

**UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI**

**Programa de Pós-Graduação em Zootecnia**

**Helenita Bárbara Fonseca Silva**

**INCLUSÃO DE SILAGEM DA PLANTA DE ABACAXI EM DIETAS DE VACAS  
MISTIÇAS EM LACTAÇÃO**

**Diamantina  
2017**



**Helenita Bárbara Fonseca Silva**

**INCLUSÃO DE SILAGEM DA PLANTA DE ABACAXI EM DIETAS DE VACAS  
MISTIÇAS EM LACTAÇÃO**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Fernando de Paula Leonel  
Coorientador: Prof.Dr. Severino Delmar Junqueira Villela

**Diamantina  
2017**

Ficha Catalográfica – Serviço de Bibliotecas/UFVJM  
Bibliotecário Anderson César de Oliveira Silva, CRB6 – 2618.

S586i

Silva, Helenita Bárbara Fonseca

Inclusão de silagem da planta de abacaxi em dietas de vacas mestiças em lactação / Helenita Bárbara Fonseca Silva. – Diamantina, 2017.  
42 p. : il.

Orientador: Fernando de Paula Leonel

Coorientador: Severino Delmar Junqueira Villela

Dissertação (Mestrado – Curso de Pós-Graduação em Zootecnia) -  
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

1. Produção de leite. 2. Ruminantes. 3. Subprodutos. 4. *Técnica in vitro*. I. Leonel, Fernando de Paula. II. Villela, Severino Delmar Junqueira. III. Título. IV. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

**CDD 636.2**

Elaborado com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

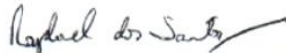
HELENITA BÁRBARA FONSECA SILVA

**INCLUSÃO DE SILAGEM DA PLANTA DE ABACAXI EM DIETAS DE  
VACAS MESTIÇAS EM LACTAÇÃO**

Dissertação apresentada ao  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
EM ZOOTECNIA - STRICTO SENSU,  
nível de MESTRADO como parte dos  
requisitos para obtenção do título de  
MAGISTER SCIENTIAE EM  
ZOOTECNIA

Orientador : Prof. Dr. Fernando De  
Paula Leonel

Data da aprovação : 27/07/2017



Prof.Dr. RAPHAEL DOS SANTOS GOMES - UENF



Prof.Dr. SEVERINO DELMAR JUNQUEIRA VILLELA - UFVJM



Prof.Dr. FERNANDO DE PAULA LEONEL - UFVJM

DIAMANTINA

## **AGRADECIMENTOS**

Enfim, o tão esperado sonho torna-se realidade. Não há palavras para descrever o que eu sinto e não há “obrigado” suficiente para agradecer a todos que estiveram ao meu lado. Agradeço primeiramente a Deus, que me deu força e fé para continuar nessa caminhada. Aos meus pais, Elza e Roberto (sempre presente). Mãe exercendo a função de pai e mãe e sempre disposta a me ajudar em tudo que precisei e meu pai, mesmo estando ausente fisicamente, sua presença espiritual sempre me guiou. A minha irmã Priscilla, meu cunhado Dayvid e meus sobrinhos Lívia e Roberto, que tornam minha vida mais feliz. Aos meus amigos, sempre ali torcendo por mim, em especial: Jacyara, Edilane, Michele, Rosana, Fernanda, Kárito, Hugo e Ana Luiza pelos momentos compartilhados. Aos Professores Severino e Fernando pela orientação. Obrigada a todos que de alguma forma contribuíram para essa vitória.

## **BIOGRAFIA**

SILVA, Helenita Bárbara Fonseca, filha de Roberto Antônio Silva e Elza Maria Fonseca Silva. Nascida na cidade João Monlevade– MG em 24 de agosto de 1990.

Formada em Zootecnia em agosto do ano de 2014 pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM.

Iniciou o curso de mestrado em agosto do ano de 2015 na Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM com concentração dos estudos na Nutrição e Produção de Ruminantes – Bovinocultura de corte, submetendo-se à defesa em julho de 2017.





## RESUMO

O estudo foi conduzido com o objetivo de determinar a inclusão da silagem da planta de abacaxi na dieta de vacas em lactação, por meio de técnicas *in vitro* de avaliação de alimentos e do desempenho animal. Para a produção de gás pela técnica *in vitro* foram feitas medições de volume realizadas nos tempos 0; 1; 2; 3; 4; 6; 8; 10;12; 16; 20; 30; 36; 48; 72 e 96 horas após a adição do inóculo ruminal. O volume cumulativo dos gases da fermentação foram obtidos somando-se as leituras corrigidas para o marco nos tempos subsequentes ao tempo zero. Os volumes de gases lidos foram padronizados para mL/0,1 g de matéria seca. Para as análises de desempenho animal, foram utilizadas oito vacas mestiças (Holandês x Gir), com peso médio de  $555\pm 30$  kg, produção média de  $12,50\pm 3,25$  kg de leite/dia e período lactacional entre o 60° e 90° dias. A silagem de resíduo da lavoura de abacaxi, que foi composta por plantas após a colheita dos frutos, foi incluída na fração volumosa da dieta em proporções crescentes, com a recíproca retirada da silagem de sorgo (SS) dessas dietas. Assim, os tratamentos em estudo foram, fração volumosa com: 0% de silagem de abacaxi (SA); 34% SA; 67% de SA; 100% de SA. Comparando o volume de gases produzidos pela fermentação de carboidratos de rápida digestão dos dois alimentos (VF1 AS e VF1 SS), não houve diferença estatística observando o intervalo de confiança ( $\alpha=0,01$ ). Mesmo resultado obtido no volume de gases produzidos pela fermentação de carboidratos de lenta digestão e para taxas de degradação dos carboidratos de lenta degradação ( $k_2$ ). A inclusão da silagem de plantas de abacaxi na fração volumosa da dieta teve efeito positivo ( $p<0,05$ ) sobre a produção de leite (PL), produção de leite corrigido a 4% de gordura (PL4) e sobre os teores de gordura (G) e sólidos totais (ST) no leite. Assim, pode-se recomendar a inclusão da silagem de abacaxi como volumoso em dietas de vacas mestiças em lactação, independente da proporção.

**Palavras-chave:** Produção de leite, Ruminantes, Subprodutos, Técnica *in vitro*.



## ABSTRACT

The study was conducted in order to determine the inclusion of pineapple plant silage in the diet of lactating cows, through *in vitro* techniques of food evaluation and animal performance. For gas production by the *in vitro* technique, volume measurements taken at times 0; 1; 2; 3; 4; 6; 8; 10; 12; 16; 20; 30; 36; 48; 72 and 96 hours after addition of the ruminal inoculum. The cumulative volume of fermentation gases were obtained by adding the corrected readings for the mark at subsequent times at time zero. The read gas volumes were standardized to mL / 0.1 g dry matter. For the production analyzes, eight crossbred cows (Dutch x Gir) were used, with an average weight of  $555 \pm 30$  kg, average yield of  $12.50 \pm 3.25$  kg of milk / day and lactation period between 60th and 90th days. The residual silage of the pineapple crop, after harvesting the fruits, was included in the voluminous fraction of the diet in increasing proportions, with the reciprocal withdrawal of sorghum silage from these diets. Thus, the treatments under study were: voluminous fraction with: 0% of pineapple silage (SA); 34% SA; 67% of SA; 100% of SA. Comparing the variable volume of gases produced from fast-digestible carbohydrates of the two foods (VF1 pineapple plant silage and VF1 sorghum silage), there was no statistical difference observing the confidence interval ( $\alpha = 0.01$ ). The same was observed in the values found for the volume of gases produced from slow digestion carbohydrates (VF2 pineapple plant silage and VF2 sorghum silage) and for degradation rates of the fraction of the slowly degradable fiber (k<sub>2</sub>) of the two silages under study. The inclusion of pineapple silage in the voluminous fraction of the diet had a positive effect ( $p < 0.05$ ) on milk production (PL), milk production corrected at 4% fat (PL<sub>4</sub>) and fat content (G) and total solids (ST) in milk. Thus, it may be recommended to include pineapple silage as bulky in diets of lactating crossbred cows, regardless of the proportion.

**Keywords:** Production of milk. Ruminants. By-products. *In vitro* technique.



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>13</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>14</b>
<b>2.1 Subprodutos cadeia produtiva do abacaxi .....</b>	<b>14</b>
<b>2.2 Subprodutos do processamento industrial do abacaxi.....</b>	<b>14</b>
<b>2.3 Silagem de resíduo da lavoura de abacaxi .....</b>	<b>15</b>
<b>2.4 Composição Químico-bromatológica e Digestibilidade dos Alimentos .....</b>	<b>17</b>
<b>2.5 Utilização da técnica de produção de gás <i>In Vitro</i> para avaliação de alimentos .....</b>	<b>17</b>
<b>3 ARTIGO .....</b>	<b>20</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>20</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>22</b>
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>28</b>
<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>34</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>35</b>



## 1 INTRODUÇÃO GERAL

O uso de resíduos agroindustriais na alimentação animal, além de ser visto como uma excelente opção para reduzir o custo com alimentação contribui para diminuir o impacto ambiental de outras atividades produtivas. São produtos que apresentam características nutricionais que os credenciam para utilização como matéria-prima para alimentação animal. Para serem utilizados, é necessário o conhecimento de sua composição químico-bromatológica, de fatores limitantes ao consumo e ao desempenho animal, do custo e da disponibilidade local ou regional. Considerando-se o valor dos animais, a alimentação, pode representar até 70% do custo total de produção (Rogerio et al.,2009). Esse custo pode ser reduzido consideravelmente com o emprego de subprodutos agroindustriais na dieta de animais ruminantes.

Subproduto é a denominação utilizada para o material resultante de um processamento industrial, o qual não é àquele de interesse principal de determinada operação. Assim, por vezes, esse termo traz uma impressão negativa a esses alimentos. Entretanto, muitas vezes podem ser fontes nutricionais de qualidade satisfatória.

O Brasil produz em grande escala resíduos agroindustriais, oriundos de uma variedade de culturas utilizadas na produção alimentícia. Alguns são restritos a determinadas regiões, enquanto outros são facilmente encontrados em todo país. Esses resíduos ou subprodutos são descartados impropriamente devido à falta de conhecimento das características nutricionais, o que poderia lhes conferir algum valor econômico.

A cultura do abacaxi é grande geradora de resíduos na lavoura e na indústria, sendo que, na lavoura, as plantas que ficam na área após a colheita dos frutos representam a maioritória fração desse resíduo. Frutos estragados ou fora do padrão comercial, representam uma ínfima parte.

Essas plantas remanescentes após a colheita dos frutos constituem-se em empecilho físico para operações de máquinas na área, pois, possuem tamanho considerável. A elevada relação carbono:nitrogênio, com conseqüente influência sobre o tempo de degradação dessa matéria orgânica, agrava o problema.

Devido a esses fatores, o destino adequado para esses resíduos faz com que melhore o meio ambiente e aumente a renda para os produtores rurais.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Subprodutos cadeia produtiva do abacaxi**

O Brasil ocupa lugar de destaque na produção de abacaxi, sendo o terceiro produtor mundial, com quase 1,5 bilhão de frutos colhidos em aproximadamente de 60 mil hectares de cultivo (IBGE, 2017). O abacaxizeiro é a quinta fruteira mais cultivada no país, com importante papel econômico e social de geração de emprego e renda. Desse modo, as diferentes formas de uso deste fruto na alimentação humana gera quantidade considerável de resíduo que, muitas vezes, por falta de informações são descartados.

Kellems *et al.* (1974) relataram que o resíduo cultural de campo da produção de abacaxi pode chegar a 224 toneladas por hectare, equivalente a 50,5 ton. MS/ha.

A cadeia produtiva do abacaxi pode resultar em dois tipos principais de resíduos, 1) o resíduo de cultivo, ou seja, plantas que após a colheita dos frutos ficam na área da lavoura e, 2) resíduo do processamento dos frutos na indústria de suco e conservas. Esse segundo é composto, principalmente pela “coroa” e cascas dos frutos. Esses resíduos não são semelhantes nutricionalmente, pois são formados por tecidos diferentes e não apresentam a mesma composição bromatológica.

O descarte destes resíduos representa desperdício, pois poderia ser utilizados na alimentação de ruminantes. Além disso, pode contribuir para o aumento da poluição ambiental.

### **2.2 Subprodutos do processamento industrial do abacaxi**

O uso de resíduos industriais de abacaxi na alimentação de bovinos foi estudado por Rodrigues e Peixoto (1990b) e estes observaram que o resíduo possui características nutricionais que possibilita sua utilização na alimentação de bovinos. .

O valor de matéria seca do resíduo é um limitante para o transporte a longas distâncias, devendo a propriedade estar próxima à indústria. A baixa quantidade de matéria seca nos casos de resíduos de abacaxi, oriundos principalmente de frutos, pode atrapalhar no processo de ensilagem, uma alternativa é a adição de volumosos com altos valores de matéria seca para melhorar a fermentação no silo.



Prado et al. (2003) avaliaram o ganho de peso, consumo e conversão alimentar, peso e rendimento de carcaça, gordura de cobertura e área de olho de lombo de bovinos de corte alimentados com quatro níveis de substituição da silagem de milho (0, 20, 40 e 60%) pela silagem de resíduos industriais de abacaxi. Foram utilizados animais 1/2 Angus x Nelore, inteiros, com aproximadamente 20 meses de idade e peso vivo médio de 328 kg. A ração utilizada era composta de 44% de concentrado e 56% volumoso. As quantidades de energia e proteína da silagem de resíduo industrial de abacaxi apresentam valores satisfatórios para volumosos, sendo de aproximadamente 8% para proteína e 4,13 Mcal/kg MS para energia. A substituição da silagem de milho por silagem de resíduo industrial de abacaxi não interferiu no peso final, ganho médio diário, ingestão de proteína bruta, ingestão de energia bruta (IEB), ingestão de fibra em detergente neutro, conversão alimentar, peso de carcaça quente e rendimento de carcaça. Já a ingestão total de matéria seca, ingestão de matéria orgânica, ingestão de MS em relação ao peso vivo e energia metabolizável reduziram de forma linear em relação à inclusão de silagem de resíduo de abacaxi. Os valores mais baixos de IMS, IMO, IMS/PV podem ser explicados pela menor quantidade de MS da silagem do resíduo industrial de abacaxi. Já a não ocorrência de queda de ingestão de proteína, energia e fibra pode ser explicado pelo fato desses valores serem mais elevados na silagem de resíduo de abacaxi.

Os resultados descritos acima mostram que a silagem de resíduo industrial de abacaxi é um alimento alternativo para substituição da silagem de milho em dietas de bovinos. A substituição de até 60% da silagem de milho por silagem de resíduo industrial de abacaxi não afetou o desempenho animal, nem as características de carcaça de bovinos de corte em confinamento.

### **2.3 Silagem de resíduo da lavoura de abacaxi**

A cultura do abacaxi é grande geradora de resíduos na lavoura e na indústria, sendo que, na lavoura, as plantas que ficam na área após a colheita dos frutos representam a maioritória fração desse resíduo. Frutos estragados ou fora do padrão comercial, representam uma ínfima parte.

Essas plantas remanescentes após a colheita dos frutos constituem-se em empecilho físico para operações de máquinas na área, pois, possuem tamanho considerável. A elevada relação carbono:nitrogênio, com conseqüente influência sobre o tempo de degradação dessa matéria orgânica, agrava o problema.

Em alguns trabalhos estudaram-se as características fermentativas e valor nutritivo das silagens de plantas de abacaxi. Paula et al. (2010) avaliaram os teores de fibra insolúvel após o tratamento com detergentes neutro (FDN) e ácido (FDA) em silagens do material residual de lavoura de abacaxi (plantas pós colheita das frutas) preparadas com diferentes aditivos. O valor da FDN variou de 52 a 55% na matéria seca em silagens de plantas de abacaxi. Nesse trabalho, conclui-se que aditivos microbianos não afetam essa variável.

Leonel et al. (2010) estudaram os teores de proteína bruta, proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e detergente ácido (PIDA) em silagens de plantas de abacaxi preparadas com diferentes aditivos. As silagens confeccionadas não diferiram entre si com relação aos teores de PIDN e PIDA. O PIDN variou aproximadamente de 2,0 a 3,0% na MS, e a PIDA variou de 0,5 a 0,9% MS.

Outro trabalho de grande importância foi conduzido por Leonel et al. (2004), tendo como objetivo avaliar os parâmetros fermentativos e valor nutritivo dessas silagens de plantas de abacaxi. Os parâmetros pH e a relação nitrogênio amoniacal/nitrogênio total ( $N-NH_3/NT$ ) são indicativos de qualidade de silagem, nesse estudo os valores médios de pH das silagens oriundas dos quatro tratamentos, situaram-se em um intervalo de 3,66 a 3,82. Esses valores encontram-se dentro dos limites que caracterizam uma fermentação desejável à adequada preservação de material (3,8 a 4,2) (Vilela, 1998). Os valores médios de  $N-NH_3/NT$  situaram num intervalo de 2,21 a 3,38, valores esses que dentro da faixa do preconizada para garantir a qualidade da silagem. Logo, todos os tratamentos testados garantiriam a qualidade da silagem de plantas de abacaxi.

Outro parâmetro importante e estudado foi os valores de ácido láctico, em que as silagens avaliadas encontraram-se valores de ácido láctico entre 6 a 8%, preconizado para caracterização de uma boa fermentação (Oliveira, 2001).

Caetano et al. (2014) estudaram a cinética de trânsito e de degradação ruminal da fibra de silagens do resíduo da cultura de abacaxi (plantas após a colheita dos frutos) em bovinos. As faixas de teores de matéria seca e de concentração de alguns constituintes das silagens estão descritas a seguir: matéria seca: 33,43 a 39,06; proteína bruta: 5,88 a 6,87; fibra em detergente neutro: 53,95 a 55,37; fibra em detergente ácido: 35,70 a 44,35; gordura total ou extrato etéreo: 3,72 a 4,96 e lignina: 7,48 a 8,75. Por meio da utilização de modelos para predição dos parâmetros relacionados à cinética de taxa de passagem e degradabilidade os autores estimaram valores para fração potencialmente digestível da fibra padronizada (Bn) de 0,5461 (54,61%) a 0,6276 (62,76%). Os tempos médios de retenção ruminal mínimos e

máximos estimados foram de aproximadamente 23 e 62 horas, respectivamente. As taxas de digestão estimadas foram de 0,0299 a 0,0452, ou seja, de 2,99 a 4,52%/h.

Mello (2016) estudou a metabolizabilidade desse mesmo material em diferentes planos nutricionais. A proporção de energia bruta que pode ser metabolizável pelo animal, variando de 0,501 a 0,543. Salienta-se que neste estudo o teor de matéria seca do material foi de 186,5 g/Kg de alimento, valor menor do que aquele encontrado no estudo de Caetano 2014. O teor de matéria seca do resíduo está diretamente relacionado com o tempo decorrente entre a colheita dos frutos e o processo de ceifa das plantas. Quanto maior esse tempo, maior o teor de MS do material.

## **2.4 Composição Químico-bromatológica e Digestibilidade dos Alimentos**

O estudo da natureza químico-bromatológica e da digestibilidade dos alimentos é fundamental, uma vez que esses fatores influenciam diretamente na resposta do animal à dieta que está sendo ofertada.

O resultado da composição química e da digestibilidade é que determina o valor nutritivo do alimento, portanto um alimento para que tenha um bom valor nutricional tem que ter além de um adequado teor de nutrientes, uma boa digestibilidade. O conhecimento da digestibilidade dos alimentos é um fator importante para definir a qualidade nutricional da dieta, uma vez que é a digestibilidade quem vai determinar o quanto de nutrientes serão efetivamente aproveitados pelo animal. Segundo Berchielli et al. (2005), a quantidade total de nutrientes absorvidos na dieta é um dos fatores que mais vão exercer influência na resposta do animal em produção.

Tendo em vista a necessidade de se determinar a digestibilidade das dietas, foram desenvolvidas técnicas que predissessem com precisão o coeficiente de degradabilidade dos alimentos, os métodos desenvolvidos para esta finalidade foram os *in vivo*, *in situ* e *in vitro*.

## **2.5 Utilização da técnica de produção de gás *In Vitro* para avaliação de alimentos**

Digestibilidade *in vitro* e produção de gases é um método indireto para avaliar o desaparecimento da matéria seca de alimentos pelo resíduo remanescente da digestão microbiana. É pela curva de produção de gás obtida pela digestão do alimento que é possível estimar as taxas de degradações das frações solúveis (açúcares solúveis e amido prontamente disponível) e insolúveis (celulose, hemicelulose) (SALMAN et al., 2010). Nesse sistema, são

obtidas estimativas do tempo de colonização, a taxa de degradação e a extensão da degradação, mais rapidamente que em outras técnicas (CAMPOS et al., 2001). A técnica utiliza líquido ruminal ou enzimas digestivas, visando reproduzir as condições favoráveis à fermentação do rúmen-retículo, como o pH de aproximadamente 6,9, poder tampão, temperatura de 39 °C, anaerobiose e presença de microrganismos para estimar a digestibilidade da MS e fibra (CAMPOS et al., 2004).

A primeira técnica de degradabilidade *in vitro* foi desenvolvida por Tilley e Terry (1963) baseada em dois estágios para simular a digestibilidade do alimento. No primeiro estágio o alimento é incubado por 48h em líquido ruminal. Posteriormente o alimento é incubado por mais 48 horas em pepsina e ácido fraco. No entanto, foi constatado que essa técnica apresenta algumas limitações para estimar a digestibilidade *in vivo* naquelas situações em que se suspeita ou se sabe que o material ingerido é retido no rúmen durante um período de tempo mais curto do que a incubação (DI MARCO et al., 2005). Theodorou et al. (1994) afirmaram que esta técnica não fornece informações sobre a cinética da digestão de forragem, por avaliar apenas o resultado final da digestão.

A avaliação da cinética da digestão pelo método de dois estágios proposto por Tilley e Terry (1963) é mais estático, enquanto o método de avaliação da digestibilidade pela produção de gás *in vitro*, permite fornecer mais dados ao decorrer da degradação.

Quando um alimento é incubado no rúmen, este passa por processo de degradação, podendo ser fermentado, produzindo gases e ácidos de fermentação, ou ser incorporado à massa microbiana do rúmen (REYMER et al., 2005). Por essa razão, os estudos de fermentação *in vitro* por produção de gás servem para entender os processos de aproveitamento dos nutrientes, que começam pela fermentação ruminal e refletem diretamente no desempenho dos animais.

A técnica de produção de gás *in vitro*, consiste na incubação de amostras de alimentos em recipientes com um medidor de gás acoplado. Para determinar o volume do gás, pode-se utilizar uma seringa plástica graduada ou outro dispositivo de leitura automática, para mensurar o gás de fermentação, liberado. A quantidade de gás produzido é medida em tempos definidos, para que se obtenha uma curva de degradação (THEODOROU et al., 1994). A digestibilidade *in vitro* por produção de gás gera uma curva sigmóide, e pode ser dividida em três fases: 1) a fase lenta, sem produção de gás (fase inicial), 2) a fase de produção de gás rápida (fase exponencial) e 3) a fase em que a taxa de produção de gás diminui, chegando à zero (fase assintótica) (BEUVINK e KOGUT, 1993). Durante a fase inicial ocorre hidratação, fixação e colonização do substrato pelos microrganismos ruminais (CHENG et al., 1980).

De acordo com Tagliapietra et al. (2010), o gás liberado a partir de alimentos inoculados com líquido ruminal reflete a atividade microbiana. O gás que é produzido como produto da fermentação e o perfil acumulado deste gás podem dar informação sobre a digestibilidade do alimento e cinética de fermentação (GETACHEW et al., 1998). Cabral et al. (2002) ressaltam que a técnica de produção de gases *in vitro* é importante para o estudo dos parâmetros cinéticos das frações que compõe os alimentos. Isto porque os gases produzidos durante a fermentação, refletem a taxa e extensão em que os componentes são fermentados pelos microrganismos ruminais.

O sistema de produção de gás *in vitro* permite estimar a digestibilidade da matéria seca e matéria orgânica, indicando diretamente os produtos finais produzidos pela fermentação, como os gases (CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>) e indiretamente a produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) (BUENO et al., 2005). Os AGCC são a principal fonte de energia dos ruminantes, sendo responsáveis por 50 a 70% da energia digestível do alimento (KOZLOSKI, 2002).

O método de produção de gás *in vitro* tem como principal vantagem determinar a cinética de fermentação em uma única amostra. Sendo necessária uma quantidade relativamente pequena de amostra, permitindo avaliar maior número de amostras ao mesmo tempo, possibilitando a obtenção de várias observações demonstrando boas correlações com metodologias *in vivo e in situ* (BLUMMEL e ORSKOV, 1993).

### **3 ARTIGO**

#### **1 INTRODUÇÃO**

Estima-se que em 2050 a população mundial será de nove bilhões de pessoas, além da incorporação de mais um bilhão ao mercado consumidor de alimentos, que atualmente vive em estado de insegurança alimentar ou nutricional. Segundo à FAO, esse aumento populacional gera a necessidade de aumentar em mais de 70% a produção global de alimentos.

A despeito disso, além da segurança alimentar, os consumidores de produtos de origem animal se preocupam cada vez mais com a responsabilidade social e ambiental por ocasião da aquisição desses produtos. Já é realidade a pressão pela produção de impacto mínimo, o que tem levado à busca pelo aumento da produtividade, em contraposição à expansão de área.

Assim, é necessária a busca por sistemas de produção eficientes e com flexibilidade para se adequar a essas exigências e assegurar a competitividade aos produtores e a sustentabilidade sócio-ambiental. Neste contexto, a agropecuária do século XXI terá duas grandes marcas: a sustentabilidade e a constante inovação tecnológica, com grande interdependência entre elas.

Nesse novo cenário, pesquisadores, técnicos, produtores, iniciativa privada e políticas públicas devem lançar esforços no sentido de aumentar a eficiência do uso dos recursos financeiros, humanos, naturais e técnicos visando à obtenção dos produtos ou bens de consumo necessários à sociedade com mínimo impacto possível.

A baixa eficiência da pecuária em função da dificuldade financeira para aquisição de insumos utilizados na adubação de pastagens, produção de volumosos e alimentos concentrados é realidade que vem tolhendo a pecuária há décadas. Esse problema convive com a urgência em gerenciar o conflito entre a necessidade de produção de alimentos e a responsabilidade sobre os métodos de obtenção desses alimentos, que devem desenvolver-se com o mínimo de impacto possível sobre as variáveis ambientais, ou até mesmo devem ser capazes de recuperar a biodiversidade local.

Com o foco da redução do impacto da produção de alimentos sobre os ecossistemas, resíduos da agricultura e da agroindústria têm sido estudados e utilizados na alimentação de bovinos. Esses estudos têm privilegiado alimentos com maior concentração de nutrientes devido à maior atratividade em função do menor custo por unidade de nutriente. Entretanto, com o aumento no custo da produção de volumoso, concorrência pelo uso da terra

com outras atividades e pressão pela racionalização da destinação de resíduos da agricultura, as pesquisas devem ser norteadas no sentido de viabilizar a utilização de resíduos com menor concentração de nutrientes na dieta de animais ruminantes.

A cultura do abacaxi é grande geradora de resíduos na lavoura e na indústria, sendo que, na lavoura, as plantas que ficam na área após a colheita dos frutos representam a maioritória fração desse resíduo. Frutos estragados ou fora do padrão comercial, representam uma ínfima parte.

Essas plantas remanescentes após a colheita dos frutos constituem-se em empecilho físico para operações de máquinas na área, pois, possuem tamanho considerável. A elevada relação carbono:nitrogênio, com conseqüente influência sobre o tempo de degradação dessa matéria orgânica, agrava o problema.

Porém, para avaliação da utilização de um alimento volumoso em dietas para ruminantes, além do conhecimento da composição químico-bromatológica, deve-se ter conhecimento sobre sua cinética de degradação, para otimizar sua inclusão nessas dietas e ter maior subsídio para prever o desempenho.

Devido à procura por otimização da produção, visando menor custo e sucesso na produtividade, objetivou-se com esse trabalho estudar a inclusão da silagem da planta de abacaxi na dieta de vacas em lactação, por meio de técnicas *in vitro* de avaliação de alimentos e do desempenho animal.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### Produção de gás

O uso de animais fistulados foi aprovado pelo Comitê de Ética e Uso de Animais/UENF sob o protocolo n°207, intitulado Manutenção e cuidados de animais com cânulas ruminais permanentes.

As incubações *in vitro* foram realizadas em banho-maria a 39°C. Foram utilizados frascos de 100 mL na cor âmbar, os quais foram vedados com tampas de borracha e lacres de alumínio. Utilizou-se, aproximadamente, 0,5 g de amostra incubada com 40 mL de meio de cultura reduzido e 10 mL de inóculo ruminal como descrito por Goering e Van Soest (1970). O meio de cultura e a solução redutora foram preparados de acordo com Hall e Mertens (2008). O inóculo ruminal foi obtido de seis ovinos machos castrados adultos com fístula ruminal, alimentados uma vez ao dia com silagem de milho e farelo de soja em quantidade suficiente para atender 1,3 vezes as exigências de manutenção (AFRC, 1993). Foram coletadas amostras separadas dos conteúdos líquido e sólido do rúmen, duas horas após o fornecimento do alimento aos animais, armazenadas em garrafas térmicas individuais e encaminhadas para o laboratório. As amostras do conteúdo do rúmen foram batidas em liquidificador por 60 segundos na proporção de 1:2 (conteúdo sólido: líquido ruminal) com o intuito de ocasionar desprendimento das bactérias aderidas à partícula sólida do alimento, obtendo-se assim, uma amostra mais representativa da população microbiana do rúmen. Logo após, a mistura foi filtrada através de oito camadas de gaze. Em seguida, o inóculo ruminal obtido foi adicionado ao meio de cultura, previamente reduzido na proporção 4:1, mantendo a mistura a 39°C sob infusão de CO<sub>2</sub> constante até sua transferência para os frascos, que foram imediatamente vedados e mantidos em banho-maria a 39°C (HALL e MERTENS, 2008).

Os perfis de tempo da produção de gás acumulado foram obtidos utilizando um dispositivo não automatizado similar àquele utilizado por Abreu et al. (2014). A pressão dos gases foi obtida por leituras manométricas e o volume medido por meio de pipeta graduada (25 mL; incremento 0,1mL). Os frascos foram ligeiramente removidos duas vezes ao dia (início da manhã e fim da tarde) durante o período de incubação para serem agitados com o objetivo de homogeneizar o conteúdo do frasco.

As medições de volume foram realizadas nos tempos 0; 1; 2; 3; 4; 6; 8; 10;12; 16; 20; 30; 36; 48; 72 e 96 horas após a adição do inóculo ruminal. Os volumes cumulativos dos gases da fermentação foram obtidos somando-se as leituras corrigidas para o marco nos tempos subsequentes ao tempo zero. Os volumes de gases lidos foram padronizados para



mL/0,1 g de matéria seca. Não foram utilizados frascos com branco. Foram realizadas três repetições para cada alimento.

A estrutura geral atribuída aos modelos de degradação e de produção de gases foi a seguinte:

$$V_t = VF \times (1 - \exp(-kt)) + e_t; \dots \text{Eq. (1)}$$

$$V_t = VF_1 \times (1 - \exp(-k_1t)) + VF_2 \times (1 - \exp(-k_2t)) + e_t \text{ Eq. (2)}$$

$$V_t = VF_1 \times (1 - \exp(-k_1t)) + VF_2 \exp(-\exp(B - k * t)) + e_t; \dots \text{Eq. (3)}$$

$$V_t = VF_1 \times (1 - \exp(-k_1t)) + VF_2 \times (1 - ((k_2/(\lambda + k_2))^{\sum_{i=1}^{N-1} (\lambda/(\lambda + k_2))})) + e_t$$

Eq. (4)

$$V_t = VF_1 \times (1 - \exp(-k_1t)) + VF_2 \times (1 - (\delta^N \exp(-k_2t) + \exp(-\lambda t) \sum_{i=1}^{N-1} \frac{(1-\delta^{N-i})(\lambda t)^i}{i!})) + e_t \text{ Eq. (5)}$$

Nas equações  $V_t$  representa a produção acumulada de gases no tempo  $t$ , sendo pressuposto  $V_t \sim Normal(\mu_{V_t}, \sigma_{V_t}^2)$ . A equação 1 representa o modelo monomolecular (BRODY, 1945). Os modelos bifásicos foram compostos pela combinação do modelo monomolecular com os modelos monomolecular (equação 2), Gompertz (equação 3, Zwietering et al., 1990) e GN (equação 4) e GNG1 (Vieira et al., 2008; equação 5). Onde  $VF$  (mL) é o volume assintótico de gás produzido,  $VF_1$  e  $VF_2$  (mL) são os volumes de gases produzidos pelos *pools* rapidamente e lentamente degradáveis, respectivamente. Na equação 1,  $k$  é taxa (1/h) de degradação do *pool* simples. Nas equações 2, 4 e 5,  $k_1$  é a taxa (1/h) de degradação da fração rapidamente degradável e  $k_2$  é a taxa (1/h) de degradação da fração lentamente degradável,  $N$  é um número inteiro positivo que representa a ordem de dependência do tempo,  $\lambda$  (1/h) é a assíntota da taxa de preparação para a digestão, e  $\delta = \lambda/(\lambda - k)$  é constante. Na equação 3,  $B$  é um parâmetro de escala.

A suposição convencional da homocedasticidade da variância foi avaliada da seguinte forma (PINHEIRO e BATES, 2000):

$$\sigma_{V_t}^2 = \sigma^2; \quad \text{Eq. (6)}$$

$$\sigma_{V_t}^2 = \sigma^2(V_t)^{2\psi}. \quad \text{Eq. (7)}$$

onde  $\sigma^2$  é a variância residual homogênea ( $\sigma_t^2 = \sigma^2$ ) como mostrado pela equação (6). A equação (7) representa a variância residual ( $\sigma_t^2 = \sigma^2$ ) escalonada pela potência ( $\psi$ ) em função da média esperada,  $V_t$ . No ajuste dos perfis de pressão acumulada de gases acrescentou-se a

correlação geral entre as medidas repetidas no tempo para cada frasco empregando-se a correlação auto regressiva contínua (CAR1) do pacote nlme do R (PINHEIRO e BATES, 2000).

Os modelos foram ajustados aos perfis de produção cumulativa de gases por meio do pacote nlme do R (R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria ) (PINHEIRO e BATES, 2000). O melhor ajuste do modelo ao perfil foi avaliado por meio do cômputo dos critérios de informação derivados do critério de Akaike corrigido (AKAIKE, 1974; SUGIURA, 1978; BURNHAM e ANDERSON, 2004). Além disso, a decisão acerca do melhor modelo a descrever o perfil foi realizada com base nas recomendações descritas por Vieira et al. (2012).

Para o modelo de Gompertz alguns parâmetros de interesse não são obtidos diretamente, esses parâmetros foram obtidos por meio do procedimento NLMIXED do programa SAS (SAS System Inc., Cary, NC, USA), segundo os procedimentos descritos por Vonesh (2012), utilizando as estimativas obtidas pelo pacote nlme do R como valores iniciais e sem função de otimização (TECH=none) nas seguintes equações:

$$m_{max} = VF_2 \times k \times \exp(-1); \quad \text{Eq. (8)}$$

$$k_{2l} = m_{max}/VF_2. \quad \text{Eq. (9)}$$

Na qual  $m_{max}$  é a taxa máxima de digestão da fração lentamente digestível ( $\text{ml} * 0,1\text{g}^{-1} * \text{h}^{-1}$ ) e  $k_{2l}$  é a taxa específica de degradação da fração lentamente digestível (1/h).

As variáveis volume de gases produzidos (total e aqueles provenientes das frações de rápida e lentamente degradação) bem como as taxas de digestão dos *pools* rapidamente e lentamente degradáveis ( $k_1$  equações 2, 4 e 5 e  $k_2$  equação Eq. 9) dos alimentos silagem de sorgo e silagem de plantas de abacaxi após colheita dos frutos foram comparadas por meio dos respectivos intervalos de confiança obtidos na estimativa desses parâmetros.

### **Produção de Leite**

O experimento foi conduzido na cidade de São João Del Rei (MG/Brasil), localizada à uma latitude de 21° 08' 00" Sul, e a uma longitude de 44° 15' 40" oeste, e a 898 m de altitude. A área está localizada em uma região com clima classificado como Cwa (Köppen standards), com predominância de chuvas anuais médias de 1468 mm e temperatura de 20,1°C.

Foram utilizadas oito vacas mestiças (Holandês x Gir), com peso médio de  $555 \pm 30$  kg, produção média de  $12,50 \pm 3,25$  kg de leite/dia e período lactacional entre o 60° e 90° dias. Os animais foram mantidos em baias de concreto com cocho e bebedouro individuais, por todo o período experimental.

As vacas foram distribuídas em dois quadrados latino 4 x 4 simultâneos, com um animal por unidade experimental, e o experimento teve duração de 84 dias, em que foram divididos em quatro períodos de 21 dias, dos quais os 14 primeiros de cada período foram utilizados para a adaptação a dieta, enquanto que os demais serviram para a coleta das informações.

A silagem de resíduo da lavoura de abacaxi (SA), plantas após a colheita dos frutos, foi incluída na fração volumosa da dieta em proporções crescentes, com a recíproca retirada da silagem de sorgo dessas dietas. Assim, os tratamentos em estudo foram, fração volumosa com: 0% de SA e 100% de SS; 34% SA e 66 de SS; 67% de SA e 33% de SS; 100% de SA e 0% de SS. Sendo, SA: silagem de abacaxi e SS: silagem de sorgo. A dieta experimental (0% de SA) foi formulada de acordo com as exigências nutricionais dos animais, como preconizado pelo National Research Council – NRC (2001) e houve as respectivas substituições da SS por SA; e foram ofertadas aos animais duas vezes por dia, de forma que houvesse sobras de 5% para coleta e análises posteriores. As quantidades de alimento oferecido e as sobras de cada animal foram pesadas para posterior análise do consumo.

As amostras foram secas em estufa de circulação forçada do ar, à 55°C., por 72 horas. A matéria seca foi determinada de acordo com (DM, method 967.03; AOAC, 1998). A proteína bruta (CP, method 2001.11; Thiex et al., 2002), gordura bruta (CF, method 2,003.06; Thiex et al., 2003) e cinzas (Ash; method 942.05; AOAC, 1998). A fibra em detergente neutro foi avaliada segundo o protocolo sugerido por Mertens (2002), enquanto que o carboidrato não fibroso foi estimado segundo a fórmula a seguir:

$CNF = 1000 - [PB (g/kg) + GB (g/kg) + MM(g/kg) + FDN (g/kg)]$ . Sendo PB proteína bruta, GB gordura bruta. MM matéria mineral e FDN fibra em detergente neutro.

O leite foi pesado do décimo quinto ao décimo nono dias de cada período experimental, enquanto que as amostras de leite foram coletadas no último dia de coleta de cada período. No momento da coleta, o leite foi homogeneizado e, imediatamente armazenado em um recipiente com conservante (Bronopol®), na proporção de 2/3, durante a ordenha da manhã e 1/3 na ordenha da tarde; as amostras matinais foram colocados sob refrigeração, e no final do dia, elas foram misturadas com as amostras da tarde. Logo após a coleta, as amostras

de leite foram enviadas para o laboratório, onde foram analisados quanto as suas concentrações de gordura, proteína bruta, lactose, sólidos totais, estrato seco desengordurado e nitrogênio ureico do leite.

A produção de leite foi corrigida para 4% de gordura, por meio da fórmula descrita no NRC (1989), onde: produção de leite corrigido para 4% gordura (kg) = 0,4 (leite (kg)) + 15 (gordura do leite (kg)).

Para as variáveis MS, MM, GT, PB, FDN, LIG, GOR, PROT, LACT, ST, ESD, CCS, NU, CAS e PCAS foi realizada a priori a transformação de BOX-COX (Box and Cox 1964).

Para as variáveis que apresentaram valor de lambda igual a zero foi usada a transformação logarítmica e considerado que  $\log Y \sim \text{Normal}(\mu, \sigma_l^2)$ , para as demais variáveis foi considerado que  $Y \sim \text{Normal}(\mu, \sigma^2)$ .

Para a análises dos dados foi utilizado o modelo sugerido por Tempelman (2004):

$Y_{ikl} = \mu + \alpha_i + c_k + \beta_l + \alpha\beta_{il} + e_{ikl}$  Onde,  $Y_{ikl}$  é o valor observado na variável mensurada na  $k$ -th vaca, alimentada no  $i$ -th tratamento, durante  $l$ -th período. Os efeitos fixos são a média ( $\mu$ ), o tratamento ( $\alpha_i$ ), e a interação entre tratamento e período ( $\alpha\beta_{il}$ ). Os efeitos aleatórios foram a vaca ( $c_k$ ) e o erro ( $e_{ikl}$ ), considerando as medidas repetidas no tempo.

A matriz de variância-covariância foi ajustada com as seguintes estruturas: componente de variância, variância composta, correlação auto regressiva de primeira ordem (Littell et al., 2006). Para o ajuste das estruturas de variância, e do melhor modelo foi utilizado o método de máxima verossimilhança (ML), para escolha do melhor modelo foi o cômputo do critério de Akaike (Akaike 1974, Sugiura 1978), após definido o melhor ajuste foi utilizado o método de máxima verossimilhança restrita (REML) para a estimativa dos parâmetros do modelo utilizando o procedimento MIXED do SAS (version 9; SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Para as variáveis transformadas que não apresentaram efeito de tratamento a média geral foi estimada considerando as recomendações de Vieira et al. (2017) usando a seguinte equação:

$$Y = \exp(\theta_0 + \sigma_l^2/2)$$

e para as variáveis que apresentaram efeito linear de tratamento foi utilizada a seguinte equação:

$$Y = \exp(\theta_0 + \theta_1 x + \sigma_l^2/2)$$

no qual  $\theta_0$  é o intercepto,  $\theta_1$  é o coeficiente angular e  $\sigma_l^2$  é a variância residual na escala logarítmica.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na avaliação dos dois volumosos (silagem de plantas de abacaxi após a colheita dos frutos (as) e silagem de sorgo (SS) pela técnica de produção de gases *in vitro*, o modelo que apresentou melhor ajuste aos perfis de produção acumulada de gases foi o modelo bifásico descrito nas Eq. (3) e (7), sem efeito aleatório atribuído aos parâmetros e sem correlação auto regressiva contínua. Este modelo apresentou matriz Hessiana positiva definida, o que permitiu a estimativa dos parâmetros e seus respectivos erros padrão (Tabela 1 e 2). Como os alguns parâmetros de interesse não são estimados diretamente, os mesmos foram estimados através do programa SAS (Tabela 3).

O método de produção acumulada de gases pode ter algumas vantagens quando comparado ao método gravimétrico, pois, além de ser mais barato, simples e menos laborioso, permite a mensuração da fermentação dos compostos solúveis (Pell e Schofield, 1993; Malafaia et al., 1999). Enquanto que o modelo bifásico de degradação gravimétrico podem abranger as frações rapidamente e lentamente degradáveis da fibra (Vieira et al., 2008a), os modelos bifásicos de produção acumulada de gases abrangem os carboidratos solúveis e os carboidratos fibrosos (Pell e Schofield, 1993; Cone et al., 1997). Podemos observar que do total de gases produzidos cerca de 71% na silagem de plantas de abacaxi após colheita dos frutos e 67% na silagem de sorgo foram originados da fração rapidamente degradável. O modelo exponencial frequentemente é ajustado aos perfis de degradação gravimétricos, apresentando bons ajustes principalmente em perfis de baixa qualidade (Ellis et al., 2005), no entanto, Beuvink e Kogut (1993) observaram que o modelo exponencial apresenta ajustes aos perfis de produção de gases inferiores aos modelos sigmóides, o que corrobora os resultados obtidos nesse estudo no qual o modelo que apresentou o ajuste mais verossímil foi produzido por um modelo bifásico composto de um exponencial e um modelo sigmoide (Gompertz).

Tabela 1 - Modelos que apresentaram os melhores ajustes aos perfis de produção acumulada de gases.

Modelo <sup>‡</sup>	AIC <sub>C<sub>r</sub></sub> <sup>†</sup>	$\Delta_r$ <sup>†</sup>	$w_r$ <sup>†</sup>	ER <sub>r</sub> <sup>†</sup>	$\Theta_r$ <sup>†</sup>
Eq. (3) e (7) por alimento*	-6794,8	0	1,000	1	12
Eq. (3) e (7) sem efeito de alimento	-4930,8	1864,0	0,000	Infinito	7
Eq. (4) e (6), N=2, por alimento	-58,5	6736,3	0,000	Infinito	10

\*Modelo escolhido. <sup>†</sup>AIC<sub>C<sub>r</sub></sub>, critério de informação de Akaike corrigido para o r-ésimo modelo computado conforme ;  $\Delta_r$ , diferença de AICc entre os modelos;  $w_r$ , probabilidade de verossimilhança para o r-ésimo modelo; ER<sub>r</sub>, razão de evidência do r-ésimo modelo;  $\Theta_r$ , número de parâmetros do r-ésimo modelo.

Tabela 2 - Estimativa dos parâmetros da cinética de produção de gases e seus respectivos erros padrão entre parênteses (SE).

Alimento	Parâmetros <sup>‡</sup> de $\hat{\mu}_{Y_t}$ (SE)	Parâmetros <sup>‡</sup> de $\sigma_{V_t}^2$ IC a 95%)
Silagem de plantas de abacaxi após colheita dos frutos	$\widehat{VF}_1$ (ml)=14,81 (0,506); $\hat{k}_1$ (1/h)=0,113 (0,0057); $\widehat{VF}_2$ (ml)=5,91 (0,567); $\hat{k}=0,242$ (0,011); $\hat{B}=6,40$ (0,030)	$\hat{\sigma}=0,058 \pm 0,0084$ $\psi=0,995 \pm 0,0260$
Silagem de sorgo	$\widehat{VF}_1$ (ml)=16,02 (0,407); $\hat{k}_1$ (1/h)=0,145 (0,0060); $\widehat{VF}_2$ (ml)=8,03 (0,559); $\hat{k}=0,220$ (0,0081); $\hat{B}=6,37$ (0,026)	

Tabela 3 - Estimativas adicionais de parâmetros e seus respectivos erros padrão entre parênteses.

Alimentos	$m_{max}^{\ddagger}$ (mL * 0,1g <sup>-1</sup> * h <sup>-1</sup> )	$k_{2,}^{\ddagger}$ (mL)
Silagem de plantas de abacaxi após colheita dos frutos	0,527 (0,0937)	0,089 (0,0092)
Silagem de sorgo	0,652 (0,0787)	0,081 (0,0077)

Comparando a variável volume de gases produzidos oriundos de carboidratos de rápida digestão dos dois alimentos ( $\widehat{VF}_1$ ), não houve diferença estatística observando o intervalo de confiança ( $\alpha=0,01$ ). O mesmo foi constatado nos valores encontrados de volume de gases produzidos oriundos de carboidratos de lenta digestão ( $\widehat{VF}_2$ ).

Também, não houve diferença entre às respectivas taxas de degradação da fração da fibra lentamente degradável ( $k_{2,}$ ) das duas silagens em estudo. Porém, a taxa de degradação da fração de carboidratos rapidamente degradável ( $\hat{k}_1$ ) da silagem de sorgo foi maior do que a silagem de plantas de abacaxi.

Para esse último resultado, uma possível explicação seria a maior concentração de amido e de carboidratos prontamente disponíveis nos grãos contidos na silagem de sorgo, os quais possui características de mais rápida digestão, o que foi constatado pela maior taxa de produção de gás ( $\hat{k}_1$ ).

A despeito da maior  $\hat{k}_1$  da silagem de sorgo em comparação com a silagem de abacaxi, comenta-se que, em alimentos com predominância de fração fibrosa, a rapidez ( $\hat{k}_1$ ) e a própria extensão da digestão ( $\widehat{VF}_1$ ) da fração não-fibrosa é secundária na contribuição energética total. Ou seja, a maior contribuição energética depende da taxa ( $k_{2,}$ ) e da extensão

( $\widehat{VF}_2$ ) da digestão da fração lentamente degradável. Nesse sentido a silagem de plantas de abacaxi está credenciada para inclusão em dietas de ruminantes.

Para a avaliação dessas variáveis ligadas ao consumo e ao desempenho animal, foram efetuados alguns ajustes por meio de ferramentas estatísticas (Tabela 4). O estudo das diferentes estruturas de variância-covariância mostrou uma alternância entre as estruturas componente de variância (VC) e auto regressiva (ar(1))

A investigação de melhores estruturas de variância-covariância (Tabela 4), baseadas no cálculo do critério de Akaike corrigido, revela que os erros são correlacionados em alguns casos, isto indica que ao assumir a independência dos erros em delineamentos quadrados latinos simultâneos, pode-se incorrer em uma equivocada análise dos dados (Akaike, 1974; Jardim et al. 2013; Vieira et al. 2012).



Tabela 4 - Valores de probabilidade e matriz de variância-covariância das variáveis mensuradas

Variáveis	Valores de probabilidade	v-c matrix †
	Tratamento	
PL*	0,019	ar(1)
PL4*	0,004	ar (1)
Gor*	0,010	vc
Prot*	0,825	ar(1)
Lac*	0,981	vc
ST*	0,015	vc
ESD*	0,840	vc
CCS*	0,747	vc
NU*	0,273	vc
CMS*	0,461	ar (1)
CMM*	0,117	vc
CGord*	0,007	ar (1)
CPB*	0,001	vc
CFDN*	0,445	vc
CLig*	0,469	ar(1)

\* Produção de leite (PL), Produção de leite corrigido a 3% de gordura (PL3), Teores de gordura (Gor), proteína (Prot), lactose (lac), sólidos totais (ST), extrato seco desengordurado (ESD) e nitrogênio ureico (NU), todos expressos em g.kg<sup>-1</sup>.

\*Contagem de células somáticas (CCS).

\*Consumo de matéria seca (CMS), consumo de matéria mineral (CMM), consumo de gordura bruta (CGord), consumo de proteína bruta (CPB), consumo de fibra em detergente neutro (CFDN) e consumo de lignina (CLig).

† matriz de variância-covariância, component de variância (VC), simetria composta (CS) e não estruturada (UN).

As concentrações de matéria seca (MS), matéria mineral (MM) e de lignina (Lig) nas dietas, não variaram ( $p > 0,05$ ) em função da inclusão de silagens de plantas de abacaxi (SA) na fração volumosa. Entretanto, houve efeito ( $p < 0,05$ ) sobre as concentrações de proteína (PB), de fibra (FDN) e de gordura total (GT). Sendo que, a avaliação por meio de simulação de regressão, evidenciou tendência linear para essas três últimas variáveis (Tabela 5).

Tabela 5 - Efeito da inclusão de silagem de plantas de abacaxi na fração volumosa sobre os teores a composição químico-bromatológica das dietas.

Variáveis não afetadas	Média	Limite inferior	Limite superior
Matéria seca (g/kg)	283,39	267,05	300,73
Matéria mineral (g/kg)	14,82	12,94	16,99
Lignina (g/kg)	38,79	33,95	44,32
Variáveis afetadas	Equação de regressão		
Teor de proteína (PB)	$PB_{g/kg} = \exp(4,0356 + 0,0053X + (0,0616/2))$		
Teor de fibra (FDN)	$FDN_{g/kg} = \exp(6,1526 - 0,0019X + (0,0144/2))$		
Teor de gordura (GT)	$GT_{g/kg} = \exp(2,9360 + 0,0035X + (0,0180/2))^c$		

A inclusão de SA não teve efeito ( $p > 0,05$ ) sobre os consumos de matéria seca (CMS), de fibra (CFDN) de matéria mineral (CMM) e de lignina (CLig). Todavia, afetou ( $p < 0,05$ ) de forma linear os consumos de proteína e de gordura total (Tabela 6).

Tabela 6- Efeito da inclusão de silagem de plantas de abacaxi na fração volumosa sobre o consumo de nutrientes.

Variáveis não afetadas	Média	Limite inferior	Limite superior
CMS (kg/vaca/dia)	12,45	10,79	14,10
CFDN (kg/vaca/dia)	5,40	4,67	6,13
CMM (kg/vaca/dia)	0,18	0,14	0,23
CLig (kg/vaca/dia)	0,48	0,39	057
Variáveis afetadas	Equação de regressão		
CPB (kg/vaca/dia)	$CPB = 0,7020 + 0,0052X$		
CGT (kg/vaca/dia)	$CGT = 0,2337 + 0,0011X$		

A inclusão da silagem de plantas de abacaxi na fração volumosa da dieta teve efeito ( $p < 0,05$ ) sobre a produção de leite (PL) produção de leite corrigido a 4% de gordura (PL4) e sobre os teores de gordura (G) e sólidos totais (ST) no leite. Com a investigação destas variáveis por meio da simulação de equações de regressão, evidenciou-se tendência quadrática para a produção de leite, e linear para para todas as outras variáveis supracitadas. (Tabela 7). O ponto de máximo para a produção de leite foi estimado em 16,2 kg/dia no nível de substituição de 69,4 %.

Entretanto, as variáveis proteína, lactose, extrato seco desengordurado, nitrogênio ureico e contagem de células somáticas no leite não foram influenciadas pela inclusão de silagem de plantas de abacaxi na fração volumosa da dieta. Assim, optou-se pela descrição dos respectivos valores médios para representar os valores observados nos mesmos, independentemente do tratamento imposto (Tabela 7).

Tabela 7 - Efeito da inclusão de silagem de plantas de abacaxi na na fração volumosa da dieta, sobre a produção e composição do leite.

Variáveis não afetadas	Média	Limite inferior	Limite superior
Proteína (g/kg)	31,66	28,56	35,10
lactose (g/kg)	45,30	42,44	48,36
ESD* (g/kg)	86,14	81,66	90,85
Nitrogênio ureico (mg/dL)	17,17	15,08	19,55
CCS (x mil/mL)	95,44	32,54	279,93
Variáveis afetadas	Equação de regressão		
Produção de leite	$PL_{kg/vaca/dia} = 12,0989 + 0,118X + 0,0009X^2$		
Produção de leite corrida*	$PLA_{kg/vaca/dia} = 11,3079 + 0,0227X$		
Teor de gordura	$G_{g/kg} = \exp(3,3233 - 0,002X + (0,0284/2))$		
Tor de sólidos totais	$ST_{g/kg} = \exp(4,7363 - 0,0004X + (0,0016/2))$		

A maior produção de leite das vacas que receberam uma maior inclusão de silagem de plantas de abacaxi na fração volumosa da dieta, pode ser explicada, em parte, pelos maiores consumos diários de proteína e de gordura total. Porém salienta que esse acréscimo na produção foi moderado.

Prado et al (2003) não observaram efeito significativo no consumo de matéria seca e proteína bruta ao substituir silagem de milho por silagem de resíduo industrial do abacaxi. Porém, existe notória diferença das respectivas composições química e tecidual entre o resíduo industrial do processamento dos frutos do abacaxi e as plantas de abacaxi após a colheita dos frutos.

A ausência de efeitos negativos na maioria das variáveis sobre composição nutricional, parâmetros da degradação, consumo de nutrientes pelos animais, bem como, sobre a produção e composição do leite, credencia a inclusão da silagem de plantas de abacaxi na fração volumosa da dieta como uma estratégia viável. Acrescenta-se, a isto, o fato de possibilitar a destinação racional à um passivo ambiental de alta relação carbono:nitrogênio.

## CONCLUSÃO

As variáveis de inferência, avaliadas por meio da técnica *in vitro* de produção gás, indicam que a taxa e a extensão da digestão da fração fibrosa das silagens de plantas de abacaxi após a colheita dos frutos e da silagem de sorgo são semelhantes. Também, a inclusão dessas duas silagens em proporções recíprocas na fração volumosa de dietas, não resultou em diferenças marcantes para variáveis e relacionadas à ingestão de nutrientes e ao desempenho animal. Assim, pode-se recomendar a inclusão da silagem de abacaxi como volumoso em dietas de vacas mestiças em lactação, independente da proporção.

## REFERÊNCIAS

ABREU, M. L. C.; VIEIRA, R. A. M.; ROCHA, N. S.; ARAÚJO, R. P.; GLÓRIA, L. S.; FERNANDES, A. M.; LACERDA, P. D.; JÚNIOR, A. G. Clitoria ternatea L. as a Potential High Quality Forage Legume. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 27, p. 169-178, 2014.

AFRC. **Energy and protein requirements of ruminants**. Cambridge, UK: CAB International, 1993.

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL -AFRC. **Energy and protein requirements of ruminants**. Cambridge: CAB International, Cambridge University Press, 1993. 159p.

AKAIKE, H. 1974. A new look at the statistical model identification. **IEEE Transactions on Automatic Control** . 19: 716-723.

AKAIKE, H. A new look at the statistical model identification. **IEEE Transactions on Automatic Control**, v. 19, p. 716-723, 1974.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY - AOAC. **Official methods of analysis**. 15.ed. Arlington: 1998. 1298p.

BERCHIELLI, T. T.; OLIVEIRA, S. G.; GARCIA, A. V. Aplicação de técnicas para estudo de ingestão, composição da dieta e digestibilidade. **Archives of Veterinary Science**, v. 10, n.2, p. 29-40, 2005.

BEUVINK, J. M. W.; KOGUT, J. Modeling gas-production kinetics of grass silages incubated with buffered ruminal fluid. **Journal of Animal Science**, v. 71, p. 1041-1046, 1993.

BLUMMEL, M.; ORSKOV, E.R. Comparison of "in vitro" gas production and nylon degradability of roughage in predicting feed intake in cattle. **Animal Feed Science and Technology**, v.40, p.109-119, 1993.

BOX, G. E. P. and D. R. Cox (1964). "An analysis of transformations." Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological) **26**(2): 211-252.

BRODY, S. **Bioenergetics and growth. With special reference to the efficiency complex in domestic animals**. New York: Reinhold Publishing Co., 1945.

BUENO, I. C. S.; CABRAL FILHO, S. L. S.; GOBBO, S. P.; LOUVANDINI, H.; VITTI, D. M. S. S.; ABDALLA, A. L. Influence of inoculum source in a gas production method. **Animal Feed Science and Technology**, v.123–124, p.95–105, 2005.

BURGI, R. Utilização de subprodutos agroindustriais na alimentação de ruminantes. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE PASTAGENS, 8., 1986, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1986. p. 101-117.

BURNHAM, K. P.; ANDERSON, D. R. Multimodel Inference: Understanding AIC and BIC in Model Selection. **Sociological Methods & Research**, v. 33, p. 261-304, 2004.

CABRAL, L. S.; VALADARES FILHO, S. C.; DETMANN, E.; ZERVOUDAKIS, J. T.; PEREIRA, O. G.; VELOSO, R. G.; PEREIRA, E. S. Cinética Ruminal das Frações de Carboidratos, Produção de Gás, Digestibilidade In Vitro da Matéria Seca e NDT Estimado da Silagem de Milho com Diferentes Proporções de Grãos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.6, p.2332-2339, 2002.

CAETANO, G. A. D. O.; VILLELA, S. D. J.; OLIVEIRA, M. M. N. F. D.; LEONEL, F. D. P.; TAMY, W. P. Particle passage kinetics and neutral detergent fiber degradability of silage of pineapple waste (aerial parts) under different packing densities. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 43, n. 1, p. 49-53, 2014.

CAMPOS, F. P. de; NUSSIO, C. M. B.; NUSSIO, L. G. Métodos de análise de alimentos. Piracicaba: FEALQ, [2004]. 135 p.

CAMPOS, F. P.; BOSE, M. L. V.; BION, C.; LANNA, D. P. D.; MORAIS, J. P. G. Comparação do Sistema de Monitoramento Computadorizado de Digestão In Vitro com os Métodos In Vivo e In Situ. 2. Uso do Resíduo da Matéria Seca de Forragens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.2, p.531-536, 2000.

CHENG, K. J. J. P.; FAY, R. E.; HOWARTH, J. W. Sequence of events in the digestion of fresh legume leaves by rumen bacteria. **Appl. Environ. Microbiol.**, 40:613, 1980.

CONE, J. W.; VAN GELDER, A. H.; DRIEHUIS, F. Description of gas production profiles with a three-phasic model. **Animal Feed Science and Technology**, v. 66, p. 31-45, 1997.

CÓSER, A.C.; MARTINS, C. E.; FONSECA, D.M.; SALGADO, L. T.; ALVIM, M.J.; TEIXEIRA, F.V. Efeito de diferentes períodos de ocupação da pastagem de capim elefante sobre a produção de leite. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília,(DF), v.34, n.5, p.861-866, 1999.

DI MARCO, O. N.; ALLEO, M. S.; ARIAS, A. Digestibility and ruminal digestion kinetics of corn silage. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.57, n.2, p.223-228, 2005.

DERESZ, F. Capim elefante manejado em sistema rotativo para produção de leite e carne. IN: **BIOLOGIA e manejo de capim elefante. EMBRAPA - CNPGL**. Juiz de Fora, EMBRAPA Gado de Leite -ADT. p. 131-160. 1994.

DERESZ, F.; MOZZER, O. L.; CÓSER, A. C. Manejo de pastagem de capim elefante sob pastejo rotacionado. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.19, n.192, p.55-61, 1998.

ELLIS, W. C.; MAHLOOJI, M.; LASCANO, C. E. et al., Effects of size in ingestively masticated fragments of plant tissue on kinetics of digestion of NDF. **Journal of Animal Science**. v.83, p.1602-1615, 2005.

ELLIS, W. C.; MAHLOOJI, M.; MATIS, J. H. Models for estimating parameters of neutral detergent fiber digestion by ruminal microorganisms. **Journal of Animal Science**, v. 83, p. 1591-1601, 2005.

FRANCO e SARMENTO, N.L.A. **Composição química e degradabilidade ruminal de gramíneas do gênero Cynodon**. Dissertação. UNIMONTES. 2010.

GETACHEW, G.; BLÜMMEL, M.; MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. *In vitro* gas **Feed Science and Technology**, v.72, p.261-281, 1998.

GOERING, H. K.; VAN SOEST, P. J. **Forage fiber analysis. Agricultural handbook No. 379**. Washington, D.C.: U.S.D.A., 1970.

HALL, M. B.; MERTENS, D. R. In vitro fermentation vessel type and method alter fiber digestibility estimates. **Journal of Dairy Science**, v. 91, p. 301-307, 2008.

IBGE: Instituto Brasileira de Geografia e Estatística. Produção Agrícola Nacional, 2017. Consultado em 10/07/2017.

JARDIM, J. G.; VIEIRA, R. A. M.; FERNANDES, A. M.; ARAUJO, R. P.; GLORIA, L. S.; ROHEM JR, N. M. ROCHA, N. S.; ABREU, M. L. C. 2013. Application of a nonlinear optimization tool to balance diets with constant metabolizability. **Livestock Science**. 158:106-117.

KELLEMS, R.O., WAYMAN, O., NGUYEN, A.H. et al. Post-harvest pineapple plant forage as a potential feedstuff for beef cattle: evaluated by laboratory analyses, in vitro and in vivo digestibility and feedlot trials. **Journal of Animal Science**. v.48, n.5, p.1040-1048. 1979.

KENNETH K. OTAGAKI, G. P. LOFGREEN, ESTEL COBB, GERALD G. DULL Net Energy of Pineapple Bran and Pineapple Hay When Fed to Lactating Dairy Cows. **Department of Animal Husbandry, University of California, Davis, California**. 1960.

KOZLOSKI, G. B. Bioquímica dos ruminantes. **Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria**, 2002. 139p.

LEONEL, F. P.; COSTA, M. G.; VITOR, C. M. T.; TEIXEIRA, A. O.; RESENDE, M. L.; GODOY, M. C. L. Residuais de proteína em distintas frações fibra de silagens de plantas de

abacaxi preparadas com diferentes aditivos. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 47., 2010, Salvador. **Anais...** Salvador, BA. 2010.

LEONEL, F.P. Integração Agricultura-Pecuária e Produção Sustentável de Alimentos. Boletim Técnico Serrana Nutrição Animal. Setembro 2007, 81ª edição. Disponível em: <<http://www.serrana.com.br/NutricaoAnimal/BoletimTecnico/PDF/Setembro2007.pdf>> Acesso em: 16/1/2007.

LEONEL, F.P. Integração Lavoura e Pecuária: produção e qualidade de forragens. In: ZERVOUDAKIS, J.T.; CABRAL, L.S. (Eds) **Nutrição e Produção de Bovinos de corte**. Cuiabá. Editora Anne Artes. 2011. p.221-236.

LIMA, M.L.M. Uso de subprodutos da agroindústria na alimentação de bovinos. IN: **REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA**, 42., 2005, Goiânia. Anais... SBZ: UFG, 2005. p.322-329.

LITTELL, R.C., MILLIKEN, G.A., STROUP, W.W., WOLFINGER, R.D., SCHABENBERGER, O., 2006. SAS® for Mixed Models. SAS Institute Inc, Cary, USA.

MALAFAIA, P. A. M.; FILHO, S. C. V.; VIEIRA, R. A. M. Kinetic parameters of ruminal degradation estimated with a non-automated system to measure gas production. **Livestock Production Science**, v. 58, p. 65-73, 1999.

MARTHA Jr., G.B.; VILELA, L.; BARCELLOS, A.O.; BARIONI, L.G.; SOUSA, D.M.G. Pecuária de corte no Cerrado: uma visão conjuntural. In: MARTHA JR., G.B.; VILELA, L.; McDONALD, P.; HENDERSON, N.; HERON, S. **The biochemistry of silage**. 2nd. ed. Marlow: Chalcombe, 1991. 339 p.  
measuring techniques for assessment of nutrition quality of feeds: a review. **Animal**

MELO, A.S; VIÉGAS, P.R.A.; MELO, D.L.M.F et al. Rendimento, qualidade da fruta e lucratividade do abacaxizeiro cv. Pérola em diferentes espaçamentos. **Revista de Ciências Agrárias**. Belém, n.41, p. 9- 222, 2004.

MENEGHETTI, C.C.; DOMINGUES, J.L.; Características Nutricionais e uso de Subprodutos da Agroindústria na Alimentação de Bovinos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.5, n2, p.512-536, Março/Abril 2008. Artigo Número 52.

MERTENS, D.R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. **Journal Association Official Analysis Chemistry**. v.85, p.1217-1240. 2002.

MERTENS, D.R.; ELY, O.L. Relationship of rate and extent of digestion to forage utilization - A dynamic model evaluation. **Journal of Animal Science**. v.54, p.895-905, 1982.

OLIVEIRA, M.C. Programa de Integração Lavoura-Pecuária Fase 2 Bioma Cerrados. In: Simpósio Internacional em Integração Lavoura Pecuária, **Anais...** CD-ROM, Curitiba, 2007.



OLIVEIRA, R.L., PEREIRA, J.C., SILVA, P.R.C. et al. Degradabilidade ruminal da cama de frango e do feno de capim Coast-cross e avaliação de modelos matemáticos para estimativa da taxa de passagem de partículas. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.28 p.839-849. 1999.

ORSKOV, E.R. the “in situ” technique for the estimation of forage degradability in ruminants. In: D. I. Givens., e. Owen.; R.F.E. Axford and H.M. Omedd. (eds). **Forage Evaluate in Ruminant Nutrition**. CABI. Publishing, CAB International, London, UK. 2000, p.175-188.

ORSKOV, E.R.; HOVELL, F.D.B.; MOULD, F. The use of the nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. **Tropical Animal Production**. v.5, n.1, p.195-213, 1980.

ORSKOV, E.R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of Agriculture Science**. v.92, n.2, p.499-503, 1979.

PAULA, D. C.; LEONEL, F. P.; COSTA, M. G.; VITOR, C. M. T.; TEIXEIRA, A. O.; CARVALHO, J. C. Distintas frações fibra em silagens de plantas de abacaxi preparadas com diferentes aditivos. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 47., 2010, Salvador. **Anais...** Salvador, BA. 2010.

PEDROSO, A. M.; CARVALHO, M. P. Polpa cítrica e farelo de glúten de milho. In: Treinamento on line: Subprodutos para ruminantes: estratégias para reduzir o custo de alimentação. **Piracicaba: AgriPoint**; 2006. v.2, p. 1-35.

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

PEREIRA, L.G.R.; AZEVEDO, J.A.G.; PINA, D.S. et al. **Aproveitamento dos co-produtos da agroindústria processadora de suco e polpa de frutas para alimentação de ruminantes**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido. 2009. 30p. (Doc., 220).

PINHEIRO, J. C.; BATES, D. M. **Mixed-effects models in S and S-PLUS**. New York: Springer-Verlag Inc., 2000.

PRADO, I.N.; LALLO, F.H.; ZEOULA, L.M.; CALDAS NETO, S.F.; NASCIMENTO, W.G.; MARQUES, J.A. Níveis de substituição da silagem de milho pela silagem de resíduo industrial de abacaxi sobre o desempenho de bovinos confinados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 32(3), 737-744. 2003.

REZENDE, G.C. Ocupação agrícola, estrutura agrária, mercado de trabalho rural no Cerrado: o papel do preço da terra, dos recursos naturais e das políticas públicas. In HELFAND, S.M.;

REZENDE, G.C. Região e espaço no desenvolvimento agrícola brasileiro. Rio de Janeiro:IPEA, 2003, cap. 4, p. 173-212.

RIGUEIRA, J.P.S. **Silagem de soja na alimentação de bovinos de corte**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2007. 51p.

RODRIGUES, R.C.; PEIXOTO, R.R. Avaliação de alimentos. XX. Composição bromatológica, digestibilidade e balanço de nitrogênio de resíduo de indústria de abacaxi. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 27., 1990, Campinas. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1990a. p.93.

ROGÉRIO, M. C. P.; et al. Resíduos de frutas na alimentação de gado de leite. In: GONÇALVES, L. C.; BORGES, I.; FERREIRA, P. D. S. **Alimentos para gado de leite**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2009, cap. 6, p. 88-115.

SAMPAIO, I.B.M. Contribuições estatísticas e de técnica experimental para ensaios de degradabilidade de forrageiras quando avaliadas "in situ". In.: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE RUMINANTES, REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31. Maringá, 1994. **Anais...** Maringá, SBZ, 1994. p. 119-133.

SOUSA, D.M.G. (Ed.) Uso Eficiente de Fertilizantes em Pastagens no Cerrado. **Planaltina: Embrapa Cerrados**, 2006.

SOUZA, O.E.; SANTOS, E.I. Aproveitamento de resíduos e subprodutos agropecuários pelos ruminantes na Embrapa. 2004. Disponível em: <[www.cpatc.embrapa.br/index.php?idpagina=artigos&artigo=914](http://www.cpatc.embrapa.br/index.php?idpagina=artigos&artigo=914)>. Acesso em: 11/08/2012

SUGIURA, N. Further analysis of the data by Akaike's Information Criterion and the finite corrections. **Communications in Statistics, Theory and Methods**, v. A7, p. 13-26, 1978.

TAGLIAPIETRA, F.; CATTANI, M.; BAILONI, L.; SCHAIIVON, S. In vitro rumen fermentation: Effect of headspace pressure on the gas production kinetics of corn meal and meadow hay. **Animal Feed Science and Technology**, n. 158, p.197-201, 2010.

TEMPELMAN, R. J. 2004. Experimental design and statistical methods for classical and bioequivalence hypothesis testing with an application to dairy nutrition studies. **Journal of Animal Science**. 82:162-172.

THEODOROU, M. K.; WILLIAMS, B. A.; DHANOA, M. S. et al. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, n.48, v.3-4, p.185-197, 1994.

THIEX, N. J. MANSON, H. ANDERSON, S. & PERSSON, J.-Á. (2002). Determination of Crude Protein in Animal Feed, Forage, Grain, and Oilseeds by Using Block Digestion with a Copper Catalyst and Steam Distillation into Boric Acid: Collaborative Study. **Journal of AOAC International** 85(2), 309-317.

THIEX, N. J.; ANDERSON, S.; GILDEMEISTER, B. Crude fat, hexanes Extraction, in feed, cereal grain, and forage (Randall/Soxtec/Submersion Method): collaborative study. **Journal Association Official Analysis Chemistry**. v.86, p.899-908. 2003.

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

TIMOFIECSYK, F. R.; PAWLOWSKY, U. Minimização de Resíduos na Indústria de Alimentos: Revisão. **Boletim do CEPPA**. v.18, n.2, p. 221-236. 2000.

TOMICH, T.R.; PEREIRA, L.G. R.; GONÇALVES, L.C. et al. **Características químicas para avaliação do processo fermentativo de silagens: uma proposta para qualificação da fermentação**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2003.

TONANI, F.L.; RUGGIERI, A.C.; QUEIROZ, A.C. et al. Degradabilidade ruminal “in situ” da matéria seca e da fibra em detergente neutro em silagens de híbridos de sorgo colhidos em diferentes épocas. **Arquivo Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v.53, p.100-104, 2001.

ULLYATT, M. J. A. et al. Contribution of chewing during eating and rumination as the clearance of digesta from the rumino-reticulum. In: MILLIGAN, L. P; GOVUM, W. L.; DOBSON, A. Control of digestion and metabolism in ruminants. **INTERNACIONAL SYMPOSIUM ON RUMINANT PHYSIOLOGY**, 6., 1984, Canada. **Proceedings...** Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1986.p.498-515.

VAN SOEST, P.J. Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: Voluntary intake relation to chemical composition and digestibility. **J. Animal Sci.**, v.24, n.3, p.834-844, 1965.

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

VIEIRA, R. A. M.; CAMPOS, P. R. S. S.; SILVA, J. F. C.; TEDESCHI, L. O.; TAMY, W. P. Heterogeneity of the digestible insoluble fiber of selected forages in situ. **Animal Feed Science and Technology**, v. 171, p. 154-166, 2012.

Vieira, R. A. M.; N. M. Rohem Júnior; R. S. Gomes; T. S. Oliveira; L. C. R. Bendia; F. H. V. Azevedo; D. L. Barbosa; L. S. Glória; M. T. Rodrigues. The ontogenetic allometry of body morphology and chemical composition in dairy goat wethers. **Animal**: 1-16, 2017.

VIEIRA, R. A. M.; TEDESCHI, L. O.; CANNAS, A. A generalized compartmental model to estimate the fibre mass in the ruminoreticulum: 1. Estimating parameters of digestion. **Journal of Theoretical Biology**, v. 255, p. 345-356, 2008

VONESH, E. F. **Generalized linear and nonlinear models for correlated data: theory and applications using SAS®**. Cary: SAS Institute Inc., 2012.

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

ZWIETERING, M. H., I. Jongenburger, F. M. Rombouts and K. van't Riet (1990). "Modeling of the Bacterial Growth Curve." *APPLIED AND ENVIRONMENTAL MICROBIOLOGY* 56(6): 1875-1881.