24, 48, 72 and 96 hours. It was applied a randomized blocks in split plot design, being means compared by SNK test ($p < 0.05$) and fermentation kinetics parameters calculated according to Sampaio (1988) model. After 96 h incubation, DM degradabilities varied of 57.10 % for the silage of genotype BR601 73.19% for the silage of the CMSXS165. Values of effective degradability at 2.0%/h, 5.0%/h and 8.0%/h passage rates were: 58.47, 49.87 and 46.12% to CMSXS165 silage; 45.21, 37.97 and 35.39% to BR601 silage; 48.67, 41.83 and 38.49% to BR700 silage and 48.40, 41.19 and 38.04% to CMSXS114 silage. The highest CP degradability potential was observed to CMSXS165 (79.88%). When it comes to CP degradability rates, BR700 silage presented the highest value of 4.67%/h. The NDF and NDA effective degradabilities varied of 32.22 to 56.07% and 26.40 to 54.40%, for the BR700 silage and CMSXS165 silage, respectively. The results this experiment showed the negative effect of tannin on the ruminal degradability of the dry matter, crude protein and fibrous fractions of the silages of sorghum that contain it.

Keywords: degradability, nutritional value, ruminant, silage, sorghum.

4.3. INTRODUÇÃO

Qualquer consideração sobre a utilização de forragens pelos ruminantes deve ser feita no contexto das complexas interações que ocorrem entre os diversos componentes da planta e os microrganismos do retículo-rúmen. Neste aspecto, a qualidade de uma forragem pode, essencialmente, ser expressa em termos de três características próprias: a extensão da digestão potencial, a taxa de fermentação e a taxa de redução do tamanho de partícula. Estas três características estão envolvidas no controle do consumo voluntário e, pelo menos as duas primeiras podem ser estimadas usando-se a técnica *in situ* do saco de náilon. Por esta razão, esta técnica tem sido considerada, por muitos pesquisadores, como um método preciso, simples e rápido para determinar a qualidade de uma forragem (Thiago, 1994).

Nos estudos de digestibilidade, os resultados obtidos *in vivo* sempre foram mais realísticos que os métodos disponíveis em laboratório, onde se tenta reproduzir os processos naturais do rúmen, mas dependem de técnicas sofisticadas como o uso de marcadores, instalações adequadas e tempo. O advento da técnica *in situ* utilizando-se sacos de náilon em animais fistulados no rúmen permitiu a avaliação rápida e simples da degradação do material contido nesses sacos em função de seu tempo de incubação ruminal, apresentando uma alta correlação com resultados obtidos em experimentos *in vivo* (Ørskov et al., 1980). Desta forma, o conhecimento da degradabilidade *in situ* dos componentes nutricionais de cultivares de sorgo com e sem tanino nos grãos tem papel importante na avaliação desta forrageira para produção de silagem.

O objetivo deste experimento foi estudar a degradabilidade *in situ* e a cinética de degradação da matéria seca, proteína bruta,

fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) das silagens de quatro genótipos de sorgo, sendo duas linhagens isogênicas e dois híbridos (com e sem taninos nos grãos).

4.4. MATERIAL E MÉTODOS

4.4.1. Silagens avaliadas

As silagens dos quatro genótipos de sorgo (CMSXS 165, CMSXS 114, BR 700 e BR 601) avaliadas neste experimento foram as mesmas utilizadas no experimento de consumo e digestibilidade aparente (Capítulo III), sendo provenientes das amostras de sete dias de período experimental. Do material amostrado foi feito um pool por genótipo, que foi submetido à pré-secagem em estufa de ventilação forçada a 55° C por 72 horas e posteriormente moído em moinho dotado de peneira de 5 mm. Os materiais foram armazenados em frascos de polietileno e posteriormente incubados no rúmen de ovinos.

4.4.2. Procedimento experimental e laboratorial

O experimento com os animais foi conduzido nas dependências do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), em Belo Horizonte, sendo utilizados quatro ovinos, fistulados no rúmen, castrados, sem raça definida com peso aproximado de 35 kg e idade entre 20 e 28 meses.

Previamente ao início do experimento os animais foram casqueados e vermifugados e em seguida alojados em gaiolas de metabolismo.

A dieta dos animais foi composta por feno de “Coast-cross” (*Cynodon spp*) e 300 gramas de concentrado (20% proteína

bruta) por dia cujas composições estão demonstradas na Tabela 1.

Tabela 1. Composição química do feno e do concentrado utilizados na alimentação dos animais em percentagem da matéria seca

	Feno	Concentrado
MS	89,1	87
PB	7,05	20,0
FDN	69,4	-
FDA	40,3	-
Hemicelulose	29,1	
Celulose	36,8	
FB	-	18
Lignina	3,5	-
NDT	-	82

Os animais foram alimentados em duas refeições diárias (7 e 17 horas), sendo que o feno foi oferecido em quantidade suficiente para que se obtivesse aproximadamente 20% de sobras no cocho. A água e uma mistura mineral comercial foram administradas *ad libitum*.

Para incubação, foram utilizados sacos de náilon com porosidade de 50 micras e

relação média de 17,5 mg de amostra por cm² de área superficial dos sacos. Inicialmente, os sacos de náilon foram secos a 65°C por 24 horas e seus pesos registrados. Posteriormente, foram preenchidos com 5 g das silagens estudadas e incubados no rúmen nos tempos de 6, 12, 24, 48, 72 e 96 horas, seguindo o protocolo de incubação demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2. Protocolo de incubação e retirada dos sacos de náilon do rúmen

ANIMAL	PROCED.	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7
1	Incubação	6H	12H	24H	48H			72H
	Retirada	6H	12H		24H		48H	
2	Incubação	12H	24H	48H		6H		72H
	Retirada	12H		24H		48H/6H		
3	Incubação	24H	48H		6H	12H		96H
	Retirada		24H		48H/6H	12H		
4	Incubação	48H		6H	12H	24H		96H
	Retirada			48H/6H	12H		24H	

ANIMAL	PROCED.	DIA 8	DIA 9	DIA 10	DIA 11	DIA 12	DIA 13	DIA 14
1	Incubação			96H				
	Retirada			72H				96H
2	Incubação			96H				
	Retirada			72H				96H
3	Incubação				72H			
	Retirada				96H			72H
4	Incubação				72H			
	Retirada				96H			72H

Cada animal recebeu 12 sacos de náilon (4 genótipos em triplicatas) por período de incubação.

Imediatamente após retirados do rúmen, os sacos foram imersos em água fria e posteriormente lavados, manualmente, em água corrente em temperatura ambiente até que essa se mostrasse límpida. Após a lavagem, os sacos foram colocados em bandejas e levados à secagem em estufa de ventilação forçada por 48 horas, sendo então, transferidos para um dessecador durante 30 minutos e pesados. Os resíduos de incubação foram moídos em moinho com peneira de 1 mm e utilizados para determinação de MS (AOAC, 1995), PB, multiplicando-se o teor de nitrogênio obtido pelo método de combustão de Dumas em analisador Leco® FP-528 por 6,25 e FDN e FDA segundo Van Soest et al. (1991) em aparelho ANKOM²⁰⁰ Fiber Analyser. Os teores destas frações nas amostras das forrageiras e dos resíduos de incubação, juntamente com os pesos dos materiais incubados e dos resíduos, foram utilizados para os cálculos do desaparecimento das respectivas frações. As frações solúveis (tempo zero de incubação - t_0) foram determinadas por meio dos mesmos procedimentos, porém sem a incubação ruminal.

4.4.3. Procedimento estatístico

Foi utilizado um delineamento experimental de blocos ao acaso em esquema de parcelas sub-divididas, sendo os animais os blocos, as silagens as parcelas e os tempos de incubação as sub-parcelas, conforme a tabela de variância demonstrada acima.

Fontes de variação	Graus de liberdade
Genótipos (parcelas)	3
Animais (blocos)	3
Erro (A)	9
Total de parcelas	15
Horário (sub-parcelas)	5
Genótipos x horário	15
Erro (B)	60
Total de sub-parcelas	95

As médias foram comparadas empregando-se o teste Student-Newman-Keuls (SNK), a 5% de probabilidade. Para estimar as curvas de degradação foi utilizado o modelo proposto por Sampaio (1988):

$$p = A - B e^{-ct}$$

Em que,

p = porcentagem de degradação após um tempo (t) de incubação no rúmen;

A = porcentagem máxima de degradação do material contido no saco de náilon, ou degradabilidade potencial

B = parâmetro sem valor biológico. Se não houvesse tempo de colonização, ele corresponderia ao total a ser degradado pela ação microbiana

c = taxa constante de degradação da fração que permanece no saco de náilon, expressa em porcentagem por hora

t = tempo de incubação no rúmen, em horas

A análise dos dados e as equações de regressão para os desaparecimentos dos componentes nutricionais foram feitos utilizando-se o programa Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG 8.0). O tempo de colonização foi estimado conforme McDonald (1981), de acordo com a seguinte equação:

$$TC = \frac{-1}{c} * \ln \frac{(A-S)}{B}$$

Em que,

TC = tempo de colonização, em horas
 A, B e c = os mesmos parâmetros definidos na equação anterior
 S = fração solúvel determinada pela porcentagem de desaparecimento no tempo zero de incubação (fração rapidamente degradada)

As degradabilidades efetivas foram calculadas utilizando-se os valores sugeridos pelo Agricultural Research Council (1984), de 2,0, 5,0 e 8,0%/h para baixo, médio e alto consumos, respectivamente, segundo o modelo proposto por Ørskov e McDonald (1979):

$$DE = S + [(B1 * c)/(c + K)]$$

Em que,

DE = degradabilidade efetiva, em porcentagem

S = fração rapidamente degradada

B1 = fração degradável calculada subtraindo-se a fração solúvel do potencial de degradação (B1 = A - S) (fração lentamente degradada)

c = mesmo parâmetro descrito anteriormente

K = taxa fracional de passagem, expressa em porcentagem por hora

4.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A composição bromatológica das silagens está descrita na Tabela 4. do capítulo III.

4.5.1. Parâmetros ruminais

Na Tabela 3 encontram-se os valores de pH e nitrogênio amoniacal em mg% do líquido ruminal dos animais experimentais.

Tabela 3. Concentrações médias de pH e nitrogênio amoniacal (N-NH₃ em mg %) no líquido ruminal colhido em diferentes períodos após o fornecimento da refeição

Tempo	pH	N-NH ₃ (mg %)
30 min. ¹	6,43	6,83
1 hora	6,62	15,56
2 horas	6,57	14,80
3 horas	6,50	12,16
5 horas	6,42	8,81
7 horas	6,35	6,04
9 horas	6,40	5,95
Média	6,47	10,02

¹Minutos

O valor médio de pH foi de 6,47, variando de 6,35 após 7 horas a 6,62 após 1 hora do fornecimento da dieta. Estes valores encontram-se numa faixa que permite um bom desenvolvimento microbiano. Segundo Hobson e Steward (1997) valores de pH entre seis e sete permitem a presença de todos os componentes da biomassa microbiana no rúmen (bactérias, principalmente as celulolíticas, protozoários e fungos) e uma ótima ação das enzimas microbianas (Lindberg, 1985).

Os teores médios de nitrogênio amoniacal oscilaram de 5,95 mg% após 9 horas de fornecimento da dieta até 15,56 mg% uma hora após a refeição. O valor médio encontrado foi de 10,02 mg%, valor este que possibilita uma adequada fermentação microbiana no rúmen. Segundo Van Soest (1994) a concentração mínima para garantir um processo fermentativo ruminal adequado situa-se por volta de 10 mg%, já Satter e Slyter (1974) concluíram que 5 mg amônia por 100 mL de fluido ruminal são suficientes para o máximo crescimento microbiano

Tomando-se em consideração os valores de pH e nitrogênio amoniacal pode-se dizer que o ambiente ruminal não foi limitante para avaliação *in situ* das silagens.

4.5.2. Degradabilidade da matéria seca

Os valores de degradabilidade da matéria seca nos seis tempos de incubação aparecem na Tabela 4.

Tabela 4. Desaparecimento médio (%) da MS das silagens de quatro genótipos de sorgo em função dos tempos de incubação

Horários	Genótipos			
	CMSXS 165	BR 601	BR 700	CMSXS 114
06	42,58 ^{Fa}	29,14 ^{Fc}	30,88 ^{Fbc}	32,68 ^{Fb}
12	49,85 ^{Ea}	32,32 ^{Ec}	39,00 ^{Eb}	38,96 ^{Eb}
24	56,89 ^{Da}	39,35 ^{Dc}	45,86 ^{Db}	45,29 ^{Db}
48	63,30 ^{Ca}	45,29 ^{Cc}	52,27 ^{Cb}	51,86 ^{Cb}
72	69,90 ^{Ba}	54,47 ^{Bc}	57,46 ^{Bb}	58,88 ^{Bb}
96	73,19 ^{Aa}	57,10 ^{Ac}	59,97 ^{Ab}	60,29 ^{Ab}

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais na mesma coluna e minúsculas na mesma linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste SNK ($p > 0,05$). CV= 3,80%

Conforme pode ser observado na Tabela 4 a degradabilidade da MS da silagem da linhagem CMSXS165 sem tanino foi superior ($p < 0,05$) a todos os tratamentos, nos seis períodos de fermentação. A linhagem CMSXS114 foi semelhante ($p > 0,05$) ao BR700 e superior ($p < 0,05$) ao BR601.

Avaliando os resultados das silagens dos quatro genótipos nos diferentes tempos de incubação, percebe-se que a estabilização da degradação não ocorreu às 72 horas. Os valores apresentados nos períodos de 72 h e 96 h de incubação apresentaram diferenças estatísticas e foram, respectivamente de 69,90 e 73,19% para a linhagem CMSXS165, 54,47 e 57,10% para o BR601, 57,46 e 59,97% para o BR700 e 58,88 e 60,29% para a linhagem CMSXS114. No entanto, as diferenças entre estes horários para estes genótipos foi bem menos acentuada do que as observadas para os mesmos em horários anteriores subsequentes, sugerindo que a degradação máxima deve ocorrer por volta das 96 horas.

Molina (2000) ao avaliar a degradabilidade *in situ* de seis genótipos de sorgo em três estádios de maturação encontrou valores superiores ao deste experimento, com 48

horas de incubação, para o híbrido BR601 nos estádios leitoso, pastoso e farináceo (67,49, 66,71 e 65,11%, respectivamente). Para o BR 700 no mesmo horário, encontrou valores superiores ao deste experimento, 64,29, 65,94 e 65,88%, respectivamente para os mesmos estádios citados acima. Já Souza (2001) encontrou para o BR 700 com 48 horas de incubação valor semelhante. Para o CMSXS 227 (sorgo granífero) com 48 horas de incubação valor inferior. Serafim (1998) trabalhando com degradabilidade *in situ* de três cultivares de sorgo obteve valor semelhante para o BR 601 e para o BR 700. Silva (1997) encontrou valor de 57,83% DIVMS para sorgo duplo propósito, valor este que foi superior ao valor encontrado para o BR700 (duplo propósito) deste experimento no tempo de 48 horas. Já Oliveira (1997) avaliando cinco genótipos de sorgo encontrou valores de DIVMS entre 41,26 e 55,67%. Rocha Júnior (1999) avaliando a qualidade de sete genótipos de sorgo encontrou valores de DIVMS entre 50,19 e 58,50%. Os valores obtidos pelos dois últimos autores foram semelhantes aos encontrados para o BR601, BR700 e CMSXS114 e inferiores ao CMSXS165 no tempo de 48 horas. Carneiro et al. (2002) trabalhando com degradabilidade *in situ* encontraram valores de 50,7, 65,5, 77,0 e

84,3% para silagem de milho, 42,8, 63,0, 75,4, 84,6% para silagem de sorgo e 43,9, 62,3, 65,8, 66,4% para silagem de girassol, nos tempos de 6, 24, 48 e 96 horas de incubação, respectivamente. Os valores encontrados por estes autores foram superiores a todos os materiais deste experimento.

Quando comparado os dados deste experimento com os de literatura as diferenças observadas entre os valores deste experimento e os demais pode ser devida ao estágio de maturação das plantas no momento da ensilagem, tratos culturais, homogeneização da amostra a ser incubada,

os aspectos da técnica, a porosidade dos sacos, g de MS/área do saco e moagem das partículas.

Comparando-se as degradabilidades *in situ* das silagens das linhagens isogênicas em todos os períodos de fermentação sugere-se que a presença do tanino tenha sido a responsável pelos menores valores de degradabilidade obtidos para a linhagem CMSXS 114 ($p < 0,05$).

Os parâmetros de degradação ruminal encontram-se na Tabela 5.

Tabela 5. Potenciais de degradação (A), taxas de degradação (c), frações solúveis (S), frações degradáveis (B1), tempos de colonização (TC) e degradabilidades efetivas (DE), nas taxas de passagem 2,0%/h, 5,0%/h e 8,0%/h, da matéria seca das silagens de quatro genótipos de sorgo

Parâmetros	Genótipos			
	CMSXS 165	BR 601	BR 700	CMSXS 114
A (%)	75,05	68,31	59,29	62,19
C (%/h)	2,64	1,32	3,75	2,67
S (%)	36,58	29,96	28,74	29,98
B1 (%)	38,47	38,36	30,56	32,21
TC (h)	-2,06	6,70	2,98	1,43
DE 2,0%/h (%)	58,47	45,21	48,67	48,40
DE 5,0%/h (%)	49,87	37,97	41,83	41,19
DE 8,0%/h (%)	46,12	35,39	38,49	38,04
R ²	0,95	0,96	0,94	0,94

O valor mais elevado para o potencial máximo de degradação da matéria seca, foi obtido para a silagem da linhagem CMSXS165, de 75,05%, sendo seguido pelas silagens dos genótipos BR601 (68,31%), CMSXS114 (62,19) e o BR700 (59,29%). Os maiores valores foram observados para as silagens sem tanino (CMSXS165 e BR601). No entanto, com relação às taxas de degradação, o maior valor foi observado para o genótipo BR700 (3,75%/h). As linhagens isogênicas apresentaram valores muito próximos, 2,67%/h para o CMSXS114 com tanino e 2,64%/h para o CMSXS165. O híbrido BR601 apresentou o menor valor

(1,32%/h), indicando que este material necessita de mais tempo dentro do rúmen para que o seu potencial máximo de degradação seja atingido. Quanto às concentrações das frações solúveis a silagem da linhagem CMSXS165 apresentou o maior valor (36,58). As demais silagens avaliadas apresentaram valores próximos, variando de 28,74% para o BR700 a 29,98% para o CMSXS114. Para as frações degradáveis, as silagens dos genótipos CMSXS165 e BR601 apresentaram valores de 38,47 e 38,36%, respectivamente e superiores aos dos genótipos BR700 e CMSXS114 (30,56 e 32,21%, respectivamente). Os tempos de

colonização encontrados para os materiais deste experimento foram de -2,06, 6,70, 2,98 e 1,43 horas para o CMSXS165, BR601, BR700 e CMSXS114, respectivamente. Apesar de não existir uma explicação para valores negativos de tempo de colonização, existem relatos na literatura e tais valores apareceram nos estudos de Borges (1997), Souza (2001) e Tomich (2003). Na avaliação de forragens mais digestíveis os valores de A e de "c" devem ser altos para que a forragem alcance o potencial máximo de degradação em menor tempo (Borges, 1997). Para Sampaio (1988) os parâmetros A e c são os principais na qualificação de uma forragem. Um elevado valor de A indica um material muito degradável, enquanto que um maior valor de "c" implica em menor tempo para o desaparecimento da fração imediatamente degradável, sendo que forragens de boa qualidade devem apresentar taxas de degradação superiores a 2%/h.

As degradabilidades efetivas (DE) para as taxas de passagem de 2,0%/h, 5,0%/h e 8,0%/h foram de 58,47, 49,87 e 46,12% para a linhagem CMSXS165; 45,21, 37,97 e 35,39% para o BR601; 48,67, 41,83 e 38,49% para o BR700 e 48,40, 41,19 e 38,04 para a linhagem CMSXS114.

Serafim (1998), Lara (1999) e Martins et al. (1999) avaliando a degradabilidade *in situ* de silagens de sorgo encontraram valores médios de frações solúveis entre 23,67, 32,80 e 34,7%. Valores médios mais elevados, variando entre 34,5 e 43,2%, foram encontrados por Campos et al. (2003a) avaliando genótipos de sorgo com e sem tanino nos grãos. Os valores encontrados por estes autores foram semelhantes ao observado para a linhagem CMSXS165 e superiores aos dos genótipos CMSXS114, BR601 e BR700. Estes altos valores de solubilidade no tempo zero foram explicados por Sampaio (1988), em que a excessiva moagem do material pode ter produzido um material muito fino que

acabou por atravessar os poros da bolsa de incubação, uma vez que as diferentes partes da planta (colmo, folha e, principalmente, grãos/panículas) teriam um comportamento diferente ao serem moídas em peneiras de 5 mm, produzindo uma amostra não homogênea. No entanto, Michalet-Doreau e Ould-Bah (1992) afirmaram ser razoável assumir que esta partícula não degradada que escapa da bolsa consistiria, principalmente, de material potencialmente degradado, não afetando a degradabilidade final do material incubado.

Os valores encontrados neste experimento para taxa de degradação concordam com os dados de Molina et al. (2003a). Estes autores avaliaram os parâmetros de degradabilidade das silagens de seis genótipos de sorgo com e sem tanino no grão, pela técnica *in situ* e encontraram valores que variaram de 2,18 a 3,08%/h sugerindo que os taninos não tenham efeito depressivo sobre as taxas de degradação (parâmetro c) das silagens de sorgo testadas.

Os resultados de DE encontrados neste estudo foram semelhantes ou ligeiramente superiores aos relatados por Martins et al. (1999) em silagens de sorgo (56,6; 46,0 e 42,4%), por Serafim et al. (2000), que avaliaram cultivares de sorgo de diversos portes (50,32; 39,45 e 35,08%), por Molina et al. (2002), que avaliaram a silagem de seis híbridos de sorgo em diferentes estádios de maturação (56,41; 41,96 e 35,33%) e por Campos et al. (2003a), ao estudarem a DE de quatro genótipos de sorgo com e sem tanino (52,6; 44,4 e 41,3%), para as taxas de passagem de 0,02; 0,05 e 0,08/h, respectivamente.

Já Carneiro et al. (2002) encontraram degradabilidades efetivas de 62,3% para silagem de milho (BRS3060), 57,5% para silagem sorgo e 55,1% para silagem de girassol para uma taxa de passagem a 5%. Para esta mesma taxa de passagem, valores

mais elevados foram obtidos por Pereira (2003) estudando silagens de girassol ensiladas aos 100 (76,48%), 107 (73,59%), 114 (70,48%) e 121 (68,16%) dias. Os valores encontrados por este autor foram superiores aos encontrados neste experimento para todos os genótipos utilizados, considerando a taxa de passagem de 5%/h.

As diferenças observadas entre os valores deste experimento e os demais pode ser devida ao estágio de maturação das plantas no momento da ensilagem, cultivares utilizados e presença ou ausência de fatores antinutricionais como os taninos condensados que comprometem a digestibilidade de carboidratos e proteínas.

Comparando-se o potencial de degradação, das silagens das linhagens isogênicas observa-se um maior valor para a silagem da linhagem CMSXS165 sem tanino e para

as degradabilidades efetivas da matéria seca desta mesma silagem nas taxas de passagem de 2,0%/h, 5,0%/h e 8,0%/h sugerindo que a presença do tanino tenha sido a responsável pelos menores valores de degradabilidade efetiva obtidos para a silagem da linhagem CMSXS 114 ($p < 0,05$). A interação dos taninos com as proteínas e carboidratos e principalmente com as enzimas digestivas, poderia ser um dos meios pelos quais os taninos comprometem os processos digestivos.

4.5.3. Degradabilidade da proteína bruta

Os valores de desaparecimento médio da proteína bruta das silagens avaliadas podem ser visualizados na Tabela 6.

Tabela 6. Desaparecimento médio (%) da proteína bruta das silagens de quatro genótipos de sorgo em função dos tempos de incubação

Horários	Genótipos			
	CMSXS 165	BR 601	BR 700	CMSXS 114
06	55,51 ^{Fa}	40,92 ^{Fc}	31,09 ^{Fd}	42,95 ^{Fb}
12	57,91 ^{Ea}	43,36 ^{Ec}	37,71 ^{Ed}	46,59 ^{Eb}
24	62,29 ^{Da}	48,05 ^{Dc}	45,18 ^{Dd}	51,93 ^{Db}
48	70,20 ^{Ca}	55,19 ^{Cc}	51,55 ^{Cd}	57,77 ^{Cb}
72	74,13 ^{Ba}	58,69 ^{Bc}	54,54 ^{Bd}	62,48 ^{Bb}
96	75,84 ^{Aa}	60,69 ^{Ac}	55,75 ^{Ad}	64,40 ^{Ab}

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais na mesma coluna e minúsculas na mesma linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste SNK ($p > 0,05$). CV= 2,08%

Conforme observado na Tabela 6 o desaparecimento médio da proteína bruta da silagem da linhagem CMSXS165 sem tanino foi superior ($p < 0,05$) a todos os tratamentos, nos seis períodos de fermentação. A linhagem CMSXS114 foi superior ($p < 0,05$) ao BR601 e BR700 que diferiram entre si ($p < 0,05$).

Semelhante ao desaparecimento da matéria seca, não foi observado estabilização do desaparecimento da proteína bruta às 72

horas de fermentação. Os valores apresentados nos períodos de 72 h e 96 h de incubação apresentaram diferenças estatísticas e foram, respectivamente de 74,13 e 75,84% para a linhagem CMSXS165, 58,69 e 60,69% para o BR601, 54,54 e 55,75% para o BR700 e 62,48 e 64,40% para a linhagem CMSXS114. No entanto, as diferenças entre estes horários para estes genótipos foi bem menos acentuada do que as observadas para os mesmos em horários anteriores

subseqüentes, sugerindo que a degradação máxima deve ocorrer por volta das 96 horas. Os valores de desaparecimento médio da PB às 96 horas do presente experimento foram inferiores aos obtidos por Campos (2001) estudando silagens de cinco genótipos de sorgo, cujo valor médio encontrado foi de 79,42%.

A habilidade dos taninos de interagirem com as proteínas, formando complexos tanino-proteína resistentes ao ataque microbiano, seria o mais importante efeito nutricional e toxicológico desses compostos (Kumar e Singh, 1984; Reed, 1995). Apesar de se ligarem a outras moléculas (carboidratos, por exemplo), parece haver maior afinidade dos taninos pelas proteínas, atribuída às fortes pontes de hidrogênio que se formariam entre o oxigênio do grupo

carbonila das proteínas e os grupos hidroxifenólicos dos taninos (McLeod, 1974). De acordo com Hagerman e Butler (1989), ambos os tipos de tanino (taninos condensados e hidrolizáveis) seriam capazes de interagir com as proteínas, formando complexos solúveis ou insolúveis, dependendo, de acordo com McLeod (1974) e Mangan (1988), da configuração espacial e peso molecular das moléculas que participariam da interação e da disponibilidade de grupos fenóis reativos. Para Van Soest (1994), os efeitos dos taninos condensados sobre a proteína dietética seriam mais negativos do que os efeitos dos taninos hidrolizáveis.

Os parâmetros de cinética da degradação da PB são demonstrados na Tabela 7.

Tabela 7. Potenciais de degradação (A), taxas de degradação (c), frações solúveis (S), frações degradáveis (B1), tempos de colonização (TC) e degradabilidades efetivas (DE), nas taxas de passagem 2,0%/h, 5,0%/h e 8,0%/h, da proteína bruta das silagens de quatro genótipos de sorgo

Parâmetros	Genótipos			
	CMSXS 165	BR 601	BR 700	CMSXS 114
A (%)	79,88	63,60	55,31	66,44
c (%/h)	2,12	2,22	4,67	2,35
S (%)	55,19	42,89	35,51	48,70
B1 (%)	24,70	20,71	19,80	17,74
TC (h)	6,12	10,48	10,01	17,19
DE 2,0%/h (%)	67,89	53,77	49,37	58,29
DE 5,0%/h (%)	62,54	49,25	45,07	54,38
DE 8,0%/h (%)	60,36	47,38	42,81	52,73
R ²	0,99	0,97	0,99	0,96

O maior potencial de degradação da PB foi encontrado para a silagem da linhagem CMSXS165 sem tanino (79,88%), sendo seguida pela linhagem CMSXS114 (66,44%), BR601 (63,60%) e BR700 (55,31%). Ao avaliar a taxa de degradação da proteína bruta, esta teve o mesmo comportamento da taxa de degradação da MS. O BR700 teve o maior valor (4,67%/h). Os demais materiais apresentaram valores próximos, 2,35%/h

para o CMSXS114, 2,12%/h para o CMSXS165 e 2,22%/h para o BR601. Serafim et al. (2000) encontraram valores, para os potenciais de degradação da PB de silagens de sorgo, dentro do intervalo de 78 a 95%/h. O menor valor apresentado pelos autores foi semelhante ao da linhagem CMSXS165. Todos os outros materiais deste experimento tiveram valor inferior. Já Martins et al. (1999) utilizando silagem de sorgo obtiveram valor inferior ao deste

trabalho (37,3%). Molina et al. (2003b) pesquisando o efeito do tanino na degradabilidade *in situ* das silagens de seis genótipos de sorgo colhidos no estágio de grão pastoso, obtiveram valores de 1,63 e 1,66%/h para os genótipos BR303 e BR304, respectivamente. Estes valores foram inferiores aos obtidos neste experimento. Sampaio (1988) mencionou taxas de degradação de 2 a 6%/h para alimentos volumosos de boa qualidade. E seguindo essa premissa, todas as silagens avaliadas neste experimento seriam classificadas como de boa qualidade.

As frações solúveis da PB variaram de 35,51 a 55,19% para os genótipos BR700 e CMSXS165, respectivamente. Com relação às frações degradáveis, o maior valor foi obtido para a linhagem CMSXS165 (24,70), seguido pelo BR601 (20,71), ambos sem tanino nos grãos. A linhagem CMSXS114 e o BR700, ambos com tanino, tiveram valores de 17,74 e 19,80%.

Molina et al. (2003a) avaliando as silagens de seis genótipos de sorgo encontraram resultados de solubilidade da PB (t_0) variando de 19,55 a 23,01%. Os valores relatados por estes autores foram inferiores ao deste experimento. Esta fração representa a porção de nitrogênio solúvel ou suficientemente moído em partículas pequenas para sair pelos poros da bolsa de incubação.

O menor tempo de colonização foi observado para o CMSXS165 de 6,12 horas, sendo seguido pelo BR700, BR601 e CMSXS114 que apresentaram, respectivamente, 10,01, 10,48 e 17,19 horas. Já para as degradabilidades efetivas os valores encontrados para taxas de passagem de 2, 5 e 8%/h foram de 67,89%, 62,54% e 60,36% para o CMSXS165; 53,77%, 49,25% e 47,38% para o BR601; 49,37%, 45,07% e 42,81% para o BR700 e

58,29%, 54,38% e 52,73% para o CMSXS114. Quanto ao valor protéico, a silagem do genótipo CMSXS165 sem tanino foi superior às demais, pois apresentou maiores DE e estas foram menos influenciadas pelo aumento da taxa de passagem, provavelmente, em função das maiores concentrações de fração solúvel e por apresentar uma taxa de degradação superior a 2%. Esta taxa, segundo Sampaio (1988) é o menor valor para classificar uma forragem como de boa qualidade. Os valores de DE obtidos no presente experimento foram inferiores aos encontrados por Pereira (2003) avaliando silagens de girassol e superiores aos determinados por Tomich (2003) para as plantas de sorgo, capim Sudão, cana-de-açúcar e capim elefante Napier e aos valores encontrados por Posseti et al. (2005) avaliando silagens de milho e girassol, considerando as mesmas taxas de passagem (2, 5, 8%/h). As degradabilidades efetivas da proteína bruta das silagens das linhagens isogênicas avaliadas no presente experimento a uma taxa de 2%/hora foram semelhantes às encontradas no Capítulo III, onde a digestibilidade aparente da silagem da linhagem CMSXS165 sem tanino foi de 69,53% e a do CMSXS114 com tanino de 58,24%, para o período de sete dias de coleta de amostra. Estes resultados sugerem que o estudo *in situ* representou bem o que ocorreu no estudo *in vivo*, no entanto, são necessários estudos matemáticos, como equações de regressão e avaliações estatísticas de coeficientes de correlação e determinação entre os parâmetros avaliados pelos dois métodos para que isso possa ser afirmado. Em ambos os experimentos, a silagem do genótipo CMSXS165 sem tanino apresentou melhores digestibilidades que a linhagem CMSXS114 com tanino.

As diferenças para a DE e potencial de degradação da proteína entre as linhagens CMSXS165 sem tanino e CMSXS114 com tanino pode ser em função da

quantidade de tanino condensado (TC) livre na linhagem CMSXS 114, ou seja os TC que excederam a capacidade de ligação com as proteínas das plantas, apresentando-se solúveis em água e livres para reagirem e formarem complexos com as proteínas da parede intestinal e as enzimas bacterianas (Barry e Manley, 1986), comprometendo assim a degradabilidade ruminal da linhagem CMSXS114 que contém tanino. Quando comparado os híbridos, a DE e o potencial de degradação do BR601 foram superiores ao BR700, reforçando a idéia de que os taninos comprometem a degradabilidade ruminal da proteína. Apesar da possibilidade da presença dos taninos comprometerem o potencial de degradação da proteína das silagens de

sorgo, o tanino pareceu não influenciar a taxa de degradação dos alimentos testados. O mesmo foi observado por Molina et al. (2003b) cujos resultados de taxa de degradação foram: 3,6%/h para o BR 700 e 3,2%/h para o BR 701, ambos com tanino.

4.5.4. Degradabilidade das frações fibrosas

4.5.4.1. Fibra em detergente neutro (FDN)

Os valores de desaparecimento médio da FDN das silagens dos genótipos de sorgo são verificados na Tabela 8.

Tabela 8. Desaparecimento médio (%) da fibra em detergente neutro das silagens de quatro genótipos de sorgo em função dos tempos de incubação

Horários	Genótipos			
	CMSXS 165	BR 601	BR 700	CMSXS 114
06	7,73 ^{Fa}	6,35 ^{Fa}	2,84 ^{Eb}	5,43 ^{Fa}
12	17,88 ^{Ea}	11,55 ^{Eb}	12,12 ^{Db}	11,48 ^{Eb}
24	29,17 ^{Da}	19,92 ^{Db}	22,90 ^{Cb}	20,55 ^{Db}
48	45,71 ^{Ca}	29,95 ^{Cb}	28,76 ^{Bb}	32,09 ^{Cb}
72	52,44 ^{Ba}	35,19 ^{Bb}	29,80 ^{Abc}	37,14 ^{Bb}
96	56,07 ^{Aa}	43,50 ^{Ab}	32,22 ^{Ac}	44,39 ^{Ab}

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais na mesma coluna e minúsculas na mesma linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste SNK ($p > 0,05$). CV= 6,70%

Durante o período de 6 horas de incubação as silagens dos genótipos CMSXS165, CMSXS114 e BR601 não diferiram entre si ($p > 0,05$) e foram superiores ao BR700. No entanto, a partir de 12 horas diferenças foram verificadas. A partir deste período, a silagem da linhagem CMSXS165 foi a que apresentou a maior ($p < 0,05$) degradabilidade da fração fibrosa e os demais materiais não diferiram entre si ($p > 0,05$), exceto o BR700 no período de 72 e 96 horas de incubação com valores inferiores ($p < 0,05$) aos encontrados para o BR601 e CMSXS114 ($p > 0,05$). Campos et al. (2003b) avaliando a degradabilidade *in situ* da silagem de quatro genótipos de

sorgo com e sem tanino encontraram valores de desaparecimento da FDN no período de 96 horas variando de 53,6 e 58,5%. Os valores apresentados pelos autores foram semelhantes ao da silagem da linhagem CMSXS165 e superiores aos das silagens do BR700, BR601 e CMSXS114. Os valores de desaparecimento da FDN encontrados em silagens de milho, sorgo e girassol no período de 96 horas foram, respectivamente, 81,5%, 73,2% e 40,7% (Carneiro et al., 2002). Quando comparados os valores deste experimento com os dados acima, os valores deste trabalho foram inferiores aos de milho e sorgo e semelhantes ao girassol.

As diferenças frente aos dados de literatura podem ser explicadas pelos tipos de volumoso utilizados. Em relação aos sorgos existem muitos cultivares que se diferem nos parâmetros agrônômicos e composição bromatológica. Os forrageiros apresentam uma maior fração fibrosa e um menor teor de amido na massa ensilada quando comparados com sorgos graníferos. E estas variações nas frações fibrosas, podem reduzir a degradabilidade destas silagens.

Quando comparadas as linhagens isogênicas, o maior valor de degradação da FDN foi para a silagem da linhagem CMSXS165 sem tanino. Estes sugerem que os taninos possam interferir na degradabilidade das frações fibrosas (Makkar et al., 1995), pois podem formar complexos com as fibras os quais são

insolúveis em detergente neutro (Makkar et al., 1997). Além disso, os taninos podem reduzir a degradabilidade da parede celular pela ligação com enzimas bacterianas (Rabelo, 1997).

No que se refere às comparações para um mesmo genótipo nos diferentes tempos de incubação, pôde-se observar que as degradabilidade da fração fibrosa não estabilizaram, dentro dos tempos estudados, exceto o BR700 que apresentou valores semelhantes para 72 e 96 horas de incubação.

Os potenciais de degradação, as taxas de degradação, frações degradáveis, os tempos de colonização e as degradabilidades efetivas da FDN são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9. Potenciais de degradação (A), taxas de degradação (c), frações solúveis (S), frações degradáveis (B1), tempos de colonização (TC) e degradabilidades efetivas (DE), nas taxas de passagem 2,0%/h, 5,0%/h e 8,0%/h, da fibra em detergente neutro das silagens de quatro genótipos de sorgo

Parâmetros	Genótipos			
	CMSXS 165	BR 601	BR 700	CMSXS 114
A (%)	59,19	52,79	30,90	49,73
c (%/h)	3,10	1,63	6,89	2,13
S (%)	2,15	9,89	3,81	1,82
B1 (%)	57,03	42,90	27,09	47,91
TC (h)	2,38	9,87	6,54	1,75
DE 2,0%/h (%)	36,81	29,17	24,81	26,50
DE 5,0%/h (%)	23,97	20,45	19,51	16,11
DE 8,0%/h (%)	18,07	17,16	16,35	11,88
R ²	0,99	0,97	0,98	0,97

Os potenciais de degradação variaram de 59,19% para a silagem da linhagem CMSXS165 a 30,90% para a silagem do BR700. Quanto às taxas de degradação, a silagem do genótipo BR700 (6,89%/h) foi superior às demais, sendo seguido pela linhagem CMSXS165 (3,10%), CMSXS114 (2,13%) e BR601 (1,63%). A menor taxa de degradação da silagem do BR601 pode ser atribuída a características físicas e estruturais da sua parede celular, capazes de dificultar o acesso microbiano a

essa fração (Van Soest, 1994). Já com relação às frações degradáveis da FDN a silagem do genótipo CMSXS165 apresentou valor superior de 57,03%, sendo seguida pela silagem da linhagem CMSXS114 de 47,91%, pela silagem do BR601 de 42,90% e pelo BR700 de 27,09%. Apesar de ser um componente estrutural e logo, insolúvel (Van Soest, 1994), foi observada uma fração solúvel para a fibra em detergente neutro (FDN). Essa pequena solubilidade da FDN

encontrada neste experimento poderia ser explicada pela falta de homogeneidade no preparo das amostras para incubação, no qual a moagem em peneira com malha de abertura de 5 mm promoveu uma excessiva quebra das diferentes partes da planta de sorgo, aumentando a proporção de partículas que escapariam através dos poros da bolsa de náilon sem ser degradada (Serafim, 1998; Lara, 1999).

Considerando diferentes genótipos de sorgo avaliados por vários autores (Rabelo, 1997; Serafim et al., 2000; Molina et al., 2002), verifica-se que na maioria dos casos a perda da FDN no t_0 está entre 4 e 21%, e valores próximos foram verificados no presente experimento. As degradabilidades efetivas da FDN para as silagens de sorgo deste experimento nas taxas de passagem de 2, 5 e 8%/h foram de 36,81, 23,97 e 18,07% para o CMSXS165; 29,17, 20,45 e 17,16% para o BR601; 24,81, 19,51 e 16,35% para o BR700 e 26,50, 16,11 e 11,88% para o CMSXS114. Campos et al. (2003b) avaliando degradabilidade *in situ* das silagens de sorgo com e sem tanino, encontraram valores de DE para o BR701 com tanino de 39,10, 29,40 e 25,70% nas taxas de passagem de 2, 5 e 8%/h, respectivamente. E Lara (1999) encontrou valores de DE variando de 45,8 a 54,14% para uma taxa de 2%/h, 37,57 a 46,36% para uma taxa de 5%/h e de 34,55 a 43,06%/h para uma taxa de 8%/h em silagens de sorgo. Os valores encontrados pelos autores acima foram superiores ao deste experimento para todos os genótipos avaliados.

A menor degradação da FDN dos genótipos pode ser devido a diferentes proporções de componentes estruturais (Van Soest, 1994) contidas nos mesmos, pois espécies forrageiras de alta digestibilidade possuem parede primária delgada (não lignificada) e aquelas de baixa digestibilidade possuem baixo conteúdo e parede celular espessa (lignificada) (Wilson e Hatfield, 1997). Tal afirmação ajuda a explicar as baixas degradabilidades obtidas para o BR700 que neste trabalho apresentou uma MS elevada indicando que sua colheita foi realizada em um estágio de maturação avançado, com mais lignina, comprometendo a degradabilidade da fibra.

Ao comparar as degradabilidades efetivas (DE) da FDN das linhagens isogênicas, verificou-se que a presença do tanino pode ter sido a responsável pelos menores valores de DE obtidos para a linhagem CMSXS 114 com tanino ($p < 0,05$). Este mesmo efeito pode ser verificado quando comparadas as degradabilidades dos híbridos BR 601 (sem tanino) e BR 700 (com tanino) e ainda ao comparar a degradabilidade da FDN da linhagem CMSXS 114 (com tanino) e do híbrido BR 601 (sem tanino) sugerindo que os taninos podem exercer efeitos na redução da degradabilidade efetiva da FDN.

4.5.4.2. Fibra em detergente ácido (FDA)

Na Tabela 10 são descritos os valores de degradabilidade da fibra em detergente ácido.

Tabela 10. Desaparecimento médio (%) da fibra em detergente ácido das silagens de quatro genótipos de sorgo em função dos tempos de incubação

Horários	Genótipos			
	CMSXS 165	BR 601	BR 700	CMSXS 114
06	5,02 ^{1a}	2,78 ^{1ab}	1,26 ^{1b}	2,91 ^{1ab}
12	15,14 ^{1Ea}	8,36 ^{1Eb}	7,19 ^{1Db}	8,95 ^{1Eb}
24	26,91 ^{1Da}	17,32 ^{1Db}	17,51 ^{1Cb}	19,26 ^{1Db}
48	44,11 ^{1Ca}	28,70 ^{1Cb}	22,99 ^{1Bc}	30,31 ^{1Cb}
72	50,84 ^{1Ba}	33,16 ^{1Bb}	23,94 ^{1Abc}	33,98 ^{1Bb}
96	54,40 ^{1Aa}	40,98 ^{1Ab}	26,40 ^{1Ac}	40,77 ^{1Ab}

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais na mesma coluna e minúsculas na mesma linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste SNK ($p > 0,05$). CV= 7,86%

Durante o período de 6 horas de incubação pôde-se observar que a silagem do genótipo CMSXS165 foi semelhante ($p > 0,05$) ao CMSXS114 e BR601 e superior ($p < 0,05$) ao BR700, que por sua vez foi semelhante ($p > 0,05$) ao CMSXS114 e BR601. No entanto, a partir de 12 horas, a silagem da linhagem CMSXS165 foi a que apresentou a maior ($p < 0,05$) degradabilidade da FDA e os demais materiais não diferiram entre si ($p > 0,05$), exceto o BR700 no período de 48, 72 e 96 horas de incubação com valores inferiores ($p < 0,05$) aos encontrados para o BR601 e CMSXS114 ($p > 0,05$). Com o avançar dos tempos de incubação houve uma aumento da degradabilidade da FDA para as silagens de todos os genótipos, sem tendência de estabilização, exceto o BR700 que estabilizou a degradação da FDA com 72 h de incubação.

Campos et al. (2003b) avaliando a degradabilidade *in situ* da silagem de quatro genótipos de sorgo com e sem tanino encontraram valores de 32,9, 45,1 e 53,8%;

33,5, 47,3 e 55,3%; 30,1; 47,5 e 56,8% e 25,2, 45,1 e 53,2% para os genótipos CMSXS210, BR701, BR007 e CMSXS214, respectivamente nos tempos de 48, 72 e 96 horas de incubação. Semelhante ao encontrado neste trabalho, os autores não verificaram estabilização da fermentação da fração FDA. E os valores encontrados pelos autores foram semelhantes aos observados para a linhagem CMSXS165 e superiores aos demais materiais deste experimento. Magalhães et al. (2005) avaliando a degradabilidade ruminal de quatro genótipos de sorgo encontraram valores de 36,9 a 45,72% e 40,25 a 48,36%, para os períodos de 72 e 96 horas de incubação. Os valores apresentados pelos autores foram semelhantes aos observados para a linhagem CMSXS165 e superiores aos demais genótipos utilizados neste trabalho.

Os parâmetros de cinética de degradação da fibra em detergente ácido são demonstrados na Tabela 11.

Tabela 11. Potenciais de degradação (A), taxas de degradação (c), frações solúveis (S), frações degradáveis (B1), tempos de colonização (TC) e degradabilidades efetivas (DE), nas taxas de passagem 2,0%/h, 5,0%/h e 8,0%/h, da fibra em detergente ácido das silagens de quatro genótipos de sorgo

Parâmetros	Genótipos			
	CMSXS 165	BR 601	BR 700	CMSXS 114
A (%)	57,62	48,23	25,37	42,95
c (%/h)	3,12	1,85	5,91	2,68
S (%)	1,31	0,88	0,46	1,30
B1 (%)	56,31	47,36	24,91	41,65
TC (h)	3,61	2,97	5,76	4,28
DE 2,0%/h (%)	35,63	23,65	19,07	25,13
DE 5,0%/h (%)	22,95	13,68	13,95	15,82
DE 8,0%/h (%)	17,12	9,78	11,04	11,74
R ²	0,99	0,97	0,96	0,96

Os valores de potencial de degradação da FDA foram de 57,62% para a silagem do genótipo CMSXS165, 48,23% para a silagem do BR601, 25,34% para o BR700 e 42,95% para o CMSXS114. A maior taxa de degradação foi verificada para a silagem do BR700, de 5,91%/h, sendo seguida pela silagem da linhagem CMSXS165 (3,12%/h), CMSXS114 (2,68%/h) e BR601 (1,85%/h). As frações solúveis obtidas para as silagens avaliadas foram pequenas e podem ser atribuídas a erros inerentes à técnica *in situ*, como passagem de partículas pelos poros do saco de náilon.

As degradabilidades efetivas da fração FDA, obtidas para as taxas de passagem de 2, 5 e 8%/h foram de 35,63; 22,95 e 17,12% para a silagem do CMSXS165; 23,65, 13,68 e 9,78% para a silagem do BR601; 19,07, 13,95 e 11,04% para a silagem do BR700 e 25,13, 15,82 e 11,74% para a silagem do CMSXS114.

Magalhães et al. (2005) avaliando a degradabilidade *in situ* de silagens de sorgo encontraram valores de DE da FDA nas taxas de passagem de 2, 5 e 8%/h de 34,56, 31,16 e 28,78%; 21,50, 20,22 e 19,23%; 35,50, 33,29 e 31,76% e 34,81, 34,16 e 33,61% para os genótipos Volumax, CMSXS217 9929012, ATF54 9929036 e ATF53 9929036, respectivamente. Os

valores encontrados por estes autores foram superiores aos deste experimento. Molina (2000) observou variações de 31,39 a 45,15% (para 2%/h), de 18,23 a 33,81% (para 5%/h) e de 13,41 a 29,64% (para 8%/h). Quando comparados com os dados deste experimento os valores apresentados por Molina (2000), foram semelhantes aos da linhagem CMSXS165 e superiores aos demais.

As diferenças nos resultados médios de DE da FDA, dos genótipos de sorgo avaliados, podem ser justificadas pelas diferenças no potencial de digestão das diferentes proporções de componentes estruturais. Segundo Campos et al. (2003b), o fator de maior efeito sobre a extensão e a taxa de degradação da parede celular dos vegetais é a presença de lignina, sendo observada uma correlação negativa entre degradabilidade da matéria orgânica no rúmen e a lignina. Isto ajuda a explicar os baixos valores de DE da FDN e FDA do BR700, que conforme mencionado anteriormente foi colhido em um estágio de maturação mais avançado.

Além da lignina os compostos fenólicos como os taninos têm sido apontados como uma barreira primária para a degradação das frações fibrosas, estando a redução de sua concentração relacionada positivamente

com a digestão e Pires (2003) observou redução da digestibilidade aparente da FDN e FDA de silagens de sorgo com tanino nos grãos. Quando comparados as DE da FDA das linhagens isogênicas utilizadas neste experimento, a linhagem CMSXS165 sem tanino foi superior ao CMSXS114, em todas as taxas de passagem, sugerindo que os taninos condensados presentes em silagens de sorgo comprometam a degradabilidade da fração fibrosa.

4.6. CONCLUSÕES

Os taninos do sorgo podem influenciar negativamente a degradabilidade ruminal, pois ao comparar as silagens dos materiais utilizados, a do genótipo CMSXS 165 sem tanino, se destacou, em relação às silagens da linhagem CMSXS114 com tanino e dos híbridos BR700 com tanino e BR601 sem tanino, apresentando maior degradabilidade ruminal da matéria seca, proteína bruta e das frações fibrosas.

4.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRICULTURAL RESEARCH
COUNCIL - ARC. *The nutrient requirements of ruminant livestock*. spl. 1. Slough: Commonwealth Agricultural Bureaux. 1984. 45p.

ASSOCIATION OFFICIAL
ANALYTICAL CHEMISTS International. *Official methods of analysis*. 16 ed. Washington, D.C.: *Animal feed.*, cap. 4, 1995.

BARRY, T.N.; MANLEY, T.R. Interrelationships between the concentrations of condensed tannin, free condensed tannin and lignin in Lotus sp. And their possible consequences in ruminant nutrition. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v.37, p.248-254, 1986.

BORGES, I. *Influência da dieta na degradabilidade in situ do caroço de algodão integral, e do bagaço de cana-de-açúcar auto-hidrolisado, na dinâmica da fermentação ruminal e na cinética sanguínea de ovinos*. Belo Horizonte: UFMG - Escola de Veterinária, 1997. 130p. Tese (Doutorado em Ciência Animal)

CAMPOS, W.E. *Degradabilidade in situ de componentes nutricionais das silagens de quatro genótipos de sorgo com (CMS-XS 210 e BR 701) e sem tanino (CMS-XS 214 e BR 007)*. Belo Horizonte: UFMG - Escola de Veterinária, 2001. 85p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia).

CAMPOS, W.E.; SATURNINO, H.M.; SOUSA, B.M. et al. Degradabilidade *in situ* da silagem de quatro genótipos de sorgo com e sem tanino. I. Matéria seca e proteína bruta. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.55, p.209-215, 2003a.

CAMPOS, W.E.; SATURNINO, H.M.; SOUZA, B.M., et al. Degradabilidade *in situ* da silagem de quatro genótipos de sorgo com e sem tanino. II - Fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, hemicelulose e celulose. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, vol.55 no.4, 2003b.

- CARNEIRO, J.C.C.; OLIVEIRA E SILVA, J.O.; VIANA, A.C. et al. Avaliação da degradabilidade *in situ* da matéria seca e da fibra em detergente neutro de silagens de milho ("Zea mays"), sorgo ("Sorghum bicolor") e girassol ("Helianthus annuus") In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39, 2002, Recife. *Anais...* Recife: SBZ, 2002. CD-ROM.
- HAGERMAN, A.E.; BUTLER, L.G. Choosing appropriate methods and standards for assaying tannin. *J. Chem. Ecol.*, v.15, p.1795-1810, 1989.
- HOBSON, P.N., STEWART, C.S. *The rumen microbial ecosystem*. 1ed. London: Blackie Academic and Professional. 1997. 340p.
- KUMAR, R.; SINGH, M. Tannins: their adverse role in ruminant nutrition. *J. Agric. Food Chem.*, v.32, p.447-453, 1984.
- LARA, A.C. *Degradabilidade in situ dos componentes nutricionais das silagens do sorgo BR 601 colhido em três estádios de maturação*. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 1999. 67p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia).
- LINDBERG, J.E. Estimation of rumen degradability of feed proteins with the in sacco technique and various *in vitro* methods: a review. *Acta Agric. Scandinavica*. suppl. 25, p.65-97, 1985.
- MAGALHÃES, R.T., GONÇALVES, L. C., RODRIGUES, J. A. S. et al. Estimativa da degradabilidade ruminal de quatro genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) utilizando a técnica *in situ*. *Acta Sci. Anim. Sci.* Maringá, v. 27, n. 4, p. 483-490, 2005.
- MAKKAR, H.P.S.; BLUMMEL, M.; BECKER, K. *In vitro* rumen apparent and true digestibilities of tannin rich forages. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.67, p.245-251, 1997.
- MAKKAR, H.P.S.; BOROWY, N.K.; BECKER, K. Some problems in fiber determination of a tannin rich forage "Acacia saligna leaves" and their implications *in vivo* studies. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.55, p.67-76, 1995.
- MANGAN, J.L. Nutritional effects of tannins in animal feeds. *Nutr. Res. Rev.*, v.1, p.209-231, 1988.
- MARTINS, A.S.; ZEOULA, L.M.; PRADO, I.N. et al. Degradabilidade ruminal *in situ* da matéria seca e proteína bruta das silagens de milho e sorgo e de alguns alimentos concentrados. *Rev. Bras. Zootec.*, v.28, p.1109-1117, 1999.
- McDONALD, J. A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. *J. Agric. Sci. (Cambridge)*. v.96, n.1, p.251-252, 1981.
- McLEOD, M.N. Plant tannins - their role in forage quality. *Nutrition Abstracts and Reviews*, v.44, n.11, p.803-815, 1974.
- MICHALET-DOREAU, B.; OULD-BAH, M.Y. *In vitro* and in sacco methods for the estimation of dietary nitrogen degradability in the rumen: a review. *Animal Feed Science and Technology*, v.40, p.57-86, 1992.
- MOLINA, L.R. *Avaliação nutricional de 6 genótipos de sorgo colhidos em três estádios de maturação*. 2000, 33f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Escola de Veterinária, UFMG. Belo Horizonte.

MOLINA, L.R.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, N.M. et al. Digestibilidade *in situ* das frações fibrosas de silagens de seis genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L) Moench) em diferentes estágios de maturação. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.54, p.169-179, 2002.

MOLINA, L.R.; RODRIGUEZ, N.M.; SOUZA, B. M. et al. Parâmetros de degradabilidade potencial da matéria seca e da proteína bruta das silagens de seis genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), com e sem tanino no grão, avaliados pela técnica *in situ*. *R. Bras. Zootec.* v.32 n.1 Viçosa jan./fev. 2003a.

MOLINA, L.R.; RODRIGUEZ, N.M.; GONÇALVES, L.C. et al. Efeito do tanino na degradabilidade *in situ* da matéria seca e da proteína bruta de seis genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) ensilados no estádio de grão pastoso. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* v.55 n.2 Belo Horizonte abr. 2003b.

OLIVEIRA, C.L.M. *Avaliação nutricional de silagens de híbridos de Sorghum bicolor x Sorghum sudanense*. 1997, 31f. Dissertação (Mestrado em zootecnia) - Escola de Veterinária, UFMG. Belo Horizonte.

ØRSKOV, E.R., HOVELL, F.D.B. AND MOULD, F. The use of the náilon bag technique for evaluation of feedstuffs. *Trop. Anim. Prod.*, v.5,p.195-213, 1980.

ØRSKOV, E.R., McDONALD, J. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements of feed in weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci. (Cambridge)*. v.92, n.2, p.499-503, 1979.

PEREIRA, L.G.R. *Potencial forrageiro da cultura do girassol (Helianthus annuus L.) para a produção de silagem*. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 2003. 134p. Dissertação (Doutorado em Ciência Animal).

PIRES, D. A. A. *Consumo e digestibilidade aparente em ovinos, de silagens de sorgo (Sorghum bicolor (L.)) com e sem tanino nos grãos*. 2003. 53p. Dissertação (Mestrado em zootecnia) Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

POSSETI, R.A., FERRARI JR, E., BUENO, M.S. et al. Parâmetros biológicos e fermentativos das silagens de milho e girassol. *Ciência Rural*, v.35, n.5, p.1185-1189, 2005.

RABELO, E. *Degradabilidade *in situ* de silagens de híbridos de sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench) de porte médio com diferentes teores de tanino e suculência no colmo*. 1997, 49f. Dissertação (Mestrado em zootecnia) - Escola de Veterinária, UFMG. Belo Horizonte.

REED, J.D. Nutritional toxicology of tannins and related polyphenols in forage legumes. *Journal of Animal Science*, v.73, n.5, p.1516-1528, 1995.

ROCHA JÚNIOR, V. R. *Qualidade das silagens de sete genótipos (Sorghum bicolor (L.) Moench) e seus padrões de fermentação*. 1999, 66f. Dissertação (Mestrado em zootecnia) - Escola de Veterinária, UFMG. Belo Horizonte.

SAMPAIO, I.B.M. *Experimental designs and modelling techniques in the study of roughage degradation in rumen and growth of ruminants*. Reading: Univesity of Reading, 1988. 214p. Tese (Doutorado em Fisiologia).

SATTER, L.D., SLYTER, L.L. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production *in vitro*. *British J. Nut.* v.32, n.7, p.199-205, 1974.

SERAFIM, M.V. *Degradabilidade in situ dos componentes nutricionais das silagens de três cultivares de sorgo (BR303, BR601 e BR700)*. 1998, 44f. Dissertação (Mestrado em zootecnia) - Escola de Veterinária, UFMG. Belo Horizonte.

SERAFIM, M.V.; BORGES, I.; GONÇALVES, L.C. et al. Desaparecimento *in situ* da matéria seca, proteína bruta e fração fibrosa das silagens de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.52, p.634-640, 2000.

SILVA, F.F. *Qualidade das silagens de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) de portes baixo, médio e alto com diferentes proporções de colmo + folhas/panículas*. 1997, 47f. Dissertação (Mestrado em zootecnia) - Escola de Veterinária, UFMG. Belo Horizonte.

SOUZA, B.M. *Degradabilidade in situ dos componentes nutricionais das silagens de três genótipos de sorgo (CMSXS 180, CMSXS 227 e BR 700)*. 2001, 36f. Dissertação (Mestrado em zootecnia) - Escola de Veterinária, UFMG. Belo Horizonte.

THIAGO, L.R.L.S. Utilização da Técnica de Degradabilidade *In Situ* para avaliação de Forragens e Alimentos Concentrados. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE RUMINANTES, 1994, Maringá. *Anais...* Maringá: EDUEM, 1994. p.89-93.

TOMICH, TR. *Potencial forrageiro de híbridos de sorgo com capim Sudão avaliados em regime de corte*. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 2003. 88p. Dissertação (Doutorado em Ciência Animal).

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

VAN SOEST, P.J., ROBERTSON, J.B., LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.

WILSON, J.R.; HATFIELD, R.D. Structure and chemical change of cell wall types during stem development: consequences for fiber degradation of forage. *Crop Sci.*, Madison, v. 35, p. 251-259, 1997.

CAPÍTULO V

DEGRADABILIDADE E CINÉTICA DE FERMENTAÇÃO RUMINAL DAS SILAGENS DE QUATRO GENÓTIPOS DE SORGO COM E SEM TANINOS NOS GRÃOS AVALIADAS PELA TÉCNICA *IN VITRO* SEMI-AUTOMÁTICA DE PRODUÇÃO DE GASES

5.1. RESUMO

Este trabalho teve como objetivos avaliar a degradabilidade e a cinética de fermentação ruminal das silagens de quatro genótipos de sorgo (CMSXS 165, CMSXS 114, BR 700 e BR 601), determinadas por meio da técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases, utilizando inóculos de ovinos. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso em esquema de parcelas sub-divididas, sendo as médias comparadas pelo teste SNK ($p < 0,05$). Os parâmetros potencial máximo de produção de gases (A), tempo de colonização (L), taxa de produção de gases (μ) e degradabilidade efetiva foram obtidos pelo modelo de France et al. (1993). As comparações entre os genótipos nos diferentes períodos de fermentação indicaram que o genótipo CMSXS165 sem tanino foi o que apresentou maior produção cumulativa de gases. Os valores de degradabilidade da matéria seca (DMS) apresentados às 96 horas de fermentação foram de 69,20% para a silagem da linhagem CMSXS165, 53,80% para a silagem da linhagem CMSXS114, 55,6% para a silagem do BR601 e 54,40% para o BR700, sendo que os três últimos não diferiram ($p > 0,05$). Os potenciais máximos de produção de gases variaram de 173 para a silagem do BR700 a 212 mL/g de MS para a silagem da linhagem CMSXS165. A silagem da linhagem CMSXS165 sem tanino se destacou entre as demais, em função do seu maior potencial de produção de gases e degradabilidades efetivas. Os resultados deste experimento sugerem que os taninos comprometem a degradabilidade e a cinética de fermentação ruminal das silagens de sorgo.

Palavras chave: ruminantes, silagem, técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases, valor nutricional.

5.2. ABSTRACT

This study aimed to evaluate the dry matter digestibility and fermentation kinetics of four sorghum genotypes silages (CMSXS 165, CMSXS 114, BR 700 e BR 601) estimated by semi-automated *in vitro* gas production technique. The statistical design was a randomized blocks, being the means compared by SNK test ($p < 0.05$) and fermentation kinetics parameters calculated using France et al. (1993) model. The comparison among genotypes in the different periods of fermentation indicated that the greater cumulative gas production was verified to CMSXS165 genotype silage. The dry matter degradability (DMD) values after 96 hours incubation were: 69.20% to CMSXS165 silage, 53.80% to CMSXS114 silage, 55.6% to BR601 silage and 54.40% to BR700 silage, being that the three last ones had not differed ($p > 0.05$). The maximum gas production potentials ranged from 173 mL/g of dry matter to BR700 silage up to 212 mL/g of DM to CMSXS165. The silage of CMSXS165 without tannin if detached enters excessively, in function of its potential greater of production of gases and degradabilities effective. The results of this experiment suggest that the tannin compromise the degradability and the kinetic one of ruminal fermentation of the silages of sorghum.

Keywords: nutritional value, ruminant, semi-automated *in vitro* gas production technique, silage.

5.3. INTRODUÇÃO

A planta de sorgo é uma das espécies mais adaptadas à produção de silagem, apresentando facilidade de cultivo, altos rendimentos e produção de silagem de boa qualidade (Zago, 1991). Apresenta ainda uma importante característica de manter vivo o seu sistema radicular após a colheita para ensilagem, o que possibilita a utilização da rebrota. Por ser uma cultura que apresenta boa resistência ao estresse hídrico, torna-se uma boa opção para produção de silagens em regiões áridas e semi-áridas (Pires et al., 2001).

O sorgo pode apresentar ou não a presença de taninos. Estes compostos fenólicos podem conferir a planta algumas vantagens como: resistência ao ataque de pragas e doenças fúngicas, reduzir a geminação de grãos na panícula e resistência ao ataque de insetos. Porém, para os animais estas substâncias são consideradas como fatores antinutricionais, já que formam complexos com proteínas e carboidratos causando diminuição na digestibilidade dos alimentos e desempenho dos animais.

A técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases proposta por Maurício et al. (1999) oferece a possibilidade de caracterização da cinética de fermentação ruminal (taxa de fermentação e extensão da degradação). Além disto, esta técnica pode ser recomendada para os estudos dos fatores antinutricionais, apresentando uma série de vantagens para as técnicas *in situ* ou *in vitro* baseadas em determinações gravimétricas, já que nestas técnicas podem ocorrer a solubilização dos fatores antinutricionais e estes serem computados como matéria seca degradada (Getachew et al, 1998). A concentração de compostos fenólicos é negativa e mais significativamente correlacionada com a produção de gases do que com a degradabilidade da matéria seca

obtida pela técnica dos saquinhos de náilon (Khazaal et al, 1993).

O objetivo desse experimento foi avaliar através da técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases a degradabilidade e a cinética de fermentação ruminal das silagens de quatro genótipos de sorgo, sendo dois híbridos (BR601 sem tanino e BR700 com tanino) e duas linhagens isogênicas (CMSXS165 sem tanino e CMSXS114 com tanino).

5.4. MATERIAL E MÉTODOS

5.4.1. Local do experimento

O cultivo e ensilagens dos materiais foram realizados nas dependências da Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas - MG, enquanto o ensaio de digestibilidade pela técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases, procedeu-se no Laboratório *in vitro* de produção de gases da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais.

5.4.2. Tratamentos e processamento das amostras

As silagens de sorgo avaliadas neste experimento (CMSXS165, CMSXS114, BR700 e BR601) foram as mesmas utilizadas no experimento de consumo e digestibilidade aparente (Capítulo III) sendo provenientes das amostras de sete dias de período experimental cujas composições químicas são demonstradas na Tabela 4 – Cap. III. Os materiais foram amostrados dos alimentos oferecidos aos animais ao longo do experimento de consumo. Do material amostrado foi feito um pool por genótipo, que foi submetido à pré-secagem em estufa de ventilação forçada a 55° C por 72 horas e posteriormente moído em

moinho com peneira de diâmetro de 1 mm. Em seguida, foram armazenados em frascos de polietileno, com tampas e posteriormente utilizados para incubação nos frascos de fermentação.

5.4.3. Procedimento experimental

5.4.3.1. Frascos de fermentação

A incubação foi feita em frascos de vidro com capacidade para 160 mL que previamente ao experimento foram lavados com água destilada e secos. Posteriormente os frascos foram saturados com dióxido de carbono e adicionados com um grama de substrato. Foram utilizados três frascos para cada genótipo e mais três frascos de brancos (frascos contendo apenas o meio de cultura e o inóculo). Para cada frasco, foram adicionados manualmente, utilizando uma proveta, 90 mL de meio de cultura conforme Theodorou et al. (1994). Os frascos foram vedados com rolhas de borracha (14 mm) e seladas com anilhas de alumínio. Para evitar que qualquer tipo de fermentação ocorresse, os frascos foram mantidos a 4 °C durante a noite. Cinco horas antes da inoculação os frascos foram removidos da geladeira para estufa a 39 °C até o momento da inoculação. As leituras de pressão foram tomadas em maior frequência durante o período inicial de fermentação e reduzidas posteriormente (2, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 19, 24, 30, 36, 48, 72, e 96 h), sendo que após as leituras de 6, 12, 24, 48 e 96 horas os frascos foram retirados para a determinação da degradabilidade.

5.4.3.2. Meio de cultura

O meio de cultura era composto por 7 L de solução tampão de carbonato de amônio e bicarbonato de sódio; 7 L de solução macromineral de fosfato de sódio, fosfato de potássio e sulfato de magnésio; 3,5 mL

de solução micromineral (cloreto de cálcio, cloreto de manganês, cloreto de cobalto, cloreto ferroso); 35,2 mL de solução de rezarzurina 0,1% e meio B (cisteína, hidróxido de sódio 1M, sulfito de sódio), conforme descrito por Maurício et al., (1999). Este foi agitado constantemente e saturado com CO₂ por duas horas até atingir coloração rosada, sendo então adicionados 90 mL desta solução aos frascos de fermentação com auxílio de uma proveta. Os frascos foram vedados com rolhas de silicone (14mm) e mantidos a 4°C durante a noite para evitar que qualquer tipo de fermentação ocorresse.

5.4.3.3. Preparação do inóculo e inoculação

Cinco horas antes da inoculação os frascos com as amostras e o meio de cultura foram removidos da geladeira para estufa a 39°C até o momento da inoculação. A inoculação foi feita com líquido ruminal obtido dos mesmos ovinos utilizados no ensaio de degradabilidade *in situ* (Capítulo IV), sendo utilizados inóculos obtidos de três animais (cada inóculo foi considerado como uma repetição). A dieta dos animais era a mesma do experimento de degradabilidade *in situ*, constituída de feno de “Coast-cross” (*Cynodon* spp) à vontade e 300g/dia de concentrado comercial com 20% PB (base de milho, farelo de soja e minerais).

O líquido ruminal foi retirado manualmente com auxílio de uma mangueira plástica e armazenado em garrafas térmicas previamente aquecidas. No laboratório, o líquido ruminal foi filtrado através de duas camadas de panos de algodão sob injeção contínua de CO₂ e mantido em banho-maria a 39°C. A inoculação foi realizada através da injeção de 10 mL do inóculo por frasco através de seringa plástica graduada. Imediatamente após a inoculação, os frascos tiveram a pressão estabilizada

através da inserção de agulhas (25 mm x 7 mm) nas tampas dos frascos. As agulhas foram posteriormente retiradas, os frascos manualmente agitados e colocados em estufa a 39°C e deu-se o início da contagem dos tempos de fermentação.

5.4.3.4. Produção de gases

A pressão originada pelos gases foi medida através de um transdutor de pressão (tipo T443A, Bailey & Mackey, Inglaterra) conectado em sua extremidade a uma agulha (25 mm x 7 mm). As leituras de pressão foram tomadas em maior frequência durante o período inicial de fermentação e reduzidas posteriormente (2, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 19, 24, 30, 36, 48, 72 e 96 h). A partir da inserção da agulha na tampa de silicone a pressão produzida no interior dos frascos foi lida no leitor digital e registradas em planilhas para cálculos posteriores do volume de gases pela equação matemática sugerida por Maurício et al (2003):

$$VG \text{ (mL)} = 0,051 P^2 + 4,43 P - 0,004 \quad (r^2 = 0,99)$$

Em que: VG = volume de gases produzido e P = pressão em psi.

5.4.3.5. Degradabilidade da matéria seca (DMS)

A DMS foi obtida pela relação entre a porcentagem do material inicialmente incubado e o resíduo após os períodos de 6, 12, 24, 48 e 96 horas de fermentação. O resíduo da degradação foi obtido por meio da filtragem do conteúdo de cada frasco (retirados após os períodos de incubação definidos) em cadinhos de porosidade 1 e posterior secagem em estufa a 100°C por 12 horas.

5.4.4. Procedimentos estatísticos

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso em esquema de parcelas sub-divididas, onde os três diferentes inóculos foram equivalentes aos blocos, os genótipos (CMSXS 165, CMSXS 114, BR 700 e BR 601) aos tratamentos e os tempos de incubação de 6, 12, 24, 48 e 96 horas às sub-parcelas, conforme esquema da análise de variância abaixo.

Fontes de variação	Graus de liberdade
Genótipos (parcelas)	3
Inóculos (blocos)	2
Erro (A)	6
Total de parcelas	11
Horário (sub-parcelas)	4
Genótipos x horário	12
Erro (B)	32
Total de sub-parcelas	59

Para a comparação das médias de cada tratamento nos diferentes períodos de incubação e das médias dos diferentes períodos de incubação dentro de cada tratamento, utilizou-se o teste de SNK a 5% de probabilidade.

Os dados de produção cumulativa de gases oriundos da fermentação de cada tratamento foram ajustados através do software *Maximun Likelihood Program* (Ross, 1980) ao modelo de France et al. (1993):

$$Y = A \left\{ 1 - \exp \left[-b(t-L) - c x (\sqrt{t} - \sqrt{L}) \right] \right\} \quad (1)$$

Em que,

Y = produção cumulativa de gases (mL);
 A = assíntota ou potencial máximo de produção de gases;
 L = tempo de colonização (*lag time*);
 b (h⁻¹) e c (h^{-0,5}) = taxas fracionais constantes

Uma taxa fracional (h^{-1}) combinada à produção de gases (μ) foi calculada como:

$$\mu = b + \frac{c}{2\sqrt{t}} \quad (2)$$

Em que,

μ = taxa de produção de gases (h^{-1});
 b e c = parâmetros semelhantes ao da equação (1);
 t = tempo de incubação em horas.

Conforme recomendações do ARC (1984) as degradabilidades efetivas (DEMS) empregando as taxas de passagem de 2, 5 e 8%/h para baixo, médio e alto consumo, respectivamente, foram calculadas pela equação (3) proposta por France et al. (1993), utilizando o software MLP (Ross, 1980).

$$DEMS = S_0 e^{-kT} (1 - kI) / (S_0 + U_0) \quad (3)$$

Em que,

k = taxa de passagem;

S_0 e U_0 = frações inicialmente fermentáveis e frações não fermentáveis, respectivamente.

$$I = \int_0^t \exp[-(b+k)(t-T) + c(\sqrt{t} - \sqrt{T})] dt$$

Foi feito ainda, um estudo de regressão e correlação entre os parâmetros de degradabilidade da matéria seca (DMS) e produção cumulativa de gases (PCG) para a silagem de cada genótipo avaliado.

5.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As composições bromatológicas das silagens avaliadas podem ser verificadas na Tabela 4. do capítulo III.

Na Tabela 1 encontram-se as produções cumulativas de gases e as degradabilidades da matéria seca das silagens dos quatro genótipos de sorgo, após 6, 12, 24, 48 e 96 horas de fermentação.

Tabela 1. Produções cumulativas de gases (em mL/g de MS) corrigidas para um grama de matéria seca (PCG) e degradabilidade da matéria seca em percentagem (DMS) após 6, 12, 24, 48 e 96 horas de fermentação das silagens de quatro genótipos de sorgo (CMSXS165, CMSXS114, BR601 e BR700)

Genótipos	Períodos de fermentação				
	6	12	24	48	96
<i>PCG</i>					
CMSXS-165	24,54 ^{Aa}	59,92 ^{Ab}	108,70 ^{Ac}	167,61 ^{Ad}	206,87 ^{Ae}
CMSXS-114	19,47 ^{Aa}	46,70 ^{ABb}	80,92 ^{BCc}	131,59 ^{Bd}	167,92 ^{Be}
BR601	19,89 ^{Aa}	53,94 ^{Ab}	93,37 ^{ABc}	140,09 ^{Bd}	172,14 ^{Be}
BR700	14,04 ^{Aa}	30,74 ^{Bb}	63,53 ^{Cc}	130,08 ^{Bd}	160,02 ^{Be}
<i>DMS</i>					
CMSXS-165	25,7 ^{Aa}	32,2 ^{Ab}	47,1 ^{Ac}	60,7 ^{Ad}	69,0 ^{Ae}
CMSXS-114	17,2 ^{Ba}	22,9 ^{Bb}	32,1 ^{Bc}	45,4 ^{Bd}	53,8 ^{Be}
BR601	13,7 ^{Ba}	23,4 ^{Bb}	34,5 ^{Bc}	47,5 ^{Bd}	55,6 ^{Be}
BR700	15,3 ^{Ba}	19,7 ^{Bb}	28,3 ^{Cc}	45,4 ^{Bd}	54,4 ^{Be}

Letras maiúsculas idênticas significam semelhança estatística ($p>0,05$) em uma mesma coluna; letras minúsculas idênticas representam semelhança estatística em uma mesma linha (DMS: CV = 1,06%; PCG: CV= 3,73 %).

Com relação às produções acumulativas de gases, até o período de 6 horas não foram verificadas diferenças entre as silagens dos

genótipos ($p>0,05$), no entanto, a partir das 12 horas a silagem do genótipo BR700 se mostrou inferior às silagens da linhagem

CMSXS 165 e BR601 ($p < 0,05$) e semelhante à linhagem CMSXS114 ($p > 0,05$). Ainda neste período as linhagens CMSXS165 e CMSXS114 e o híbrido BR601 não diferiram entre si ($p > 0,05$). A partir do período de 24 horas a silagem do genótipo BR700 foi inferior ($p < 0,05$) às silagens da linhagem CMSXS165 e BR601 e semelhante ($p > 0,05$) ao CMSXS114. Neste mesmo período a linhagem CMSXS114 foi semelhante ($p > 0,05$) ao BR601 e inferior ($p < 0,05$) ao CMSXS165. E do período de 48 até 96 horas a silagem do genótipo CMSXS165 se destacou, apresentando as maiores produções cumulativas de gases ($p < 0,05$) quando comparado às silagens dos genótipos CMSXS114, BR700 e BR601, que por sua vez foram estatisticamente semelhantes ($p > 0,05$). As produções cumulativas

apresentadas no período de 96 horas foram de 206,87 mL/g de MS para a silagem da linhagem CMSXS165, 167,92 mL/g de MS para a silagem da linhagem CMSXS114, 172,14 mL/g de MS para a do híbrido BR601 e 160,02 mL/g de MS para a do híbrido BR700. As comparações entre as silagens dos genótipos nos diferentes períodos de fermentação indicam que a partir de 48 horas, o CMSXS165 foi o que sofreu maior fermentação.

Para a produção de gases ao longo do processo fermentativo, pôde ser observado um aumento significativo ($p < 0,05$) para as silagens de todos os genótipos até o período de 96 horas. O mesmo pode ser observado na Figura 1, onde estão representados os quatro genótipos de sorgo.

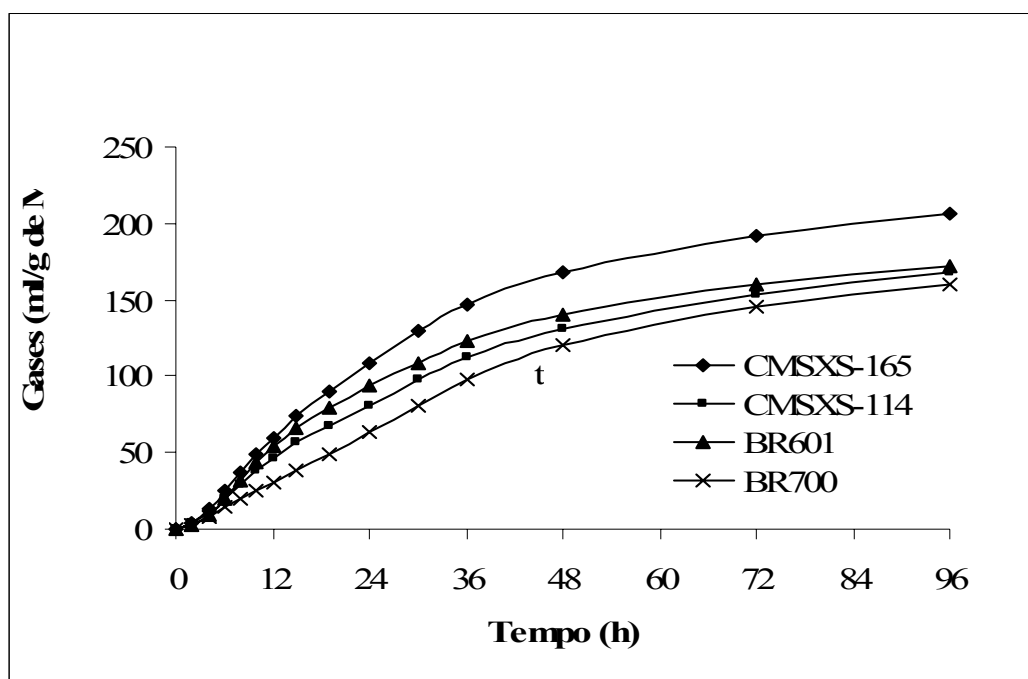


Figura 1. Produção acumulativa de gases das silagens de dois híbridos de sorgo (BR700 com tanino e BR601 sem tanino) e de duas linhagens isogênicas (CMSXS114 com tanino e CMSXS165 sem tanino).

Neste gráfico nota-se a superioridade da curva obtida para a silagem do genótipo CMSXS165, quando comparado às do

CMSXS114, BR700 e BR601, que mostraram valores aproximados, principalmente o CMSXS 114 e o BR601.

Quanto às degradabilidades da matéria seca, a silagem do genótipo CMSXS165 apresentou maior DMS que os demais materiais em todos os tempos de fermentação ($p < 0,05$). As silagens dos genótipos CMSXS114, BR700 e BR601 foram estatisticamente semelhantes ($p > 0,05$) nos tempos de 6, 12, 48 e 96 horas, exceto no período de 24 horas, em que a silagem do BR700 foi inferior ($p < 0,05$) ao BR601 e CMSXS114.

Assim como verificado nas PCG, quando os diferentes períodos de fermentação foram avaliados para o mesmo genótipo, observa-se um aumento significativo na DMS ($p < 0,05$) à medida que avança o tempo de incubação.

Campos et al. (2002), Cabral et al. (2003) e Souza et al. (2003) avaliaram a digestibilidade *in situ* e *in vitro* das silagens de diferentes cultivares de sorgo (alto e baixo tanino) e encontraram valores de degradabilidade da MS em 96h próximos de 60%. Estes valores foram inferiores ao encontrado neste experimento para a linhagem CMSXS165 e superiores aos observados para o CMSXS114, BR700 e BR601, para 96h. Gontijo Neto et al. (2002) determinaram a digestibilidade *in vitro* da matéria seca de cinco cultivares de sorgo forrageiro e de duplo propósito. As plantas foram cortadas a 15 cm do solo no estágio de grão farináceo, sendo que a média de digestibilidade encontrada foi de 61,69% para o AG2005E, valor semelhante ao do CMSXS165 e superior aos valores do CMSXS114, BR601 e BR700 utilizados neste estudo. Maurício et al. (2003) mediram a produção de gases da silagem de quatro cultivares de sorgo (BR700, BR701,

BR601, AG2002) obtendo valores de degradabilidade de 60, 60, 65 e 59%, respectivamente para o período de 96h de fermentação. Os valores mostrados pelos autores foram superiores aos encontrados neste experimento para o BR700 e BR601 e inferiores ao valor obtido para a linhagem CMSXS165.

As equações de regressão mostraram altas correlações entre os resultados de DMS e PCG (CMSXS165: $PCG = 0,408DMS - 77,83$ " r^2 " = 0,99; CMSXS114: $PCG = 0,397DMS - 46,87$ " r^2 " = 0,99; BR700: $PCG = 0,362DMS - 30,63$ " r^2 " = 0,99; BR601: $PCG = 0,365DMS - 41,41$ " r^2 " = 0,99), demonstrando que para cada genótipo avaliado, o volume de gás produzido pode refletir o processo de degradação da matéria seca.

Quando avaliada a produção cumulativa de gases e a degradabilidade da MS das linhagens isogênicas, foi observada uma superioridade ($p < 0,05$) da linhagem CMSXS165 sem tanino quanto a degradabilidade da MS em todos os períodos de fermentação e a produção cumulativa de gases a partir das 48h. Estas comparações sugerem que os taninos presentes na linhagem CMSXS114 comprometem a degradabilidade da MS e a produção cumulativa de gases.

Os parâmetros da cinética de produção de gases e degradabilidade efetiva, determinados pelo modelo de France et al. (1993), referentes à matéria seca das silagens de sorgo, encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2. Potencial máximo de produção de gases (A) em mL/g de MS, tempo de colonização (TC) em horas, taxa de produção de gases (μ) em mL/g de MS/h e degradabilidade efetiva da matéria seca (% de MS) para as taxas de passagem 2,0%, 5,0% e 8% das silagens de quatro genótipos de sorgo

Parâmetros	Genótipos			
	CMSXS165	BR601	BR700	CMSXS114
A (mL/g de MS)	212 ^A	176 ^B	173 ^B	179 ^B
TC (horas)	1,39 ^C	1,57 ^B	1,88 ^A	1,53 ^B
μ (mL/g de MS/h)	0,031 ^A	0,034 ^A	0,019 ^B	0,028 ^A
DE 2,0%/h (%)	44,4 ^A	36,2 ^B	29,7 ^C	32,4 ^{BC}
DE 5,0%/h (%)	30,3 ^A	24,5 ^B	17,8 ^C	21,6 ^{BC}
DE 8,0%/h (%)	24,7 ^A	19,3 ^B	13,6 ^C	17,5 ^{BC}

Letras maiúsculas idênticas significam semelhança estatística ($p > 0,05$) em uma mesma linha

Os potenciais máximos de produção de gases variaram de 212,00 para o genótipo CMSXS165 a 173,00 mL/g de MS para o BR700. A linhagem CMSXS165 foi superior ($p < 0,05$) aos demais tratamentos, demonstrando que este material foi o que expressou a maior degradação ruminal, sem considerar o tempo de permanência da digesta dentro do rúmen.

O tempo de colonização (TC) representa o tempo compreendido entre o início da incubação até a ação microbiana sobre a amostra testada. As reduções no tempo de colonização são favorecidas pela presença de substratos prontamente fermentáveis, ausência de fatores antinutricionais e por características físicas e químicas (como maior ou menor teor de lignina) da parede celular da amostra. No presente trabalho o menor tempo de colonização ($p < 0,05$) foi verificado para a silagem da linhagem CMSXS165 sem tanino, sendo seguido pelos genótipos CMSXS114 e BR601 (1,53 e 1,57 horas, respectivamente), já o BR700 teve o maior tempo de colonização dentre os materiais estudados (1,88 horas).

As taxas de produção de gases obtidas neste experimento foram semelhantes ($p > 0,05$) para as linhagens e para o híbrido BR601, sendo de 0,031 mL/g de MS/h para a linhagem CMSXS165, 0,028 mL/g de MS/h para a linhagem CMSXS114 e 0,034 mL/g de MS/h para o BR601. O híbrido BR700 teve o menor valor ($p < 0,05$) dentre os

materiais estudados para a taxa de produção de gases.

A degradabilidade efetiva da matéria seca (DEMS) foi calculada para taxas de passagem de 2, 5 e 8%/h conforme recomendações do Report... (1984). Segundo o Agricultural Research Council (1984) trabalha-se com taxas de passagem de 2,0%/h para bovinos e ovinos alimentados em nível de manutenção, de 5,0%/h para vacas até 15 kg de leite/dia e para bovinos de corte e ovinos alimentados com dietas mistas e de 8,0%/h para vacas com produção de leite acima de 15 kg de leite/dia. Os valores de DEMS deste trabalho se encontram na Tabela 2 e pode-se observar que a linhagem CMSXS165 foi superior ($p < 0,05$) aos demais materiais para todas as taxas de passagem. O híbrido BR601 foi semelhante ($p > 0,05$) a linhagem CMSXS114 e superior ($p < 0,05$) ao BR700, sendo que este último não diferiu da linhagem CMSXS114 ($p > 0,05$).

Maurício et al. (2003) ao avaliarem a produção de gases das silagens de quatro cultivares de sorgo obtiveram valores de potencial máximo de produção de gases de 179, 179, 194 e 166 mL/g de MS, para os híbridos BR700, BR701, BR601 e AG2002, respectivamente. O valor encontrado por estes autores para o híbrido BR700 foi semelhante ao observado neste estudo e o valor do BR601 superior ao do presente trabalho.

De acordo com Tomich (2003), partindo-se do princípio que os gases produzidos refletem a degradação da amostra testada, a taxa e o potencial máximo de produção de gases são, provavelmente, os principais parâmetros para avaliar a qualidade de forrageiras testadas pela técnica de produção de gases. Sendo assim, forrageiras mais fermentáveis ou digestíveis seriam aquelas que apresentam maiores valores de potencial máximo associado a alta taxa de produção de gases, resultando numa maior fermentação do material em menor tempo de incubação. E neste trabalho ao realizar as comparações seguindo estes parâmetros acima a linhagem CMSXS165 sem tanino mostrou-se superior aos demais genótipos para potencial máximo de produção de gases.

Segundo Blummel e Orskov (1993) trabalhando com resultados obtidos através da técnica de produção de gases e sacos de náilon sugeriram que a taxa de fermentação (μ) e a taxa de degradação da matéria seca (c) respectivamente proporcionaram altos coeficientes de correlação com consumo e digestibilidade. Desta forma os parâmetros de France et al. (1993), principalmente μ e DEMS obtidos neste experimento indicam a possibilidade de que as silagens da linhagem CMSXS165 sem tanino e do híbrido BR601 sem tanino proporcionem um maior consumo e provavelmente maior potencial nutritivo para os ruminantes. Comparando-se as linhagens isogênicas (só diferem no conteúdo de tanino) nota-se a superioridade da linhagem sem tanino, o que provavelmente indica o efeito prejudicial deste compostos na fermentação ruminal.

5.6. CONCLUSÕES

Os taninos do sorgo podem influenciar negativamente a degradabilidade e a fermentação ruminal.

5.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL - ARC. *The nutrient requirements of ruminant livestock*. Sppl. 1. Slough: Commonwealth Agricultural Bureaux. 1984. 45p.

BLÜMMEL, M., ØRSKOV, E.R. Comparison of *in vitro* gas production and nylondegradability of roughage in predicting feed intake in cattle. *Animal Feed Science and Technology*. V.40, p.109-119, 1993.

CABRAL, L.S., VALADARES FILHO, S.C., DETMANN, E. et al. Composição químico-bromatológica, produção de gás, digestibilidade *in vitro* matéria seca e NDT estimado da silagem de sorgo com diferentes proporções de panícula. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 32, p. 1250 - 1258, 2003.

CAMPOS, F.P., LANNA, D.P.D., BOSE, M.L.V. et al. Degradabilidade do capim elefante em diferentes estágios de maturidade avaliada pelo método *in vitro*/gás. *Scientia Agricola*, v. 59, n.2, p. 217-225, 2002.

FRANCE, J., DHANOA, M.S., THEODOROU, M.K., et al. A model to interpret gas accumulation profiles associated with *in vitro* degradation of ruminant feeds. *J. Theor. Biol.*, v. 163, p. 99-111, 1993.

GETACHEW, G., BLÜMMEL, M., MAKKAR, H.P.S. et al. *In vitro* gas measuring techniques for assessment of nutrition quality of feeds: a review. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.72, n.3-4, p.261-281, 1998.

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

KHAZAAL, K., MARKANTONATOS, X., NASTIS, A., ORSKOV, E.R. Changes with maturity in fibre composition and levels of extractable polyphenols in greek browse: effects on *in vitro* gas production and in sacco dry matter degradation. *Journal Science Food and Agriculture*. V.63, p. 237-244, 1993.

MAURICIO, R.M., MOULD, F.L., DHANOA, M.S., OWEN, E., CHANNA, K.S., THEODOROU, M.K. A semi-automated *in vitro* gas production technique for ruminants feedstuff evaluation. *Anim. Feed Sci. Tech.*, 79:321-330. 1999.

MAURÍCIO, R.M., PEREIRA, L.G.R., GONCALVES, L.C. et al. Relação entre pressão e volume para implantação da técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases na avaliação de forrageiras tropicais. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, vol.55, n.2, p.216-219, 2003.

ROSS, G.J.S. *Maximun Likelihood Program (A Manual)*. Tothmsted Experimental Station, Hampendon. 1980.

SOUZA, V.G., PEREIRA, O.G., MORAES, S.A., et al. Valor nutritivo da silagem de sorgo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.32, n.3, p. 753-759, 2003.

THEODOROU, M.K., WILLIAMS, B.A., DHANOA, M.S., McALLAN, A.B., e FRANCE, J. A new gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminal feeds. *Anim. Feed Sci. Tech*, v. 48, p. 185-197, 1994.

TOMIC, TR. Potencial forrageiro de híbridos de sorgo com capim Sudão avaliados em regime de corte. 2003. 88p. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

PIRES, D.A.A., GONÇALVES, L.C., RODRIGUES, J.A.S., RODRIGUEZ, N.M., BORGES, I., BORGES, A.L.C.C., SALIBA, E.O.S., TOMICH, T.T., JAYME, C.G. Consumo e digestibilidade aparente da matéria seca das silagens de quarto genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) em ovinos. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 38, 2001, Piracicaba, *Anais...* Piracicaba: SBZ, 2001. p. 1283-1284.

ZAGO, C.P. 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.

CAPÍTULO VI

CONCLUSÕES GERAIS

Os resultados deste trabalho permitem concluir que o período experimental de consumo e digestibilidade aparente pode ser reduzido sem comprometer a confiabilidade dos dados.

Com base nos resultados obtidos nos experimentos de consumo e digestibilidade aparente, degradabilidade *in situ* e técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases, a silagem da linhagem CMSXS165 sem tanino se destacou entre os demais, sugerindo que os taninos interferem na digestibilidade aparente, degradabilidade ruminal e produção cumulativa de gases das silagens de sorgo que o contenham.