



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MONTES CLAROS

**DEGRADABILIDADE *IN SITU* DE SILAGENS
DE SORGO COM E SEM TANINOS NOS
GRÃOS**

ROGÉRIA MARTINS CARDOSO

2011

ROGÉRIA MARTINS CARDOSO

**DEGRADABILIDADE *IN SITU* DE SILAGENS DE SORGO COM E
SEM TANINOS NOS GRÃOS**

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

Orientador:

Prof. DSc. Daniel Ananias de Assis Pires

**UNIMONTES
MINAS GERAIS – BRASIL
2011**

C268d

Cardoso, Rogéria Martins.

Degradabilidade *in situ* de silagens de sorgo com e sem taninos nos grãos [manuscrito] / Rogéria Martins Cardoso. – 2011.

45 p.

Dissertação (mestrado)-Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Montes Claros-Janaúba, 2011.

Orientador: Prof^o. DSc. Daniel Ananias de Assis Pires.

1. Forragem. 2. Silagem. 3. Sorgo. 4. Valor nutricional. I. Pires, Daniel Ananias de Assis. II. Universidade Estadual de Montes Claros. III. Título.

CDD. 633.62

ROGÉRIA MARTINS CARDOSO

**DEGRADABILIDADE *IN SITU* DE SILAGENS DE SORGO COM E
SEM TANINOS NOS GRÃOS**

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

APROVADA em 10 de JUNHO de 2011.

Prof. DSc. Vicente Ribeiro Rocha Júnior - UNIMONTES

Prof. DSc. Sidnei Tavares dos Reis - UNIMONTES

Prof^ª. DSc. Luciana Castro Geraseev - UFMG

Prof. DSc. Daniel Ananias de Assis Pires

(Orientador)

**UNIMONTES
MINAS GERAIS – BRASIL**

DEDICATÓRIA

Dedico primeiramente a Deus, razão da minha vida, por mais esta conquista.

Aos meus queridos pais, Terezinha e Manoel, que sempre incentivaram e apoiaram minhas decisões, e pelo amor, carinho, que sempre dedicaram e por tudo que hoje sou.

Aos meus irmãos, Patrícia e Davidson, pelo carinho e amizade.

Ao meu querido sobrinho e afilhado, João Vitor, pelo amor e carinho.

Ao meu namorado, Thiago, pelo amor, paciência e companheirismo durante todos os momentos.

Dedico ainda ao professor Daniel, pela oportunidade de realização desta pesquisa.

AGRADECIMENTOS

Dedico primeiramente a Deus, razão da minha vida, por mais esta conquista. Aos meus queridos pais, Terezinha e Manoel, que sempre incentivaram e apoiaram minhas decisões, e pelo amor, carinho, que sempre dedicaram e por tudo que hoje sou.

Aos meus irmãos, Patrícia e Davidson, pelo carinho e amizade.

Ao meu querido sobrinho e afilhado, João Vitor, pelo amor e carinho.

Ao meu namorado, Thiago, pelo amor, paciência e companheirismo durante todos os momentos.

Dedico ainda ao professor Daniel, pela oportunidade de realização desta pesquisa. À FAPEMIG, pelo apoio financeiro.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa concedida.

Ao professor Daniel, pela valiosa orientação, amizade, credibilidade, apoio e ensinamentos, fundamentais para a realização desta pesquisa.

Ao professor Vicente Ribeiro, pela coorientação, direcionamento e ajuda para o aperfeiçoamento deste trabalho.

Ao professor Sidnei Tavares, pelo auxílio com as análises estatísticas.

À banca examinadora, pelas sugestões importantes.

A todos os professores do Programa de Mestrado em Produção Animal, pela oportunidade de crescimento intelectual.

Aos funcionários da Universidade Estadual de Montes Claros, pelas colaborações.

Aos estagiários do laboratório de análise de Alimentos, por toda ajuda recebida.

A Paulinha, Eriko, Luciana e Leydi.

Aos meus pais, irmãos, sobrinho e a toda minha família que mesmo distantes sempre se fizeram presentes nos momentos mais difíceis.

Aos colegas do mestrado e às amigas Dalila, Julieta, Benara e Kléria por todos os momentos compartilhados.

Enfim a todos aqueles que, embora não citados, contribuíram de alguma forma para realização desta pesquisa.

MUITO OBRIGADA...

“Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina”.

Cora Coralina

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS.....	i
LISTA DE TABELAS	ii
LISTA DE FIGURAS.....	iii
RESUMO.....	v
ABSTRACT.....	vi
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Silagem de sorgo.....	3
2.2 Caracterização dos taninos.....	8
2.3 Formação do complexo tanino condensado/proteína.....	10
2.4 Efeitos dos taninos na nutrição de ruminantes.....	11
2.5 Efeitos benéficos dos taninos.....	13
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3.1 Plantio.....	15
3.2 Confeção das silagens.....	15

3.4.1 Local.....	16
3.4.2 Animais e alimentação.....	17
3.4.3 Preparo das amostras.....	17
3.5 Delineamento experimental e análises estatísticas.....	21
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
4.1 Degradabilidade da matéria seca.....	22
4.1.1 Curva do desaparecimento da matéria seca.....	24
4.2 Degradabilidade da proteína bruta.....	25
4.2.1 Curva do desaparecimento da proteína bruta.....	27
4.3 Degradabilidade da fibra em detergente neutro.....	28
4.3.1 Curva do desaparecimento da fibra em detergente neutro.....	31
4.4 Degradabilidade da fibra em detergente ácido.....	32
4.4.1 Curva do desaparecimento da fibra em detergente ácido.....	35
5 CONCLUSÕES.....	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	37

LISTA DE ABREVIATURAS

PB – Proteína bruta;

MS - Matéria seca;

FDN – Fibra em detergente neutro;

FDA – Fibra em detergente ácido;

CEL – Celulose;

NH₃/NT – Nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total;

LGN - Lignina;

HCEL - Hemicelulose;

pH – Potencial hidrogeniônico;

TC – Tanino condensado;

TH – Tanino Hidrolisável;

N-NH₃ – Nitrogênio amoniacal;

A – Fração solúvel;

B – Fração insolúvel potencialmente degradável;

C – Taxa de degradação;

Fi – Fração indigestível;

Dp – Degradação potencial;

De – Degradação efetiva;

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. . Protocolo de incubação e retirada dos sacos de náilon do rúmen.....	21
TABELA 2. Composição química e pH das silagens utilizadas no ensaio de degradabilidade.....	23
TABELA3. Fração solúvel (A), fração insolúvel potencialmente degradável (B), taxa de degradação (C), fração indigestível (Fi), degradação potencial (Dp), degradação efetiva (De) da matéria seca das silagens de quatro genótipos de sorgo com e sem tanino nos grãos.....	26
TABELA4. Fração solúvel (A), fração insolúvel potencialmente degradável (B), taxa de degradação (C), fração indigestível (Fi), degradação potencial (Dp), degradação efetiva (De) da proteína bruta das silagens de quatro genótipos de sorgo com e sem tanino nos grãos.....	30
TABELA5. Fração solúvel (A), fração insolúvel potencialmente degradável (B), taxa de degradação (C), fração indigestível (Fi), degradação potencial (Dp), degradação efetiva (De) da fibra em detergente neutro das silagens de quatro genótipos de sorgo com e sem tanino nos grãos.....	33
TABELA6. Fração solúvel (A), fração insolúvel potencialmente degradável (B), taxa de degradação (C), fração indigestível (Fi), degradação potencial (Dp), degradação efetiva (De) da fibra em detergente ácido das silagens de quatro genótipos de sorgo com e sem tanino nos grãos.....	37

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1- Desaparecimento da matéria seca (MS) de silagens de sorgo em função do tempo de incubação (horas)29

FIGURA 2 - Desaparecimento da proteína bruta (PB) de silagens de sorgo em função do tempo de incubação (horas) 32

FIGURA 3 - Desaparecimento da fibra em detergente neutro (FDN) de silagens de sorgo em função do tempo de incubação (horas).....36

FIGURA 4 - Desaparecimento da fibra em detergente ácido (FDA) de silagens de sorgo em função do tempo de incubação (horas).....39

RESUMO

CARDOSO, Rogéria Martins. Degradabilidade *in situ* de silagens de sorgo com e sem taninos nos grãos. 2011. 45 p. **Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, MG.**¹

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental da UNIMONTES em Janaúba, Minas Gerais, com o objetivo de avaliar a degradabilidade *in situ* e a cinética de degradação da matéria seca, proteína bruta, fibra em detergente neutro e da fibra em detergente ácido das silagens de quatro genótipos de sorgo, com presença e ausência de tanino nos grãos. Foram utilizados, 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). O plantio dos genótipos foi realizado no verão de 2009, em canteiros de 5 m de comprimento, 3 m de largura e espaçamento de 75 cm entre linhas. Após o corte, o material foi ensilado. Após a abertura dos silos as amostras foram pré-secas, moídas e acondicionados em frascos de vidro para análises de matéria seca, proteína bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, hemicelulose, celulose e lignina, pH, NH₃/NT e digestibilidade *in situ* da matéria seca. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições e quatro tratamentos e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Quanto à taxa de degradação da MS a silagem da linhagem CMSXS165 sem tanino foi superior a todos os tratamentos. O genótipo da linhagem isogênica sem tanino (CMSXS 165) apresentou maior degradabilidade efetiva da PB do que a linhagem com tanino (CMSXS 114). As silagens dos genótipos BR700 e CMSXS 114 com tanino apresentaram os maiores valores de fração indigestível da fração FDA (59,54 e 43,09%), respectivamente. Para a FDN, observou-se que o potencial de degradação da silagem da linhagem CMSXS165 sem tanino foi superior a todos os tratamentos. A linhagem BR700 foi semelhante ao CMSXS 114 e inferior ao BR 601. Assim, os resultados encontrados nesse experimento permitem concluir que a presença do tanino pode reduzir a degradabilidade ruminal, da matéria seca, proteína bruta e das frações fibrosas das silagens.

Palavras-chave: forragem, silagem, valor nutricional.

ABSTRACT

CARDOSO, Rogéria Martins. *In situ* degradability of silage of sorghum with and without tannin in the grains. 2011. 45 p. **Dissertation (Master's degree in Animal Science) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba – MG.**¹

The experiment was carried through at Experimental Farm of UNIMONTES in Janaúba, Minas Gerais in order to evaluate *in situ* degradability and the kinetic degradation of dry matter, crude protein, neutral detergent fiber and acid detergent fiber of silages of four sorghum genotypes, with presence and absence of tannin in the grains. They were used, two isogenic lines of grain sorghum (CMS-XS 114 with tannin and CMS-XS 165 without tannin) and two sorghum hybrids (double purpose, BR-700, with tannin and forage, BR-601, without tannin). The plantation of the genotypes was carried through in summer/2009, in seedbeds of 5 m of length, 3 m of width and spacing of 75 cm between lines. After the cut, the material was ensilaged. After the opening of the silos the samples were pre-dried, worn out and conditioned in glass bottles for analyses of dry matter, crude protein, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, hemicelluloses, cellulose and lignin, pH, NH₃/NT and *in situ* digestibility of the dry matter. The used experimental design was entirely at random, with four repetitions and four treatments and the averages compared by the Tukey test with the level of 5% significance. As for degradation rate of DM, the ensilage of CMSXS165 line without tannin was superior to all of the treatments. The isogenic line genotype without tannin (CMSXS 165) presented greater effective degradability of CP than the line with tannin (CMSXS 114). The ensilages of genotypes BR700 and CMSXS 114 with tannin presented the highest values of non digestible fraction of ADF (59.54 and 43.09%), respectively. For the NDF, it was observed that the potential of degradation of the ensilage of line CMSXS165 without tannin was superior to all of the treatments. Line BR700 was similar to 114 CMSXS one and inferior to BR 601 one. Thus, the results found in this experiment allow concluding that the presence of the tannin can reduce the rumen degradability of the dry matter, crude protein and fiber fractions of the ensilages.

Keywords: fodder, silages, nutritional value .

1 INTRODUÇÃO

Em função da grande competitividade do mercado e da necessidade de se produzir, cada vez mais, leite e carne de qualidade, o uso de tecnologias para intensificar o sistema de produção torna-se fundamental. Entretanto, a estacionalidade de produção de forragem, na maior parte do Brasil, pode ser considerada uma das principais causas dos baixos índices zootécnicos da pecuária no nosso país. Diante disso, a ensilagem surge como uma medida adotada pelos produtores para minimizar os efeitos estacionais na produção de alimento.

Nesse contexto, diversas gramíneas podem ser utilizadas para produção de silagens. Dentre elas, o sorgo se destaca por ser uma planta adaptada ao processo de ensilagem, devido às suas características fenotípicas que determinam facilidade de plantio, manejo, colheita e armazenamento, aliadas ao alto valor nutritivo, alta concentração de carboidratos solúveis, essenciais para uma adequada fermentação láctica, bem como aos altos rendimentos de massa seca por unidade de área (NEUMANN *et al.*, 2002).

Mas apesar das vantagens citadas anteriormente, o sorgo pode apresentar em sua composição compostos fenólicos resultantes do seu metabolismo secundário. Dentre estes compostos podemos citar: os ácidos fenólicos, os flavonoides e os taninos. Os taninos podem formar complexos com as proteínas dietéticas ou com as proteínas da mucosa digestiva, aumentando assim as perdas de proteína endógena (McNEILL *et al.*, 1998). O mesmo pode ocorrer em compostos como a celulose, a hemicelulose, a pectina, o amido e as saponinas. Já os efeitos *in vivo* 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, no crescimento e no ganho de peso) (CABRAL FILHO, 2004).

Assim, objetivou-se com esta pesquisa, avaliar a degradabilidade *in situ* e a cinética de degradação da matéria seca, proteína bruta, fibra em detergente neutro e da fibra em detergente ácido das silagens de quatro genótipos de sorgo com presença e ausência de tanino condensado nos grãos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1- Silagem de sorgo

O principal objetivo da conservação de forragens é a sua preservação durante o ótimo estágio de crescimento, para que essa 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 a 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).

Diversas espécies forrageiras podem ser utilizadas para o processo de ensilagem. Todavia, as culturas de milho (*Zea mays* L.) e sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) parecem ser as espécies mais adaptadas ao processo de ensilagem, devido à considerável produção de matéria seca e excelente qualidade das silagens produzidas (MELLO, 2004).

De acordo com Miranda e Pereira (2006), Embrapa (2008), estão disponíveis no mercado quatro tipos de sorgo: granífero; forrageiro para silagem e/ou sacarino; Forrageiro para pastejo/corte verde/fenação/cobertura morta, e o vassoura.

O granífero é um sorgo de porte baixo que varia de 1,00-1,70 metros de altura, desenvolvido especialmente para produção de grãos, possui panículas bem desenvolvidas, podendo chegar a 8 t ha⁻¹ de grãos secos. Quando utilizado para silagem, a produção de massa verde é muito baixa, geralmente abaixo de 30 t ha⁻¹, o que eleva o custo de produção, mas a qualidade da silagem é alta, devido à elevada participação de grãos na massa ensilada. Para compensar o menor porte da planta, elevar a produção de massa verde e reduzir o custo da silagem,

recomenda-se aumentar a densidade de plantio, visando a obter uma maior população de plantas por hectare na colheita (MIRANDA e PEREIRA, 2006; EMBRAPA, 2008).

O sorgo granífero tem uma boa capacidade de rebrota e a produtividade de grãos na rebrota pode alcançar valores médios de 80% do rendimento obtido na primeira colheita. A intensidade e a produção da rebrota é proporcional à sanidade das plantas na primeira colheita e do número de plantas sobreviventes. Este tipo de sorgo está entre os cinco cereais mais cultivados em todo o mundo, ficando atrás do arroz, trigo, milho e cevada (MIRANDA e PEREIRA, 2006; EMBRAPA, 2008).

O forrageiro para silagem e/ou sacarino por sua vez inclui os sorgos de porte alto que variam de 2,00 a 3,00 metros de altura, o que confere a esses genótipos um alto potencial de produção de massa verde, sendo utilizados para a produção de silagem e/ou produção de açúcar e álcool (MIRANDA e PEREIRA, 2006; EMBRAPA, 2008).

Existem no mercado várias empresas produzindo genótipos adaptados às diversas condições brasileiras. As variedades geralmente têm menor potencial de produção que os híbridos, especialmente em termos de grão. A produção de massa verde dos híbridos é alta, variando de 50 a 70 t/ha no primeiro corte. Eles têm boa rebrota, colhendo-se de 30 a 70% no segundo corte, dependendo da temperatura, da disponibilidade de água, da fertilidade do solo e adubação. Dos sorgos forrageiros destinados à produção de silagem, existem os sorgos forrageiros tradicionais, cuja maior vantagem é o baixo custo da silagem produzida (MIRANDA e PEREIRA, 2006; EMBRAPA, 2008). Entretanto, a qualidade da silagem produzida é inferior a uma boa silagem de milho, devido a uma baixa produção de grãos.

Em geral, os sorgos forrageiros de porte alto comercializados no Brasil apresentam colmos suculentos, com alto teor de açúcares, pois são derivados do

sorgo sacarino, que são destinados para produção de álcool e açúcar, além da silagem. Ao utilizar tais cultivares, o produtor deve atentar para o fato de que ao fazer a colheita, as plantas apresentem-se com 30-35% de matéria seca, aproximadamente, para evitar a perda de nutrientes por lixiviação, para obter um bom padrão de fermentação, e, conseqüentemente, obter uma silagem de boa qualidade.

Cultivares de porte alto são mais propensos ao acamamento ou tombamento das plantas, o que causa sérios prejuízos aos produtores, afeta qualidade e custo da silagem, pela perda de grãos e de folhas, além de dificultar ou impossibilitar a colheita mecanizada. Assim, para minimizar os problemas com acamamento, deve-se trabalhar com densidade de plantio adequada para cada tipo de material (MIRANDA e PEREIRA, 2006; EMBRAPA, 2008).

Os sorgos forrageiros de alta qualidade, conhecidos como sorgo de duplo propósito (grão e forragem), produzem silagem comparável à de milho. São genótipos de porte médio, com plantas variando de 2,00 a 2,30 metros de altura. A produção de massa verde é alta, variando de 40 a 55 t ha⁻¹ com boa produção e grãos (4 a 6 t ha⁻¹), o que confere alta qualidade à silagem. O rendimento da rebrota desse tipo de sorgo é razoável, variando de 20 a 50% do obtido no primeiro corte (MIRANDA e PEREIRA, 2006; EMBRAPA, 2008).

O sorgo forrageiro para pastejo/corte verde/fenação/cobertura morta são variedades de capim-Sudão ou híbridos interespecíficos de *Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*. O capim-Sudão é uma espécie anual, que pode atingir até 3 m de altura, colmos com espessura variando de 3 a 9 mm, folhas de 30 a 60 cm de comprimento e de 8 a 15 mm de largura, panículas com tamanho variando de 15 a 30 cm, que se apresentam abertas quando maduras. O capim-Sudão também se adapta ao clima seco e prospera em locais com baixa disponibilidade de água, embora responda bem à irrigação. As suas sementes apresentam boa germinação, com rápida emergência sob altas temperaturas do solo e do ar, tem melhor

capacidade de rebrota que a maioria das gramíneas anuais, permitindo utilizações sucessivas (MIRANDA e PEREIRA, 2006; EMBRAPA, 2008).

No tipo vassoura incluem os sorgos cujas panículas são utilizadas para produção de vassouras (MIRANDA e PEREIRA, 2006; EMBRAPA, 2008).

Além das diferenças quanto à altura, à produção de matéria seca e à composição bromatológica, os genótipos de sorgo também diferem pela presença ou ausência de taninos nos grãos. Os taninos são compostos fenólicos com alto peso molecular (500 a 3000 Daltons), capazes de formar ligações com proteínas e outras macromoléculas como os carboidratos, o que compromete o aproveitamento do alimento pelo ruminante (VAN SOEST, 1994).

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 Pires (2007), que avaliou o consumo e a digestibilidade aparente das silagens de quatro genótipos de sorgo com e sem tanino nos grãos, os resultados do seu experimento permitem concluir que 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.

Borges *et al.* (1999) observaram 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 dessa diminuição pela estocagem anaeróbica ainda não está completamente esclarecida.

Salawu *et al.* (1999), ao avaliarem o uso de taninos como aditivos de silagens, verificaram uma redução na concentração de nitrogênio solúvel e proteólise durante o processo de ensilagem em gramíneas que tiveram a adição de taninos. Os autores ainda atribuem à presença de taninos a redução na degradação de proteína no rúmen e posterior digestão no intestino sem qualquer efeito adverso sobre a digestibilidade total da matéria seca e proteína, ressaltando ser possível que, em decorrência do baixo pH final da silagem, a ligação tanino-proteína pode tornar-se mais fraca, facilitando a perda de proteína no rúmen.

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.

Em relação ao processo de ensilagem, os taninos têm sido apontados como protetores da degradação proteica de forragens (KONDO *et al.*, 2004) pela inibição de enzimas vegetais e microbianas ou pela capacidade de formar complexos com a fração proteica, reduzindo sua degradabilidade e, conseqüentemente, sua disponibilidade (MAKKAR, 2003).

Gonçalves *et al.* (1999), ao trabalharem com diferentes híbridos de sorgo, concluíram que as silagens com alta concentração de taninos apresentaram menores valores de nitrogênio na forma de amônia (N-NH₃) como porcentagem do nitrogênio total em relação aos híbridos de menor concentração, mostrando que o maior teor de taninos diminuiu a proteólise das silagens.

2.2-Characterização dos taninos

Os taninos pertencem a um grupo de compostos fenólicos, definidos como polímeros fenólicos solúveis em água que possuem capacidade de precipitar proteínas, íons metálicos, aminoácidos e polissacarídeos e que apresentam alto peso molecular (500-3000 Dalton) (HASLAN, 1966; JANSMAN, 1993; BATTESTIN, 2004).

Os taninos, normalmente, encontram-se nos vacúolos das células onde não interferem no metabolismo da planta, agindo apenas com a ruptura da célula, o que pode ser causado por algum choque mecânico, como a mastigação (MIN *et al.* 2003)

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, conforme Brandford e Hsiao (1982) baseiam-se no princípio de que, em relação à presença de algum fator limitante ao desenvolvimento das plantas, as taxas de crescimento das mesmas são mais sensíveis do que as taxas de fotossíntese. Portanto, quando a planta é submetida a algum fator que limite seu crescimento, ela pode sintetizá-los 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.

Alguns estudos sobre variações do teor de taninos mostram que há diferenças quando as plantas são coletadas e analisadas em períodos distintos (TEIXEIRA *et al.*, 1990 e CALDEIRA *et al.*, 1998). Polifenóis de baixo peso molecular foram analisados por Simon *et al.* (1999) em quatro espécies de carvalho obtidos do extrato da madeira. Esses autores concluíram que a

sazonalidade natural afeta a composição química devido a processos de desidratação e maturação.

Os taninos são classificados em dois grupos: os hidrolisáveis (carboidrato central com ligações de ácidos fenólicos carboxílicos) e os condensados (mistura de polímeros flavonoides) (VAN SOEST, 1994). Apesar de diferirem na distribuição botânica, nos produtos de hidrólise e em outras propriedades, esses taninos apresentam em comum a capacidade de formar complexo com as proteínas e carboidratos.

Os taninos hidrolisáveis são compostos que após hidrólise produzem carboidratos e ácidos fenólicos. São unidos por ligações éster-carboxila, sendo prontamente hidrolisável em condições ácidas ou básicas. Já 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 se decompõem quando tratados com ácidos, formando pequena quantidade de antocianidinas, sendo classificados como proantocianidinas. Quimicamente, os TC são polímeros de flavonoides: 3-hidroxi-flavanol e/ou 3,4-dihidroxi-flavanodiol. Os compostos fenólicos são sintetizados a partir da eritrose-4-fosfato, do fosfoenolpiruvato e da acetil coenzima A.

As principais vias metabólicas para formação deste composto nas plantas são as vias do ácido chiquímico e a do acetato (GETACHEW, 1999).

O acetato e a fenilalanina são os precursores necessários para a síntese dos flavonoides (estrutura básica dos taninos), originados do metabolismo dos carboidratos e proteína, respectivamente. Todo flavonoide possui uma estrutura típica $C_6-C_3-C_6$. Nos vegetais, a partir do ácido chiquímico podem ser sintetizados os taninos hidrolisáveis e os taninos condensados. No entanto, para que os taninos condensados sejam formados é necessária a formação de

fenilalanina a partir do ácido chiquímico. O flavan-3,4-diol é produzido via flavanol e intermediários do di-hidroflavanol. As rotas metabólicas exatas e as intermediações para a formação dos TC não são completamente conhecidas; entretanto, um grande número de enzimas que participam dos diferentes passos no processo de condensação dos taninos está sendo identificado. 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. As procianidinas altamente polimerizadas tornam-se insolúveis e são frequentemente destinadas para conexão de tecido estrutural das plantas (JANSMAN, 1993).

2.3 - Formação do complexo tanino condensado, proteína e fibra

Os taninos precipitam as proteínas por interações entre seus grupos hidroxil com os grupos carbonil das proteínas. As pontes de hidrogênio são provavelmente formadas entre as hidroxilas fenólicas dos taninos e as funções carbonílicas das ligações peptídicas das proteínas. As interações hidrofóbicas ocorrem entre os núcleos aromáticos dos taninos e as cadeias laterais alifáticas ou aromáticas dos aminoácidos proteicos (LUCK *et al.* 1994).

Nogueira (1993) relaciona algumas características que influenciam positivamente essa interação: alto peso molecular, estrutura mais aberta e flexível, ponto isoelétrico e conteúdo de prolina. Sendo esta última provavelmente o fator mais importante, uma vez que a prolina possui características hidrofóbicas e contribui para a formação mais aberta da molécula de proteína. A natureza e concentração dos carboidratos estruturais da parede celular são os principais determinantes da qualidade dos alimentos volumosos,

especialmente em forragens, podendo constituir de 30 a 80% da matéria seca das plantas forrageiras (TEIXEIRA E ANRDRADE, 2001).

A digestão dos polissacarídeos da parede celular é limitada pela presença de compostos fenólicos na matriz da parede celular. Compostos fenólicos como taninos têm sido apontados como uma barreira primária para a degradação das frações fibrosas, estando à redução de sua concentração relacionada positivamente com a digestão (FLINT, FORSBERG, 1995).

Os taninos podem reduzir a digestão da fibra por meio da complexação com a lignocelulose e evitar a digestão microbiana ou agir inibindo diretamente os microrganismos celulolíticos. Considerando-se que taninos podem afetar diretamente populações específicas de microrganismos no rúmen, é importante determinar o quanto da eficiência de síntese de proteína microbiana (g de nitrogênio microbiano/kg matéria orgânica digerida) é afetada (McSWEENEY *et al.*, 2001).

Hervás *et al.* (2003), ao utilizarem cevada com adição de taninos condensados (8,3% na MS) observaram efeito negativo sobre a degradabilidade da fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), sobrepondo o efeito sobre a fração proteica do alimento, citando ainda que o efeito dos TC sobre a fermentação ruminal é dose dependente, e que a administração de 2,8% em base de MS na dieta não causou qualquer efeito adverso sobre a fermentação ruminal.

2.4 - Efeitos dos taninos na nutrição de ruminantes

Os taninos são classificados na nutrição animal como um fator antinutricional, pois pode trazer prejuízos para a produção, afetar principalmente o consumo, a digestibilidade da proteína e dos aminoácidos (McDONALD *et al.* 1995).

A aceitabilidade é reduzida em decorrência da característica de adstringência que os taninos possuem. Essa por sua vez é caracterizada como a sensação causada pela formação de complexos entre os taninos e glicoproteína salivar (REED, 1995).

Gonzaga Neto *et al.* (2001), trabalhando com feno de catingueira (*Caesalpineia bracteosa*) na alimentação de ovinos, observaram que o aumento do nível do feno reduziu o consumo e a digestibilidade "*in vivo*" dos nutrientes, fato que os autores atribuíram ao elevado teor de tanino da planta, que superou os 6% considerados prejudiciais à digestibilidade em ovinos. Demarchi *et al.* (1995) mencionaram baixo desempenho produtivo dos animais alimentados com silagem de sorgo em comparação com os alimentados com silagem de milho, justificado pela presença de tanino no grão, que reduziria tanto o consumo quanto a digestibilidade do alimento.

Quando consumidos pelos animais os TC que se encontram na forma livre constituem complexos com as proteínas durante a ingestão, ruminação e ou as proteínas encontradas no rúmen. Esses complexos podem permanecer intactos durante todo processo digestivo, saindo nas fezes, representando uma importante perda de proteína dos alimentos (McNEIL *et al.* 1998).

Pereira Filho *et al.* (2005), avaliando a correlação entre o teor de tanino e a degradabilidade ruminal da matéria seca e proteína bruta do feno da jurema-preta, observaram que o aumento da concentração de tanino influencia negativamente a degradabilidade da matéria seca e mais intensamente a degradação da proteína bruta.

Nos ruminantes, a formação do complexo tanino-proteína é favorecida no rúmen, onde o pH se encontra em torno de 6,0 a 6,5, dissociando-se ao chegar ao abomaso, onde o pH está em torno de 2,0, possibilitando, assim, a ação de peptidases (LEINMÜLLER, 1991).

Pode-se dizer que os ruminantes são mais tolerantes aos taninos, pois a ação dos microrganismos do rúmen diminui os efeitos negativos desses compostos. Os principais mecanismos de toxidez dos taninos são: a inibição enzimática, privação do substrato, ação direta na membrana e a privação de íons metálicos (SCALBERT, 1991).

Para McSWEENEY (2001), a interação do tanino com a parede celular das bactérias pode afetar o transporte de nutrientes para as células dos microrganismos, retardando seu crescimento. No entanto, cepas de bactérias de uma mesma espécie podem diferir significativamente em sua tolerância aos taninos. Nesse contexto, Bae *et al.* (1993) e Jones *et al.* (1994) relataram que, em presença de taninos, algumas bactérias são submetidas a modificações morfológicas tais como alongação das células e formação de microcolônias aderentes.

Normalmente os microrganismos do rúmen são capazes de detoxificar diversos fatores antinutricionais em compostos mais simples e não tóxicos (SELINGER *et al.* 1996). Entretanto, o mecanismo de tolerância desses microrganismos ainda não está totalmente elucidado, mas as estratégias de adaptação podem envolver a proteção das proteínas da membrana pela deposição de lipídeos (PELL, 2000), formação de um espesso glicocálix e secreção de polissacarídeos com alta afinidade pelos taninos, reduzindo a formação de complexos com outras moléculas, assim como enzimas microbianas, essenciais para o crescimento dos microrganismos (SCALBERT, (1991); McSWEENEY (2001)).

2.5 - Efeitos benéficos dos taninos

A presença de teores moderados de TC (10 a 40 g/Kg⁻¹) no rúmen está relacionada à proteção da proteína da dieta contra a degradação pelos

microrganismos ruminais, o que aumenta o fluxo de proteína para absorção no intestino (MIN, 2003; MUETZEL e BECKER, 2006). Além da proteção contra degradação da proteína ruminal, níveis moderados de TC podem melhorar a eficiência de síntese de proteína microbiana (Makkar, 2003), com aumento no fluxo de nitrogênio não amoniacal para o intestino (SLIWINSKI, 2002).

Niezen *et al.* (1995) determinaram que os TC melhoraram o desempenho e reduziram a contagem de endoparasitas em ovinos alimentados com forrageiras com e sem tanino. Esses efeitos observados foram atribuídos 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: o aumento de aminoácidos essenciais ao intestino delgado melhorando o aproveitamento dos nutrientes pelo animal e com isto estimulando o sistema imune e a ação direta dos taninos sobre as larvas dos parasitos durante a passagem pelo intestino.

Segundo Barry e McNabb (1999), concentrações em torno de 0,5% na MS da dieta podem evitar a ocorrência de timpanismo espumoso, em razão da redução na degradabilidade ruminal da proteína.

Entretanto, Vitti *et al.* (2005) afirmaram que, não obrigatoriamente, a concentrações entre 2 e 4% na MS produzem efeito benéfico e que, nem sempre, valores superiores a 5% são responsáveis por danos ao metabolismo animal, devendo considerar outros aspectos referentes à composição da planta.

3- MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - Plantio

O sorgo foi cultivado nas dependências da Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo localizada no Km 65 da rodovia MG424, no município de Sete Lagoas -MG.

As coordenadas geográficas são 19°28' latitude sul e longitude 44°15'08" WGrW. O clima da região, segundo Koopen, é do tipo AW (clima de savana com inverno seco).

Foram utilizados neste experimento quatro tipos de sorgo, 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).

O plantio dos genótipos foi realizado no verão de 2009, em canteiros de 5 m de comprimento, 3 m de largura e espaçamento de 75 cm entre linhas. A adubação constou de 350 Kg de 8-28-16 no plantio e, após 40 dias, 110 Kg de ureia na cobertura.

3.2 - Confecção da silagem

Para ensilagem foram utilizadas apenas as duas fileiras centrais quando cada genótipo apresentou um teor de matéria seca adequado ao processo. Foram utilizados silos de laboratório feitos de tubos de PVC de 100 mm de diâmetro e 500 mm de comprimento, sendo a forrageira picada em picadeira estacionária e prensada com soquete de madeira.

Os silos foram vedados no momento da ensilagem, com tampas de PVC providas de válvulas tipo Bunsen e lacradas com fita crepe, sendo pesados antes e após a ensilagem. Foram feitas quatro repetições por tratamento e duas réplicas por parcela sendo confeccionado um total de trinta e dois silos, que foram abertos após 56 dias de ensilagem.

3.3 - Análises Bromatológicas

As análises bromatológicas foram realizadas no Laboratório de Análise de Alimentos do Departamento de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Montes Claros, Campus Avançado de Janaúba – MG.

No momento da abertura dos silos, o material foi homogeneizado e foram extraídos aproximadamente 200 ml de suco da silagem com auxílio de uma prensa hidráulica, para determinação dos valores de pH e nitrogênio amoniacal. Parte do material foi colocada em bandejas, pesada e posteriormente pré-seca em estufa de ventilação forçada a 55 °C, por 72 horas. As amostras pré-secas foram moídas em moinho estacionário com peneira de 1 mm e em seguida foram submetidas a análises de MS e PB segundo a AOAC (1990), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina pelo método sequencial de Van Soest *et al.* (1991). A partir do suco da silagem foram determinados os valores de pH empregando-se um peagômetro, e os valores de nitrogênio amoniacal por destilação com óxido de magnésio (AOAC, 1990).

3.4 - Avaliações “*in situ*”

3.4.1- Local

O experimento foi conduzido na fazenda experimental da Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES), localizada em Janaúba/MG e as

posteriores análises no laboratório de Análise de Alimentos da mesma instituição.

3.4.2- Animais e alimentação

Para a incubação *in situ*, foram utilizados quatro novilhos mestiços, fistulados no rúmen, com peso vivo médio de 450 kg, alojados em baias com cochos e bebedouros individuais. Antes do experimento, os animais foram tratados contra endo e ectoparasitas. Cada animal recebeu diariamente silagem de sorgo (VOLUMAX), água e uma mistura mineral comercial *ad libitum* e 2 kg de concentrado à base de milho e de farelo de soja.

3.4.3- Preparo das amostras

A composição bromatológica das silagens utilizadas no ensaio de degradabilidade *in situ* encontra-se na Tabela 1.

TABELA 1- Composição química e pH das silagens utilizadas no ensaio de degradabilidade (dados expresso na matéria seca)

	CMSXS 165	BR 601	BR 700	CMSXS 114
MS total (%)	28,22	22,29	32,66	31,02
PB (%)	12,62	7,99	8,61	10,27
FDN (%)	45,63	51,22	49,86	53,03
FDA (%)	25,66	29,65	27,51	30,07
Hcel (%)	19,96	21,57	22,35	22,36
cel(%)	20,53	25,3	19,71	22,61
Lignina (%)	5,13	4,35	7,80	7,46
pH	3,90	3,83	3,84	4,01
NH ₃ /NT (%)	4,28	6,02	4,01	5,89

Os parâmetros da cinética de degradação ruminal *in situ* da MS, FDN e FDA das silagens de sorgo foram estimados por meio da técnica dos sacos de náilon. Foram utilizados nesse procedimento sacos em náilon de 10 x 20 cm com poros de 50 micras. Eles foram secos a 65 °C por 48 horas e tiveram seus pesos registrados. Posteriormente, foram cheios com aproximadamente 5 g das silagens de sorgo estudadas as quais foram previamente moídas a 5 mm correspondente a uma relação peso da amostra/área do superficial do saco de náilon de 12,5 mg/cm² (NOCEK, 1988).

Foram colocados 3 sacos por tempo de incubação, em cada animal, dentro do rúmen nos seus respectivos horários de incubação. Foram confeccionados 3 sacos/genótipo/animal/tempo, perfazendo um total de 336 sacos.

Os sacos com as amostras foram atados por uma borracha elástica a um aro metálico e presos a uma presilha de contenção, e as mesmas ligadas a uma corda de náilon e uma corrente de ferro que funcionou como âncora 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	Procedimento	1° dia	2° dia	3° dia	4° dia	5° dia
1	Incubação	96 h	72 h	48 h	24 h	12 /6 h
	Retirada					6 /12 /24 /48 /72 /96 h
2	Incubação	96 h	72 h	48 h	24 h	12/6 h
	Retirada					6 /12 /24 /48 /72/96 h
3	Incubação	96 h	72 h	48 h	24 h	12 /6 h
	Retirada					6 /12 /24 /48 /72 /96 h
4	Incubação	96 h	72 h	48 h	24 h	12 /6 h
	Retirada					6 /12/24 /48 /72 /96 h

Nesse caso, as incubações foram realizadas, seguindo a inversão do tempo, de tal forma que todos os saquinhos foram retirados do rúmen no final do período de fermentação.

Imediatamente depois de retirados do rúmen, os sacos foram imersos em água fria e posteriormente lavados, manualmente, em água corrente na temperatura ambiente até que se mostrou límpida. Após a lavagem, os sacos foram colocados em bandejas e levados à secagem em estufa de ventilação forçada por 48 horas, e transferidos para um dissecador durante 30 minutos e pesados. Após esse procedimento, o material restante nos sacos, de um mesmo genótipo, animal e período de incubação, foram transformados em “pool” homogêneo. Os resíduos de incubação foram moídos em moinho com peneira de 1 mm e utilizados para determinação de MS (AOAC, 1995), PB, e FDN e FDA segundo Van Soest *et al.* (1991) em aparelho ANKOM20 Fiber Analyser.

Os teores dessas 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. Os dados obtidos foram ajustados para uma regressão não linear pelo método de Gauss-Newton (NETER, WASSERMAN e KUTNER, 1985), por meio do software SAS (SAS Institute, 2000), conforme a equação proposta por Orskov e McDonald (1979).

$$Y = a + b(1 - e^{-ct})$$

Em que:

Y = degradabilidade acumulada do componente nutritivo analisado, após um tempo t;

a = intervalo da curva de degradabilidade quando t = 0, correspondendo à fração solúvel do componente nutritivo analisado;

b = potencial de degradabilidade da fração insolúvel do componente nutritivo analisado;

a + b = degradabilidade potencial do componente nutritivo analisado, quando o tempo t não é um fator limitante;

c = taxa de degradação por ação fermentativa da fração b.

Uma vez calculadas as constantes a, b e c, elas foram aplicadas à equação proposta por Orskov e McDonald (1979);

$$P = a + \frac{b \cdot c}{c + k}$$

Em que:

P = degradabilidade ruminal efetiva do componente nutritivo analisado;

k = taxa de passagem ruminal do alimento (0,05%/h)

As degradabilidades efetivas ruminais foram calculadas e expressas em termos de matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro efetivamente degradada no rúmen.

3.5 - Delineamento experimental e análises estatísticas

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro repetições e quatro tratamentos.

Os dados, quando significativos, foram submetidos à análise de variância. Os resultados foram submetidos à análise estatística utilizando-se o Sistema de Análises de Variância (SISVAR), descrito por Ferreira (2000) e, para a comparação de médias, utilizou-se o teste de Tukey ao nível de 5% de significância, conforme o seguinte modelo:

$Y_{ij}: \mu + G_i + e_{ij}$, em que:

Y_{ij} = valor observado do genótipo i , na repetição j ;

μ = média geral;

G_i = efeito do genótipo, com $i = 1, 2, 3$ e 4 ;

e_{ij} = o erro experimental associado aos valores observados (Y_{ij}) que por hipótese tem distribuição normal com média zero e variância

4- RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1- Degradabilidade da matéria seca

Nota-se pela Tabela 3 que houve diferença ($p < 0,05$) em relação às concentrações das frações solúveis para todos os genótipos. A silagem da linhagem CMSXS165 apresentou o maior valor (26,72%), sendo seguida pela linhagem CMSXS114 (20,82%), BR601(19,06%) e BR700 (15,18%). Os resultados encontrados da fração A foram semelhantes ou ligeiramente superiores aos relatados por Molina *et al.* (2003) avaliando seis genótipos de sorgo com e sem tanino, que encontraram valores de (15,14 a 23,01%), e Araújo (2006) que relatou frações solúveis de 19,89% para o híbrido BR 700, e de 20,01% para o híbrido BR 601. Segundo Tonani *et al.* (2001), o desaparecimento da fração A caracteriza a solubilização dos açúcares e compostos nitrogenados solúveis remanescentes da fermentação no silo, constituída, principalmente, de sacarose, frutose, glicose e pequenas quantidades de manose e galactose.

TABELA 3. Fração solúvel (A), fração insolúvel potencialmente degradável (B), taxa de degradação (C), fração indigestível (Fi), degradação potencial (Dp), degradação efetiva (De) da matéria seca das silagens de quatro genótipos de sorgo com e sem tanino nos grãos

Parâmetros	Genótipos				CV %
	CMSXS 165	BR 601	BR 700	CMSXS 114	
A (%)	26,72a	19,06c	15,18d	20,82b	2,13
B (%)	45,89c	55,36a	53,83b	43,43d	1,14
C (%/h)	7,75a	4,25c	5,75b	5,25bc	11,23
Fi (%)	27,37c	25,57d	30,98b	35,74a	1,11
Dp (%)	72,62b	74,43a	69,01c	64,26d	0,47
De (%)	54,58a	43,52b	44,01b	43,13b	2,45

Letras iguais, nas linhas, não diferem entre si ($P > 0,05$), pelo teste de Tukey.

A fração insolúvel potencialmente degradável (B) da matéria seca ficou entre 43,43 e 55,36%, e o maior valor encontrado foi para a silagem da linhagem BR 601 (sem tanino), sendo que todas as silagens foram diferentes entre si ($p < 0,05$).

Quanto à taxa de degradação da MS, a silagem da linhagem CMSXS165 sem tanino foi superior ($p < 0,05$) a todos os tratamentos. O híbrido BR700 foi semelhante ($p > 0,05$) ao CMSXS 114 e superior ($p < 0,05$) ao BR601. Esses resultados são condizentes com os observados em silagem de boa qualidade. Segundo Sampaio (1994), taxas de degradação da matéria seca inferiores a 2% por hora indicam alimentos de baixa qualidade, pois necessitam de longo tempo de permanência no rúmen para serem degradados. Contudo, taxas de degradação menores foram obtidas por Serafim *et al.* (2000), que encontraram valores de (1,2 a 1,4%/h) para todas as silagens estudadas e Campos (2001) que relatou taxas de degradação de 2,01 %/h para os híbridos BR 701, (2,25%/h) BR 007 e 2,25%/h para o CMSXS 214.

Quando comparadas as linhagens isogênicas, o maior valor da fração indigestível Fi foi para a silagem da linhagem CMSXS114 (35,74%) com tanino e o menor valor para CMSXS 165 (27,37%) sem tanino. Essa diferença sugere que os taninos comprometem a digestibilidade das silagens que os contêm.

Os maiores valores observados de degradabilidade potencial (DP) foram para as silagens sem tanino (CMSXS165 e BR601). Comportamento semelhante para os genótipos sem tanino foi observado por Pires (2007), ao avaliar a degradabilidade *in situ* de silagens de sorgo, que encontrou degradabilidade potencial 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%). Entretanto, degradabilidade potencial superior à observada nesta pesquisa foi relatada por Molina *et al.* (2003) para silagens de sorgo BR 700

(76,41%). Essas diferenças podem ser atribuídas aos estádios de maturação do sorgo na ensilagem e na proporção de colmo, folhas e grãos da matéria ensilada.

Com relação à taxa de degradação efetiva da matéria seca, nota-se que a silagem da linhagem CMSXS165 sem tanino foi superior ($p < 0,05$) a todos os tratamentos e, ao se comparar as duas linhagens isogênicas CMSXS 165 e CMSXS 114, verifica-se que as diferenças encontradas podem ser atribuídas aos taninos, já que os mesmos podem influenciar na degradabilidade da MS. Sousa (2001) justifica o efeito deletério do tanino sobre a digestibilidade da MS como sendo originado de: inibição das enzimas digestivas microbianas; inibição do crescimento microbiano; indisponibilização do substrato para a microbiota ruminal, através da formação de complexo substrato-tanino insolúvel. Os resultados obtidos estão de acordo com Pires (2007), que encontrou valores de degradação efetiva DE para as taxas de passagem de 2,0, 5,0 e 8,0%/h de 58,47, 49,87 e 46,12% para a silagem da linhagem CMSXS165 sem tanino e 48,40, 41,19 e 38,04% para a silagem da linhagem CMSXS114.

4.1.1- Curva do desaparecimento da matéria seca

Conforme pode ser observado na figura 1, a degradabilidade da MS da silagem da linhagem CMSXS165 sem tanino apresentou maior fração solúvel e maior potencial de degradação, visto que a fração indigestível se estabilizou com 48 h de permanência da silagem no rúmen. A maior fração solúvel desta silagem está de acordo com a maior taxa de degradação deste material (7,75%). Quanto maior a fração solúvel e o potencial de degradação de um alimento, maior será sua taxa de degradação.

Para a silagem do genótipo CMSXS114, a fração solúvel foi semelhante à fração solúvel do genótipo BR601, no entanto a fração indigestível da silagem da linhagem CMS114 se estabilizou com 72 h de incubação. Comportamento

semelhante foi observado pela silagem do híbrido BR700, enquanto para a silagem do genótipo BR601 o tempo de incubação não foi suficiente para estabilizar a degradação da MS.

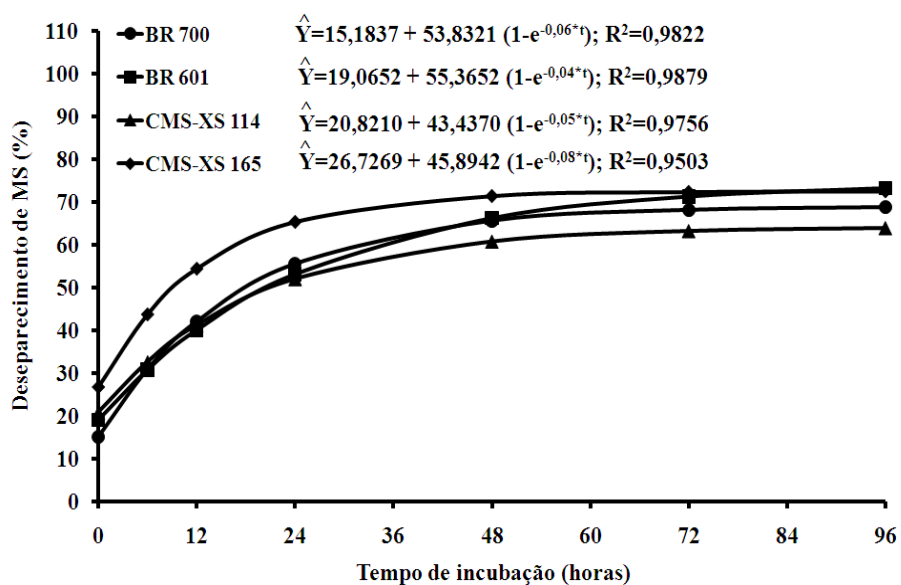


FIGURA 1 - Desaparecimento da matéria seca (MS) de silagens de sorgo, em função do tempo de incubação (horas).

4.2- Degradabilidade da proteína bruta

Similar ao ocorrido com a matéria seca, o genótipo CMSXS 165 apresentou a maior fração solúvel da PB que foi de 24,73%, sendo superior ($p < 0,05$) a todos os tratamentos (Tabela 4). Esses resultados foram semelhantes aos encontrados por Molina *et al.* (2003), que verificaram solubilidades da PB (t_0) variando de 19,55 a 23,01%, e por Serafim *et al.* (2000) que registraram valores médios de 23% para o mesmo parâmetro ao avaliarem silagens de

híbridos de sorgo. Entretanto, estes valores foram inferiores aos obtidos por Pires (2007), com variação de 35,51 a 55,19% para os mesmos genótipos avaliados neste experimento.

TABELA 4. Fração solúvel (A), fração insolúvel potencialmente degradável (B), taxa de degradação (C), fração indigestível (Fi), degradação potencial (Dp), degradação efetiva (De) da proteína bruta das silagens de quatro genótipos de sorgo com e sem tanino nos grãos

Parâmetros	Genótipos				CV %
	CMSXS 165	BR 601	BR 700	CMSXS 114	
A (%)	24,73a	23,65b	16,64d	22,45c	2,22
B (%)	45,12a	38,71c	40,35b	40,97b	0,96
C (%/h)	12,50a	4,75c	7,50b	6,50b	7,16
Fi (%)	30,13d	37,63b	43,00a	36,56c	1,04
Dp (%)	69,86a	62,36c	56,99d	63,43b	0,61
De (%)	56,98a	42,53c	40,67d	45,66b	1,37

Letras iguais, nas linhas, não diferem entre si ($P > 0,05$), pelo teste de Tukey

Para as frações insolúveis potencialmente degradáveis (B), foram obtidos valores que variaram de 38,71 a 45,12%. A silagem da linhagem CMSXS165 sem tanino apresentou maior fração potencialmente degradável quando comparada à silagem da linhagem CMSXS114 com tanino sugerindo que os taninos comprometem a degradação da PB nas silagens que as contenham.

Comportamento semelhante foi observado para a fração indigestível em que a silagem da linhagem CMSXS 165 sem tanino apresentou menor fração indigestível que a silagem da linhagem CMSXS114 com tanino, reforçando a sugestão de que os taninos comprometem a digestão de PB nas silagens em que estes compostos fenólicos estejam presentes.

A maior taxa de degradação (C) foi obtida pela silagem do CMSXS 165 (12,50%/h), seguida pela silagem do híbrido BR700 (7,50%/h), 6,50%/h para CMSXS 114 e de 4,75%/h para o BR 601. Esses valores encontrados estão acima do proposto por Sampaio (1988), que seria de 2 a 6 % para maioria dos alimentos vegetais. Contudo, as taxas de degradação foram em média superiores àquelas obtidas por Campos *et al.* (2003), que variaram de (1,0 a 1,7%/h) para silagens de sorgos com e sem tanino.

Os resultados de potenciais de degradação da PB obtidos neste experimento foram semelhantes aos verificados por Pires (2007), que encontrou resultados de (79,88%) para a silagem da linhagem CMSXS165 sem tanino, sendo seguida pelo CMSXS114 (66,44%), BR601 (63,60%) e BR700 (55,31%). E inferiores aos obtidos por Martins *et al.* (1999), que foi de 37,30% para silagens de sorgo. Já Serafim (1998), encontrou valores superiores variando entre 78 e 95%.

O genótipo da linhagem isogênica sem tanino CMSXS 165 apresentou maior degradabilidade efetiva do que a linhagem com tanino (CMSXS 114). Os resultados obtidos indicam que existe efeito negativo do tanino sobre a degradabilidade da PB. Essa menor degradação da PB da linhagem CMSXS 114 provavelmente deveu-se à presença de taninos, os quais se ligam à fração nitrogenada, podendo esse complexo tornar-se um componente do resíduo da FDA (BORGES *et al.* 1997; BORGES, 1999; CAMPOS *et al.* 2003).

4.2.1- Curva da proteína bruta

Em relação ao desaparecimento da PB, pode-se observar que a silagem da linhagem CMSXS165 apresentou maior fração solúvel da proteína e maior potencial de degradação com a fração indigestível estabilizando com 24 h de incubação no rúmen. Nas silagens dos genótipos BR700 e CMSXS114, a fração

indigestível estabilizou com 48 h, e na silagem do genótipo BR601 a fração indigestível se estabilizou com aproximadamente 84 h de incubação (Figura 2).

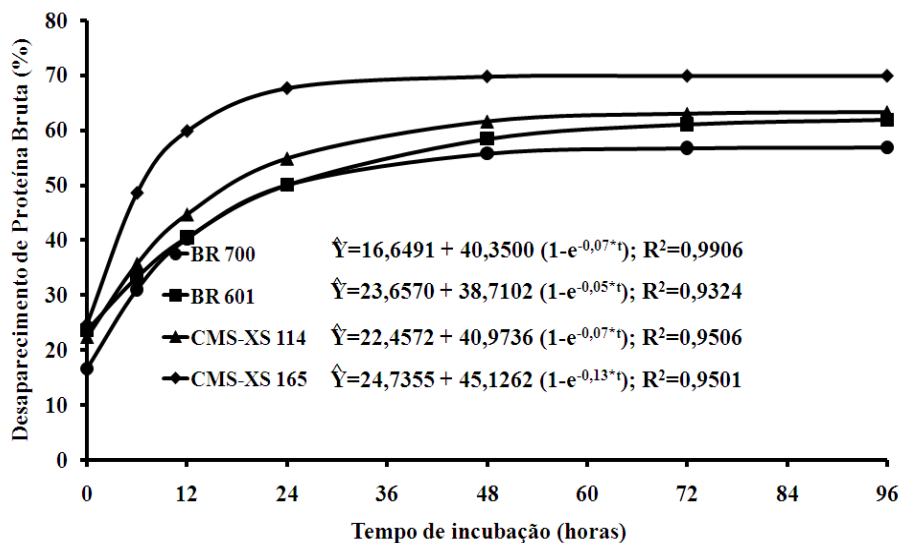


FIGURA 2 - Desaparecimento da proteína bruta (PB) de silagens de sorgo, em função do tempo de incubação (horas).

O maior potencial de degradação da silagem da linhagem CMSXS165 está de acordo com sua maior taxa de degradação e quando comparada com a silagem da linhagem 114 com tanino, o efeito negativo deste composto fenólico se torna evidente sobre a degradabilidade da PB das silagens.

4.3- Degradabilidade da fibra em detergente neutro

Com relação às concentrações das frações solúveis, a silagem da linhagem CMSXS165 apresentou o maior valor (24,72%). As demais silagens avaliadas apresentaram valores mais baixos, variando de 3,26% para o BR700 a 6,69% para o CMSXS114 (Tabela 5).

A alta solubilidade da FDN no tempo zero encontrada para o CMSXS165 pode ser creditada a erros inerentes à técnica *in situ*, como passagem de partículas pelos poros do saco de náilon em virtude da falta de homogeneidade no preparo das amostras para incubação (SERAFIM, 1998; LARA, 1999). Sousa (2001), avaliando silagens de sorgo com e sem tanino verificou frações solúveis de 5,19 a 12,67%. Já Molina (2000), encontrou valores entre 11,36 e 23,01%.

TABELA 5. Fração solúvel (A), fração insolúvel potencialmente degradável (B), taxa de degradação (C), fração indigestível (Fi), degradação potencial (Dp), degradação efetiva (De) da fibra em detergente neutro das silagens de quatro genótipos de sorgo com e sem tanino nos grãos

Parâmetros	Genótipos				CV %
	CMSXS 165	BR 601	BR 700	CMSXS 114	
A (%)	24,72a	4,54c	3,26c	6,69b	6,38
B (%)	45,13c	59,03a	49,25b	43,17c	3,97
C (%/h)	12,22a	3,50b	2,50b	3,75b	12,31
Fi (%)	30,15c	36,42b	47,49a	50,13a	5,20
Dp (%)	69,85a	63,58b	52,51c	49,86c	3,62
De (%)	56,79a	27,01b	19,18c	24,52bc	9,57

Letras iguais, nas linhas, não diferem entre si ($P > 0,05$), pelo teste de Tukey

Os valores do parâmetro B, que estimam a fração insolúvel potencialmente degradável da FDN, foram maiores para os híbridos forrageiros BR700 e BR601 (49,25 e 59,03%), respectivamente, quando comparadas às frações (B) observadas para linhagens dos sorgos graníferos CMSXS 114 e CMSXS 165 de 43,17 e 45,13%, respectivamente. Essas variações observadas

podem ser atribuídas aos diferentes parâmetros agronômicos e composição bromatológica das silagens utilizadas.

Pode-se observar pela tabela 5 que só houve diferença ($p < 0,05$) quanto às taxas de degradação para linhagem CMSXS 165 em relação aos outros tratamentos. Pires *et al.* (2009), analisando a degradabilidade *in situ* das frações fibrosas da silagem de sorgo, constataram valores de taxas de degradação semelhantes ou ligeiramente inferiores aos observados neste experimento (1,63 a 6,85%). Entretanto, de maneira geral, os valores encontrados nesse experimento foram superiores àqueles apresentados por Campos (2001), entre 1,57 e 1,74%/h, e por Molina (2000), de 1,46 a 2,49%/h.

A fração indigestível (Fi) da FDN ficou entre e 30,15 e 50,13%. Os maiores valores encontrados foram para as silagem dos genótipo com tanino (BR 700 e CMSXS 114). Quando comparadas às silagens das linhagens isogênicas a do CMSXS165 sem tanino foi 8,54 pontos percentuais inferior ao CMSXS 114 com tanino, para fração indigestível da FDN. Este resultado reforça a idéia do efeito negativo dos taninos sobre a digestibilidade da fibra.

Para a FDN, observou-se que o potencial de degradação da silagem da linhagem CMSXS165 sem tanino foi superior ($p < 0,05$) a todos os tratamentos. A silagem do genótipo BR700 foi semelhante ($p > 0,05$) ao CMSXS 114 e inferior ao BR 601 ($p < 0,05$). Araujo (2006), analisando silagens de 25 híbridos de sorgo, encontrou valores de degradação da FDN de 62% para BR601 e de 60% para o BR700. Contudo, Molina (2000) encontrou valores de degradação da FDN de 71,02, 67,93 e 70% para o híbrido BR 700, e 75, 70 e 70% para o híbrido BR 601, nos estádios de grãos leitosos, pastosos e farináceos, respectivamente.

No que se refere à degradação efetiva da FDN das linhagens isogênicas, observou-se que a presença do tanino pode ter sido a responsável pelos menores valores de De obtidos para a linhagem CMSXS 114, com tanino

($p < 0,05$), quando comparada com a linhagem CMSXS 165 sem tanino. Esse mesmo efeito pode ser verificado quando comparadas as degradabilidades dos híbridos BR 601 (sem tanino) e BR 700 (com tanino). Os taninos podem interferir na determinação e nos resultados da degradabilidade das frações fibrosas (Makkar *et al.*, 1995), pois podem formar complexos com as proteínas e fibras os quais são insolúveis em detergente (MAKKAR *et al.*, 1997).

Lara (1999), avaliando a degradabilidade *in situ* dos componentes nutricionais das silagens do sorgo BR 601, encontrou valores de De entre 45,8 e 54,14%, para uma taxa de 2%/h; de 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.

4.3.1- Curva do desaparecimento da fibra em detergente neutro

Na figura 3, observa-se o desaparecimento da fração fibrosa (FDN) das silagens dos quatro híbridos de sorgo avaliados nos diferentes tempos de incubação. O maior potencial de degradação foi obtido pelo genótipo CMSXS 165, em seguida foi para o BR601. Com relação à estabilização do processo degradativo, pode-se verificar que a silagem da linhagem CMSXS165 atingiu a fração indigestível com aproximadamente 24 h de incubação no rúmen. Apesar da FDN não apresentar fração solúvel, a silagem da linhagem CMSXS 165 apresentou a maior fração solúvel e o maior potencial de degradação justificando sua maior taxa de degradação. Dentre as outras silagens estudadas, nenhuma delas revelou estabilização do processo de digestão.

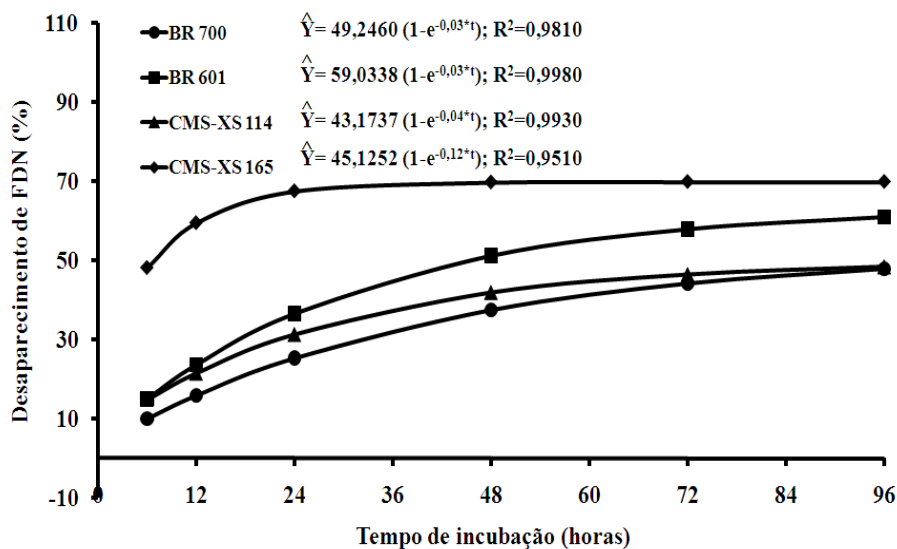


FIGURA 3 - Desaparecimento de fibra em detergente neutro (FDN) de silagens de sorgo, em função do tempo de incubação (horas).

4.4- Degradabilidade da fibra em detergente ácido

Os parâmetros de degradação ruminal da FDA encontram-se na Tabela 6. Pode-se notar que os valores de fração solúvel da silagem do híbrido BR601 foram superiores ($p < 0,05$) em relação às silagens do híbrido BR700 e CMSXS 114 e semelhantes ao CMSXS 165. Entretanto, fração solúvel superior à observada nesta pesquisa foi relatada por Araujo (2006) que encontrou valores de 16,24% para o BR 700 e de 13,07% para o BR 601. Segundo Van Soest (1994), a fração solúvel deve apresentar valores próximos a zero, uma vez que a fração FDA não é solúvel em água.

TABELA 6. Fração solúvel (A), fração insolúvel potencialmente degradável (B), taxa de degradação (C), fração indigestível (Fi), degradação potencial (Dp), degradação efetiva (De) da fibra em ácido das silagens de quatro genótipos de sorgo com e sem tanino nos grãos

Parâmetros	Genótipos				CV %
	CMSXS 165	BR 601	BR 700	CMSXS 114	
A (%)	5,96ab	7,06a	4,60c	5,87b	9,37
B (%)	59,48b	71,56a	35,84d	51,03c	7,06
C (%/h)	2,0b	1,0c	3,75a	2,0b	11,43
Fi (%)	34,55b	21,37c	59,54a	43,09b	10,38
Dp (%)	65,44b	78,62a	40,45c	56,90b	6,82
De (%)	23,97a	17,55c	19,47b	19,99b	2,68

Letras iguais, nas linhas, não diferem entre si ($P > 0,05$) pelo teste de Tukey.

Para as frações insolúveis potencialmente degradáveis (B) foram obtidos valores que oscilaram de 35,84 a 71,56%. Quando comparadas as linhagens isogênicas, percebe-se que a linhagem CMSXS165 apresentou uma maior fração potencialmente degradável, reforçando a idéia de que os taninos podem reduzir a degradabilidade da FDA.

As taxas de degradação da fração FDA obtidas foram de 1,0%/h para BR601, seguido dos CMSXS114 e CMSXS165 de 2,0%/h e de 3,75%/h para o BR700. Araújo (2006) registrou valores médios de taxas de degradação da fração FDA de 1,11 a 1,58 %/h. Os valores encontrados por esse autor foram semelhantes ou ligeiramente inferiores aos deste experimento.

As silagens dos genótipos BR700 e CMSXS 114 com tanino apresentaram os maiores valores de Fi da FDA de 59,54 e 43,09%, respectivamente. Todavia, para os genótipos BR601 e CMSXS165 sem tanino, os valores foram de 21,37 e 34,55%, respectivamente.

Para a FDA, observou-se que o potencial de degradação da silagem do genótipo BR601 foi superior ($p < 0,05$) a todos os tratamentos. Pires *et al.* (2009),

estudando a degradabilidade *in situ* das frações fibrosas da silagem de sorgo, verificaram valores de (Dp) da FDA entre 25,34 e 57,62%. Molina (2000), avaliando seis genótipos de sorgo observou valores Dp variando de 43,66 a 70,0%.

O maior potencial de degradação da FDA da silagem do genótipo BR 601 pode estar relacionado com a melhor qualidade da celulose deste genótipo e, além disso, não possui tanino e é comum observar em experimentos a alta digestibilidade de sua fração fibrosa. Rodrigues *et al* (2002), avaliando a degradabilidade potencial dos componentes da parede celular das silagens de seis genótipos de sorgo, constataram valores Dp de 75,00% para o genótipo BR601. Serafim (1998) encontrou resultado superior para a silagem do BR601 (85,31%).

Similar ao ocorrido com MS, PB e FDN, o genótipo CMSXS 165 sem tanino apresentou a maior ($p < 0,05$) degradação efetiva da FDA que foi de (23,97 %). Os genótipos BR 700 e CMSXS114 (com tanino) apresentaram uma menor (De), e não diferiram entre si ($p > 0,05$). De acordo com Van Soest (1994), os coeficientes de digestibilidade são influenciados pelos teores de lignina, taninos, FDA e celulose, e por suas interações.

Magalhães *et al.* (2005), analisando 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. Pires *et al.* (2009) observaram menores valores de degradação efetiva da FDA, obtida para as taxas de passagem de 2, 5 e 8%/h. Os valores obtidos 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 BR 601; 19,07, 13,95 e

11,04%, para a silagem do BR 700, e 25,13; 15,82 e 11,74%, para a silagem do CMSXS114.

4.1.1- Curva do desaparecimento da FDA

No que se refere ao potencial de degradação da fração fibrosa (FDA), pode-se verificar, por meio da figura 4, que todos os genótipos estudados tiveram comportamentos semelhantes, tendo em vista que não ocorreu a estabilização do processo degradativo até 96 h de incubação (Figura 4).

Quando comparada as silagens das linhagens isogênicas, pode-se observar que a silagem da linhagem CMSXS165 foi superior à silagem do CMSXS114. Isso reforça a idéia de que os taninos interferem na degradação da FDA e celulose.

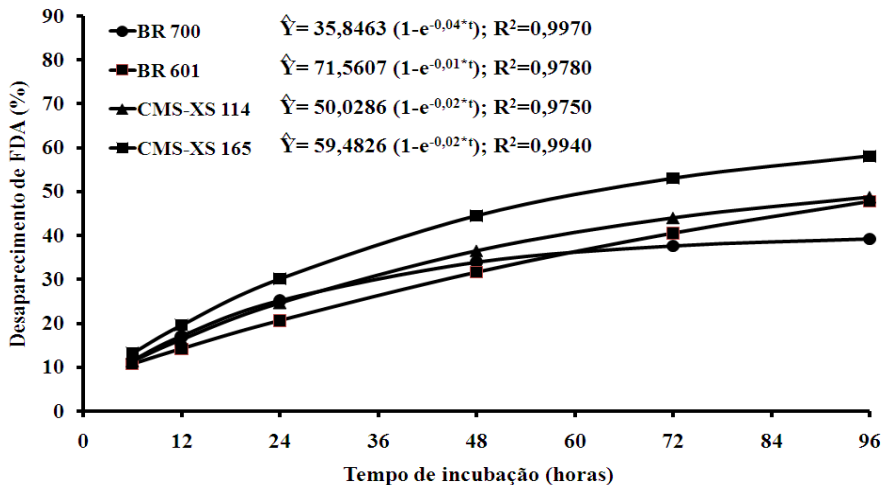


FIGURA 4 - Desaparecimento de fibra em detergente ácido (FDA) de silagens de sorgo, em função do tempo de incubação (horas).

5 CONCLUSÕES

A presença de tanino em genótipos de sorgo pode reduzir a degradabilidade ruminal da MS, PB e das frações fibrosas. A linhagemCMSXS165 apresentou melhor degradabilidade ruminal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL-AFRC. Nutritive requirements of ruminants animals protein. **Nutrition Abstracts and Reviews (Series B)**, London, v. 62, n. 12, p. 787-835, 1992.

ARAÚJO, V. L. **Características agronômicas e avaliação de silagens de 25 híbridos de sorgo**. 2006. 80 p. Tese (Doutorado) Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

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

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

BAE, H. D. *et al.* Effects of condensed tannins on endoglucanase activity and filter paper digestion by *Fibrobacter succinogenes* S85. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 59, p. 2132-2138, 1993.

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**, Cambridge, v. 81, p. 263-272, 1999.

BATTESTIN, V; MATSUDA, L. K; MACEDO, G. A Fontes e aplicações de taninos e tanases em alimentos. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 15, n. 1, p. 63-72, 2004.

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. 44 f. Dissertação (Mestrado em zootecnia) - Escola de Veterinária, UFMG, Belo Horizonte, 1996.

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

BORGES, A. L. C. C. *et al.* Silagens de sorgo com diferentes teores de tanino e de umidade no colmo. II- Alterações nos carboidratos durante a fermentação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 49, p. 733-740, 1997.

BORGES, A. L. C. C. *et al.* Silagem de sorgo de porte BAIXO com diferentes teores de tanino e umidade no colmo. II – Alterações nos carboidratos durante a fermentação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 51, p. 491-497, 1999.

BRADFORD, K. J., HSIAO, T. C. Physiological responses to moderate water stress. In: LANGE, O. L. *et al.* (Ed). **Physiological plant ecology**. II. Water relations and carbon assimilation. Berlin: Springer Verlag, 1982. p. 253-262.

CABRAL FILHO, S. L. S. **Efeito do teor de tanino do sorgo sobre a fermentação ruminal e parâmetros nutricionais em ovinos.** 2004. 88 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

CALDEIRA, M. V. W. *et al.* Quantificação de tanino em três povoamentos de Acacia Mearnsii De Wild. **Boletim de Pesquisas Florestais**, Colombo, n.37, p. 81-88, 1998.

CAMPOS, W. E. **Degradabilidade *in situ* de componentes nutricionais das silagens de quarto genótipos de sorgo com (CMS-XS 210 e BR 701) e sem**

tanino (CMS-XS 214 e BR 007). 2001. 85 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), UFMG - Escola de Veterinária, Belo Horizonte, 2001.

CAMPOS, W. E. *et al.* Degradabilidade *in situ* da silagem de quatro genótipos de sorgo com e sem tanino. I. Matéria seca e proteína bruta. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 55, p. 209-215, 2003.

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

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisas de Milho e Sorgo. **Sistemas de produção: Cultivo do sorgo**. 4. ed. Sete Lagoas, 2008. Disponível em: <http://www.sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Sorgo/Cultivo doSorgo_4ed/index.htm > Acesso em: 11/02/2011

FERREIRA, D. F. **Sistema de análises de variância para dados balanceados**. Lavras: UFLA, 2000. (SISVAR 4. 1. pacote computacional).

FLINT, H. J.; FORSBERG, C. W. Polysaccharide degradation in the rumen: biochemistry and genetics. In: RUMINANT PHYSIOLOGY: DIGESTION METHABOLISM, GROWTH AND REPRODUCTION, 8.,1995, Stuttgart. **Proceedings...** Stuttgart, 1995. p. 43-70.

GASPARI, F.; VECCHIETTINI, M.; CINTI, F. Silomais e silosorgho com e senza tannini nell'ingrasso del vitellone. **Zootenia e Nutrizione 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**. 1999. 186 p. Dissertação (Master) – Universitat Hohenheim, Stuttgart, 1999.

GONÇALVES, L. C. *et al.* Silagem de sorgo de porte baixo, com diferentes teores de tanino e de umidade no colmo. III - Quebra de compostos nitrogenados. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 51, p. 571-576, 1999.

GONZAGA NETO S. *et al.* Composição química, consumo e digestibilidade in vivo de dietas com diferentes níveis de feno de catingueira (*Caesalpinia bracteosa*), fornecidas para ovinos Morada Nova. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 553-562, 2001.

HASLAM, E. **Chemistry of vegetable tannins**. New York: Academic Press, 1966. 177p.

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

JONES, G. A. *et al.* Effect of sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) condensed tannins on growth and proteolysis by four strains of ruminal bacteria. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 60, p. 1374-1378, 1994.

LARA, A. C. **Degradabilidade in situ dos componentes nutricionais das silagens do sorgo BR 601 colhido em três estádios de maturação**. 1999. 67 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Escola de Veterinária da UFMG, Belo Horizonte

LEINMULLER, E.; STEINGASS, H.; MENKE, K. Tannin in ruminant feedstuffs. **Animal Research and Development**, v. 33, p. 9-62, 1991.

LUCK, G. *et al.* Polyphenols, astringency and proline rich proteins. **Phytochemistry**, v. 37, n. 2, p.357-71, 1994.

MAGALHÃES, R. T. *et al.* Estimativa da degradabilidade ruminal de quarto genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) utilizando a técnica *in situ*. **Acta Science Animal**, Maringá, v. 27, n. 4, p. 483-490, Oct/dez, 2005,.

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. **Animal Feed Science Technology**, v. 55, p. 67-76, 1995.

MAKKAR, H. P. S. Effect and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds. **Small Ruminant Research**, v. 49, p. 241-256, 2003.

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

McDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. **The biochemistry of silage**. 2 ed. Marlow: Chalcombe Publications, 1991. 340 p.

McNEIL, D. *et al.* Condensed tannins in the Genus *Leucaena* and their implications on nutritional significance for Ruminants. In: SHELTON, H.M.; GUTTERIDGE, R.C.; BRAY, R.A. **Leucaena** : adaptation, quality and farming systems. Hanoi, 1998. p. 205-214.

McSWEENEY, C. S. *et al.* Microbial interactions with tannins: nutritional consequences for ruminants. **Animal Feed Science and Technology**, v. 91, p. 83-93, 2001.

MIN, B. R. *et al.* The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forages: a review. **Animal Feed Science and Technology**, v. 106, p. 3-19, 2003.

MIRANDA, J. E. C. de; PEREIRA, J. R. Instrução técnica para o produtor de leite. IN: **Tipos de sorgo para silagem**. Sete Lagoas: EMBRAPA/CNPGL, 2006. (Circular técnica n. 51)

MOLINA, L. P. *et al.* Degradabilidade in situ da matéria seca e da proteína bruta das silagens de seis genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), com e sem tanino no grão, ensilados no estádio de grão farináceo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, n. 1, v. 32, jan/fev. 2003.

MYACHOTI, C. M.; ATKINSON, J. L.; LESSON, S. Sorghum tannins: a review. **World's Poultry Science**, Cambridge, v. 53, p. 5-21, 1995.

MUETZEL, S.; BECKER, K. Extractability and biological activity of tannins from various tree leaves determined by chemical and biological assays as affected by drying procedure. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 125, p. 139-149, 2006.

NETER, J.; WASSERMAN, W.; KUTNER, M. H. **Linear statistical models: regression, analysis of variance, and experimental designs**. 2. ed. USA: Richard D. Irwin, 1985. 112 p.

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

NIEZEN, J. H. *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. **Journal Dairy Science**, Champaign, v. 71, n. 8, p. 2051-2069, 1988.

NOGUEIRA, F. A. S. **Taninos na nutrição de ruminantes**. Seminário De Zootecnia Da Escola De Veterinária Da Ufmg. Escola de veterinária- Belo Horizonte, 6p, 1993.

PELL, A.N. *et al.* Tannins: biological activity and bacterial tolerance. In: TANNINS IN LIVESTOCK AND HUMAN NUTRITION, 2000, Adelaide. **Proceedings...** Adelaide: ACIAR, 2000. p. 111-116.

PEREIRA FILHO, J. M. *et al.* Correlação entre o teor de tanino e a degradabilidade ruminal da matéria seca e proteína bruta do feno de jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* Wild) tratada com hidróxido de sódio. **Livestock Research for Rural Development**, v.17, n.8, 2005. Disponível em: <<http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd17/8/pere17091.htm>>. Acesso em: 22/05/2010.

PIRES, D. A. A. **Avaliação de quatro genótipos de sorgo (Sorghum bicolor) com e sem taninos nos grãos para a produção de silagem.** 2007. 105 f. Tese (Doutorado) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

PIRES, D. A. A. *et al.* Degradabilidade *in situ* das frações fibrosas da silagem de sorgo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 8, n. 2, p. 175-185, 2009.

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

RODRIGUES, O. A. S. *et al.* Degradabilidade potencial dos componentes da parede celular das silagens de seis genótipos de sorgo ensilados no estágio leitoso. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24., 2002, Florianópolis – SC. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/473733/1/Degradabilidadepotencial1.pdf>> Acesso em: 12/11/2010

SALAWU, M. B. *et al.* Effects of feeding quebracho tannin diets, with or without a dietary modifier, on rumen function in sheep. **Animal Science**, Cambridge, v. 69, p. 265-274, 1999.

SCALBERT, A. Antimicrobial properties of tannins. **Phytochemistry**, v.30, p.3875-3883, 1991.

SELINGER, L. B.; FOSBERG, C. W; CHENG, K. J. The rumen: a unique source of enzymes for enhancing livestock production. **Anaerobe**, London, v.2, p.263 – 284, 1996.

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

SERAFIM, M. V. *et al.* Desaparecimento *in situ* da matéria seca, proteína bruta e fração fibrosa das silagens de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 52, p. 634-640, 2000.

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

TEIXEIRA, M. L.; SOARES A. R.; SCOLFORO, J. R. S. Variação do teor de tanino da casca de barbatimão [*Stryphnodendron adstringens* (Mart. Coville)] em 10 locais de Minas Gerais. **Ciências Práticas**, Lavras , n. 14, p. 229, 1990.

TEIXEIRA, J. C.; ANDRADE, G. A. Carboidratos na alimentação de ruminantes. In: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGEM, 2, Lavras, 2001. **Anais...**: Lavras: UFLA-FAEPE, 2001, p. 165-210.

TONANI, F. L. *et al.* Degradabilidade ruminal *in situ* da matéria seca e da fibra em detergente neutro em silagens de híbridos de sorgo colhidos em diferentes épocas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 53, p. 100-104, 2001.

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

VITTI, D. M. S. SU. *et al.* Do all tannins have similar nutritional effects? A comparison of three Brazilian fodder legumes. **Animal Feed Science and Technology**, v. 119, p. 345-361, 2005.

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: FALQ, 1991, p. 169-217.

