



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MONTES CLAROS

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA, ÁCIDOS
FENÓLICOS E CINÉTICA DE DEGRADAÇÃO
DE CANA-DE-AÇÚCAR**

JAIME EMERSON LARANJEIRA SPINOLA

2013

JAIME EMERSON LARANJEIRA SPINOLA

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA, ÁCIDOS
FENÓLICOS E CINÉTICA DE DEGRADAÇÃO
DE CANA-DE-AÇÚCAR**

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

Orientador

Prof. Dr. Sidnei Tavares dos Reis

**JANAÚBA
MINAS GERAIS – BRASIL
2013**

Spinola, Jaime Emerson Laranjeira

S758c Composição química, ácidos fenólicos e cinética de degradação de cana-de-açúcar [manuscrito] / Jaime Emerson Laranjeira Spinola. – 2013.
77 p.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Montes Claros – Janaúba, 2013.

Orientador: Prof. D. Sc. Sidnei Tavares dos Reis.

1. Ácidos fenólicos. 2. Cana-de-açúcar. 3. Digestibilidade.
I. Reis, Sidnei Tavares dos. II. Universidade Estadual de Montes Claros. III. Título.

CDD. 633.61

Catálogo: Biblioteca Setorial Campus de Janaúba

JAIME EMERSON LARANJEIRA SPINOLA

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA, ÁCIDOS FENÓLICOS E
CINÉTICA DE DEGRADAÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR**

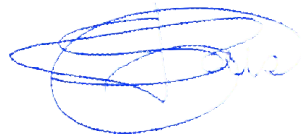
Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal, para obtenção do título de "Mestre".

APROVADA em 30 de agosto de 2013.

Prof.^a Dra. Eleuza Clarete Junqueira de Sales - UNIMONTES

Prof. Dr. João Paulo Sampaio Rigueira - UNIMONTES

Prof. Dr. Leonardo David Tuffi Santos - UFMG



Prof. Dr. Sidnei Tavares dos Reis
UNIMONTES
(Orientador)

UNIMONTES
MINAS GERAIS – BRASIL

AGRADECIMENTOS

A Jesus Cristo, que sempre me guia no caminho que devo seguir, e pela salvação concedida por meio do seu sacrifício de amor feito por todos que assim o aceitar;

À minha mãe, Zulmerinda, ao meu pai, Lafaiete, *in memória*, a toda minha família em geral e aos meus tios Carlos Lindenberg e Maria Céres;

À Primeira Igreja Batista em Janaúba-MG, na pessoa do estimável pastor Maurício de Souza Reis, pelas orações, encorajamento e aconselhamentos que me ajudaram a dar continuidade à realização deste sonho;

À UNIMONTES e ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pela oportunidade de realização desta especialização;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão da bolsa de estudo;

À EPAMIG “Nova Porteirinha” e ao pesquisador João Batista por nos conceder a matéria-prima, Cana, para realização desta pesquisa;

À UFMG, através da estimável professora Vany Ferraz, pelas orientações e acompanhamento nas análises cromatográficas;

Ao Professor Dr. Sidnei Tavares dos Reis, pela paciência e dedicação, por toda disposição e orientação que agora se conclui com pesquisa;

À professora Dra Eleuza Clarete Junqueira de Sales, pelas orientações e pela participação da banca examinadora;

Aos prof. Dr. João Paulo Sampaio Rigueira e Dr. Leonardo David Tuffi Santos, pela contribuição como participantes da banca examinadora;

Aos meus amigos e companheiros de mestrado, Álvaro Caires, Adriana *in memória*, Ana Maria, Flávio Monção, pela colaboração no desenvolvimento desta pesquisa, e aos funcionários da fazenda experimental da Unimontes pela execução dos trabalhos de campo;

Às instituições de ensino, Colégio municipal Don Sebastião Laranjeiras e o Grupo escolar Don Pedro I, atual colégio estadual Don Pedro I pelos ensinamentos básicos.

SUMÁRIO

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| LISTAS DE TABELAS | i |
| LISTAS DE FIGURAS | iii |
| LISTAS DE QUADROS | iv |
| RESUMO | v |
| ABSTRACT | vi |
| 1 INTRODUÇÃO | 1 |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO | 3 |
| 2.1 Cultivar <i>Saccharum</i> ssp..... | 3 |
| 2.2 Variedades..... | 4 |
| 2.2.1 RB855536(SP701142XRB72454)..... | 4 |
| 2.2.2 RB765418..... | 4 |
| 2.2.3 SP 80-1842..... | 4 |
| 2.2.4 SP 80-1816..... | 4 |
| 2.3 Cana-de-açúcar..... | 5 |
| 2.4 Degradabilidade ruminal..... | 6 |
| 2.5 Influência da temperatura em forrageiras tropicais..... | 8 |
| 2.6 Ácidos fenólicos em gramíneas tropicais..... | 9 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS | 14 |
| 3.1 Local e dados climáticos..... | 14 |
| 3.2 Obtenção das amostras..... | 16 |
| 3.3.Composição química..... | 18 |
| 3.4 Avaliação da cinética da degradação ruminal..... | 19 |
| 3.5 Determinação dos ácidos fenólicos através da cromatografia líquida de alta eficiência..... | 23 |
| 3.6 Solubilização e determinação dos ácidos..... | 29 |

| | |
|------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.7 Análise em cromatografia de alta eficiência..... | 25 |
| 3.8 Análises estatísticas..... | 28 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 30 |
| 4.1 Composição química da cana-de-açúcar..... | 30 |
| 4.2 Cinética da degradação ruminal..... | 39 |
| 4.2.1 Degradação da matéria seca (MS)..... | 39 |
| 4.2.2 Degradação da fibra em detergente neutro (FDN) | 43 |
| 4.3 Ácidos fenólicos..... | 48 |
| 4.3.1 Concentração de ácidos fenólicos nas amostras..... | 48 |
| 4.3.1 Avaliação do ácido fenólico p-cumárico..... | 55 |
| 4.3.2 Avaliação do ácido fenólico ferúlico..... | 58 |
| 4.3.3 Degradabilidade em função dos ácidos fenólicos..... | 60 |
| 5 CONCLUSÕES..... | 62 |
| 6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 63 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Tabela 1 Valores médios de matéria seca (%) e coeficiente de variação (CV%) de quatro variedades de cana-de-açúcar em duas formas de processamentos..... | 30 |
| Tabela 2 Valores médios da proteína bruta na matéria seca (PBMS) e coeficiente de variação (CV %) de quatro variedades de cana-de-açúcar em duas formas de processamento..... | 32 |
| Tabela 3 Valores médios da Fibra em Detergente Neutro na Matéria Seca (FDNMS) e coeficiente de variação (CV %) de quatro variedades de cana-de-açúcar em duas formas de processamento..... | 34 |
| Tabela 4- Valores médios de Fibra em Detergente Ácido na Matéria Seca (FDAMS) e coeficiente de variação (CV %) de quatro variedades de cana-de-açúcar em duas formas de processamento..... | 35 |
| Tabela 5. Valores médios da Hemicelulose e Celulose na Matéria Seca e coeficiente de variação (CV %) de quatro variedades de cana-de-açúcar em duas formas de processamento..... | 37 |
| Tabela 6 Valores médios de lignina na Matéria Seca (LIGMS) e coeficiente de variação (CV %) de quatro variedades de cana-de-açúcar em duas formas de processamento..... | 38 |
| Tabela 7 Fração prontamente solúvel (A) e degradabilidade efetiva (DE) da matéria seca de variedades de cana-de-açúcar..... | 39 |
| Tabela 8 Fração prontamente solúvel (A) e degradabilidade efetiva (DE) da matéria seca de diferentes formas de processamento da cana-de-açúcar..... | 40 |
| Tabela 9 Fração insolúvel potencialmente degradável (B), taxa de degradação (C), fração indegradável (FI) e degradabilidade potencial (DP) da matéria seca de cana-de-açúcar..... | 41 |
| Tabela 10 Taxa de degradação (C); fração insolúvel potencialmente degradável padronizada (Bp); fração indegradável padronizada (Ip); degradabilidade potencial (DP) e efetiva (DE) da fibra em detergente neutro de variedades de cana-de-açúcar..... | 43 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Tabela 11 Taxa de degradação (C) das formas de processamento e variedades de cana-de-açúcar..... | 44 |
| Tabela 12 Taxa de degradação (C) da fibra em detergente neutro da cana-de-açúcar na forma de silagem e <i>in natur</i> | 46 |
| Tabela 13 Ácido <i>p</i> -cumárico (%) em diferentes variedades e formas de processamentos da cana-de-açúcar..... | 55 |
| Tabela 14 Ácido <i>p</i> -cumárico em diferentes variedades e forma de processamento da cana-de-açúcar em diferentes métodos e formas de processamentos e coeficiente de variação (cv %)..... | 57 |
| Tabela 15 Valores médios de ácido ferúlico de cana-de-açúcar em diferentes variedades e formas de processamentos e coeficiente de variação (cv %)..... | 58 |
| Tabela 16 Correlação da degradabilidade das frações solúvel (A); potencialmente degradável (B); taxa de degradação (C); fração indegradável (FI); degradabilidade potencial (DP); degradabilidade efetiva (DE); com os ácidos fenólicos para-cumárico (PCUL) e ácido fenólico ferúlico (FERUL) da MS e FDN em cana-de-açúcar. Matéria seca (MS). Fibra em detergente neutro (FDN)..... | 60 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Figura 1 Dados médios de precipitação pluvial acumulada por mês em milímetros (mm), durante o período experimental em Jaíba-MG. Dados obtidos na Estação Climatológica da EPAMIG -MG, 2011..... | 15 |
| Figura 2 Dados médios de temperatura, em graus Celsius (°C) e umidade relativa do ar (%), durante o período experimental em Jaíba-MG. Dados obtidos na Estação Climatológica da EPAMIG-MG, 2011..... | 16 |
| Figura 3 Silos de laboratório para avaliação da silagem..... | 17 |
| Figura 4 Cromatograma dos ácidos fenólicos padrões..... | 26 |
| Figura 5. Curva analítica obtida da solução-padrão de ácido p-cumárico..... | 27 |
| Figura 6. Curva analítica obtida da solução-padrão de ácido ferulico..... | 28 |
| Figura 7 Curvas de desaparecimento da MS, em função dos tempos de incubação da cana-de-açúcar nas diferentes variedades e formas..... | 42 |
| Figura 8 Curvas de desaparecimento da FDN, em função dos tempos de incubação da cana-de-açúcar nas diferentes variedades e formas..... | 47 |

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 Cromatogramas de variedades de cana-de-açúcar em diferentes formas de processamento e sem utilização de extratores.....**48**

QUADRO 2 Cromatogramas de variedades de cana-de-açúcar em diferentes formas de processamento com utilização do extrator etanol 80%.....**50**

QUADRO 3 Cromatogramas de variedades de cana-de-açúcar em diferentes formas de processamento com utilização do extrator detergente neutro.....**52**

RESUMO

SPINOLA, Jaime Emerson Laranjeira. **Composição química, ácidos fenólicos e cinética de degradação de cana-de-açúcar.** 2013. 77 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, MG.¹

Objetivou-se com esta pesquisa determinar e mensurar os ácidos fenólicos da cana-de-açúcar nas duas formas *in natura* e ensilada e eficiência nas duas formas de extração, bem como avaliar a influência destes ácidos sobre a digestibilidade de diversos nutrientes na planta, submetidas às condições edafoclimáticas do norte de Minas Gerais. Foram determinados os teores de ácidos fenólicos em quatro cultivares de cana-de-açúcar (RB855536, RB765418, SP 80-1842 e SP 80-1816) *in natura* e na forma de silagem através da cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE). Avaliou-se a eficiência dos extratores, pela solução em detergente neutro e etanol 80% e juntamente determinaram-se a relação entre o teor dos ácidos com a degradabilidade *in situ* e composição química nas formas ensilada e *in natura* em cana-de-açúcar. As digestibilidades da MS e FDN não tiveram correlação com a concentração dos ácidos fenólicos detectados p-cumárico e ferúlico. A metodologia utilizada nesta pesquisa foi eficiente para detecção e quantificação dos ácidos fenólicos, nas variedades e formas, sendo que os dois extratores testados apresentaram eficiência na extração do ácido p-cumárico e ferúlico da parede celular da cana-de-açúcar.

Palavras-chave: Cana-de-açúcar, digestibilidade, extratores, ácidos fenólicos.

¹ **Comitê orientador:** Prof. Dr. Sidnei Tavares dos Reis - Departamento de Ciências Agrárias/UNIMONTES (Orientador), Profa. Dra. Eleuza Clarete Junqueira de Sales - Departamento de Ciências Agrárias/UNIMONTES (Coorientadora).

ABSTRACT

SPINOLA, Jaime Emerson Laranjeira. **Chemical composition, phenolic acids and kinetics of sugarcane degradation**. 2013. 77 p. Dissertation (Master's degree in Animal Science) - Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, MG.¹

The objective of this research was to determine and measure the phenolic acids of sugar cane *in natura* and ensiled, and its efficiency in both forms of extraction, as well to assess the influence of those acids on the digestibility of various nutrients in the plant, submitted to edaphoclimatic conditions of northern Minas Gerais. We determined the levels of phenolic acids in four sugarcane cultivars (RB855536, RB765418, SP 80-1842 and SP 80-1816) *in natura* and as silage by high performance liquid chromatography (HPLC). We evaluated the efficiency of extractors, the neutral detergent solution and ethanol 80%, besides determining the relationship between the content of acids with *in situ* degradability and chemical composition in ensiled and *in natura* sugarcane. The digestibilities of DM and NDF were not correlated with the concentration of p-coumaric and ferulic phenolic acids. The methodology used in this study was efficient for the detection and quantification of phenolic acids, in varieties and forms, and the two tested extractors showed efficiency in the extraction of p-coumaric and ferulic acid from cell wall of sugar cane.

Keywords: sugarcane, digestibility, extractors, phenolic acids

¹ **Comitê orientador:** Prof. Dr. Sidnei Tavares dos Reis - Departamento de Ciências Agrárias/UNIMONTES (Orientador), Prof.^a Dra. Eleuza Clarete Junqueira de Sales - Departamento de Ciências Agrárias/UNIMONTES (Coorientadora).

1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar tem despertado grande interesse de produtores devido a dois aspectos: alta produção de matéria seca (MS) por hectare e capacidade de manutenção do potencial energético durante o período seco. Além disso, o seu replantio se faz necessário apenas a cada quatro ou cinco anos, o que a torna uma importante alternativa para suplementação de rebanhos no período de escassez de forragens.

Aliados a estes fatos, a pequena taxa de risco na sua utilização como forragem, o baixo custo por unidade de matéria seca produzida e a sua maturidade coincidindo com o período de escassez das pastagens são outras vantagens importantes que justificam a utilização da cana-de-açúcar como recurso forrageiro. Entretanto, o principal entrave para melhores desempenhos de ruminantes consumindo cana-de-açúcar está relacionado com sua fração fibrosa, pois provoca diminuição no consumo, devido, principalmente, à baixa digestibilidade dessa fração (LIMA JÚNIOR *et al.*, 2010).

A composição química das plantas tropicais é influenciada pela sua maturidade e pelas elevadas temperaturas (SOARES *et al.*, 2009). Como parte da sua adaptação fisiológica, as plantas de metabolismo – C₄, quando submetidas à elevada disponibilidade de energia luminosa nos trópicos, possibilitam uma maior taxa de crescimento desse vegetal (TAIZ e ZEIGER, 2004).

Com o efeito negativo da deposição da lignina, por consequência da maturação fisiológica da forragem em temperaturas mais elevadas, o seu potencial não é aproveitado. Todavia, determinadas variações na digestão de forragens ou parte dela não são suficientemente explicadas pela deposição ou concentração de lignina na parede celular das mesmas.

Grande parte da menor digestão das forragens encontra-se no arranjo da lignina, juntamente com seus precursores com os demais componentes da parede celular. Dessa forma, o que se desempenharia como papel de maior importância seria a concentração de seus precursores e a associação desses com os carboidratos constituintes da parede celular, a hemicelulose (poliose) e celulose sendo ligados à lignina. Também os ácidos fenólicos p-cumárico e ferúlico, que estão associados a essas ligações e bem estabelecidos na forma éster e éter com os carboidratos e unidades condensadas da lignina.

Existe muito interesse científico no entendimento da estrutura e função dos ácidos fenólicos que compõem a fração lignina de espécies forrageiras, porém, pequeno esforço tem sido dirigido à quantificação da composição de ácidos fenólicos. Desse modo, a importância dos ácidos fenólicos no processo de liberação de nutriente a longo prazo requer que um método quantitativo de análise seja empregado para determinar o efeito da composição desses ácidos na composição da planta.

Assim, objetivou-se determinar e mensurar os ácidos fenólicos em quatro variedades de cana-de-açúcar *in natura* e na forma de silagem, bem como avaliar a influência desses ácidos sobre a digestibilidade *in situ* da matéria seca e fibra em detergente neutro, submetidas às condições edafoclimáticas do norte de Minas Gerais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Cultivar *Saccharum* spp

Os cultivares atuais, classificados como *Saccharum* spp., são híbridos formados pelo cruzamento de *Saccharum officinarum* ou *Saccharum robustum*, com outro gênero, exceto *Saccharum edule*, sendo uma série poliploide, com formas aneuploides (SILVA, 2009).

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.), originária da Nova Guiné, foi trazida para o Brasil pelos primeiros colonizadores, sendo utilizada como recurso forrageiro na alimentação dos ruminantes (PEIXOTO, 1986). O setor canavieiro tem sido de grande importância para a agroindústria brasileira e relevante no desenvolvimento sustentável (MALDONADO, 2007).

A partir do final do século XX, o Brasil tornou-se o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, com safra em 2007 de 516 milhões de toneladas, em área plantada de 6,7 milhões de hectares (IBGE, 2008). Essa cultura se destaca entre as gramíneas tropicais como a planta de maior potencial para produção de matéria seca e energia por unidade de área, em um único corte por ano (BOIN, 1993). A cana-de-açúcar é cultivada em todo o território nacional, atingindo produção de matéria verde de 571 milhões de toneladas na safra 2011/2012 conforme levantamento feito pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2012). A área cultivada de cana-de-açúcar no Brasil, em 2014, foi de 9,75 milhões de hectares com uma produção de matéria verde de 588,4 milhões de toneladas (AIRTON, 2014). O Brasil continua a ser o maior produtor mundial de cana-de-açúcar (MONTONARI, 2014)

2.2 Variedades

2.2.1 RB855536 (SP 70-1142 X RB72454)

Apresenta alta produção em cana plantada e soca, pouco exigente em fertilidade do solo, ótima brotação de soqueira, perfilhamento alto, não apresenta florescimento e chochamento, alto teor de sacarose, baixo teor de fibra e maturação média (meio de safra). Apresenta resistência ao carvão, escaldadura-das-folhas e reação intermediária ao mosaico e estrias vermelhas (MOURA *et al.*, 2005).

2.2.2 RB765418

Maturação precoce, alto teor de sacarose, alta exigência em fertilidade do solo, fraca brotação soqueira, produção média para cana-planta e baixa para cana-soca (FERNANDES, 2005).

2.2.3 SP 80-1842

Maturação precoce, alto teor de sacarose, média exigência em fertilidade do solo, pouco florescimento, pouco chochamento, médio perfilhamento, ótima brotação soqueira, resistência ao carvão e ferrugem (FERNANDES, 2005).

2.2.4 SP 80-1816

Maturação média, produtividade alta, fertilidade média, florescimento ausente e colheita de julho a setembro (DIAS, 2006). Também apresenta ótima brotação soqueira, alto teor de sacarose e fibra (TASSO JUNIOR, 2007).

2.3 Cana-de-açúcar

Dentre as forrageiras tropicais destaca-se a cana-de-açúcar por sua elevada produtividade chegando até 200 t ha⁻¹ de matéria verde (CRUZ *et al.*, 2014) e manutenção de seus valores nutritivos com boa qualidade na época seca do ano, o que não ocorre com as demais forrageiras tropicais (MAGALHÃES *et al.*, 2006).

A conservação da cana-de-açúcar é normalmente realizada no canavial onde é cortada diariamente conforme as necessidades do rebanho. No entanto, essa prática de manejo limita a utilização em larga escala por sua dificuldade operacional. Essa limitação tem sido contornada com o uso da ensilagem, concentrando a mão de obra, reduzindo o trabalho e o deslocamento diário de máquinas na propriedade (FREITAS *et al.*, 2006).

Sousa (2006) destaca que dentre os principais fatores que direcionam a tomada de decisão para a utilização da silagem da cana-de-açúcar está a logística, devido à colheita diária da forragem, o que caracteriza um entrave que se intensifica em propriedades com grandes rebanhos. Outro fator é que, quando utilizada como forragem no período chuvoso, há dificuldade de colheita, e no verão, há perdas do valor nutritivo. Além disso, possibilita a rotatividade de cultura.

Manzano *et al.* (2004) destacaram os principais pontos positivos para a utilização da cana-de-açúcar *in natura* como alternativa na alimentação animal. Tais pontos são: manutenção simples, facilidade de aquisição de mudas e conhecimento da cultura; pico da produção associada ao melhor valor nutritivo coincidindo com o período de escassez de forragens verdes nos pastos; manutenção do seu valor nutritivo por longo tempo (até seis meses) após atingir a sua maturidade; tecnologias para seu cultivo e melhoramento genético constante e intenso devido à indústria açucareira e álcool. Além da utilização

dessa forragem por pequenos e médios produtores, com baixo custo por unidade de matéria seca produzida.

Nutricionalmente, a cana-de-açúcar mantém seu valor praticamente constante durante o período de maturação, que coincide com a fase de utilização da cultura na época seca do ano; e pesquisas têm demonstrado que quanto maior a concentração de sacarose, maior o valor nutritivo (BOIN, 1993; THIAGO e VIEIRA, 2002). No entanto, o maior entrave da utilização da cana-de-açúcar para alimentação animal é o seu baixo teor de proteína, aliado à baixa digestibilidade da fibra (FREITAS *et al.*, 2006).

O uso da cana como forrageira durante o verão, portanto, caracteriza forragem de baixo valor nutritivo, contendo baixos teores de sacarose (MATSUOKA e HOFFMANM, 1993; MANZANO *et al.*, 2004). Diante do exposto, pode-se constatar que a ensilagem da cana constitui-se numa boa alternativa, uma vez que pode ser a única forma de evitar perda total da forragem, em casos de incêndios acidentais ou intencional dos canaviais, além de facilitar o seu manejo e utilização.

2.4 Degradabilidade ruminal

Pelos motivos que se seguem, a utilização da técnica pela estimativa da degradação *in situ* é a mais recomendada devido à inacurácia dos resultados da determinação do fluxo da digesta do nitrogênio do alimento, bacteriano e endógeno, levando em consideração também que a técnica *in vivo* se faz necessária em animais fistulados em vários segmentos do trato gastrointestinal, o que dificulta a sua utilização (DAVID, 2001).

A utilização da técnica *in situ*, por sua rapidez na obtenção dos dados, apresenta baixo custo e simplicidade, além de utilizar pequenas quantidades de amostras dos alimentos (CAVALCANT, 2012). Essa técnica é aplicada por meio da utilização de sacos de náilon suspensos no rúmen, estimando-se a

degradabilidade das forrageiras através do desaparecimento de seus constituintes após diferentes tempos de incubação.

Tendo em vista as limitações de consumo da cana-de-açúcar provocadas pelas características de sua fração fibrosa, torna-se importante conhecer a qualidade de diferentes variedades em termos de conteúdo de fibra e de variáveis da cinética de degradação da FDN, para selecionar aquelas variedades mais divergentes e, posteriormente, confrontá-las em estudos sobre características químico-bromatológicas, degradabilidade e testes de desempenho (CRUZ *et al.*, 2010).

De todos os nutrientes exigidos para manutenção, crescimento e, ou produção de bovinos, a energia oriunda da degradação ruminal de celulose e hemicelulose constitui a principal contribuição dos volumosos (ÍTAVO *et al.*, 2002). Ao se tratar da particularidade da cana-de-açúcar, a principal fonte de energia é a sacarose, mas não se deve desprezar as demais fontes.

A degradação da fração fibrosa dos volumosos utilizados na alimentação dos ruminantes é afetada por: fatores químicos que são discutidos por Hoover (1986), relatando que o decréscimo no pH ruminal parece ser o principal impacto para redução na degradação da fibra. O autor esclarece que uma depressão no pH ruminal para aproximadamente 6,0 causa uma pequena redução na digestão da fibra, entretanto quando o pH cai para 5,5 ou 5,0 o crescimento dos microorganismos celulolíticos e a digestão da fibra podem ser completamente inibidos. Valinote *et al.* (2006) também confirmam a interferência do pH ruminal na degradação da fibra.

Franzolin e Franzolin (2000), estudando a população de protozoários ciliados e degradabilidade ruminal em búfalos e bovinos zebuínos sob dieta à base de cana-de-açúcar, concluíram que a degradabilidade efetiva da MS, PB e FDN da cana-de-açúcar é semelhante entre búfalos e bovinos. Ainda, segundo Franzolin e Franzolin (2000), a cana-de-açúcar apresentou altos valores de

material solúvel “a” na matéria seca, baixos valores de taxa de degradação “c” e da fração potencialmente degradável “b”, representada, principalmente, pelos carboidratos da parede celular, cujo teor de FDN foi de 52,4% na matéria seca, já que a cana-de-açúcar apresentou baixo teor de PB (2,42%). Isso demonstra a grande concentração de açúcar solúvel (sacarose) no conteúdo celular dessa gramínea, prontamente disponível para a fermentação microbiana.

2.5 Influência da temperatura em forrageiras tropicais

Segundo Van Soest (1994), elevadas temperaturas, que são características marcantes das condições tropicais, promovem rápida lignificação da parede celular, acelerando a atividade metabólica das células, o que resulta em decréscimo do *pool* de metabólitos no conteúdo celular, além de promover a rápida conversão dos produtos fotossintéticos em componentes da parede celular. São verificadas reduções nas concentrações de lipídios, proteínas e carboidratos solúveis, e aumento nos teores de carboidratos estruturais de maneira generalizada nas espécies forrageiras, tendo, como consequência, a redução sensível na digestibilidade.

Os efeitos da temperatura são mais acentuados em gramíneas do que em leguminosas em razão da alta taxa de crescimento típica das gramíneas, que são na maioria do grupo C₄, possuindo alta proporção de tecido vascular.. Entretanto, essas plantas reduzem o CO₂ seguindo um ciclo onde o primeiro composto estável tem quatro átomos de carbono, ou ciclo do ácido dicarboxílico (C₄). Tais modificações implicam mudanças nas suas características morfológicas. Essas plantas estão mais adaptadas à luz e a altas temperaturas, situação em que utilizam menos de 400 gramas (g) de água para produzir 1 g de matéria seca vegetal (VALENTE *et al.*, 2011).

Apesar de o potencial de produção de uma planta forrageira ser uma característica definida geneticamente, condições adequadas do meio como

temperatura, umidade, luminosidade, disponibilidade de nutrientes e manejo devem ser observadas para que esse potencial seja alcançado. Nas regiões tropicais, a baixa disponibilidade de nutrientes, particularmente o nitrogênio, é, seguramente, um dos principais fatores que interferem na produtividade e na qualidade da forragem. Assim, a aplicação desse nutriente em quantidades e proporções adequadas se torna uma prática fundamental quando se pretende aumentar a produção de forragem (FAGUNDES *et al.*, 2005).

Soares (2009) relata a influência das condições edafoclimáticas impostas pelo ambiente na produção de matéria seca e nos componentes estruturais em forrageiras. À medida que a planta amadurece, tanto os teores de proteína bruta como minerais e os componentes do conteúdo celular diminuem e, inversamente, os da parede celular aumentam (COSTA *et al.*, 2005).

Witheman (1980) e Lopes *et al.* (2003) relatam que em temperaturas menores que 16 °C as espécies forrageiras tropicais diminuem a produção. Com a luminosidade ocorre o processo fotossintético e, conseqüentemente, a síntese de açúcares e ácidos orgânicos. Desse modo, independente da temperatura, a luminosidade promove elevação nos teores de açúcares solúveis, aminoácidos e ácidos orgânicos, com redução paralela nos teores de parede celular, aumentando a digestibilidade. Entretanto, os efeitos das altas temperaturas são, em geral, mais decisivos sobre a qualidade da pastagem.

2.6 Ácidos fenólicos em gramíneas tropicais

Os compostos fenólicos são definidos quimicamente como substâncias que possuem anel aromático com um ou mais substituintes hidróxilos, incluindo os respectivos grupos funcionais. São multifuncionais, pois contêm estruturas variáveis, com mais de cinco mil fenóis, destacando-se os flavonoides, ácidos fenólicos, taninos e lignina (ANGELO *et al.*, 2007).

Os principais ácidos fenólicos relacionados com a lignificação e interligação entre carboidratos da parede celular com a lignina são determinados pelo método da cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), (DESCHAMPS e RAMOS, 2002).

Andrade *et al.* (2001) enfatizam a utilização do método (CLAE) como ferramenta ou método de auxílio na separação e comparação de compostos presentes em matrizes com os padrões para sua respectiva identificação.

Deschamps e Ramos (2002), ao avaliarem a (CLAE) na determinação de ácidos fenólicos em gramíneas tropicais, concluem que esse método pode ser considerado simples e adequado para a determinação de ácidos fenólicos na parede celular de forragens tropicais, permitindo o processamento de um grande número de amostras.

Esses autores retratam que as separações de todos os compostos são perfeitas, principalmente os das formas isoméricas orto, meta e para, do ácido cumárico segundo os padrões utilizados nesta metodologia (CLAE). Os mesmos autores encontraram perfis cromatográficos para amostras de capim-elefante e bagaço de cana, destacando os picos referentes aos ácidos p-cumárico e ferúlico. Relataram também, com a observação da altura dos respectivos picos, ser possível verificar as diferentes concentrações e juntamente as relações molares dos respectivos ácidos em cada material.

A corrida cromatográfica, conforme Deschamps e Ramos (2002), no tempo de 45 minutos em sua extensão, é suficiente para detectar a presença apenas dos ácidos p-cumárico e ferúlico. Através da extração branda (NaOH 1 mol/L a 20 °C por 24 horas) desses ácidos, Morrison *et al.* (1998) ressaltam forma de ligação éster, sendo possível que outros derivados do complexo lignina ou lignina/carboidratos, em condições mais severas de extração (NaOH 4 moles/L, 170 °C, por duas horas), possam ser detectados nas formas éster e éter.

Sendo assim, a recomendação feita por Deschamps e Ramos (2002) é que o tempo da corrida em extração severa seja de 45 a 60 minutos para a detecção dos determinados ácidos.

A natureza do composto, o método de extração utilizado, o tamanho da amostra, o tempo e as condições de estocagem e o padrão utilizado influenciam as análises dos compostos fenólicos (ANGELO *et al.*, 2007). Com a finalidade de amenizar ainda mais esse efeito, Deschamps e Ramos (2002) sugeriram uma diluição quanto ao processo de extração dos ácidos fenólicos de bagaço de cana, capim-elefante e folha de mandioca. Para esses pesquisadores, as amostras de bagaço de cana e mesmo de capim-elefante poderiam ser ainda diluídas como forma de reduzir o aporte de sal sobre a coluna. Isso implicaria a aplicação do fator de diluição para determinar a concentração final, ou adequar a curva de calibração. Já no caso das amostras de folha de mandioca, a diluição não poderia ser aplicada. Neste caso, aumentar a quantidade de amostra a ser extraída para 100 mg, por exemplo, poderia ser uma saída interessante para aumentar a quantidade de ácidos fenólicos no sistema sem alterar o aporte de sal. A coluna de fase reversa na (CLAE) tem consideravelmente realçado a separação de diferentes classes de combinações mas é sensível a impurezas (SANDRIN, 2013).

De acordo com Wilson (1993), a parede celular de gramíneas tropicais e das leguminosas é distinta segundo sua anatomia e a natureza química. Morelli (2010) destaca a importância da extração dos compostos fenólicos da matriz no processo de análise, pois ela deve contribuir para um maior rendimento dessas substâncias, além dessa especificação, elimina todos os compostos considerados interferentes na matriz cromatográfica. Nesse caso, o pré-tratamento das amostras com etanol 80% ou detergente neutro e o estabelecimento de um protocolo de análise dos ácidos para este tipo de material já descrito acima (DESCHAMPS e RAMOS, 2002).

Os mesmos autores relatam em sua pesquisa uma menor efetividade do extrator com etanol 80% comparado ao extrator com detergente neutro, visto que o tratamento com etanol 80%, em geral, solubiliza lipídios, pigmentos e outras substâncias do conteúdo celular, enquanto o extrator com detergente neutro tem sua tendência em solubilizar gorduras, proteínas, pectinas e carboidratos solúveis e demais compostos solúveis em água (VAN SOEST, 1967). Deschamps e Ramos (2002), em sua pesquisa com bagaço de cana, relataram pouco provável a presença do ácido ferúlico p-cumárico e ferúlico livres nos extrativos, devido serem restritos à parede celular. Dessa forma, torna-se relevante a utilização de métodos de extração com esse fim.

Para melhor compreensão das limitações referentes à digestibilidade das forrageiras tropicais, a quantificação da concentração dos ácidos fenólicos na parede celular das forrageiras tem sua contribuição.

Os polissacarídeos da parede celular sofrem obstáculos devido à associação do ácido ferúlico com a arabinose e lignina (GRABBER *et al.*, 1998), o que constitui a grande barreira para a digestão da parede celular, e o poder dos ácidos fenólicos associarem com hemicelulose, celulose e lignina em diversas formas (GRABBER *et al.*, 1998; LU e RALPH, 1999).

Deschamps e Ramos (2002), ao observarem a concentração de ácidos fenólicos em bagaço de cana, capim-elefante e folha de mandioca, detectaram concentrações bastante distintas. A concentração média do ácido p-cumárico foi muito superior no bagaço de cana que no capim-elefante. Todavia, a concentração do ácido ferúlico não apresentou diferença expressiva entre cana e o capim-elefante.

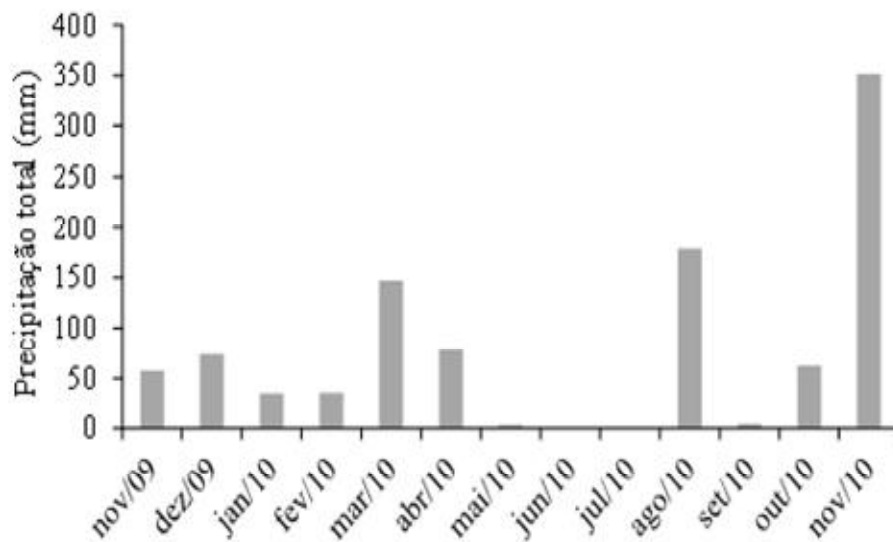
Assim, a concentração do p-cumárico representa um grande indicativo da baixa digestibilidade da fração fibrosa da cana (DESCHAMPS *et al.*, 1996). Já nas folhas de mandioca, a baixa concentração de ácidos fenólicos, associada à

natureza de seus tecidos, sugere outros fatores limitantes para a sua digestão como taninos (REED *et al.*, 1982).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local e dados climáticos

A cana-de-açúcar utilizada foi adquirida na EPAMIG - Fazenda Experimental de Mocambinho – FEMO, no município de Jaíba-MG. A implantação ocorreu em novembro de 2009, visando à cana de ano. O plantio ocorreu no dia 04 de dezembro de 2009. A região encontra-se a uma altitude de 452 m, temperatura média de 25,5 °C, com mínima de 18,7 °C e máxima de 32,3 °C, insolação de 2.987 horas anuais, umidade relativa de 65,5% e pluviosidade média da região de aproximadamente 800 mm anuais, concentrados nos meses de outubro a março. Na Figura 1 e 2 destacam-se os dados médios de pluviosidade, temperatura e umidade relativa do ar durante o experimento. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo AW (clima quente de caatinga), com chuvas de verão e períodos secos bem definidos no inverno (EPAMIG, 2012).



FIGURAS 1 - Dados médios de precipitação pluvial acumulada por mês em milímetros (mm), durante o período experimental em Jaíba-MG. Dados obtidos na Estação Climatológica da EPAMIG-MG, 2011.

As análises a campo foram conduzidas na fazenda experimental da Unimontes em Janaúba-MG. As análises bromatológicas foram realizadas no laboratório de análise de alimentos, Campus Avançado de Janaúba – MG. Janaúba se localiza a 15°52'38" de Latitude Sul, 43°20'05" de Longitude Oeste. O clima da região, conforme a classificação de Köppen, é do tipo AW (clima quente de caatinga), com chuvas de verão e períodos secos bem definidos no inverno. De acordo com dados fornecidos pela Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), altitude com média de 520 metros, temperatura anual média de 28 °C, com umidade relativa do ar em torno de 65% (ANTUNES, 1994). A precipitação média anual é de 877 mm. Apresenta-se subúmido e semiárido com chuvas irregulares, ocasionando longos períodos de

seca, tendo duas estações definidas: seca de março a outubro e chuvosa de novembro a fevereiro.

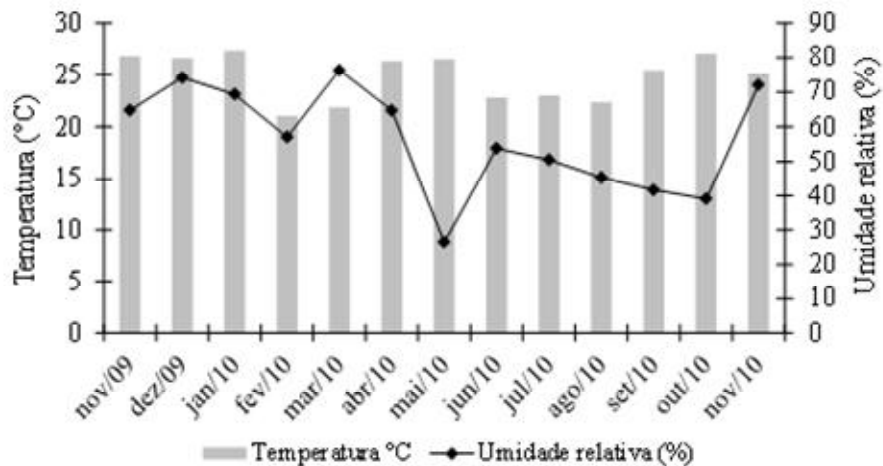


FIGURA 2 - Dados médios de temperatura, em graus Celsius (°C) e umidade relativa do ar (%), durante o período experimental em Jaíba-MG. Dados obtidos na Estação Climatológica da EPAMIG-MG, 2011.

3.2 Obtenções das amostras

Os materiais utilizados foram quatro variedades de cana-de-açúcar (RB855536, RB765418, SP 80-1842 e SP 80-1816) na forma *in natura* e suas respectivas silagens. A colheita manual e montagem do experimento foram realizadas em dezembro de 2011, e as análises, no período de março a dezembro de 2012. As coletas do material para confecção dos ensaios foram feitas quando a cana estava madura, por conter um maior teor de sacarose, e melhores características para o consumo animal.

Os cortes das variedades foram efetuados manualmente rente ao solo, sendo uma parte mantida *in natura* e imediatamente picada inteira (2 cm), pesada e levada para estufas de ventilação forçada por 72 horas a 55 °C ou até

peso constante. Depois de retiradas da estufa, as amostras foram moídas em peneiras de 1 mm para a realização das análises laboratoriais, e em peneiras 5 mm para a realização dos ensaios de degradabilidade, e então devidamente armazenadas em potes plásticos para posteriores análises.

A outra parte foi destinada à produção de silagem e, tão logo cortadas, foram picadas em partículas de aproximadamente dois centímetros, ensiladas e compactadas com auxílio de um soquete de madeira, em silos experimentais dotados de válvula do tipo bunsen e um compartimento inferior, contendo areia esterilizada, separada por tela de náilon do material ensilado, para o recebimento dos efluentes, conforme Figura a seguir (PEREIRA *et al.*, 2005):

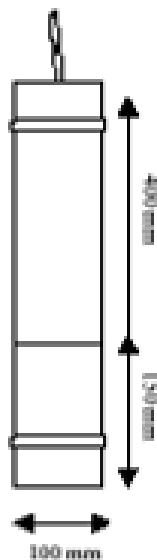


FIGURA 3 - Silos de laboratório para avaliação da silagem.

Para estimar a densidade da silagem, os silos foram pesados antes e após a colocação da forragem; relacionou-se o peso do material ensilado com a área ocupada pela forragem no silo, para manter aproximadamente 500 kg de forragem por metro cúbico. Foram ensiladas quatro variedades de cana-de-açúcar em 4 repetições cada, totalizando 16 silos. Após 60 dias de fermentação, os silos foram abertos. Após a retirada e a homogeneização do seu conteúdo, as amostras foram imediatamente pesadas e levadas para estufas de ventilação forçada por 72 horas a 55 °C ou até peso constante. Depois de retirada da estufa, a silagem teve os mesmo procedimento descritos para a cana *in natura*.

3.3 Composição química

As amostras foram identificadas, pesadas e levadas ao laboratório de análise de alimentos da UNIMONTES, posteriormente levadas para pré-secagem em estufa com ventilação forçada a 55 °C por 72 horas. Elas foram retiradas da estufa, deixadas por 24 horas em temperatura ambiente, e pesadas para a determinação da matéria pré-seca. As amostras pré-secas foram moídas em moinho estacionário "Thomas-Wiley", modelo 4, utilizando-se peneira de 1 e 5 milímetros (mm). Em seguida, foram retiradas amostras de aproximadamente 300 g de cada parcela e guardadas em frascos com tampa para as análises químicas subsequentes.

As amostras pré-secas foram utilizadas para determinação dos teores de matéria seca (MS) conforme a AOAC (1990). A proteína bruta (PB) foi determinada pelo método Kjeldhal AOAC (1990). As concentrações de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina foram determinadas pelo método sequencial segundo as técnicas descritas por Van Soest *et al.* (1991). Para determinação dos teores de lignina, foi utilizado ácido sulfúrico a 72% (VAN SOEST *et al.*, 1991). Foi adotado o método sequencial de análises de fibra para que não houvesse contaminação da pectina na FDA das

amostras. Os teores de hemicelulose foram calculados pela diferença entre FDN e FDA

3.4 Avaliação da cinética da degradação ruminal

Foram utilizados dois novilhos mestiços, fistulados no rúmen e com peso médio de 450 kg.

Os novilhos foram confinados na Fazenda Experimental da UNIMONTES, Campus Avançado de Janaúba – MG, onde receberam 3,0 kg de concentrado/cabeça/dia, dividido em duas vezes iguais, de manhã e à tarde. Além do concentrado, os animais receberam dietas à base de cana-de-açúcar. Esse procedimento se torna necessário para adaptar a flora bacteriana do animal ao alimento a ser incubado com cana. Foram utilizados para a técnica da degradabilidade *in situ* sacos de fibra sintética do tipo tecido não tecido (TNT, gramatura 100), medindo 7,5 x 15 cm, com porosidade aproximada de 50 µm, na quantidade aproximada de 1,2 g de MS/saco, a fim de manter uma relação próxima a 20 mg de MS cm⁻² de área superficial do saco (NOCEK, 1988; CASALI *et al.* , 2009 e ROMÃO *et al.*, 2013).

Primeiramente, os sacos foram colocados em estufas a 105 °C por 12 horas, retirados e colocados em dessecador até resfriarem, sendo então pesados.

Os sacos foram então colocados em sacolas de filó, medindo 20 x 30 cm, juntamente com pesos de chumbo de 100 g. As sacolas foram amarradas com um fio de náilon, deixando um comprimento livre de 1 m para que as mesmas tivessem livre movimentação nas fases sólidas e líquidas do rúmen. As sacolas foram depositadas na região do saco ventral do rúmen por 0, 6, 12, 24, 48, 72 e 96 horas, permanecendo a extremidade do fio de náilon amarrada à cânula. Os sacos foram colocados em ordem inversa, iniciando com o tempo de 96 horas, e ao tempo de 0 hora todas as amostras foram retiradas. Foi feita lavagem uniforme do material por ocasião da retirada do rúmen.

Foram incubados 7 sacos por tempo de incubação, em cada animal e 2 sacos para cada variedade em duas formas totalizando 8 tratamentos dentro do rúmen de 2 novilhos nos seus respectivos horários de incubação.

Após o término do período de incubação, as sacolas de filó foram retiradas do rúmen, abertas, e os sacos de TNT, contendo as amostras, foram imediatamente lavados em água corrente e em máquina apropriada, conforme modelo apresentado por Teixeira *et al.* (1992), e colocados em estufas a 55 °C durante 72 horas e, posteriormente, resfriados em dessecador e pesados (SILVA e QUEIROZ, 2002).

Os sacos referentes ao tempo zero, para determinar a fração prontamente solúvel, foram introduzidos na massa ruminal e imediatamente retirados, recebendo, assim, o mesmo tratamento destinado aos demais tempos.

Os alimentos e os resíduos remanescentes nos sacos de tecido não tecido (TNT), recolhidos no rúmen, foram analisados quanto aos teores de matéria seca (MS) e fibra em detergente neutro (FDN). A porcentagem de degradação foi calculada pela proporção de alimentos remanescentes nos sacos após a incubação ruminal. A FDN da fibra foi analisada segundo os métodos propostos por Van Soest (1991), e proteína bruta pelo método descrito pela AOAC (1990).

Os dados obtidos foram ajustados para uma regressão não linear pelo método de Gauss-Newton (NETER *et al.*, 1985), por meio do software SAS (SAS INSTITUTE, 2004), conforme a equação proposta por Orskov e McDonald (1979).

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

Em que:

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

a = intervalo da curva de degradabilidade

t = 0, correspondendo a 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.

t = tempo de incubação;

Uma vez calculadas as constantes a, b e c estas serão aplicadas à equação proposta por Orskov e McDonald (1979):

$$DE = a + \frac{b \times c}{c + k_p}$$

Em que:

DE = degradação ruminal efetiva do componente nutritivo analisado;

K_p = taxa de passagem do alimento.

Assumiu-se taxa de passagem de partículas (K_p) no rúmen estimada em 5% h⁻¹, conforme sugerido pelo AFRC (1993).

A degradabilidade da FDN foi estimada utilizando-se o modelo de Mertens e Loften (1980):

$$Rt = b \left(1 - e^{-ct} \right)$$

Em que:

Rt = fração degradada no tempo t;

B=fração insolúvel potencialmente degradável;

B e C = como definidas anteriormente.

Após os ajustes da equação de degradação da FDN, procedeu-se à padronização de frações, conforme proposto por Waldo *et al.* (1972), utilizando-se as equações:

$$BP = \left(\frac{b}{b + I} \right) \times 100 \quad IP = \left(\frac{I}{b + I} \right) \times 100$$

Em que:

BP = fração potencialmente degradável padronizada (%);

IP= fração indegradável padronizada (%);

b=fração insolúvel potencialmente degradável;

I = fração indegradável.

No cálculo da degradabilidade efetiva da FDN, adotou-se o modelo:

$$DE = BP \times \frac{c}{c + k_p}$$

Em que

BP é a fração potencialmente degradável (%) padronizada;
c e K_p como definidos anteriormente.

Os ensaios de degradabilidade *in situ* foram realizados em um delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 4 x 2 (4 variedades em 2 formas de utilização: *in natura* e silagem), com 2 repetições. O experimento teve a duração de 10 dias, sendo 5 dias de adaptação à dieta e 5 dias de incubação.

As variáveis foram analisadas pelo procedimento GLM do programa estatístico SAS (SAS INSTITUTE, 2004) com o seguinte modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + V_i + F_j + VF_{ij} + B_k + e_{ijk}$$

Em que:

Y_{ijk} = Observação referente à variedade i , na forma de processamento j submetido ao bloco (animal) k ;

μ = Média geral;

V_i = Efeito da variedade i , com $i= 1, 2, 3$ e 4 ;

F_j = Efeito da forma de processamento j , com $j= 1$ e 2 ;

VF_{ij} = Efeito interação entre a variedade i e forma de processamento j ;

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

3.5 Determinação dos ácidos fenólicos por meio da cromatografia líquida de alta eficiência

Os compostos fenólicos avaliados foram: ácido ferúlico, ácido cafeico, vanilina, ácido *p*-cumárico, ácido *m*-cumárico e ácido *o*-cumárico. Foram retiradas amostras compostas para cada variedade *in natura* e na forma de silagem. Após homogeneização, as amostras foram levadas à estufa de

ventilação forçada com aproximadamente 35 °C (temperatura ambiente) por 72 horas, e, posteriormente, foram moídas em peneiras de 1 mm e armazenadas em recipiente adequado para proceder à extração dos ácidos fenólicos.

Para remover as substâncias solúveis de baixa massa molecular, foram utilizados dois métodos:

1 - Extração com etanol 80 %

Para a extração com etanol 80%, 3 g das amostras foram acondicionadas em saquinhos de náilon medindo 5 x 7 cm, com cerca de 50 µm de porosidade. Foram utilizadas três repetições para cada material tratado, sendo as amostras mantidas sob agitação em um litro da solução, durante duas horas em temperatura ambiente. Após esse período, as amostras foram lavadas em água corrente e deixadas para secar em estufa a 60 °C (DESCHAMPS *et al.*, 1999).

2- Extração com detergente neutro

O tratamento das amostras com detergente neutro (DN) também foi realizado com três repetições no mesmo sistema de acondicionamento descrito anteriormente. As amostras foram submetidas à extração em detergente neutro por 40 minutos em autoclave a 120 °C (DESCHAMPS *et al.*, 1999).

3- Testemunha – sem extração

3.6 Solubilização e determinação dos ácidos

Após a etapa de extração (etanol 80 %, DN e testemunha), para a solubilização dos ácidos fenólicos, 50 mg de amostra foram submetidas à extração em um tubo de ensaio, com 5 mL de NaOH 1 mol/L por 24 horas em uma incubadora a 20 °C. Em seguida, o material foi filtrado em filtro de fibra de vidro e lavado com água Mille-Q, sendo o filtrado acidificado para pH 2,5 com a adição de 0,7 mL de uma solução de HCl:H₂O (1:1). O volume final foi ajustado

para 10 mL com água, sendo retirados 2 mL para posterior análise. Após uma noite em geladeira, o material foi centrifugado em centrífuga tipo Eppendorf (13.000 rpm) por 5 minutos, sendo deixado em congelador até o momento da análise. Após o descongelamento para a injeção no cromatógrafo, as amostras foram novamente centrifugadas (13.000 rpm por 5 minutos). Cerca de 0,5 mL foi então transferido para os frascos do injetor automático do CLAE. O volume de injeção foi de 5 µL.

3.7 Análise em cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE)

As análises foram feitas na Universidade Federal de Minas Gerais, no Instituto de Ciências Exatas departamento de Química no período entre maio e junho de 2013.

O cromatógrafo líquido SHIMADZU usado consistiu de um sistema com duas bombas LC-20AT e detector UV-Vis SPD-20^a (Shimadzu, Kyoto, Japão). As amostras e soluções-padrão dos ácidos fenólicos cafeico, ácido vanilina, ácido para-cumárico, ácido ferúlico, ácido meta-cumárico e ácido orto-cumárico foram analisadas em uma coluna Nucleodur 100-5C18, 250mm x 3,0 mm, 5 µm (Macharey-Nagel). O perfil cromatográfico obtido está apresentado abaixo.

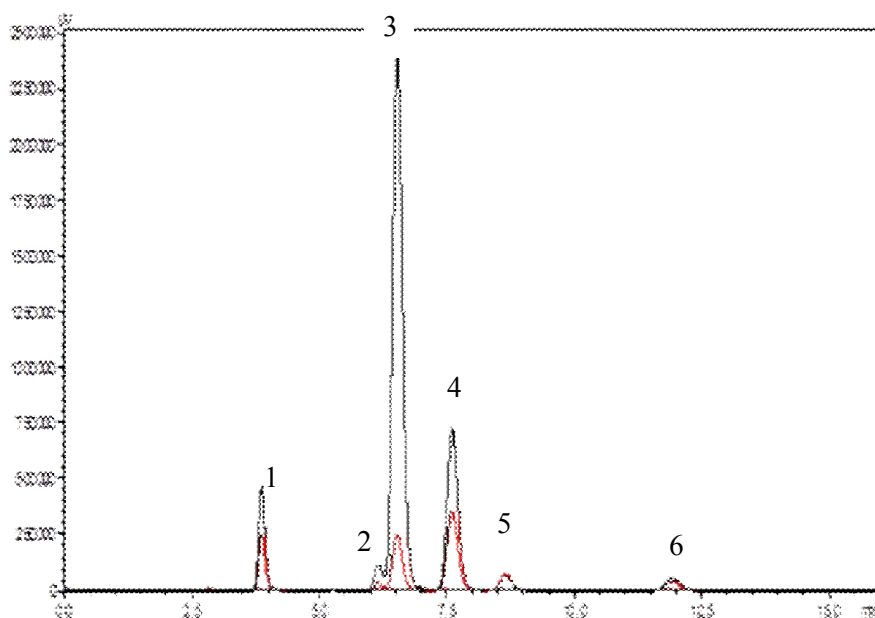


FIGURA 4 - Cromatograma dos ácidos fenólicos padrões.

Mistura-padrão: 1- ácido cafeico (Tr=3,86 min), 2- vanilina (Tr=5,78 min), 3- ácido p-cumárico (Tr=6,52 min), 4- ácido ferúlico (Tr=7,58 min), 5- ácido m-cumárico (Tr=8,64 min), 6- ácido o-cumárico (Tr=11,09 min). Cromatograma preto a 313 nm e cromatograma vermelho a 250 nm.

A concentração dos ácidos fenólicos estudados está relacionando-se às alturas dos picos individuais, obtida por meio das análises cromatográficas de cada amostra, com o perfil cromatográfico e com as curvas analíticas dos ácidos.

As análises foram feitas por eluição isocrática de acetonitrila/ 0,1% ácido fosfórico pH 2,0 (20:80) em temperatura ambiente e fluxo de 0,8 mL/min. O volume de injeção foi de 20 μ L e detecção a 313 nm e 250 nm simultaneamente. O *software Lab Solutions* (Shimadzu) foi utilizado para processamento de dados.

Como apenas os ácidos para-cumárico e o ácido ferúlico foram encontrados em quantidades significativas nas amostras, somente essas duas substâncias foram dosadas. Para a curva de calibração, uma solução-estoque contendo 36 mg de ácido p-cumárico (Merck $\geq 99\%$) e 10 mg de ácido ferúlico (Sigma $\geq 95\%$) foi preparada em 10 mL de acetonitrila/0,1% ácido fosfórico (2:8).

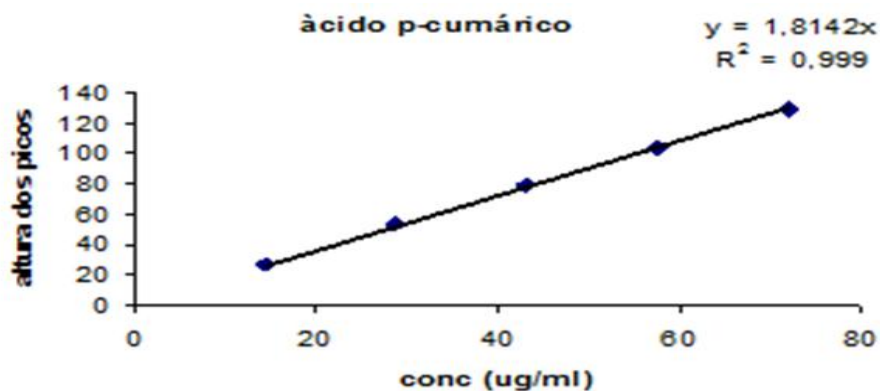


FIGURA 5 - Curva analítica obtida da solução-padrão de ácido p-cumárico.

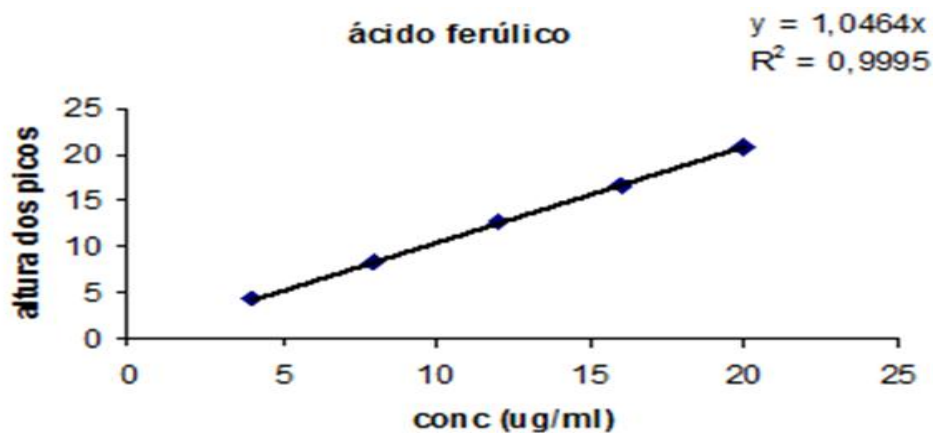


FIGURA 6- Curva analítica obtida da solução-padrão de ácido ferúlico.

As soluções-padrão diluídas (14 a 72 µg/ml de ácido p-cumárico e 4 a 20 µg/ml de ácido ferúlico) foram usadas para a construção da curva de calibração. A presença de picos nas amostras não muito bem separados dos ácidos p-cumárico e ácido ferúlico nos levaram a optar pela dosagem feita pela altura dos picos e não pela área. O erro do cálculo de altura dos picos é menor do que pelo cálculo de área.

3.8 Análises estatísticas

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial (4 x 2 x 2 + 1) (DIC), ou seja, 4 variedades em duas formas de processamento (*in natura* e silagem) e dois métodos de extração (detergente neutro e etanol) + 1 (testemunha: sem extração), com 3 repetições, adotando-se, para a comparação das médias dos tratamentos em relação à testemunha, o teste de Dunnett a 5% de probabilidade por meio do procedimento GLM do SAS (SAS INSTITUTE, 2004). Uma vez verificado o efeito dos tratamentos em relação à testemunha, foi feita a análise de variância para os fatores principais e

suas interações, e equando o teste de “F” apresentou significância, as médias de tratamento foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas usando-se o programa computacional SISVAR, conforme descrito por (FERREIRA, 2011). O modelo estatístico foi:

$$Y_{ijkl} = \mu + V_i + F_j + E_k + VF_{ij} + VE_{ik} + FE_{jk} + VFE_{ijk} + e_{ijkl}$$

Em que:

Y_{ijkl} = Observação referente à variedade **i**, na forma de processamento **j**, no método de extração **k**, na repetição **l**.

μ = Média geral;

V_i = Efeito da variedade **i**, com $i = 1, 2, 3$ e 4 ;

F_j = Efeito da forma de processamento **j**, com $J = 1$ e 2 ;

E_k = Efeito do método de extração **k**, com $k = 1$ e 2 ;

VF_{ij} = Efeito da interação variedade **i** e forma de processamento **j**;

VE_{ik} = Efeito da interação variedade **i** e forma de extração **k**;

FE_{jk} = Efeito da interação forma de processamento **j** e forma de extração **k**;

VFE_{ijk} = Efeito da interação de variedade **i**, forma de processamento **j** e forma de extração **k**;

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

Após a realização das análises de ácidos fenólicos, degradabilidade e coleta de dados, foi realizada uma análise de correlação entre os teores de ácidos fenólicos e os parâmetros de degradabilidade, por meio da linha de comando manova no procedimento GLM do *software* SAS (SAS Institute, 2004), para verificação da influência dos ácidos fenólicos sobre a degradabilidade, utilizando-se as médias de quadrado mínimo de cada etapa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Composição química da cana-de-açúcar

A variedade SP 80-1816, na forma de silagem, apresentou valores de matéria seca total superior ($P < 0,05$), porém, na forma *in natura*, as variedades SP 80-1816 e RB 76-5418 superaram as demais em termos de matéria seca total ($P < 0,05$). Para o estudo de forma de processamento, dentro de cada variedade verifica-se que a forma *in natura* supera a silagem nas variedades RB855536 e RB765418 e SP 80-1842, enquanto que para a SP 80-1816, tanto na forma de silagem como *in natura* apresentou teores de matéria seca iguais estatisticamente ($P > 0,05$) (Tabela 1).

TABELA 1 Valores médios de matéria seca (%) e coeficiente de variação (CV%) de quatro variedades de cana-de-açúcar em duas formas de processamentos

| VARIEDADES | FORMA DE PROCESSAMENTO | |
|------------|------------------------|-----------|
| | SILAGEM | IN NATURA |
| RB855536 | 17,07 Cb | 24,30 Ba |
| RB765418 | 23,87 Bb | 28,80 Aa |
| SP 80-1842 | 23,81 Ba | 25,22 Bb |
| SP 80-1816 | 29,50 Aa | 28,68 Aa |
| CV (%) | 3,92 | |

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott e pelo teste F ($P < 0,05$), respectivamente.

A diferença nos teores de matéria seca entre variedades nas diferentes formas pode estar associada à característica individual de cada variedade e, ainda para a forma de silagem, particularmente, pode haver maior ou menor

atividade de leveduras e demais processo fermentativo, consequentemente ocorrendo modificações no teor de matéria seca desta forragem (SANTOS *et al.*, 2006). As silagens de cana-de-açúcar apresentaram menores valores de matéria seca em três variedades, com exceção da SP 80-1816, quando comparadas com a forragem não ensilada. Esse fato, possivelmente, está relacionado à diminuição do conteúdo celular, principalmente de carboidratos solúveis, durante o processo fermentativo (WOOLFORD, 1984), perda de MS por meio de efluentes (MCDONALD *et al.*, 1991) e gases (PEDROSO, 2003; SANTOS, 2004).

Os valores de matéria seca obtidos variaram de 17,07 a 29,50%. Pesquisas com gramíneas mostram resultados variados no teor de matéria seca, como os reportados por Pedroso *et al.* (2007), de 26,4%, e Queiroz (2006), de 23,1%, e Siqueira *et al.* (2007), de 35,0% MS, possivelmente devido às condições de manejo e solo, característica particular de cada variedade e diferenças metodológicas na condução das pesquisas.

Molina *et al.* (2002) constataram que silagens de cana tratadas com 0,5 e 1,5% de ureia proporcionaram bom padrão fermentativo e melhora na composição bromatológica, como teor de matéria seca mais elevado. Mello *et al.* (2006), avaliando a composição química de nove variedades de cana-de-açúcar, encontraram valores de matéria seca, variando entre 22,6% e 26,9% confirmando as variações particulares de cada variedade e suas atribuições em que a pesquisa foi conduzida. Alves Junior (2009) relata que as condições em que os experimentos são conduzidos, solo, precipitação, variedade, etc. podem interferir na qualidade e produtividade da cana.

A variedade SP 80-1842 na forma *in natura* apresentou valores de proteína bruta total superior às demais ($P < 0,05$), porém, na forma ensilada, demonstrou teores de proteína bruta iguais estatisticamente ($P > 0,05$). Para o estudo das duas formas de processamento dentro de cada variedade, verifica-se que a forma *in natura* supera a silagem nas variedades RB855536 e SP 80-1816.

A variedade SP 80-1842 revelou teor de proteína bruta igual ($P>0,05$) nas duas formas silagem e *in natura* (Tabela 2).

TABELA 2 Valores médios da proteína bruta na matéria seca (PBMS) e coeficiente de variação (CV %) de quatro variedades de cana-de-açúcar em duas formas de processamento

| VARIEDADES | FORMA DE PROCESSAMENTO | |
|---------------|------------------------|-----------|
| | SILAGEM | IN NATURA |
| RB 855536 | 4,94 Aa | 4,98 Ba |
| RB 765418 | 4,97 Aa | 4,05 Bb |
| SP 80-1842 | 4,15 Ab | 5,58 Aa |
| SP 80-1816 | 4,74 Aa | 4,82 Ba |
| CV (%) | 10,59 | |

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott e pelo teste F ($P<0,05$), respectivamente.

Os valores de proteína bruta obtidos variaram de 4,05 a 5,58%. Em pesquisas com gramíneas revelam-se resultados variados no teor de proteína bruta, como os relatados por Mello *et al.* (2006), de 3,5%, Cruz *et al.* (2010), de 2,9% e Rodrigues *et al.* (1997), de 2,08% PB, provavelmente devido às condições em que foi conduzida a pesquisa e à característica particular de cada variedade.

Santos *et al.* (2006) afirmaram que as variações do teor de proteína bruta na matéria seca da cana-de-açúcar podem ser influenciadas pela maturação e tempo de corte, sendo que a cana com 11 meses apresentou teores de PB maior que a de 24 meses, o que justifica os resultados observados nesta pesquisa. As forrageiras, de forma geral, quando jovens, apresentam elevado teor de conteúdo celular, rico em carboidratos solúveis, amido, pectina e nitrogênio. Entretanto,

com o avanço da maturidade das plantas, ocorre efeito de diluição do conteúdo celular e incremento da parede celular, composta por celulose, hemicelulose e lignina, principalmente. Dessa forma, plantas mais jovens tendem a apresentar maior teor de proteína bruta. Kung Junior e Stanley (1982), estudando o efeito do estágio de maturidade sobre o valor nutritivo da planta inteira de cana-de-açúcar com 24 meses, constataram menores teores de PB em comparação com plantas mais jovens.

Nas pesquisas realizadas por Mello *et al.* (2006), avaliando nove variedades de cana-de-açúcar, encontraram-se valores de proteína bruta entre 2,3 a 3,5% PB. Por outro lado, Reis e Rodrigues (1993) citados por Lima Júnior (2010) afirmaram que plantas forrageiras sofrem influência de fatores tão diversos quanto espécie forrageira, estágio de desenvolvimento, fatores climáticos e conteúdo de nutrientes, o que poderia explicar essas repostas. Entretanto, os valores percentuais de PB nas variedades de cana-de-açúcar são pouco expressivos para contribuir na formulação de rações à base desse volumoso (AZEVEDO *et al.*, 2003). Lovadini (1971) observou que a escolha de variedades de cana-de-açúcar pelo maior teor de PB não seria indicada, pois, em seu trabalho, notou-se correlação positiva entre os teores de PB e fibra.

A variedade RB 855536 na forma de silagem apresentou valor de fibra em detergente neutro inferior às outras ($P < 0,05$). No entanto, na forma *in natura*, as variedades SP 80-1842 e SP 80-1816 superaram as demais em termos de fibra em detergente neutro ($P < 0,05$). Para o estudo de forma de processamento dentro de cada variedade, verifica-se que a forma ensilada é inferior à *in natura* apenas na variedade RB 855536. As variedades RB 765418 e SP 80-1842 revelaram teores de fibra em detergente neutro iguais ($P > 0,05$) na forma de silagem e *in natura*, enquanto que a RB 855536 e SP 80-1816, tanto na forma de silagem como *in natura*, apresentaram teores de fibra em detergente neutro diferentes ($P > 0,05$) (Tabela 3).

TABELA 3 Valores médios da Fibra em Detergente Neutro na Matéria Seca (FDNMS) e coeficiente de variação (CV %) de quatro variedades de cana-de-açúcar em duas formas de processamentos

| VARIEDADES | FORMA DE PROCESSAMENTO | |
|---------------|------------------------|-----------|
| | SILAGEM | IN NATURA |
| RB 855536 | 59,88 Bb | 66,94 Ba |
| RB 765418 | 65,34 Ba | 64,15 Ba |
| SP 80-1842 | 77,54 Aa | 72,83 Aa |
| SP 80-1816 | 82,47 Aa | 75,11 Ab |
| CV (%) | 6,10 | |

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott e pelo teste F ($P < 0,05$), respectivamente.

A diferença nos teores de fibra em detergente neutro entre variedades nas diferentes formas pode estar associada à característica individual de cada variedade, e podendo ser interferida pelo processo de maturação e lignificação dos tecidos e redução dos conteúdos celulares com o avanço da maturidade fisiológica das plantas (SANTOS *et al.*, 2006). Os valores de fibra em detergente neutro obtidos variaram de 59,88 a 82,47%. Pesquisas com cana mostram resultados variados no teor de fibra em detergente neutro, como os relatados por Azevedo *et al.* (2003) de 47,6%, Valadares Filho *et al.* (2002) de 64,1% FDN, possivelmente devido às condições de manejo na condução do experimento, e também pelas características individuais das variedades.

Rodrigues *et al.* (1998) analisaram 66 variedades de cana-de-açúcar e observaram variação considerável nos valores de FDN (43 a 68%) e demais nutrientes como açúcares. Rodrigues *et al.* (1997) encontraram variações de 45 a 56% para FDN na avaliação de 11 variedades de cana-de-açúcar. Variações essas também constatadas por Azevedo *et al.* (2003) avaliando frações fibrosas da cana-de-açúcar, e Valadares Filho *et al.* (2002) em 39 avaliações em cana-de-

açúcar. Esses autores ressaltaram que variedades de cana-de-açúcar com baixo teor de FDN são recomendadas como fonte de fibras efetiva e fisicamente efetiva na alimentação de vacas leiteiras. Observa-se que os valores de FDN (Tabela 3) pode ser um parâmetro indicador de consumo, conforme proposto por Mertens (1992). Variedades que apresentam teores de FDN elevados (acima de 55% na MS) limitarão o consumo e, conseqüentemente, o consumo de energia será insuficiente para atender os requerimentos nutricionais do animal, afetando o desempenho.

A variedade SP 80-1842 apresentou variação no teor de FDA ($P < 0,05$) entre as formas de processamento, *in natura* e ensilada e na forma de silagem o teor de FDA ($P < 0,05$) foi superior às demais variedades (Tabela 4).

TABELA 4 Valores médios de Fibra em Detergente Ácido na Matéria Seca (FDAMS) e coeficiente de variação (CV%) de quatro variedades de cana-de-açúcar em duas formas de processamentos

| VARIEDADES | FORMA DE PROCESSAMENTO | |
|---------------|------------------------|-----------|
| | SILAGEM | IN NATURA |
| RB 855536 | 38,25 Ba | 46,11 Aa |
| RB 765418 | 47,29 Ba | 41,29 Aa |
| SP 80-1842 | 55,09 Aa | 45,68 Ab |
| SP 80-1816 | 45,04 Ba | 45,82 Aa |
| CV (%) | 13,74 | |

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott e pelo teste F ($P < 0,05$), respectivamente.

As variações no teor de FDA descritas na literatura podem ser atribuídas às diferenças nas condições bromatológicas dos alimentos utilizados, maturidade fisiológica e variedade da cana. Dessa forma, valores reportados por Mello *et al.* (2006), de 28,4 a 33,5%, Cruz *et al.* (2010) de 22,8 a 29,3%, e Santos *et al.* (2008), de 36,8% de média, reforçam essas variações.

Santos (2006) relaciona essa influência nos teores de FDA na MS da cana-de-açúcar também a idades de corte, aditivo e interação entre eles ao utilizar cana-de-açúcar com 11 meses de idade apresentando menores teores de FDA na MS quando comparada à idade de 24 meses. Os maiores teores de FDA observados nesta pesquisa se devem ao efeito da época de colheita, sendo provável que houve mobilização dos carboidratos solúveis para nova fase de crescimento vegetativo, aumentando a participação da FDA na análise (MAURO *et al.*, 2009).

Para os teores de Hemicelulose e celulose, não foi verificado interação significativa entre variedades x formas de processamento. No entanto, houve diferença significativa entre as variedades para os teores de hemicelulose (Tabela 5).

TABELA 5 Valores médios da Hemicelulose e Celulose na Matéria Seca e coeficiente de variação (CV %) de quatro variedades de cana-de-açúcar em duas formas de processamentos

| VARIEDADES | MÉDIAS | |
|------------|--------------|-----------|
| | HEMICELULOSE | CELULOSE |
| RB 855536 | 21,23 B | 35,72 A |
| RB 765418 | 20,14 B | 38,46 A |
| SP 80-1842 | 24,80 B | 40,55 A |
| SP 80-1816 | 33,37 A | 38,45 A |
| CV% | 24,26 | 24 |

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas nas colunas, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott e pelo teste F ($P < 0,05$), respectivamente.

Para a hemicelulose, a variedade SP 80-1816 apresentou maior teor que as demais ($P < 0,05$), porém, não havendo diferença significativa entre as demais variedades que apresentaram média de 22,05%. Para a celulose, não foi verificado diferença ($P > 0,05$) entre as variedades, que apresentaram média de 38,29%.

A fração FDA das forragens é constituída principalmente pelas frações celulose e lignina (VAN SOEST, 1994) que vão aumentando com o avanço da idade das plantas. Os valores de hemicelulose e celulose obtidos nesta pesquisa variaram de 20,14 a 33,37% e 35,72 a 40,55%, respectivamente. Pesquisas com gramíneas, como a de Ribeiro *et al.* (2009) revelaram variações dentro dos teores de hemicelulose e celulose de 40 a 65%, sendo essas justificadas, possivelmente, devido a efeito de maturação fisiológica da cana. Mauro *et al.* (2009) relatam que com o aumento da idade de corte da cana, há redução dos constituintes da parede celular, em virtude do acúmulo de carboidratos solúveis.

A variedade SP 80-1842 na forma de silagem apresentou valor superior de lignina em relação às demais ($P < 0,05$); todavia, na forma *in natura*, a variedade RB 76-5418 apresentou maior valor que as demais ($P > 0,05$). Para o estudo de forma de processamento dentro de cada variedade, verifica-se que não houve interação significativa entre as variedades x formas de processamentos (Tabela 6).

TABELA 6 Valores médios de lignina na Matéria Seca (LIGMS) e coeficiente de variação (CV %) de quatro variedades de cana-de-açúcar em duas formas de processamentos

| VARIEDADES | FORMA DE PROCESSAMENTO | |
|---------------|------------------------|-----------|
| | SILAGEM | IN NATURA |
| RB 855536 | 6,06 Ba | 5,74 Aa |
| RB 765418 | 7,08 Ba | 6,61 Aa |
| SP 80-1842 | 9,96 Aa | 5,12 Ab |
| SP 80-1816 | 7,43 Ba | 5,71 Aa |
| CV (%) | 17,72 | |

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott e pelo teste F ($P < 0,05$), respectivamente.

A lignina está diretamente associada à parede celular e por sua vez diretamente ligada à concentração de FDA das gramíneas (VAN SOEST, 1994). Os valores de lignina obtidos nesta pesquisa variaram de 5,12 a 9,96%. Pesquisas mostram valores variados no teor de lignina como os reportados por Ribeiro *et al.* (2009), de 6,1%, e Mauro *et al.* (2009), de 5,77% de lignina, provavelmente pela associação que a lignina tem com a FDA.

4.2 Cinética da degradação ruminal

4.2.1 Degradação da matéria seca

Avaliando-se a degradabilidade da MS, foram observadas diferenças significativas ($P < 0,05$) entre as variedades estudadas sobre a degradação da fração solúvel (a) e degradabilidade efetiva (DE) da MS da forrageira (Tabela 7).

TABELA 7 Fração prontamente solúvel (A) e degradabilidade efetiva (DE) da matéria seca de variedades de cana-de-açúcar

| Parâmetros | Variedades | | | | CV (%) |
|------------|------------|----------|-----------|-----------|-------------|
| | RB855536 | RB765418 | SP80-1842 | SP80-1816 | |
| A | 26,64 a | 22,94 b | 28,74 a | 22,58 b | 5,39 |
| DE | 38,27 a | 32,71 b | 42,23 a | 34,70 b | 7,21 |

Médias seguidas de letras distintas na linha diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$). CV % - coeficiente de variação.

Para a fração (a), as menores médias foram observadas nas variedades SP 80-1816 e RB765418, não diferindo entre si ($P > 0,05$), com média de 22,76%. As variedades RB85-5536 e SP80-1842 não diferiram entre si ($P > 0,05$), com média de 17,80% superior às das variedades SP 80-1816 e RB76-5418. Entretanto, para a degradabilidade efetiva (DE), menores valores foram constatados nas variedades SP80-1842 e RB 85-5536, não diferindo entre si ($P > 0,05$), com média de 33,70%.

Ribeiro *et al.* (2009) avaliaram os parâmetros de degradação ruminal da matéria seca (MS) e dos constituintes da parede celular da cana-de-açúcar tratada com hidróxido de sódio (NaOH) ou óxido de cálcio (CaO), pela técnica

in situ, encontraram valores de 38,5% da fração (a) em cana-de-açúcar, semelhantes aos registrados nesta pesquisa (22,58 a 28,74%), também similares aos 23% relatados por Pedroso *et al.* (2005). Esses valores são elevados, mas justificáveis em função do alimento volumoso com alta concentração de açúcares solúveis como a sacarose, frutose e galactose (VAN SOEST, 1994; RIBEIRO *et al.* 2009), monômeros esses de alta solubilização, mas não quantificados nesta pesquisa.

Para o estudo entre a forma de processamentos, nota-se que na fração (a) *in natura* foi 72,55% superior à fração (a) da silagem ($P < 0,05$). Para a DE, independente das variedades estudadas, as maiores médias foram obtidas ($P < 0,05$) na cana-de-açúcar *in natura* (Tabela 8).

TABELA 8 Fração prontamente solúvel (A) e degradabilidade efetiva (DE) da matéria seca de diferentes formas de processamento da cana-de-açúcar.

| Forma de processamento | Parâmetros | | CV% |
|------------------------|------------|---------|-------------|
| | A | DE | |
| SILAGEM | 18,51 B | 30,86 B | 5,39 |
| IN NATURA | 31,94 A | 43,09 A | 7,21 |

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de “F”. Coeficiente de variação (CV%).

Esses resultados são justificáveis em função de as bactérias homofermentativas e heterofermentativas, presentes na silagem, utilizarem os açúcares simples para fermentação da matéria orgânica e produzir ácidos orgânicos como o lático e acético, reduzindo os teores de fração da cana ensilada

(WOOLFORD, 1984). Como a DE é influenciada pela fração prontamente solúvel, os resultados para essa variável são comprovados pelo comportamento da fração nas duas formas de processamento.

Para a fração insolúvel, mas potencialmente degradável (b), taxa de degradação (c), fração indegradável (FI) e degradabilidade potencial (DP) da MS da cana-de-açúcar não foram constatados efeitos significativos à ($P>0,05$) para as formas de processamento estudadas (Tabela 9).

TABELA 9 Fração insolúvel potencialmente degradável (B), taxa de degradação (C), fração indegradável (FI) e degradabilidade potencial (DP) da matéria seca de cana-de-açúcar.

| Parâmetros | MÉDIAS | CV% |
|----------------|--------|-------|
| B (%) | 32,65 | 24,56 |
| C (h^{-1}) | 0,03 | 20,75 |
| FI (%) | 42,13 | 18,12 |
| DP (%) | 57,87 | 13,19 |

CV - coeficiente de variação.

É interessante destacar que a fração (b), a taxa de degradação (c) e FI são parâmetros que se referem aos componentes da parede celular. Notadamente, o processo de ensilagem não interfere positiva ou negativamente na degradação da parede celular dos vegetais. Entretanto, a resposta do teor de lignina na parede celular, representado pela FI, é que provavelmente atuará negativamente na degradação da celulose e hemicelulose, representada de forma geral pela fração (b). A lignina atua negativamente na degradação da parede celular em função de dois principais fatores: ser tóxica à microbiota ruminal, devido a presença de ácidos fenólicos, e por ligar com a hemicelulose por meio de ligações do tipo

estér, dificultando ação microbiana sobre o substrato (VAN SOEST, 1994). Nesta pesquisa, estes resultados são mais consistentes quando associados com os dados da FDN, FDA, hemicelulose e celulose (Tabelas 3, 4 e 5), respectivamente.

Nota-se que o comportamento do desaparecimento da MS segue a tendência de aumentar de forma gradativa com o aumento do tempo de incubação da cana-de-açúcar, inicialmente mais acelerado e após o tempo 48 horas há uma tendência de se estabilizar. Isso ocorre devido à ação microbiana na fração B, tendência essa para todas as variedades e formas (Figura 7).

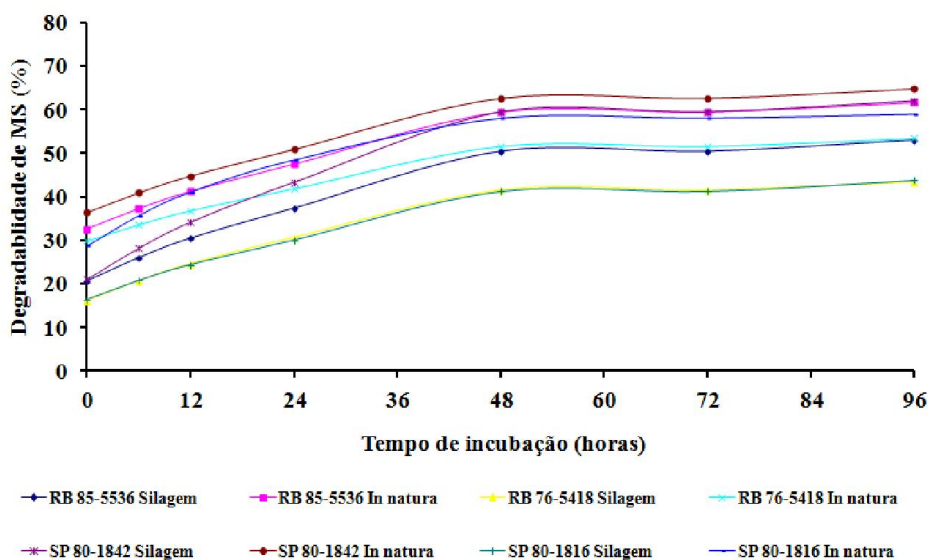


FIGURA 7 Curvas de desaparecimento da matéria seca em função dos tempos de incubação da cana-de-açúcar nas diferentes variedades e formas.

Observa-se que no tempo zero (0), na forma *in natura*, o desaparecimento da MS é maior, o que é devido à maior concentração da fração (a) disponível. Independente das variedades estudadas e das formas de

processamento, é notável que, a partir das 48 de horas de incubação, os tratamentos apresentaram comportamento de constâncias na degradação da matéria seca.

4.2.2 Degradação da fibra em detergente neutro (FDN)

Para a fração insolúvel, mas potencialmente degradável padronizada (Bb) da FDN, as variedades RB855536 e SP 80-1842 não diferiram entre si ($P>0,05$) (média de 53,70%) e apresentaram maior média em relação às demais variedades (Tabela 10).

TABELA 10 Taxa de degradação (C); fração insolúvel potencialmente degradável padronizada (Bp); fração indegradável padronizada (Ip); degradabilidade potencial (DP) e efetiva (DE) da fibra em detergente neutro de variedades de cana-de-açúcar

| Parâmetros | Variedades | | | | CV % |
|---------------------------|------------|----------|-----------|-----------|--------------|
| | RB855536 | RB765418 | SP80-1842 | SP80-1816 | |
| C (h⁻¹) | 0,03 b | 0,06 a | 0,04 b | 0,04 b | 14,20 |
| BP (%) | 51,87 a | 22,93 b | 55,54 a | 37,10 b | 25,34 |
| IP (%) | 48,13 b | 77,08 a | 44,46 b | 62,90 a | 18,24 |
| DP (%) | 48,13 b | 77,08 a | 44,46 b | 62,90 a | 18,24 |
| DE (%) | 18,07 a | 9,86 b | 17,75 a | 13,57 b | 18,58 |

Médias seguidas de letras distintas minúsculas na linha diferem pelo teste "F". CV - coeficiente de variação

Vale destacar que a variedade RB765418 apresentou média da fração Bp de 22,93%, valor esse menor ($P<0,05$) que as médias das variedades RB85-5536 e SP80-1842. Esse resultado de 22,93% para variedade RB765418 indica, que

no rúmen, essa variedade apresenta maior resposta de degradação microbiana, justificado pelos resultados da taxa de degradação que foi de 6%/h, valor superior ($P<0,05$) ao das demais variedades, com média de 3,5%/h. Estudos com gramíneas mostram resultados variados no teor de fração (Bb) da cana-de-açúcar, como os reportados por Romão *et al.* (2013), média 38,4%, Fortaleza *et al.* (2012), média de 42,88%.

Não foi descrita interação significativa entre as variedades x formas de processamento para a taxa de degradação da fração insolúvel potencialmente degradável padronizada. No entanto, houve diferenças ($P<0,05$) entre as variedades estudadas (Tabela 11) e não houve efeito ($P>0,05$) da forma de processamento das variedades.

TABELA 11 Taxa de degradação (C) das formas de processamento e variedades de cana-de-açúcar

| Variedades | Forma de processamento | |
|------------|------------------------|------------------|
| | Silagem | <i>In natura</i> |
| RB855536 | 0,02 B | 0,04 B |
| RB765418 | 0,03 B | 0,09 A |
| SP 80-1842 | 0,04 A | 0,04 B |
| SP 80-1816 | 0,04 A | 0,04 B |
| CV% | 14,20 | |

Médias seguidas de letras distintas maiúsculas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P<0,05$).

Para a taxa de degradação (c) na forma de processamento *in natura*, a variedade RB765418 apresentou maior ($P<0,05$) taxa (9%/h) (C) em relação às demais variedades que não diferiram entre si ($P>0,05$) (média de 4%/h). Isso

significa que em aproximadamente 11 horas de degradação ruminal da fração Bp da variedade RB765418, 100% do substrato será disponibilizado para síntese de proteína microbiana, ácidos graxos voláteis de cadeia curta ou como fonte de energia para os microrganismos ruminais. Por outro lado, nos tratamentos ensilados, as menores taxas de degradação foram observadas nas variedades RB855536 e RB765418, com médias de 2 e 3%/h, respectivamente, ou seja, em 24 horas de degradação ruminal, provavelmente, 48% e 72% da fração Bp serão degradados, respectivamente.

A fração insolúvel potencialmente degradável padronizada (Bp) da FDN apresentou valor e efeitos de significância como já citado para a fração (B). Nesta pesquisa, observaram-se valores de (Bp) variando de 22,93 a 55,54%. Pesquisas com gramíneas mostram resultados variados da fração (Bp) da FDN, como os reportados por Ribeiro *et al.* (2009) de 38,9%, e Romão *et al.* (2013) de 38,4%. Essas variações ocorrem devido aos tratamentos feitos em individual de cada pesquisa e às particularidades das variedades. A fração indegradável (FI) segue os mesmos resultados que a (IP) fração indegradável potencial.

O resultado de DP desta pesquisa mostrou que o alimento avaliado tem um bom aproveitamento dos seus nutrientes, o que é confirmado por Romão *et al.* (2013) relatando que quanto maior o DP da cana, melhor aproveitamento dos seus nutrientes. A variedade RB 765418 na fração DP apresentou valor mais elevado que as demais ($P < 0,05$), enquanto a SP 80-1842 revelou menor valor entre as variedades.

As variedades RB855536 e SP 80-1842 apresentaram valores superiores de degradabilidade efetiva (DE) do que as demais ($P < 0,05$); contudo, a que apresentou menor valor foi a RB765418 (Tabela 10).

Valinot *et al.* (2006) avaliaram a degradabilidade, a fermentação e a cinética ruminal de dietas com caroço de algodão ou sal de cálcio de ácidos graxos, como fontes de gordura, acrescidos de monensina sódica. Eles

verificaram o efeito desta última em dietas com caroço de algodão e cana-de-açúcar, obtiveram resultados para DE 26,55% confirmando uma DE menor como encontrado por Romão *et al.* (2013). Os mesmos autores relatam um maior aproveitamento da fibra quanto maior a DP, menor FI, C e maior Bp e DE.

TABELA 12 Taxa de degradação (C) da fibra em detergente neutro da cana-de-açúcar na forma de silagem e *in natura*

| Forma de processamento | C |
|-------------------------------|----------|
| SILAGEM | 0,03 b |
| IN NATURA | 0,05 a |
| CV% | 14,20 |

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de “F”.

Na figura 8, ressalta-se o comportamento das variedades em diferentes formas de processamento com o incremento do período de incubação.

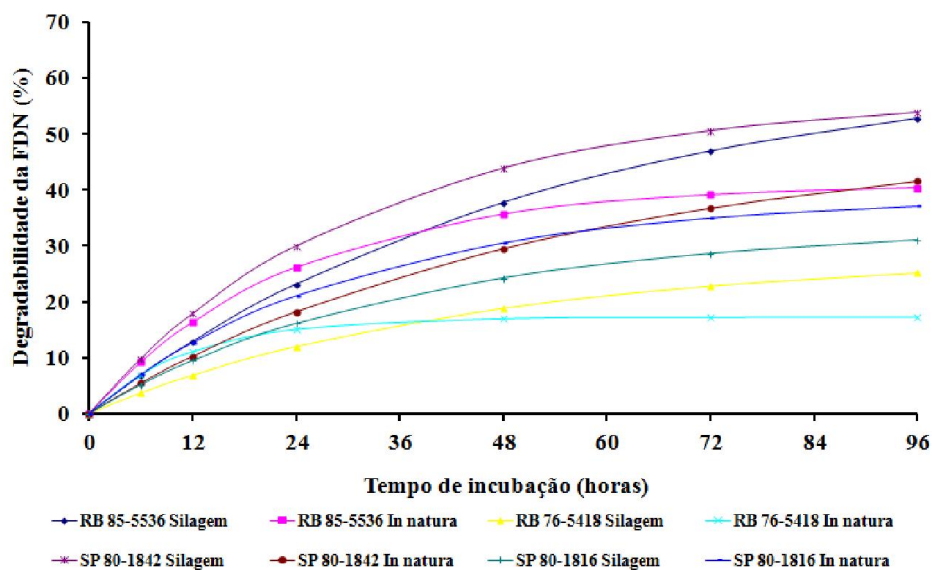


FIGURA 8 - Curvas de desaparecimento da FDN, em função dos tempos de incubação da cana-de-açúcar nas diferentes variedades e formas de processamento.

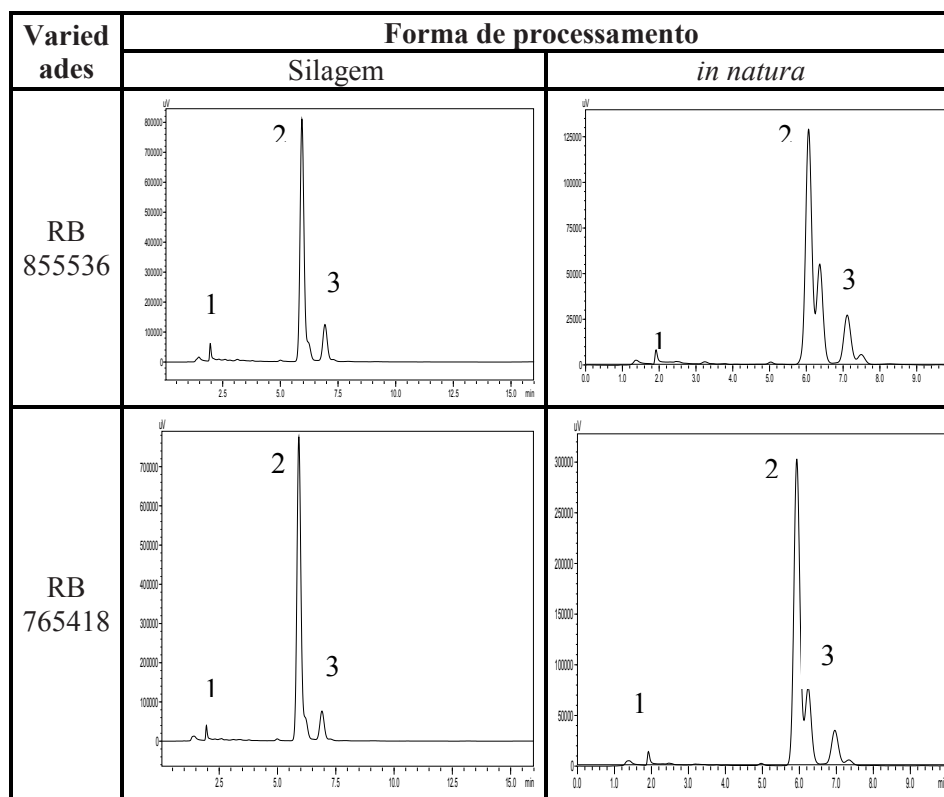
Nota-se que no tempo 0, a degradação da FDN é nula devido ao fato de na parede celular não haver carboidratos solúveis. Mas de forma geral, no decorrer do aumento do período de incubação, todos os tratamentos aumentaram a degradação da parede celular, embora com intensidades diferentes. Com exceção da variedade RB 76-5418, na forma *in natura*, que apresentou tendência de estabilização a partir de 24 horas de incubação, nos demais tratamentos não foi verificado tal comportamento nos períodos de incubação avaliados (0 a 96 horas).

4.3 Ácidos fenólicos

4.3.1 Concentrações de ácidos fenólicos nas amostras

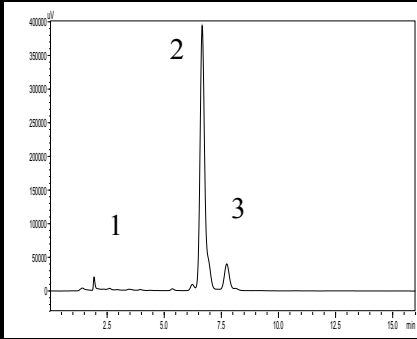
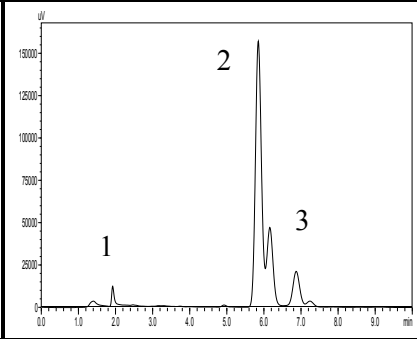
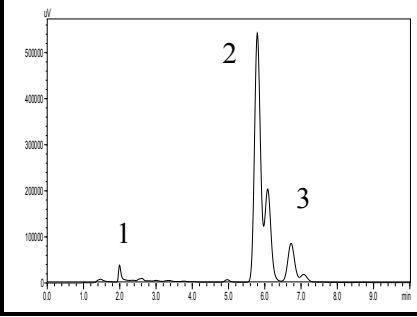
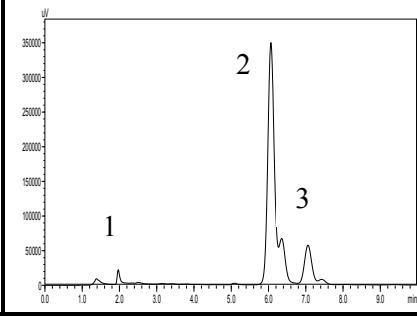
Nos Quadros 1 a 3, observam-se os perfis cromatográficos encontrados nas amostras de cana-de-açúcar nas diferentes variedades e na forma ensilada e sem a utilização de extratores. As áreas apresentadas referem-se aos valores médios obtidos nas repetições.

QUADRO 1 - Cromatogramas de variedades de cana-de-açúcar em diferentes formas de processamento e sem utilização de extratores.



Indicação dos picos pelo tempo de resposta (tr): 1 = não identificado (TR = 2,00 min), 2 = p-cumárico (TR = 6,00 min) e 3 = ferulico (TR = 7,00 min) em suas respectivas alturas

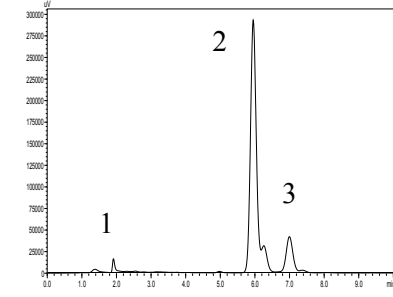
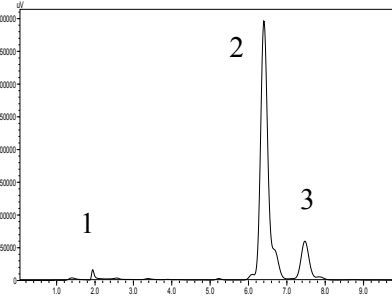
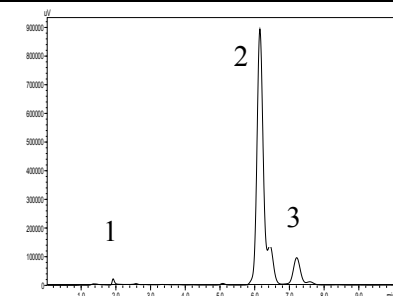
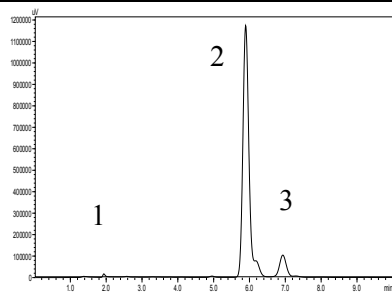
QUADRO 1 – continuação...

| Variedades | Forma de processamento | |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| | Silagem | <i>in natura</i> |
| SP 80-1842 |  |  |
| SP 80-1816 |  |  |

Indicação dos picos pelo tempo de resposta (tr): 1 = não identificado (TR = 2,00 min), 2 = p-cumárico (TR = 6,00 min) e 3 = ferulico (TR = 7,00 min) em suas respectivas alturas.

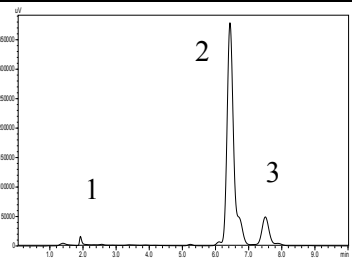
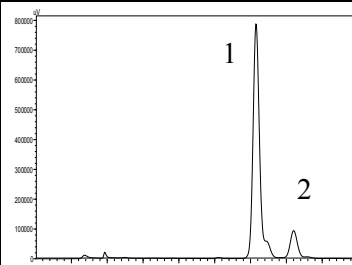
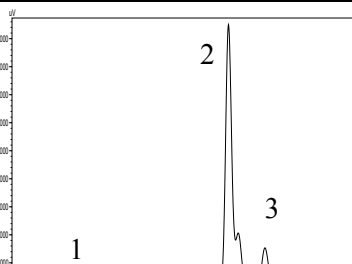
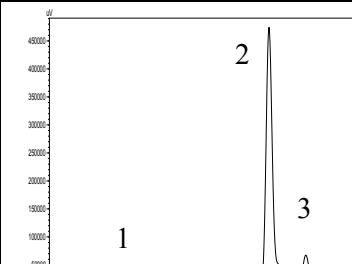
Nos quadros 2, observam-se os perfis cromatográficos encontrados nas amostras de cana-de-açúcar nas diferentes variedades, na forma ensilada e *in natura* com extração etanol 80%. As áreas apresentadas referem-se aos valores médios obtidos nas repetições.

QUADRO 2 - Cromatogramas de variedades de cana-de-açúcar em diferentes formas de processamento com utilização do extrator etanol 80%.

| Variedades | Forma de processamentos | |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| | Silagem | <i>in natura</i> |
| RB 855536 |  |  |
| | 1 sem iden.(TR= 2,00min), 2 = p-cumárico (TR = 6,00 min) e 3 = ferulico (TR = 7,00 min) | 1 sem iden.(TR=2,00min), 2 = p-cumárico (TR = 6,40 min) e 3 = ferulico (TR = 7,40 min) |
| RB 765418 |  |  |
| | 1 sem iden.(TR=2,00min), 2 = p-cumárico (TR = 6,10 min) e 3 = ferulico (TR = 7,20 min) | 1 sem iden.(TR=2,00min), 2 = p-cumárico (TR = 6,00 min) e 3 = ferulico (TR = 7,00 min) |

Indicação dos picos pelo tempo de resposta (tr) em suas respectivas alturas.

QUADRO 2- continuação.....

| Variedade | Forma de processamentos | |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| | Silagem | <i>in natura</i> |
| SP 80-1842 |  |  |
| | 1 sem iden. (TR=2,00min), 2 = p-cumárico (TR = 6,30 min) e 3 = ferulico (TR = 7,40 min) | 1 sem iden. (TR=2,00min), 2 = p-cumárico (TR = 6,20 min) e 3 = ferulico (TR = 7,20 min) |
| SP 80-1816 |  |  |
| | 1 sem iden. (TR=2,00min), 2 = p-cumárico (TR = 6,30 min) e 3 = ferulico (TR = 7,40 min) | 1 sem iden. (TR=2,00min), 2 = p-cumárico (TR = 6,40 min) e 3 = ferulico (TR = 7,45 min) |

Indicação dos picos pelo tempo de resposta (tr) em suas respectivas alturas.

Nos quadros 3, observam-se os perfis cromatográficos encontrados nas amostras de cana-de-açúcar nas diferentes variedades, na forma ensilada e *in natura* com extração com detergente neutro “DN”.

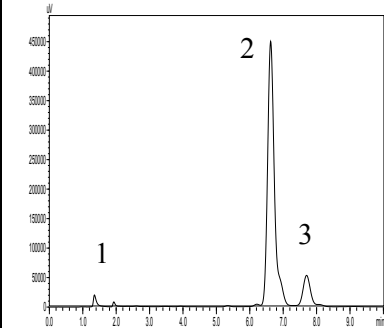
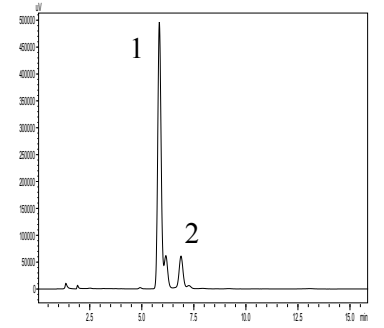
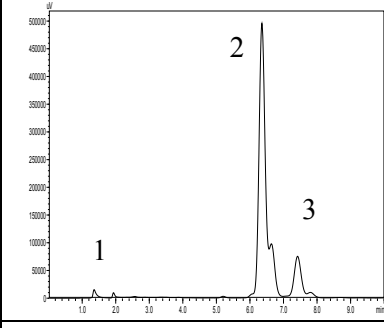
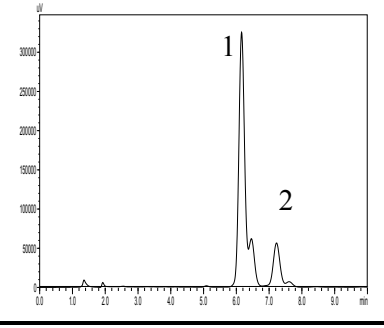
As áreas apresentadas referem-se aos valores médios obtidos nas repetições.

QUADRO 3- Cromatogramas de variedades de cana-de-açúcar em diferentes formas de processamento com utilização do extrator detergente neutro.

| Variedades | Forma de processamento | |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| | Silagem | <i>in natura</i> |
| RB 85553 6 | | |
| | 1 sem iden. (TR=1,00min), 2= p-cumárico (TR = 5,50 min) e 3= ferulico (TR = 6,50 min) | 1 sem iden. (TR=1,20min), 2 = p-cumárico (TR = 6,00 min) e 3 = ferulico (TR = 7,10 min) |
| RB 76541 8 | | |
| | 1 = p-cumárico (TR = 6,30 min) e 2 = ferulico (TR = 7,30 min) | 1 sem iden. (TR=1,30min), 2 = p-cumárico (TR = 5,40 min) e 3 = ferulico (TR = 6,50 min) |

Indicação dos picos pelo tempo de resposta (tr) em suas respectivas alturas.

QUADRO 3- Continuação.....

| Variedades | Forma de processamento | |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| | Silagem | <i>in natura</i> |
| SP 80-1842 |  |  |
| | 1 sem iden.(TR=1,20min), 2 = p-cumárico (TR = 6,50 min) e 3 = ferulico (TR = 7,40 min) | 1 = p-cumárico (TR = 5,50 min) e 2 = ferulico (TR = 6,50 min) |
| SP 80-1816 |  |  |
| | 1 sem iden.(TR=1,20min), 2 = p-cumárico (TR = 6,30 min) e 3 = ferulico (TR = 7,40 min) | 1 = p-cumárico (TR = 6,10 min) e 3 = ferulico (TR = 7,10 min) |

Indicação dos picos pelo tempo de resposta (tr) em suas respectivas alturas.

Não foi constatada presença de ácidos cafeico, vanilina, m-cumárico e o-cumárico nos tratamentos analisados. No entanto, as concentrações de ácido p-cumárico e ácido ferúlico foram verificadas nos tratamentos estudados, conforme se observa pela definição dos picos referentes a esse ácido (Quadros 1 a 3).

A extensão da corrida cromatográfica de 15 minutos foi suficiente para demonstrar que, nas condições em que este experimento foi conduzido, foram detectados os ácidos fenólicos p-cumárico e ferúlico, além de substâncias não identificadas com os padrões utilizados. Deschamps e Ramos (2002) reportaram tempo de corrida bem semelhante (22 minutos) em determinações de ácidos fenólicos em bagaço de cana detectando apenas os mesmos ácidos encontrados nesta pesquisa, reforçando os resultados obtidos. Ressalta-se a metodologia adotada, utilizando-se uma extração branda desses ácidos, representando formas éster, conforme Morrison III *et al.* (1993). É possível que a utilização de outra metodologia como extração mais severa (NaOH 4 mol L 170 °C por duas horas) propicie mais derivados do complexo lignina ou lignina/carboidratos como já citado anteriormente.

4.3.2 Avaliação do ácido p-cumárico

Não houve interação entre variedades, forma de processamento e efeito do método de extração ($P>0,05$). Foi observado efeito ($P<0,05$) de variedades e forma de processamento (Tabela 13), e forma de processamento e métodos de extração (Tabela 14) sobre os teores de ácidos *p*-cumárico em cana-de-açúcar.

TABELA 13 - Ácido p-cumárico (%) em diferentes variedades e formas de processamentos da cana-de-açúcar.

| Variedades | Forma de processamento | |
|------------|------------------------|------------------|
| | Silagem | <i>In natura</i> |
| RB 855536 | 16,92 Aa | 7,63Ab |
| RB 765418 | 13,48 Ba | 10,46Ab |
| SP 80-1842 | 12,02 Ba | 9,10 Ab |
| SP 80-1816 | 8,02 Ca | 8,26 Aa |
| CV (%) | 32,83 | |

Médias seguidas de letra distintas, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P<0,05$) e pelo teste “F”, respectivamente. CV - Coeficiente de variação.

Para a silagem, os maiores teores foram constatados na variedade RB 855536, sendo que para a forma *in natura*, as variedades apresentaram teores iguais entre si. Entre as duas formas de processamento, as silagens das variedades RB 855536, RB 765418 e SP 80-1842 apresentaram teores superiores de ácido p-cumárico em relação à *in natura* (Tabela 13). Associando os

resultados de ácido p-cumárico, como monômero da lignina e seus efeitos sobre a degradação dos componentes da fração fibrosa, observa-se que a variedade SP 80-1816, na forma ensilada, apresentou menor concentração de ácido p-cumárico, 8,2%, em relação às demais variedades. Esses resultados permitem inferir que nesta variedade (SP 80-1816), provavelmente, o ácido p-cumárico interfere negativamente pouco na degradação ruminal, fato esse confirmado pelos resultados da DP e Bp da FDN anteriormente discutido. Logo, o maior resultado da fração Bp da variedade RB 855536 de 51,87% é justificado pela alta concentração de ácido p-cumárico, 16,92%. Deschamps *et al.* (1996) compararam a concentração do ácido p-cumárico detectado na cana e capim-elefante, registraram maior concentração na cana, sendo um indicativo para explicar a baixa digestibilidade da mesma comparado ao capim-elefante.

Houve interação significativa para métodos de processamento x formas de processamento (Tabela 14). Não houve diferença significativa entre os métodos de processamento quando os tratamentos foram processados na forma de silagem, com média de 12,61. Na forma *in natura* de processamento, o método de processamento foi 22,17 e 68,50% superior aos métodos sem extração e com etanol 80%, respectivamente.

TABELA 14 - Ácido *p*-cumárico em diferentes variedades e forma de processamento da cana-de-açúcar em diferentes métodos e formas de processamentos e coeficiente de variação (cv %).

| MÉTODOS DE PROCESSAMENTO | FORMA DE PROCESSAMENTO | |
|--------------------------|------------------------|------------------|
| | SILAGEM | <i>IN NATURA</i> |
| Sem Extração | 9,89 Aa | 9,02 Ab |
| Etanol 80% | 14,39 Aa | 6,54 Bb |
| FDN | 13,55 Aa | 11,02 Aa |
| CV (%) | 32,83 | |

Médias seguidas de letra distintas, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott e pelo teste F ($P < 0,05$), respectivamente. CV - Coeficiente de variação.

Os métodos de processamento sem extração e com etanol 80% quantificaram maior concentração de ácido *p*-cumárico quando os tratamentos foram processados na forma de silagem (9,89% e 14,39%, respectivamente). Não houve efeito ($P > 0,05$) das formas de processamento na quantificação da concentração de ácido *p*-cumárico quando se utilizou o método FDN de processamento.

De acordo com Deschamp e Ramos, (2002), devido os ácidos fenólicos estarem restritos à parede celular, com pouca possibilidade de serem detectados na fração (a) da cana-de-açúcar, a eficiência dos extratores tem se levado em consideração. Sendo assim, possível é solubilizar parte desses ácidos (*p*-cumárico) presentes na parede celular. Essa solubilização foi observada nesta pesquisa. Os ácidos fenólicos *p*-cumárico e ferúlico, os principais detectados em plantas forrageiras, interligam com a lignina associando se aos componentes da parede celular (celulose e hemicelulose) por ligações éster ou éter podendo influenciar a degradação desses polissacarídeos, formando barreiras para a ação

dos microrganismos e a hidrólise da molécula, dessa forma interferindo na digestibilidade desse carboidrato (LU e RALPH *et al.*, 1999).

4.3.3- Avaliação do ácido ferúlico ferúlico

Houve interação entre variedades x forma de processamento ($P>0,05$) sobre os teores de ácido ferúlico em cana-de-açúcar. A variedade SP 80-1816 apresentou maior ($P<0,05$) concentração de ácido ferúlico nas duas formas de processamento, não havendo diferenças entre as formas ($P>0,05$), com média de 7,50% (Tabela 15).

TABELA 15 - Valores médios de ácido ferúlico de cana-de-açúcar em diferentes variedades e formas de processamentos e coeficiente de variação (CV %).

| VARIEDADES | FORMA DE PROCESSAMENTO | |
|---------------|------------------------|-----------|
| | SILAGEM | IN NATURA |
| RB 855536 | 4,17 Bb | 6,74 Aa |
| RB 765418 | 4,79 Ba | 5,33 Ba |
| SP 80-1842 | 4,94 Ba | 5,35 Ba |
| SP 80-1816 | 7,83 Aa | 7,18 Aa |
| CV (%) | 22,90 | |

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott e pelo teste F ($P>0,05$), respectivamente.

A menor concentração de ácido ferúlico (4,17%) foi verificada na variedade RB 855536 quando processada na forma de silagem. Entretanto, nesta variedade foi constatada maior concentração de ácido p-cumárico (16,92%) (Tabela 13). Logo, confrontando os resultados dos ácidos fenólicos em questão, a concentração de ácido ferúlico da variedade RB 855536 teve menor influência

negativa sobre a degradação ruminal da fração fibrosa. Destaca-se ainda que apenas nesta variedade (RB 855536), houve diferença significativa das formas de processamento, sendo observada maior concentração de ácido ferúlico quando esta variedade foi processada forma *in natura*.

4.3.4- Degradabilidade em função dos ácidos fenólicos

Não houve correlação significativa entre a DE da MS e da FDN com a concentração do ácido p-cumárico e ferúlico (Tabela 16)

TABELA 16 Correlação da degradabilidade das frações solúvel (A); potencialmente degradável (B); taxa de degradação (C); fração indegradável (FI); degradabilidade potencial (DP); degradabilidade efetiva (DE); com os ácidos fenólicos para- cumárico (PCUL) e ácido fenólico ferúlico (FERUL) da MS e FDN em cana-de-açúcar. Matéria seca (MS). Fibra em detergente neutro (FDN)

| | PCUL | FERUL |
|--------------|-------------|--------------|
| AMS | -0,19 ns | -0,23 ns |
| BMS | 0,07 ns | 0,05 ns |
| CMS | -0,31 ns | 0,04 ns |
| FIMS | -0,04 ns | -0,11 ns |
| DPMS | 0,04 ns | 0,03 ns |
| DEMS | 0,18 ns | 0,03 ns |
| AFDN | 0,21 ns | -0,02 ns |
| BFDN | 0,09 ns | 0,02 ns |
| CFDN | -0,31 ns | 0,11 ns |
| FIFDN | -0,56 ns | -0,01 ns |
| DPFDN | 0,56 ns | 0,01 ns |
| DEFDN | -0,19 ns | 0,04 ns |

*Médias diferiram estatisticamente pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade. NS = não significativo;

Esse comportamento demonstra que os teores de ácido p-cumárico e ferúlico não interferiram na degradação da cana-de-açúcar, e isso sugere que outros fatores ou ácidos fenólicos estariam limitando a degradação em nível de rúmen. Ferreira (2003) observou que os conteúdos de ácido p-cumárico presente nas plantas (colmo + folhas) de diferentes genótipos de milho revelaram efeito positivo sobre os teores de lignina em detergente ácido e de lignina Klason. Segundo Argillier *et al.* (1996), o ácido p-cumárico está predominantemente ligado às ligninas e sua influência sobre a degradação dos polissacarídeos está provavelmente em função dos efeitos negativos diretos e indiretos das ligninas. Estes resultados mostram que somente os conteúdos de ácido p-cumárico e ferúlico são insuficientes para justificar resultados de digestibilidade, e que outros fatores estão envolvidos como, por exemplo, as proporções entre os tipos de ligações éster e éter, não avaliadas na presente pesquisa.

5 CONCLUSÕES

Considerando os parâmetros da degradação ruminal, as variedades RB 855536 e SP 80-1842, na forma de processamento *in natura* e método de processamento detergente neutro (DN) apresentaram melhores resultados.

A verificação das concentrações dos ácidos fenólicos p-cumárico e ferúlico não são suficientes para justificar o efeito da ação microbiana sobre as variedades estudadas nas diferentes formas de processamento. Desse modo, mais pesquisas são necessárias.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL. AFRC. Energy and protein requirements of ruminants. Wallingford: CAB International, 1993.

ALMEIDA, L. M. **Seleção de famílias de irmãos-completos de cana-de-açúcar e estimativa da divergência genética via marcador de DNA (ISSR)**. 2010. 83 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)-Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2010.

ALVES JUNIOR, H. O. **Resposta de seis variedades de cana-de-açúcar a doses de potássio no cerrado de Roraima**. 2009. 59 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2009.

AMARAL, R. C. *et al.* Cana-de-açúcar *in natura* ou ensilada com e sem aditivos químicos: estabilidade aeróbia dos volumosos e das rações. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 38, n. 10, p. 1857-1864, 2009.

ANDRADE, P. B. *et al.* Preliminary study of flavonols in port wine grape varieties. **Food Chemistry**, London, v. 73, n. 4. p. 397-399, 2001.

ÂNGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimento: uma breve revisão. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 66, n. 1, p.1-9, 2007.

ANTUNES, F. Z. Caracterização climática. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 17, n. 181, p. 15-19. 1994.

ARGILLIER, O. *et al.* Genotypic variation in phenolic components of cell-walls in relation to the digestibility of maize stalks. **Agronomie**, Paris, v. 16, p. 123-130, 1996.

AROEIRA, L. J. M. Digestibilidade, degradabilidade taxa de passagem da cana-de-açúcar mais uréia e do farelo de algodão em vacas mestiças Holandês x Zebu

em Lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 24, n. 6, p. 1016-1026, 1995.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15. ed. Arlington, 1990. v. 1. 1117 p.

AZEVÊDO, J. A. G. *et al.* Avaliação da divergência nutricional de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 32, n. 6, p. 1431-1442, 2003.

_____. *et al.* Composição químico-bromatológica, fracionamento de carboidratos e cinética da degradação in vitro da fibra de três variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 32, n. 6, p. 1443-1453, 2003.

BEELEN, P. M. G. *et al.* Efeito dos taninos condensados de forrageiras nativas do semi-árido nordestino sobre o crescimento e atividade celulolítica de *Ruminococcus flavefaciens* FD1. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 58, n. 5, p. 910-917, 2006.

BERNARDES, T. F.; SILVEIRA, R. N.; COAN, R. M. Características fermentativas e presença de leveduras na cana-de-açúcar crua ou queimada ensilada com aditivos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. 1 CD-ROM.

BOIN, C.; TEDESCHI, L. O. Cana-de-açúcar na alimentação de gado de corte. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 5., 1993, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1993. p.107-126.

CAMPOS, M. M. Degradabilidade in situ da cana-de-açúcar tratada ou não com óxido de cálcio, em novilhas leiteiras Holandês x Gir. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 63, n. 6, p. 1487-1492, 2011.

CASALI, A. O. *et al.* Estimação de teores de componentes fibrosos em alimentos para ruminantes em saco de diferentes tecidos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 38, n. 1, p. 130-138, 2009.

CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A. (Eds.). **Ecofisiologia de culturas extrativas**: cana-de-açúcar, seringueira, coqueiro, dendezeiro e oliveira. Cosmópolis: Stoller do Brasil, 2001. 138 p.

CAVALCANTI, A. C. Avaliação de fenos produzidos de *Andropogongong* yanus colhidos em diferentes idades de crescimento através da técnica de degradabilidade in situ. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 49., 2012, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: SBZ, 2012. 1 CD-ROM.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra de cana-de-açúcar 2011/2012**: terceiro levantamento janeiro 2012. Brasília: CONAB, 2012. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 20 ago. 2012.

_____. **Acompanhamento de safra brasileira**: cana-de-açúcar, segundo levantamento, agosto 2011. Brasília: CONAB, 2011. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_08_30_13_41_19_boletim_cana_portugues_-_agosto_2011_2o_lev..pdf>. Acesso em: 10 out. 2011.

_____. **Acompanhamento de safra brasileira**: cana-de-açúcar, segundo levantamento, agosto 2014. Brasília: CONAB, 2014. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_08_30_13_41_19_boletim_cana_portugues_-_agosto_2014_2o_lev..pdf>. Acesso em: 10 out. 2014.

COSTA, K. A. P. *et al.* Efeito da estacionalidade na produção de matéria seca e composição bromatológica da *Brachiariabrizantha* cv. Marandu. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 6, n. 3, p. 187-193, jul./set. 2005.

CRUZ, L. R. da. *et al.* Características agrônômicas e composição bromatológica de variedades de cana-de-açúcar. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 6, p. 1779-1786, nov./dez. 2014.

CRUZ, P. G. *et al.* Fracionamento e cinética da fermentação ruminal in vitro dos carboidratos de cinco variedades de cana-de-açúcar. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 11, n. 4, p. 784-793, out./dez. 2010.

DANIELS, J.; ROACH, B. T. Taxonomy and evolution. In: HEINZ, D. J. (Ed.). **Sugarcane improvement through breeding**. Amsterdam: Elsevier, 1987. p. 7-84.

DAVID, F. M. **Composição e degradabilidade, através da técnica de produção de gás, de quatro gramíneas tropicais submetidas a cortes em diferentes idades**. 2001. 110 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)- Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

DESCHAMPS, F. C. Implicações do período de crescimento na composição química e digestão dos tecidos de cultivares de capim-elefante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 28, n. 6, p. 1358-1369, 1999.

_____.; RAMOS, L. P. Método para Determinação de ácidos fenólicos na parede celular de forragens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 1634-1639, 2002.

_____.; FONTANA, J. D. Pretreatment of sugar cane bagasse for enhanced ruminal digestion. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, Clifton, v. 57-58, p. 171-182, 1996.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS. **Dados de precipitação**. Disponível em: <<http://www.epamig.br/>>. Acesso em: 20 nov. 2011.

FERNANDES, O. W. B. **Avaliação de variedades de cana-de-açúcar para a produção de cachaça artesanal e a interferência dos resultados no comportamento do produtor na região de Salinas-MG.** 2005. 83 f. Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2005.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Científica Symposium**, Lavras, v. 6, n. 2, p. 36-41, jul./dez. 2008.

FERREIRA, G. D. G. **Características morfo-anatômicas do colmo e valor nutritivo de genótipos de milho (Zeamays L.).** 2003. 100 f. Tese (Doutorado em Zootecnia)-Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2003.

FIGUEIREDO, P.; LANDELL, M. G. A.; CAMPANA, M. P. **Cana-de-açúcar.** 6. ed. Campinas: IAC, 1995. Boletim IAC, n. 200.

FORTALEZA, A. P. S. *et al.* Composição química e degradabilidade ruminal de silagens da cana-de-açúcar tratada com aditivos químicos e bacteriano1. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, p. 3341-3352, 2012. Suplemento, n. 2.

FRANZOLIN, R.; FRANZOLIN, M. H. T. População de protozoários ciliados e degradabilidade ruminal em búfalos e bovinos zebuínos sob dieta à base de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 29, n. 6, p. 1853-1861, 2000.

FREITAS, A. W. P. *et al.* Avaliação da divergência nutricional de genótipos de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 35, n. 1, p. 229-236, 2006.

GONÇALVES, G. M. **Adaptabilidade e estabilidade em cana-de-açúcar por algoritmos de regressão, estatística Pi e modelagem mista.** 2009. 91 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas)-Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2009.

GONÇALVES, L. A. C. Influência da fibra e da Pol da cana e da pureza do caldo no processo de fabricação de açúcar e álcool. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v. 105, n. 4, 5 e 6, p. 49-64, 1987.

GOODING, E. G. B. Effect of quality of cane on its value as livestock feed. **Tropical Animal Health and Production**, Edinburgh, v. 7, n. 1, p. 72-91, 1982.

GRABBER, J. H.; RALPH, J.; HATFIELD, R. D. Ferulate cross-link limit the enzymatic degradation of synthetically lignified primary walls of maize. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 46, p. 2609-2614, 1998.

HARTLEY, R. D.; BUCHAN, H. High-performance liquid chromatography of phenolic acids and aldehydes derived from plants or from the decomposition of organic matter in soil. **Journal of Chromatography**, Amsterdam, v. 180, p. 139-143, 1979.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA.
Levantamento sistemático da produção agrícola. Disponível em:
<<http://www.ibge.gov.br/ibge/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/default.sht>>. Acesso em: 20 ago. 2012.

ÍTAVO, L. C. V. *et al.* Consumo, degradabilidade ruminal e digestibilidade aparente de fenos de gramíneas do gênero *Cynodone* rações concentradas utilizando indicadores internos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 31, n. 2, p. 1024-1032, 2002.

JUNG, H. G.; MORRISON, T. A.; BUXTON, D. R. Degradability of cell wall polysaccharides in maize internodes during stalk development. **Crop Science**, Madison, v. 38, n. 4, p. 1047-1051, 1998.

KUNG JUNIOR, L.; STANLEY, R. W. Effect of stage of maturity on the nutritive value of whole-plant sugarcane preserved as silage. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 54, p. 689-696, 1982.

LIMA JÚNIOR, D. M. Cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes. Revisão de Literatura. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 5, n. 2, p. 13-20, abr./jun. 2010.

_____. *et al.* Cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes, **Revista Verde**, Mossoró, v.5, n. 2, p. 13-20, 2010.

LOPES, R. S. *et al.* Disponibilidade de matéria seca em pastagens de capim-elefante irrigadas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 6, p. 1388-1394, nov./dez. 2003.

LOVADINI, L. A. C. **Efeito da maturidade da planta sobre a composição em fibra bruta, celulose, lignina e digestibilidade da celulose *in vitro*, em variedades de cana-de-açúcar.** 1971. 67 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1971.

LU, F.; RALPH, J. Detection and determination of *p*-coumaroylated units in lignins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 47, p. 1988-1992, 1999.

MAURO, G. B. *et al.* Efeito da idade de corte sobre a composição bromatológica e as características da silagem de cana-de-açúcar plantada em dois espaçamentos e três idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 38, n. 8, p. 1525-1531, 2009.

MAGALHÃES, A. L. R. *et al.* Cana-de-açúcar em substituição à silagem de milho em dietas para vacas em lactação: parâmetros digestivos e ruminais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 35, n. 2, p. 591-599, 2006.

MALDONADO, J. G. M. **Associação de aditivos químicos e microbianos no controle da fermentação e estabilidade aeróbia em silagens de cana-de-açúcar (*Saccharumofficinarum* L.)**. 2007. 99 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2007.

MANZANO, R. P.; PENATI, M. A.; NUSSIO, L. G. Cana-de-açúcar na alimentação de bovinos. In: **Apostila do curso de especialização em produção de ruminantes pastagens e forragens suplementares**. Piracicaba, SP: FEALQ, 2004.

MATSUOKA, S.; GARCIA, A.A.F.; ARIZONO, H. Melhoramento da cana-de-açúcar. In: BOREM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa, MG: UFV, 1999. p. 205-252.

_____; HOFFMANN, H. P. Variedades de cana-de-açúcar para bovinos. In: **SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS**, 5., 1993, Piracicaba. **Anais...** São Paulo: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1993. p. 17-35.

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

MELLO, S. Q. S. *et al.* Parâmetro de valor nutritivo de nove variedades de cana-de-açúcar cultivada sob irrigação. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 7, n. 4, p. 373-380, 2006.

MERTENS, D. R.; LOFTEN, J. R. The effects of starch on forage fiber digestion kinetics in vitro. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 63, p. 1437-1446, 1980.

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

MING, R. *et al.* Detailed alignment of saccharum and sorghum chromosomes: comparative organization of closely related diploid and polyploid genomes. **Genetics**, Austin, v. 150, n. 4, p. 1663-1682, Dec. 1998.

MOLINA, L. R. *et al.* Padrão de fermentação da silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) submetida a diferentes tratamentos In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. 1 CD-ROM.

MONTANARI, R.; TOMAZ, P. K.; PELLIN, D. M. P. Produção de cana-de-açúcar correlacionada com o teor de fósforo em Mato Grosso do Sul. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 1, n. 1, p. 1-9, jul./set. 2014.

MORELLI, L. L. L. **Avaliação de compostos fenólicos majoritários em geléia de uva produzida com a variedade iac -138-22 (máximo)**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos)-Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

MORRISON, T. A. *et al.* Cell wall composition of maize internode of varying maturity. **Crop Science**, Madison, v. 38, p. 455-460, 1998.

MORRISON-III, W. H. *et al.* Investigation of the éster and ether-linked phenolic constituents of cell wall types of normal and brown midrib pearl millet using chemical isolation, microspectrophotometry and ¹³C-NMR spectroscopy. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 63, p. 329-337, 1993.

MOURA, M. V. P. *et al.* Doses de adubação nitrogenada e potássica em cobertura na cultura da cana-de-açúcar, primeira soca, com e sem irrigação. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 4, p. 753-760, 2005.

NETER, J.; WASSERMAN, W.; KUTNER, M. H. **Linear statistical models: regression analysis of variance and experimental designs**. 2. ed. USA: 1985. 1125 p.

NOCEK, J. E. In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 71, n. 8, p. 2051-2069, Ago. 1988.

ORSKOV, E. R.; McDONALD, I. The estimation of degradability in the rumen from incubation measurement weighted according to rate of passage. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 92, n. 1, p. 499-508, Mar. 1979.

PEDROSO, A. F. **Aditivos químicos e microbianos no controle de perdas e na qualidade de silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.)**. 2003. 120 f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2003.

_____. *et al.* Efeito do tratamento com aditivos químicos e inoculantes bacterianos nas perdas e na qualidade de silagens de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 36, n. 3, p. 558-564, 2007.

_____. *et al.* Fermentation and epiphytic microflora dynamics in sugar cane silage. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, p. 427-432, 2005.

PEIXOTO, A. M. A cana-de-açúcar como recurso forrageiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PASTAGENS, 8., 1986, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1986. p. 17-47.

PEREIRA, L. G. R. *et al.* Silos experimentais para avaliação da silagem de três genótipos de girassol (*Helianthus annuus* L.). **Arquivos Brasileiros Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 57, n. 5, p. 690-696, 2005.

PINTO, A. P. Características nutricionais e formas de utilização da cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes. **Seminário: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 24, n. 1, p. 73-84, 2003.

QUEIROZ, O. C. M. **Associação de aditivos microbianos na ensilagem e o desempenho de vacas em lactação recebendo silagem de cana-de-açúcar comparada a volumosos tradicionais.** 2006. 99 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2006.

REED, J. D. *et al.* Condensed tannins: A factor limiting the use of cassava forage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Cambridge, v. 33, p. 213-220, 1982.

REIS, R. A.; RODRIGUES, L. R. A. **Valor nutritivo de plantas forrageiras.** Jaboticabal, FCAVJ-UNESP/FUNEP, 1993. 26 p.

RIBEIRO, L. S. O. *et al.* Degradabilidade da matéria seca e da fração fibrosa da cana-de-açúcar tratada com hidróxido de sódio ou óxido de cálcio. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 10, n. 3, p. 573-585, jul./set. 2009.

ROCKENBACH, I. I. *et al.* Ácidos fenólicos e atividade antioxidante em fruto de *physalis peruviana* L. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 19, n. 3, p. 271-276, jul./set. 2008.

RODRIGUES, A. de A.; PRIMAVESI, O.; ESTEVES, S. N. Efeito da qualidade de variedades de cana-de-açúcar sobre seu valor como alimento para bovinos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 12, p. 1333-1338, 1997.

_____; GERALDO, M. da C.; ESTEVES, S.N. **Potencial e limitações de dietas a base de cana-de-açúcar para recria de novilhas e vacas em lactação.** São Carlos: EMBRAPA-CPPSE, 1998. 27 p. Circular Técnica, n. 16.

ROMÃO, C. O. *et al.* Fracionamento de carboidratos e degradabilidade ruminal da cana-de-açúcar tratada com óxido de cálcio. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 65, n. 2, p. 537-546, 2013.

SANDRIN, R. **Caracterização físico-química de diferentes frações da aveia (Avena sativa L.) e atividade antioxidante de seus extratos.** 2013. 160 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química)-Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

SANTOS, M. D. R. *et al.* Determinação de ácidos fenólicos em forrageiras por CLAE. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 31., 2008, Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia: Sociedade Brasileira de Química, 2008. 1 CD-ROM.

SANTOS, R. V. *et al.* Composição química da cana-de-açúcar (*Saccharum SPP.*) e das silagens com diferentes aditivos em duas idades de cortes. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 6, p. 1184-1189, 2006.

SANTOS, R. V. **Silagem de cana-de-açúcar em duas idades de corte com diferentes aditivos.** 2004. 65 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

SANTOS, V. P. *et al.* Degradabilidade in situ da matéria seca e da fração fibra da cana-de-açúcar fresca ou ensilada e da silagem de milho em diferentes ambientes ruminais. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, Maringá, v. 30, n. 2, p. 193-201, 2008.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT User's guide:** version 8. Cary, NC, 2000.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análises de alimentos:** métodos químicos e biológicos. 3. ed. Viçosa: UFV, 2002. 235 p.

SILVA, F. L. **Seleção dentro de família de cana-de-açúcar via BLUP individual simulado.** 2009. 74 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2009.

SILVA, J. A. G. **A methodology for genome mapping of autopolyploids and its application to sugarcane (*Saccharum spp.*)**. New York: Cornell University, 1993. 108 p.

SILVA, R. J. M. *et al.* Separation and quantitative determination of grape and wine procyanidins by high performance reversed phase liquid chromatography. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 53, n. 1, p. 85-92, 1990.

SIQUEIRA, G. R. *et al.* Uso da cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 13, n. 4, p. 991-1008, out./dez. 2012.

_____. *et al.* Associação entre aditivos químicos e bacterianos na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 36, n. 4, p. 789-798, 2007.

SOARES, A. B. *et al.* Influência da luminosidade no comportamento de onze espécies forrageiras perenes de verão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 38, n. 3, p. 443-451, 2009.

SOUSA, D. P. **Avaliação de aditivos químicos e microbianos como inibidores da síntese de etanol em silagens de cana-de-açúcar (*Saccharumoffinarum L.*)**. 2006. 142 p. Tese (Doutorado em Agronomia)- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre. Artmed, 2004. 719 p.

TARNAWSKI, M. *et al.* HPLC determination of phenolic acids and antioxidant activity in concentrated peat extract: a natural immune modulator. **Journal of Pharmaceutical Biomedical Analysis**, v. 41, n. 1, p. 1828, 2006.

TASSO JÚNIOR, L. C. **Caracterização agrotecnológicas de cultivares de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) na região Centro-Norte do estado de São Paulo**. 2007. 167 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal)-Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.

TEIXEIRA, J. C.; DELGADO, E. F.; CORREA, E. M. Degradabilidade ruminal da matéria seca e proteína bruta da semente e farelo de algodão. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA ZOOTECNIA, 29, Lavras, 1992. **Anais...** Lavras: SBZ, 1992. p. 491.

THIAGO, L. R. L. de S.; VIEIRA, J. M. **Cana-de-açúcar: uma alternativa de alimento para a seca**. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC, 2002. 7 p. Comunicado Técnico, n. 73. Disponível em: <<http://www.cnpqc.embrapa.br/publicacoes/cot/COT73.htm>>. Acesso em: 23 set. 2012.

VALADARES, F. S. C.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; CAPPELLE, E. R. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos**. Viçosa: UFV, 2002. 297 p.

VALENTE, T. N. P. *et al.* Anatomia de plantas forrageiras e a disponibilidade de nutrientes para ruminantes. **Veterinária e Zootecnia**, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 347-358, 2011.

VALINOTE, A. C. *et al.* Fontes de lipídio e monensina sódica na fermentação, cinética e degradabilidade ruminal de bovinos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 1, p. 117-124, 2006.

VAN SOEST, P. J. Development of a comprehensive system of feed analysis and its applications to forages. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 26, n. 1, p. 119-128, 1967.

VAN SOEST, P. J.; MASON, V. C. The influence of the Maillard reaction on the nutritive value of fibrous feeds. **Animal Feed Science Technology**, Amsterdam, v. 32, p. 45-53, 1991.

_____. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994.

WALDO, D. R.; SMITH, L. W.; COX, E. L. Model of cellulose disappearance from the rumen. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 55, n. 1, p. 125-129, Jan. 1972.

WHITHEMAN, P. C. **Tropical pasture science**. New York: Oxford University, 1980. 392 p.

WISSMANN, A. M. Evolução do cultivo da cana-de-açúcar na região Centro-Oeste do Brasil. **Revista Brasileira de Desenvolvimento Regional**, Blumenau, v. 2, n. 1, p. 95-117, 2014.

WILSON, J. R. Organization of forage plant tissues. In: JUNG, H. G. *et al.* (Eds.). **Forage cell wall structure and digestibility**. Madison: ASCA/CSSA/SSSA, 1993. p. 1-32.

WOOLFORD, M. K. **The silage fermentation**. New York: [s. n.], 1984. 305 p.