

Universidade Brasil

Campus Descalvado

JOÃO PAULO MENEGOTI

**VALOR NUTRITIVO DA SILAGEM DE CAPIM ELEFANTE
ENRIQUECIDA COM COPRODUTO DO PROCESSAMENTO
INDUSTRIAL DO TOMATE**

NUTRITION VALUE OF ELEFANTE GRASS SILAGE WITH CO-PRODUCT OF
TOMATO INDUSTRIAL PROCESSING

Descalvado, SP

2016

JOÃO PAULO MENEGOTI

VALOR NUTRITIVO DA SILAGEM DE CAPIM ELEFANTE ENRIQUECIDA COM
RESÍDUO INDUSTRIAL DO TOMATE

Orientadora: Prof^a Dr^a. Liandra Maria Abaker Bertipaglia
Co-orientador: Prof. Dr. Gabriel Mauricio Peruca de Melo

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Animal da Universidade Brasil, UNIVERSIDADE BRASIL, Campus de Descalvado, como complementação dos créditos necessários para obtenção do título de Mestre em Produção Animal.

Descalvado, SP

2016

Ficha catalográfica

M517v Menegoti, João Paulo
Valor nutritivo da silagem de capim elefante enriquecida com coproduto do processamento industrial do tomate / João Paulo Menegoti. -- Descalvado, 2016.
55 f. : il. ; 29,5cm.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Animal da Universidade Brasil, como complementação dos créditos necessários para obtenção do título de Mestre em Produção Animal.

Orientadora: Prof^a Dr^a Liandra M. Abaker Bertipaglia

Co-orientador: Prof^o Dr. Gabriel M. Peruca de Melo

1. Composição bromatológica. 2. Coproduto industrial. 3. Degradabilidade. 4. Processamento do tomate. 5. Produção de gases in vitro. I. Título.

CDD 633.202

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

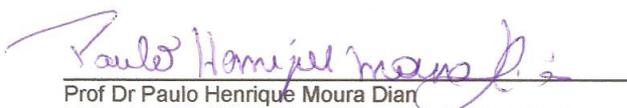
João Paulo Menegotti

“VALOR NUTRITIVO DA SILAGEM DE CAPIM ELEFANTE INCORPORADA COM COPRODUTO DO PROCESSAMENTO INDUSTRIAL DO TOMATE”

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Produção Animal da Universidade Camilo Castelo Branco, pela seguinte banca examinadora:



Profa. Dra. Liandra Maria Abaker Bertipaglia
(Orientador)
Programa de Pós-Graduação em Produção Animal



Prof Dr Paulo Henrique Moura Dian
Programa de Pós-Graduação em Produção Animal



Profa. Dra. Talita Barban Bilhassi
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária
UNESP-Jaboticabal

Descalvado, 21 de Março de 2016

Profa. Dra. Liandra Maria Abaker Bertipaglia
Presidente da Banca

Termo de Autorização**Para Publicação de Dissertações e Teses no Formato Eletrônico na Página WWW do Respeetivo Programa da UNICASTELO e no Banco de Teses da CAPES**

Na qualidade de titular(es) dos direitos de autor da publicação, e de acordo com a Portaria CAPES no. 13, de 15 de fevereiro de 2006, autorizo(amos) a UNICASTELO a disponibilizar através do site <http://www.unicastelo.edu.br>, na página do respectivo Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu*, bem como no Banco de Dissertações e Teses da CAPES, através do site <http://bancodeteses.capes.gov.br>, a versão digital do texto integral da Dissertação/Tese abaixo citada, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira.

A utilização do conteúdo deste texto, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, fica condicionada à citação da fonte.

Título do Trabalho: "VALOR NUTRITIVO DA SILAGEM DE CAPIM ELEFANTE INCORPORADA COM COPRODUTO DO PROCESSAMENTO INDUSTRIAL DO TOMATE"

Autor(es):

Discente: João Paulo Menegotti

Assinatura: _____

Orientador: Profa. Dra. Liandra Maria Abaker Bertipaglia

Assinatura: _____

Data: 21 de março de 2016

À minha esposa;
Aos meus pais, Carlos e Neuza;
Aos meus filhos, João Miguel, João Paulo e Maria Antônia.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me amparar nos momentos difíceis, me dar força interior para superar as dificuldades, mostrar o caminho nas horas incertas e me suprir em todas as minhas necessidades;

Aos meus orientadores, professora doutora Liandra Maria Abaker Bertipaglia e professor doutor Gabriel Mauricio Peruca de Melo, por acreditarem em mim, mostrarem-me o caminho da ciência, auxiliarem-me além das minhas expectativas, por serem exemplos de profissionais e pessoas, as quais sempre serão lembradas na minha vida;

A minha família, a qual amo muito, pelo carinho, paciência e incentivo;

Aos amigos que fizeram parte dos momentos de estudo e pesquisa, sempre me ajudando e incentivando;

Aos meus colegas de trabalho do Serviço de Inspeção Federal e amigos, Mauricio Yoshkazu Kato, Mariana Nechel, Cassio Messias Toledo e Claudinei Boiko Ribeiro, que participaram indiretamente deste trabalho;

Aos meus colegas de trabalho, professores da FACIMED, Luiz Carlos Tadeu Capovilla, Anderson Teixeira de Carvalho, Arno Soares Seerig, Cristian José da Silva, Edinéia Rosa da Paz, Flávio Henrique Bravim Caldeira, Genaldo Martins de Almeida, Mahatma Maia F. de Holanda, Pedro Cesar Savi Filho, Thalia C.S.D. de Pinho, Luã Simão dos Santos, Vanessa Ingrid Jaines, que sempre estiveram do meu lado dando força e apoio;

A todos os colegas e professores do Programa de Mestrado Profissional em Produção Animal pelo convívio e aprendizado.

“A sabedoria é radiante, não fenece, facilmente é contemplada por aqueles que a amam e se deixa encontrar por aqueles que a buscam. Ela mesma se dá a conhecer aos que a desejam. Quem por ela madruga não se cansa: encontra-a sentada à porta. Meditá-la é a perfeição da inteligência; quem vigia por ela logo se isenta de preocupações; ela mesma busca, em toda parte, os que a merecem; benigna, aborda-os pelos caminhos e a cada pensamento os precede”.

(Sabedoria 6, 12-16)

VALOR NUTRITIVO DA SILAGEM DE CAPIM ELEFANTE ENRIQUECIDA COM RESÍDUO INDUSTRIAL DO TOMATE

RESUMO

Objetivo do presente trabalho foi caracterizar o valor nutritivo do capim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) ensilado com o Coproduto do Processamento Industrial do Tomate (CPIT), na forma úmida (*in natura*). O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Nutrição Animal e Biogeoquímica da Universidade Brasil, Campus de Descalvado, SP. Utilizaram-se 40 minis silos experimentais para armazenamento da silagem de capim elefante e CPIT. Os tratamentos foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado, com 4 tratamentos e cinco repetições, totalizando 20 unidades experimentais. Os tratamentos foram caracterizados como: 100% SC = Silagem de capim; 90% SC + 10% CPIT = Silagem de capim com adição de 10% de Coproduto do Processamento Industrial de Tomate; 70% SC + 30% CPIT = Silagem de capim com adição de 30% Coproduto do Processamento Industrial de Tomate; 50% SC + 50% CPIT = Silagem de capim com adição de 50% de Coproduto do Processamento Industrial de Tomate; 100% CPIT = Silagem de Coproduto do Processamento Industrial de Tomate. O material permaneceu ensilado por 65 dias, sendo posteriormente avaliada a composição bromatológica, potencial de produção de gases e degradação da matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA). Foi observado um aumento dos teores, de maneira semelhante, para análise para degradação *in vitro* da MS e FDA. Os tratamentos com maiores quantidades de CPIT, apresentaram os maiores teores dos nutrientes, proteína (PB) e extrato etéreo (EE). Na avaliação da degradação *in vitro* da MS e da FDA, também, as silagens com mais coproduto apresentaram os maiores valores. Conclui-se que a inclusão do coproduto do tomate melhora o valor nutritivo da silagem de capim elefante.

Palavras-chave: composição bromatológica, coproduto industrial, degradabilidade, processamento do tomate, produção de gases *in vitro*.

NUTRITIONAL VALUE OF ELEPHANT GRASS SILAGE ENRICHED WITH TOMATO INDUSTRIAL RESIDUE

ABSTRACT

Purpose of this study was to characterize the nutritional value of elephant grass (*Pennisetum purpureum*, Schum) silage with the Coproduct of industrial tomato processing (CPIT), in wet form (fresh). The work was developed in the laboratory of Animal nutrition and Biogeochemistry at the University Camilo Castelo Branco, Campus of Descalvado, SP. used 40 minisilos for storage of elephant grass silage and CPIT. Treatments were arranged in completely randomized design, with 4 treatments and five replications, totaling 20 experimental units. The treatments were characterized as: 100% SC = grass silage; 90% SC + 10% = CPIT grass Silage with addition of 10% of industrial tomato processing Coproduct; 70% SC + 30% = CPIT grass Silage with addition of 30% of industrial tomato processing Coproduct; 50% SC + 50% = CPIT grass Silage with added 50% of industrial tomato processing Coproduct; 100% CPIT = Coproduct silage industrial tomato processing. The material remained silage for 65 days, being subsequently evaluate the mycotoxin (s), composition and production potential degradation of dry matter (DM), neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (FDA). It was observed an increase of the levels, in a manner similar to analysis for in vitro degradation of DM and FDA. The treatments with greater quantities of CPIT, showed the highest levels of nutrients, protein (PB) and ether extract (EE). In assessing the in vitro degradation of DM and the FDA, too, silages with more Coproduct presented the highest values. It is concluded that the inclusion of the Coproduct of tomato improves the nutritional value of silage of elephant grass.

Keywords: Mycotoxin (s) composition, Coproduct industrial, degradability, tomato processing, *in vitro* gas production.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 01:** Coleta e armazenamento do coproduto de tomate, na Indústria processadora de Molho de tomate Predilecta, para transferência até o local do experimento.....28
- Figura 02:** Moagem do resíduo em moinho tipo Willey (Modelo Thomas) providos de peneiras de 1 mm (A); Amostra do CPIT triturada, para análise (B).28
- Figura 03:** Capim elefante picado (A), em picadeira de forrageiras regulada para tamanho de partículas de 1 cm (B).....29
- Figura 04:** Compactação da forragem picada nos minis silos confeccionados com tubo de PVC (A); Mini silo pronto com a tampa e válvula e vedado com fita adesiva (B).....30
- Figura 05:** Mini silos confeccionados com tubos de PVC no momento da abertura.....31
- Figura 06:** Técnica de produção de gases *in vitro*, medida com transdutor de pressão digital.....32
- Figura 07:** Preparação do inóculo com a mistura da solução de tampão e minerais, com o inóculo ruminal (A) e; Preparação dos frascos para incubação dos substratos (B e C).....33
- Figura 08:** Frascos com o conteúdo ao final da fermentação (A) e seus conteúdos filtrados em cadinhos tipo Gooch, após incubação (B); O resíduo da fermentação nos cadinhos (C)34

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Descrição dos tratamentos experimentais.	27
Tabela 02: Composição bromatológica do resíduo de tomate avaliado no experimento. Dados expressos em porcentagem da matéria seca (%MS).....	29
Tabela 03: Composição química-bromatológica das silagens de capim elefante, com a adição ou não de Coproduto do Processamento Industrial de Tomate (CPIT).	37
Tabela 04: Fracionamento do carboidrato das silagens de capim elefante, com a adição ou não de Coproduto do Processamento Industrial de Tomate <i>in natura</i>	37
Tabela 05: Potencial de produção de gases <i>in vitro</i> das silagens de capim elefante, com a adição ou não do Coproduto do Processamento Industrial do Tomate <i>in natura</i> , de acordo com as horas de fermentação	43
Tabela 06: Produção acumulada de gases <i>in vitro</i> das silagens de capim elefante, com a adição ou não do Coproduto do Processamento Industrial de Tomate <i>in natura</i> , de acordo com as horas de fermentação.....	44
Tabela 07: Degradação <i>in vitro</i> da matéria seca (DIVMS), fibra em detergente neutro (DIVFDN) e fibra em detergente ácido (DIVFDA) das silagens de capim elefante, com a adição ou não do Coproduto do Processamento Industrial de Tomate <i>in natura</i>	45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CPIT	Coproducto do Processamento Industrial do Tomate
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DIVMS	Degradação <i>In vitro</i> da Matéria sSeca
DIVFDN	Degradação <i>In vitro</i> da Fibra em Detergente Neutro
DIVFDA	Degradação <i>In vitro</i> da Fibra em Detergente Ácido
EE	Extrato Etéreo
FDN	Fibra Insolúvel em Detergente Neutro
FDA	Fibra Insolúvel em Detergente Ácido
FFNF	Fonte de Fibra Não Forrageira
MS	Matéria Seca
NIDA	Nitrogênio Insolúvel em Fibra de Detergente Ácido
PB	Proteína Bruta

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1. Relevância do tema e estado atual da arte.....	15
1.2. Fundamentação.....	17
1.2.1. Características do capim elefante (<i>Pennisetum purpureum</i> , Schum)	17
1.2.2. Silagem de <i>Pennisetum purpureum</i> Schum.....	18
1.2.3. Uso de aditivos na silagem	19
1.2.4. Coproduto do Processamento Industrial de Tomate (CPIT)	20
1.2.5. Características nutricionais do CPIT na alimentação de ruminantes.....	22
1.2.6. Características bromatológicas da silagem	23
1.2.6.1. Fibra em Detergente Neutro e Ácido (FDN e FDA).....	23
1.2.7. Degradação <i>in vitro</i>	24
1.3. Hipótese.....	25
1.4. Objetivo geral.....	26
1.4.1. Objetivos Específicos.....	26
2. MATERIAL E MÉTODOS	27
2.1. Local do experimento.....	27
2.2. Delineamento experimental e tratamentos	27
2.3. Instalação do experimento.....	27
2.3.1. Ensilagem	29
2.3.2. Abertura dos silos experimentais.....	31
2.3.3. Composição química da silagem.....	31
2.3.4. Degradação <i>in vitro</i>	32
3.1. Composição química-bromatológica.....	36
3.2. Avaliação do potencial de produção de gases e produção acumulada de gases <i>in vitro</i>	40
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49

1. INTRODUÇÃO

1.1. Relevância do tema e estado atual da arte

O processamento industrial do tomate para a fabricação de sucos e produtos concentrados como *catchup*, molhos, pastas, purê, sopas entre outros gera resíduos. Além disso, 10-30% do tomate cru usado como matéria prima é descartado antes do processamento, o que aumenta, ainda mais, o montante do resíduo do processamento [1].

O resíduo do processamento industrial do tomate, é denominado como coproduto industrial, o qual é de grande interesse na produção animal, em virtude de sua composição química. Apesar do alto teor de água (45-65%), apresenta elevado teor de carboidratos (40% MS, incluindo celulose, hemicelulose, pectina e carboidratos solúveis em água) e de proteína (20%MS).

No sistema de produção animal, o armazenamento deste coproduto como silagem é um complicador essencial para o seu uso na nutrição, pois o teor original de umidade interfere nos processos de fermentação, inclusive na atividade de microrganismos, por exemplo. De acordo com Zheng et al. [2], esse coproduto poderia ser preservado na forma de silagem, com 30% de umidade e sem inoculação de bactérias ácido lácticas, no entanto, nesta condição, pode-se promover o auto aquecimento da biomassa, em um nível maior comparado ao armazenamento com 60% de umidade. Estes autores ressaltam que o processo de ensilagem é a técnica mais recomendada para o armazenamento do Coproduto do Processamento do Tomate, comparado com a da secagem, principalmente em função dos custos operacionais das técnicas.

Para obtenção de silagem de alta qualidade, faz-se necessário que alguns fatores sejam considerados, como por exemplo, o teor de matéria seca entre 28% e 34%, para que ocorra a fermentação láctica, a riqueza em carboidratos solúveis (CS) e o baixo poder tampão (PT), que não deve oferecer resistência à redução do pH para valores entre 3,8 e 4,2. Esses parâmetros influem, de maneira decisiva, na natureza da fermentação e na conservação da massa ensilada [3].

Woolford [4] relata que os teores de MS, de carboidratos solúveis e a capacidade tampão são fatores importantes, no que diz respeito à ensilagem de uma

planta forrageira, sugerindo que os teores de MS devem ser no mínimo de 25% e a relação entre carboidratos solúveis/capacidade tampão, sendo superior a 3,0 de forma a possibilitar a obtenção de silagem de qualidade satisfatória.

A produção de silagens de capins vem sendo utilizada como uma alternativa às culturas tradicionais, apresentando como vantagens as características de serem perenes, além da possibilidade do aproveitamento do excedente de produção na época chuvosa [5].

A estacionalidade na produção de forragem é um problema para a produção pecuária do Brasil, pois existem períodos de escassez e períodos de alta produção de forragem. Em certas regiões, o problema está na falta de umidade, limitando a produção. Uma pecuária eficiente e economicamente viável, com grandes investimentos na genética de recursos animais e vegetais e em equipamentos, não pode ficar na dependência do crescimento natural da planta forrageira. Logo, é de grande importância a reserva de alimentos que vise complementar a dieta dos animais naqueles períodos, minimizando assim, os efeitos negativos no desempenho [6].

As silagens de gramíneas, inclusive a de capim elefante, constituem alternativa às culturas tradicionais como milho e sorgo, visto que as gramíneas forrageiras têm elevada produção de MS e são culturas perenes, de menor custo por tonelada de MS, com relação às plantas tradicionais e maior flexibilidade na colheita.

O capim elefante apresenta, no entanto, algumas características intrínsecas, observadas no estágio fisiológico ideal para corte, que interferem na fermentação, como baixos teores de carboidratos solúveis e de matéria seca, os quais dificultam a obtenção de silagens de boa qualidade [7].

Neste contexto, silagens de capim colhido muito jovem tendem a sofrer fermentações secundárias, devido ao alto teor de umidade e poder tampão, reduzido teor de matéria seca e baixa população inicial de bactérias lácticas [8]. Como consequência, as perdas de nutrientes na forma de gases, devido a fermentações secundárias, e na forma de efluente, devido ao excesso de umidade, são comuns em silagens desses capins [9].

Pode-se inferir que a oferta do Coproduto do Processamento do Tomate deve ser aproveitada na alimentação animal, a qual apresenta condições satisfatórias de armazenamento, sendo utilizado como aditivo na ensilagem do capim elefante,

possibilitando superar a escassez de volumosos em variações sazonais, além de contribuir para a redução dos custos envolvidos na produção animal.

1.2. Fundamentação

1.2.1. Características do capim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum)

De origem africana, o capim elefante (*Pennisetum Purpureum Schum*) foi introduzido no Brasil em 1920 [11], o qual apresenta características desejáveis que se adequam às necessidades da pecuária brasileira, como: rusticidade, elevada produção, facilidade de multiplicação, diversas variedades e cultivares adaptados a vários tipos de solo, certa resistência à seca, características de rusticidade, resistência a pragas e doenças, e elevado valor nutritivo quando ainda novo, e está sendo utilizado sob diversas formas [12].

O capim elefante pode ser utilizado como pastejo direto, capineiras e para produção de silagens e fenos [13]. Apesar da fácil obtenção de silagens de sorgo ou milho de alta qualidade, também é possível conseguir silagens de capim com uma qualidade razoável. O capim elefante vem se destacando em face de sua alta produtividade, elevado número de variedades, grande adaptabilidade, facilidade de cultivo, bom valor nutritivo e boa aceitação pelos animais quando no estágio inicial. Enfatizando seu alto rendimento por área, alta produção de biomassa, tendo sido registradas produções em solos de Cerrado de 260,9; 260,0; 220,6 e 214,6 t de matéria verde/ha ano, respectivamente para as cultivares Mercker, Napier, Porto Rico 534 e Mineiro [14].

Entretanto, à medida que o estágio de desenvolvimento das gramíneas avança, ocorre um aumento na produção de matéria seca. Em contrapartida, ocorre uma redução no valor nutritivo e ao realizar-se a ensilagem do capim elefante, avalia-se a produção por área e o valor nutritivo, sendo essas duas características observadas no capim elefante quando cortados aos 50-60 dias de desenvolvimento [7].

Embora o equilíbrio nutritivo do capim elefante seja alcançado aos 50-60 dias de desenvolvimento, alguns fatores poderiam ser considerados limitantes para a obtenção de silagens de boa qualidade. Faria et al., [15] observaram que as cultivares Cameron, Vruckwona e Taiwan A-241 do *Pennisetum Purpureum Schum*,

cortados aos 79 e 139 dias de crescimento, obtiveram teores de matéria seca de 9 e 22%, respectivamente. Condé [16] e Faria [17] descreveram o capim elefante, cultivar Napier, cortado aos 84 e 86 dias de crescimento, apresentaram teores de matéria seca de 20,05 e 18,95%, respectivamente. No entanto, Rosa [18], obteve teor de matéria seca inferior (16,72%) para esta forrageira, com o mesmo período de crescimento.

Assim, para ensilar os capins da espécie Elefante, cortados aos 50-60 dias de desenvolvimento, o fator básico e limitante na conservação do material é o excesso de umidade, uma vez que altos teores de água ($\geq 75\%$) podem estar associados aos constituintes indicadores de baixa qualidade de silagem, ou seja, ácido butírico, bases voláteis e amônia [19]

Outro fator que deve ser levado em consideração na ensilagem de capins do grupo Elefante é o seu teor de proteína bruta. Para o cultivar Napier, cortado aos 84 dias de crescimento, Pedreira e Boin [20] encontraram 6,7% de proteína bruta na matéria seca (MS). Resultados muito inferiores foram encontrados por Faria [17], aos 86 dias (3,87%) e por Tosi [21] aos 97 dias de crescimento (4,25%).

1.2.2. Silagem de *Pennisetum purpureum* Schum

A silagem de capim elefante tem como atrativo o seu baixo custo de produção. Outro fator que tem induzido o produtor a optar pelo uso desta prática é o fato de que muitas propriedades já dispõem de pastagens de capim elefante formadas e com estruturas que permitem este tipo de manejo. Entretanto, os resultados alcançados têm sido variáveis e muitas vezes insatisfatórios, principalmente por falta de maiores informações e orientação técnica [22].

Durante o processo de ensilagem podem ocorrer perdas, as quais são responsáveis pela queda do potencial produtivo e baixa qualidade do volumoso disponível aos animais. A quantificação e a busca por orientação técnica são necessárias para que as perdas sejam minimizadas. As perdas durante o processo de ensilagem são influenciadas por diversos fatores, tais como: forrageira, colheita, armazenamento, compactação, estágio de maturação da planta, exposição ao ar.

A utilização do capim elefante na forma de silagem na alimentação animal na época de estiagem tem sido objetivo de pesquisas [23] que ao longo dos anos, vem sugerindo que a idade ideal de corte para esta prática de conservação de forragem

seja de 56 a 80 dias. Entretanto, nessa fase o baixo teor de MS (20%) parece ser um fator limitante a sua utilização como forrageira para ensilagem.

De acordo com Lavezzo [7], para a produção de silagem de capim elefante sugere-se que este deve ser cortado com 50-60 dias de desenvolvimento, após corte de uniformização, quando a planta apresenta uma boa correlação entre desenvolvimento e valor nutritivo, porém nesta idade da planta o teor de matéria seca é muito baixo, 15 a 20%, o que não é recomendado para o processo de ensilagem. Faria [24] observou que o teor de matéria seca para a fermentação adequada está entre 30-35%, dependendo da espécie a ser utilizada.

1.2.3. Uso de aditivos na silagem

A composição química e o valor nutritivo das silagens podem ser modificados por meio da utilização de aditivos no momento da ensilagem, os quais podem ser compostos por ácidos, sais, carboidratos fermentáveis ou culturas de bactérias lácticas, além de enzimas [25].

Os aditivos estimulantes da fermentação aumentam a produção de ácido láctico, minimizando as perdas de MS, e promovem maior velocidade de acidificação da silagem. O uso de inoculantes microbianos presume que existam condições para o seu desenvolvimento, tais como quantidade de carboidratos solúveis e anaerobiose. Quando o carregamento do silo é demorado favorece o desenvolvimento de bactérias indesejáveis em prejuízo das bactérias ácido lácticas. O uso do inoculante bacteriano promove aumento na taxa de fermentação (maior relação láctico/acético), diminuindo a proteólise, com uso mais eficiente dos carboidratos solúveis e conseqüentemente maiores retenções de nutrientes na silagem [26].

A utilização de aditivos no processo de ensilagem pode influenciar no processo fermentativo auxiliando na conservação e melhora do valor nutritivo do volumoso ou na diminuição de perdas superficiais e na camada exposta da silagem, aumentando a vida útil e o valor energético, além de melhorar a digestibilidade da fibra e da matéria seca, quando oferecido aos ruminantes [27].

O ingrediente usado como aditivo na silagem de capim deve apresentar alto teor de matéria seca, alta capacidade de retenção de água, boa palatabilidade, além

de fornecer carboidratos para fermentação. Também, devem ser de fácil manipulação, baixo custo e fácil aquisição [28].

1.2.4. Coproduto do Processamento Industrial de Tomate (CPIT)

O tomate - *Lycopersicon esculentum Mill* - é a segunda hortaliça mais cultivada no mundo, sendo sua quantidade produzida superada apenas pela batata [29]. De acordo com Pessini [30], o tomate é, provavelmente, a hortaliça mais conhecida e de maior consumo mundial, devido à multiplicidade de seu aproveitamento na alimentação humana.

Problemas ambientais e econômicos vêm acompanhando cada vez mais as indústrias do processamento do tomate, em função da utilização ou eliminação do resíduo gerado (semente, pele e aparas fibrosas do pedúnculo). O resíduo industrial, em alguns casos, tem como destino adubo orgânico e componentes de ração animal. As indústrias muitas vezes tentam eliminar, aterrando, tratando ou até lançando em rios, porém tais métodos têm se tornado caros, quando não, ilegais [31].

Como existe uma finalidade, com geração de um novo produto (alimento) para o resíduo da indústria, a partir deste momento, será denominado de coproduto.

A composição média do tomate varia de acordo com vários fatores, como: condições ambientais, cultivar, grau e época de maturação, dimensões, etc. compreendendo 96-97% de parte comestível (polpa) e 2,5-4,0% de coproduto (50% de umidade). Para a recuperação parcial do suco que acompanha esse coproduto, por exemplo, geralmente é submetido a uma extração por prensagem, em prensas tipo parafuso cônico. Com esse processo pode-se obter, 100 kg de coproduto, cerca de 3 a 4% em peso, de suco. Esta operação é desejável porque, além de se recuperar parcialmente o suco, diminui a atividade de água, diminuindo as chances de deterioração bacteriana [32].

O Coproduto do Processamento Industrial de Tomate é composto pela moagem de sementes, cascas e aparas fibrosas dos pedúnculos [33]; [34].

Pode ser aproveitado na elaboração de ração destinada aos animais, principalmente, aos ruminantes, pelo alto teor celulósico. Em pequenas indústrias em que a quantidade é pequena, e produto é vendido para ser utilizado diretamente

pelos criadores. Nas grandes indústrias, é desidratado e utilizado como componente na elaboração de ração para ruminantes [32].

Como geração de coprodutos da indústria de processamento desse fruto é bastante significativa, tem levado pesquisadores a estudar alternativas que viabilizem a utilização do CPIT na alimentação animal, sendo este utilizado principalmente para a alimentação de ruminantes [35].

O uso do resíduo industrial do tomate (RIT) tem sido utilizado, há muitos anos, na alimentação animal [36]; [37]. Entretanto, existem fatores que limitam a sua utilização, como a grande variabilidade nutricional que se dá em função da proporção de cascas e sementes [38]), a necessidade de fornecimento do material fresco, limitando sua utilização em períodos restritos do ano, além do alto custo nos processos de secagem, transporte e estocagem, devido ao elevado teor de água [39].

Zeng et al. [2] avaliaram o teor de umidade do Coproduto do Processamento do Tomate usado na ensilagem, concluindo que, quando o material apresentou 60% de umidade, não foi observada a presença de microrganismos indesejáveis no processo fermentativo, uma vez que a relação ácido butírico/isobutírico foi baixa, tão quanto a concentração de amônia. Já com 45% de umidade, houve aumento da atividade das bactérias ácido-láticas (BAL) e, quando na mesma umidade, houve inoculação de BAL ocorreu o dobro de produção de ácido láctico na biomassa ensilada, em comparação ao material não inoculado. Nos três níveis de umidade avaliados (60, 45 e 30), o teor de ácidos orgânicos produzidos foi inferior a 30 mg/g MS, além do baixo poder tampão, o que representou o reduzido pH da silagem (média de 4,38).

Orosz et al. [10] avaliaram a silagem com o Coproduto do Processamento Industrial do Tomate (T1) coproduto úmido; (T2) coproduto adicionado de NaCl (1 kg de sal) para reduzir a fermentação aeróbica superficial; (T3) coproduto misturado com o grão de trigo integral (20%), coberto com NaCl (1 kg de sal); (T4) coproduto misturado com o grão de trigo integral (20%), adicionado de NaCl (1 kg de sal) e inoculado com *Lactobacillus acidophilus* e *Enterococcus faecium*; dose: 10 kg/ton, 10^5 CFU/g material fresco). Observaram que o coproduto fresco apresentou capacidade fermentativa baixa, mas em condição anaeróbica, foi possível armazenar por longo período (mínimo de 100 dias) com boa população microbiana. Os autores recomendaram o uso de cereais secos (20%) para aumentar a matéria

seca da biomassa e o teor de energia, além de para melhorar a composição dos ácidos graxos voláteis da silagem do coproduto fresco.

1.2.5. Características nutricionais do CPIT na alimentação de ruminantes

Devido ao alto teor de fibra (> 40%) [40]; [41], o Coproduto do Processamento Industrial de Tomate pode ser classificado como uma fonte de fibra não forrageira (FFNF), entretanto esse alimento possui alta proporção de proteína e lipídeos em relação às FFNF, o que torna sua utilização mais desejável na alimentação de ruminantes [42].

A composição do resíduo pode variar de 20 a 25% de proteína bruta com 13% mais lisina comparada ao farelo de soja, sendo também boa fonte de vitaminas do complexo B e concentrações razoáveis de vitamina A [43].

Segundo Campos et al. [34], a composição bromatológica do coproduto de tomate pode ser representada por 22,1% de MS; 20,5% de PB; 63,1% de FDN; 50,8% de FDA; 14,9% de EE. Todavia o teor de lignina chega a 17,9%, e o Nitrogênio Insolúvel em Fibra de Detergente Ácido - NIDA como porcentagem do nitrogênio total é da ordem de 18,6%. Este fator antinutricional (lignina) pode comprometer o aproveitamento da proteína dietética pelos animais. Portanto, o conhecimento da dinâmica de fermentação da fração fibrosa desse alimento torna-se imprescindível para sua correta utilização na alimentação de ruminantes [42].

As sementes resultantes da indústria processadora de tomate representam aproximadamente 10% do volume total da fruta e 60% do total de resíduos gerados, e são fontes de proteínas (35%) e lipídeos (25%) [44]. Os resíduos de tomate (pele e semente) possuem uma excelente composição química. De acordo com Del Valle et al. [45], a fibra é seu maior componente (59,03%), seguido por carboidratos (25,73), proteínas (19,27%), pectina (7,55%), lipídeos totais (5,85%) e minerais (3,92%). Além disso, os coprodutos do processamento de tomate podem ser usados para extração de diferentes compostos de alto valor nutricional e econômico, como fibras, proteínas, antioxidantes ou óleos que podem ser usados na indústria de alimentos. Devido ao alto teor de fibra (> 40%), é classificado como volumoso, e a maior parte dos nutrientes está contida nas sementes, com altos teores de proteína (29%) e lipídeos (20%) [40]; [41].

Em função de sua elevada concentração proteica, o coproduto do tomate tem sido utilizado como fonte interessante deste nutriente, principalmente como proteína passante no rúmen, tendo em vista sua baixa degradabilidade ruminal [37]. Por seu valor proteico e considerável teor lipídico, pode ser uma boa alternativa para animais confinados em fase de terminação, além de melhorar a conversão alimentar e possibilitar maior cobertura de gordura na carcaça de bovinos [46].

As maiores limitações na utilização de coprodutos de hortifrutigranjeiros são a sua elevada umidade e grande perecibilidade, dificultando o transporte e conservação. A secagem com o uso de combustíveis fósseis encarece o alimento, inviabilizando sua exploração. Outras formas de conservação seriam a ensilagem, secagem ao sol e industrialização com a elaboração de “pellets” destes produtos [47]. Além disso, a contaminação destes coprodutos por inseticidas, fungicidas, herbicidas, metais pesados derivados de adubos e micotoxinas se destaca como aqueles de maior relevância.

Assim, a ensilagem do Coproduto do Processamento Industrial do Tomate surge como uma alternativa de conservação, o qual permite a sua utilização na alimentação animal durante todo o ano.

Campos [40] avaliou o coproduto de tomate ensilado em silos de laboratório, com diferentes aditivos e sob diferentes formas (com e sem compactação, com 2 e 4h de pré-secagem e sem pré-secagem). Apesar do baixo teor de matéria seca e de carboidratos solúveis (2,9%), o coproduto de tomate se apresentou como boa alternativa para a ensilagem, não necessitando da inclusão de aditivos para garantir sua preservação, embora a adição de 2% de melaço tenha resultado em menor pH (3,87), menor concentração de nitrogênio amoniacal (0,7% da proteína bruta) e maior concentração de lactato (3,17g/100gMS).

1.2.6. Características bromatológicas da silagem

1.2.6.1. Fibra em Detergente Neutro e Ácido (FDN e FDA)

A fibra é quimicamente um agregado de compostos e sua composição química é dependente de sua fonte e da forma como foi medida [48]. Segundo Mertens [48], a fibra pode ser definida nutricionalmente como a fração do alimento parcialmente digerível, e que ocupa lugar no trato gastrintestinal do animal. Nutricionalmente a

fibra é importante por conter a parte orgânica da matéria alimentar mais resistente às ações digestivas do trato gastrointestinal [49].

Segundo Weiss [50], pode ser definida em termos abstratos como sendo o componente estrutural das plantas (parede celular); a fração menos digestível dos alimentos; a fração do alimento que não é digerida por enzimas de mamíferos ou a fração do alimento que promove a saúde do rúmen.

A fibra desempenha importante função no controle do consumo voluntário e, conseqüentemente, na ingestão de nutrientes [51], além de estimular um ambiente ruminal favorável ao desenvolvimento dos microrganismos responsáveis pela digestão de carboidratos fibrosos [52].

Há cerca de 30 anos, os nutricionistas passaram a analisar a fibra não mais pelo método da fibra bruta (FB), que consiste de celulose com poucas quantidades de lignina e hemicelulose, e sim utilizar métodos de fibra em detergente ácido (FDA) e fibra em detergente neutro (FDN) para expressar a concentração de fibras e para o balanceamento de rações para ruminantes [53].

Com o surgimento do sistema detergente, tornou-se possível avançar significativamente na caracterização nutricional dos alimentos [48], possibilitando o isolamento de uma fração química que contém a parte grosseira, separadamente do conteúdo celular.

O método proposto por Van Soest [54] consiste no fracionamento dos componentes fibrosos que possibilita maior precisão na estimativa do valor nutritivo das forrageiras. Baseados neste método, existem diversas técnicas para determinação dos constituintes da fibra dos alimentos e, dentre estes se destacam em nosso país os métodos propostos por Silva [55], Souza [56] e Kelley [57].

1.2.7. Degradação *in vitro*

A análise química e a digestibilidade são os métodos tradicionalmente usados para estimar o valor nutritivo das ensilagens. A digestibilidade *in vitro* é uma técnica que guarda alta correlação com a digestibilidade *in vivo* [58] notadamente em forrageiras [59].

A técnica da digestibilidade *in vitro* tem se revelado uma ferramenta extremamente útil para os nutricionistas de ruminantes, melhoristas e estudiosos de

frrageiras, pela possibilidade de avaliar amostras pequenas e biologicamente bem definidas [60].

A análise química, por outro lado, apresenta limitações, pois nem sempre há boa relação entre a digestibilidade da forragem e sua composição química, vários fatores estão envolvidos. Na análise de forrageiras, depara-se com amostras que estão sujeitas aos efeitos dos mais variados fatores, como espécie, origem, condições de cultivo, condições e ambiente durante o crescimento, maturidade, proporção colmo/folha, nível de inserção da fração amostrada, proporção de tecidos nas frações botânicas, características estruturais da parede celular, entre outros [61].

A interferência de todas estas variáveis dificulta o entendimento não só da significância da composição química, mas também do modo como se relaciona com a digestibilidade. Prova disso são os estudos de digestão *in vitro* de materiais forrageiros apresentados por Ralph e Helm [62], que mostram semelhança de composição química entre o resíduo indigestível e o material original. Van Soest [61] afirma que a extração da parede celular das forrageiras e seu fracionamento químico, para obter frações de carboidratos que sejam relevantes à qualidade nutricional para ruminantes, é um problema ainda não resolvido.

O grande mérito do método *in vitro* deve-se à sensibilidade dos microrganismos e enzimas a fatores não-detectados quimicamente que influenciam a taxa e a extensão de digestão. Nesse aspecto, o método supera a limitação da análise química, que é a incapacidade de detectar tais interações entre os componentes da parede celular das plantas. Por isso, segundo Van Soest [63], os sistemas químicos de análise, conquanto mais rápidos e de mais alta precisão, não refletem bem a realidade biológica, o que pode ser alcançado com o sistema *in vitro*.

1.3. Hipótese

A adição do Coproduto do Processamento Industrial do Tomate (CPIT) melhora o valor nutritivo da silagem de capim elefante.

1.4. Objetivo geral

O objetivo deste estudo foi caracterizar o uso de diferentes níveis de adição do CPIT, *in natura*, na silagem do capim elefante (*Pennisetum Purpureum Schum*) com relação ao valor nutritivo da silagem.

1.4.1. Objetivos Específicos

Os objetivos específicos foram avaliar a composição bromatológica (FDN, FDA), lignina, celulose e hemicelulose, proteína, extrato etéreo, carboidratos não fibrosos, degradação da MS, FDN e FDA *in vitro* e produção de gases *in vitro*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local do experimento

O experimento foi conduzido na UNIVERSIDADE BRASIL, campus de Descalvado. As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal e Biogeoquímica da Universidade Brasil, UNIVERSIDADE BRASIL/Descalvado/SP.

2.2. Delineamento experimental e tratamentos

Os tratamentos foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e oito repetições, totalizando 40 unidades experimentais.

Os tratamentos experimentais que constituíram os níveis de adição do coproduto do tomate ao capim, no momento da ensilagem, estão caracterizados de acordo com a Tabela 01.

Tabela 01: Descrição dos tratamentos experimentais

Tratamentos	Componentes (%)	
	Capim Elefante - Napier	Coproduto do Processamento Industrial do Tomate
100%SC	100	0
90% SC + 10% CPIT	90	10
70% SC + 30% CPIT	70	30
50% SC + 50% CPIT	50	50
100% CPIT	0	100

SC = silagem de capim; CPIT = Coproduto do Processamento Industrial do Tomate; 100% SC = Silagem de capim; 90% SC + 10% CPIT = Silagem de capim com adição de 10% de Coproduto do Processamento Industrial de Tomate; 70% SC + 30% CPIT = Silagem de capim com adição de 30% Coproduto do Processamento Industrial de Tomate; 50% SC + 50% CPIT = Silagem de capim com adição de 50% de Coproduto do Processamento Industrial de Tomate; 100% CPIT = Silagem de Coproduto do Processamento Industrial de Tomate.

2.3. Instalação do experimento

O coproduto do tomate foi obtido junto à indústria processadora de alimentos Predilecta Alimentos Ltda, localizada junto ao distrito de São Lourenço do Turvo - Matão/SP (Figura 01).



Figura 01: Coleta e armazenamento do coproduto de tomate, na Indústria processadora de Molho de tomate Predilecta, para sua transferência até o local do experimento.

Posteriormente, procedeu-se à amostragem do coproduto para a análise da composição química. Na sequência, as amostras foram secas em estufa com circulação forçada de ar à 50°C, até atingir umidade constante, e moídas em moinho tipo Willey (Modelo Thomas) providos de peneiras com 1 mm de abertura de malha (Figura 02A), resultando em amostras adequadas para análise da composição química (Figura 02B).



Figura 02: Moagem do resíduo em moinho tipo Willey (Modelo Thomas) providos de peneiras de 1 mm (A); Amostra do CPIT triturada, para análise (B).

Dos constituintes da fração de carboidratos foram determinados os teores de fibra em detergente neutro (FDN) segundo Van Soest et al. [64] e fibra em detergente ácido (FDA), conforme Goering e Van Soest [65]. Os teores de hemicelulose e celulose foram descritos de acordo com a metodologia de Silva e Queiroz [66]. O teor de nitrogênio foi determinado pelo método de Kjeldahl, descrito

em Silva e Queiroz [66]. Para conversão de nitrogênio em proteína bruta foi utilizado o fator de 6,25. Os dados da composição química do Coproduto do Processamento Industrial de Tomate e do capim Elefante Napier usados para a ensilagem estão apresentados na Tabela 02.

Tabela 02: Composição bromatológica do resíduo de tomate avaliado no experimento. Dados expressos em porcentagem da matéria seca (%MS)

Ingrediente	MS (%) ¹	PB ²	FDN ³	FDA ⁴	HEM ⁵	CEL ⁶	LIGNINA
Coproduto do processamento industrial de tomate	56,69	18,78	63,12	43,77	19,35	17,92	25,85
Capim elefante Napier	25,65	3,1	76,83	46,48	39,47	30,35	7,01

¹ Matéria seca original; ² Proteína bruta; ³ Fibra em detergente neutro; ⁴ Fibra em detergente ácido; ⁵ Hemicelulose; ⁶ Celulose;

O capim elefante foi colhido manualmente após 120 dias do corte de uniformização a uma altura de 60 cm da superfície do solo. Foi utilizado o material sem pré-emurchecimento.

2.3.1. Ensilagem

As plantas (colmos e folhas) do capim Elefante Napier foram picadas em tamanho de partícula de aproximadamente 1 cm (Figura 03A), em equipamento estacionário (Figura 03B).



Figura 03: Capim elefante picado (A), em picadeira de forrageiras regulada para tamanho de partículas de 1 cm (B).

Após ter sido picada, a forragem foi imediatamente ensilada em mini silos experimentais, confeccionados com cano de PVC, previamente pesados.

Os mini silos experimentais com capacidade de três litros era composto de uma tampa adaptada com válvula tipo “Bunsen”, que permitia a saída de gases e impossibilitava a entrada de ar, e cerca de 200 g de areia posicionados no fundo do silo, com a função de absorver o efluente produzido durante o processo. A fim de evitar contaminação da forragem, foi colocada sobre a areia, uma tela fina de plástico.

O material picado foi pesado e compactado de forma que a densidade atingisse aproximadamente 500 kg de matéria verde/m³, garantindo assim, condições semelhantes de porosidade dentro do mini silo, nos diferentes tratamentos (Figura 04A). O processo de adição ocorre com SC = silagem de capim; CPIT = Coproduto do Processamento Industrial do Tomate; 100% SC = Silagem de capim; 90% SC + 10% CPIT = Silagem de capim com adição de 10% de Coproduto do Processamento Industrial de Tomate; 70% SC + 30% CPIT = Silagem de capim com adição de 30% Coproduto do Processamento Industrial de Tomate; 50% SC + 50% CPIT = Silagem de capim com adição de 50% de Coproduto do Processamento Industrial de Tomate; 100% CPIT = Silagem de Coproduto do Processamento Industrial de Tomate.

Após o enchimento, os silos experimentais foram fechados com as tampas, vedados com o auxílio de uma fita adesiva e mantidos em ambiente protegido, sob temperatura ambiente, por um período de 60 dias (Figura 04B).



Figura 04: Compactação da forragem picada nos minis silos confeccionados com tubo de PVC (A); Mini silo pronto com a tampa e válvula e vedado com fita adesiva (B).

2.3.2. Abertura dos silos experimentais

Após 60 dias de armazenamento, os silos experimentais foram abertos e submetidos às avaliações previstas (Figura 5).



Figura 05: Mini silos confeccionados com tubos de PVC no momento da abertura.

2.3.3. Composição química da silagem

As amostras das silagens obtidas foram secas em estufa com circulação forçada de ar a 55° C, por 72 horas, e moídas em moinho tipo Willey, provido de peneiras de 1 mm.

As determinações de matéria seca (MS), matéria mineral (MM) e extrato etéreo (EE) foram realizadas de acordo com a AOAC (1990). A matéria orgânica (MO) foi calculada pela diferença entre a MS e MM. Foi estimado o teor de proteína bruta ([66].

Dos constituintes da fração de carboidrato foram determinados os teores de fibra em detergente neutro (FDN) segundo Van Soest et al. [64], fibra em detergente ácido (FDA) e lignina utilizando-se ácido sulfúrico 72%, conforme Goering e Van Soest [65]. Os teores de hemicelulose e celulose foram descritos, segundo a metodologia de Silva e Queiroz [66].

Os carboidratos totais (CT), estimados pela fórmula $CT = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM)$ e os não-fibrosos (CNF) (frações A e B1), estimados pela fórmula $CNF = CT - FDN_{cp}$, em que FDN_{cp} refere-se à fibra em detergente neutro corrigida para

cinzas e proteína do resíduo, a fração C estimada, multiplicando-se o valor de lignina por 2,4, e a fração B2, pela diferença entre FDN_{cp} e a fração C [67].

2.3.4. Degradação *in vitro*

Dois bovinos adultos da raça Nelore, canulados no rúmen, do Departamento de Ciências Agrárias, FZEA-USP, Pirassununga – SP. Foram utilizados como doadores de fluido ruminal, como inóculo. Os animais foram mantidos em dieta a base silagem de milho e, suplementados com mistura de milho moído e farelo de soja (20% PB fornecido em 0,7 kg/100 kg de peso) mais mistura mineral.

Na avaliação da cinética de produção de gases *in vitro*, foi usada técnica descrita por Theodorou et al. [68] com transdutor de pressão (Figura 06).



Figura 06: Técnica de produção de gases *in vitro*, medida com transdutor de pressão digital.

Na incubação e produção de gases, foi incubado 1,0 g de amostra moída, em um frasco de vidro com 160 mL de capacidade, com 75 mL de inóculo diluído (25 mL de inóculo (líquido ruminal) + 50 mL de solução tampão Menke) de acordo com Longo et al. (2006) (Figura 7 A e B). Os frascos de vidro foram fechados com tampas de borracha presas com anéis de alumínio, misturados por agitação manual e colocados no incubador com temperatura de 39° C (Figura 07C).

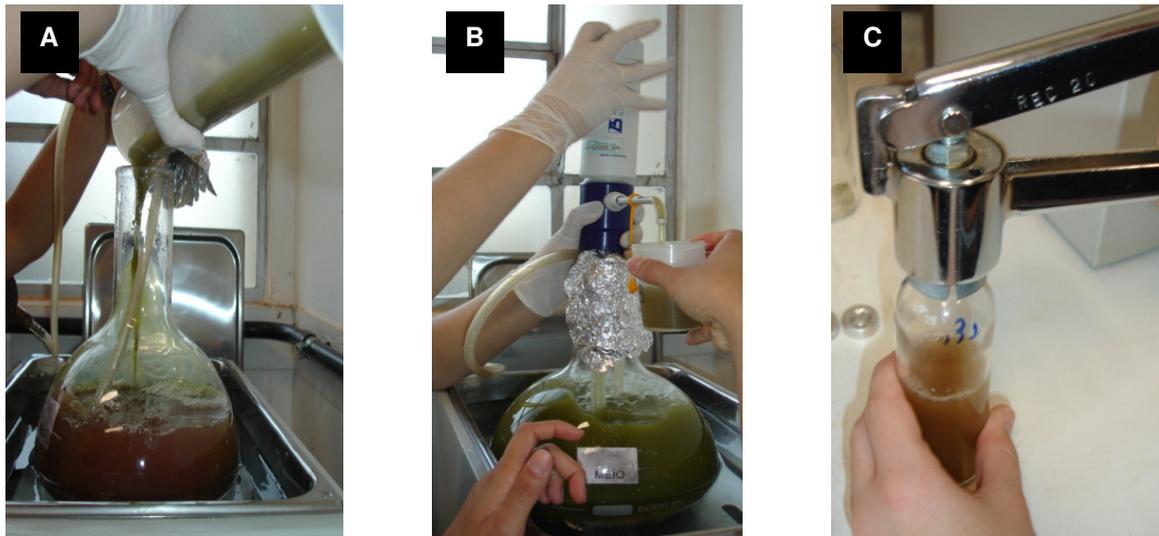


Figura 07: Preparação do inóculo com a mistura da solução de tampão e minerais, com o inóculo ruminal (A) e; Preparação dos frascos para incubação dos substratos (B e C).

Neste experimento, foi mensurada a produção de gases *in vitro*, nos seguintes horários 3, 6, 9, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36, 40, 44, 48, 52, 60, 72, 96, 120 e 144 horas de incubação, registrando-se a pressão no interior do frasco, com manômetro (Figura 06B).

O volume de gás foi obtido através da equação ($R^2 = 0,999$): $y = 0,2839 x$. Onde “y” refere-se ao volume de gás (mL) e “x” é a pressão de gases medida em PSI (pressão por polegada quadrada), originada dos gases acumulados na parte superior dos frascos.

Na avaliação da degradação *in vitro*, ao final de 144 h de incubação para a produção de gases, os frascos de cada tratamento tiveram seus conteúdos (Figura 08A) filtrados em cadinhos tipo Gooch (poros de 40 a 100 μm) previamente pesados, sendo o material retido (resíduo) lavado com água destilada quente (Figura 08B e C). Em seguida, os cadinhos foram levados para estufa a 100°C - 105°C para determinação da degradação *in vitro* da matéria orgânica e matéria seca (DIVMS).

Ao resíduo seco da degradação foi adicionada solução de detergente neutro [69] para obtenção do resíduo em detergente neutro e estimativa da DIVFDN (degradação *in vitro* da fibra em detergente neutro). Este último resíduo foi submetido, sequencialmente, em detergente ácido para estimativa da DIVFDA (degradação *in vitro* da degradação da fibra em detergente ácido).

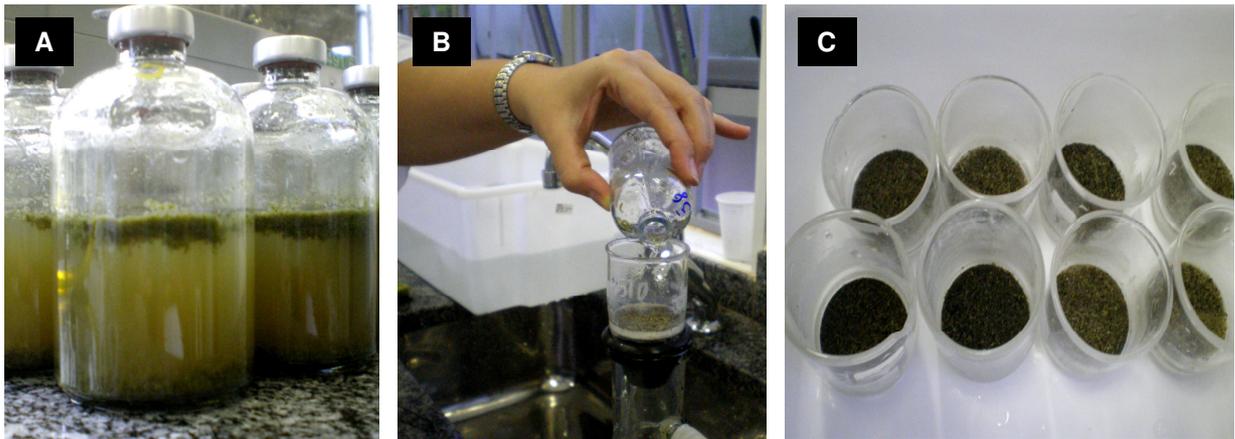


Figura 08: Frascos com o conteúdo ao final da fermentação (A) e seus conteúdos filtrados em cadinhos tipo Gooch, após incubação (B); O resíduo da fermentação nos cadinhos (C).

Para prever a degradação *in vitro* da matéria seca (DIVMS) pela técnica da produção de gases *in vitro* das amostras incubadas, foram utilizadas as equações preconizadas por Menke e Steingass [70]: $DMS = 14,88 + (0,889 * \text{gases}_{24}) + (0,045 * PB) + (0,065 * MM)$

Onde, “gases 24” representou a produção de gases *in vitro* em 24 horas de fermentação (mL/g MS) e os valores de proteína bruta (PB) e matéria mineral (MM) são expressos em g/kg de MS. A mesma equação usada da DMS_{24h} anteriormente, foi utilizada com a produção de gases *in vitro* tomada em 48, 72, 96 e 144 horas de fermentação uma vez que plantas forrageiras tropicais apresentam conteúdo mais elevado de FDN na composição e necessitam de mais tempo de fermentação para permitir digestão eficiente da fibra.

2.4. Análise estatística dos dados

Os dados obtidos referentes a composição bromatológica da silagem, degradação *in vitro* e fracionamento de carboidrato foram sub comparadas pelo teste t, a 5% de probabilidade, utilizando métodos de análise de variância e as médias comparadas pelo teste T, a 5% de probabilidade, utilizando programa estatístico apropriado.

O modelo matemático utilizado foi: $Y_{ijk} = \mu + G_i + E_{ijk}$

Onde: Y_{ij} = Observação; μ = Média geral; G_{ij} = Efeito dos níveis de adição (j=1 a 5; onde níveis= 0, 10, 30, 50 e 100% de RIT úmido); E_{ijk} = Erro experimental

Já para a produção de gases e gases acumulados os dados foram submetidos ao esquema fatorial em parcela subdividida no tempo, e as

comparações múltiplas foram aferidas pelo teste T, analisadas por meio do pacote estatístico SAS.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Composição química-bromatológica

Os resultados da análise da composição química-bromatológica e fracionamento de carboidrato encontram-se descritos nas Tabelas 3 e 4, respectivamente.

Na Tabela 03, quanto aos teores de matéria mineral, proteína bruta e extrato etéreo, os maiores teores foram observados na silagem com 100% de Coproduto do Processamento Industrial do Tomate (CPIT) ($P < 0,05$), em relação as demais. Segundo Cerda et al. [71], o elevado teor de cinzas presente no coproduto do tomate é responsável pelo efeito tampão na biomassa ensilada, uma vez que ao ensilarem o tomate in natura, verificaram que o pH inicial que era de 6,63, baixou para 4,6 aos cinco dias de ensilagem e subiu para 4,8 aos 30 dias.

O poder de tamponamento é exercido, principalmente, por potássio, cálcio, proteína, aminoácidos livres (principalmente os básicos), aminas e pela capacidade em produzir amônia [61].

Os teores de proteína bruta foram diminuindo com a redução da participação do CPIT na ensilagem sendo que, o menor teor foi observado na silagem com 100% de capim elefante (100%SC). Foi observado maior teor de PB na silagem 100%CPIT, cujo o teor de proteína bruta, antes da silagem, foi de 18,78% (Tabela 02). Ziaei e Molaei [72] avaliaram a ensilagem do coproduto do tomate com palha de trigo e observaram diminuição no teor de PB ($P < 0,05$) 13,7 e 6,1%, quando se aumentou a participação da palha à mistura, nos níveis de 0,5 e 10%, respectivamente, quando comparado com o coproduto in natura (20,5%PB). No entanto, Hadjipanayiotou [73] ensilou o coproduto de tomate durante 60 dias, sem uso de inoculantes e observou aumento do teor de PB (24,2%) quando comparado com o coproduto *in natura* (21,6%). Denek e Can [74] relacionaram o elevado teor de proteína bruta do coproduto do tomate à fração das sementes, quando comparado com a casca.

Tabela 03: Composição química-bromatológica das silagens de capim elefante, com a adição ou não de Coproduto do Processamento Industrial de Tomate (CPIT).

Atributos	Médias e Desvios Padrões ¹										CV (%)
	100% SC		90% SC + 10% CPIT		70% SC + 30% CPIT		50% SC + 50% CPIT		100% CPIT		
Matéria Mineral (%)	5,55 ± 0,23	B	5,70 ± 0,26	B	6,72 ± 0,78	B	7,09 ± 0,72	B	11,21 ± 3,97	A	25,44
Proteína Bruta (%MS)	4,19 ± 1,31	C	4,73 ± 0,33	C	5,01 ± 0,16	C	7,00 ± 0,61	B	18,78 ± 0,35	A	10,29
Extrato Etéreo (%MS)	2,05 ± 0,14	B	1,14 ± 0,06	D	1,41 ± 0,04	C	1,89 ± 0,10	B	3,22 ± 0,34	A	8,92
FDN (%MS)	84,12 ± 1,31	A	83,58 ± 0,90	A	80,44 ± 1,30	B	75,38 ± 0,23	C	66,10 ± 3,28	D	2,23
FDA (%MS)	51,20 ± 2,14	B	50,62 ± 0,86	B	50,93 ± 1,40	B	50,28 ± 0,97	B	55,95 ± 2,15	A	3,10
Hemicelulose (%MS)	32,92 ± 2,39	A	32,95 ± 0,64	A	29,51 ± 1,22	B	25,10 ± 1,02	C	9,15 ± 0,56	D	5,15
Celulose (%MS)	38,67 ± 1,98	AB	40,61 ± 0,53	A	37,59 ± 1,53	B	34,35 ± 0,70	C	24,37 ± 1,97	D	4,20
Lignina (%MS)	12,53 ± 2,18	C	10,01 ± 0,69	D	13,34 ± 1,24	C	15,93 ± 0,57	B	31,58 ± 1,66	A	8,43

1: Valores seguidos pela mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste t ($p \geq 0,05$);

100% SC = Silagem de capim; 90% SC + 10% CPIT = Silagem de capim com adição de 10% de Coproduto do Processamento Industrial de Tomate; 70% SC + 30% CPIT = Silagem de capim com adição de 30% Coproduto do Processamento Industrial de Tomate; 50% SC + 50% CPIT = Silagem de capim com adição de 50% de Coproduto do Processamento Industrial de Tomate; 100% CPIT = Silagem de Coproduto do Processamento Industrial de Tomate.

CV = coeficiente de variação; FDN = fibra em detergente neutro; FDA = fibra em detergente ácido;

Tabela 04: Fracionamento do carboidrato das silagens de capim elefante, com a adição ou não de Coproduto do Processamento Industrial de Tomate *in natura*.

	Médias e Desvios Padrões ¹										CV (%)
	100% SC		90% SC + 10% CPIT		70% SC + 30% CPIT		50% SC + 50% CPIT		100% CPIT		
Carboidratos totais (%MS)	88,21 ± 1,53	A	88,43 ± 0,35	A	86,87 ± 0,82	A	84,02 ± 1,12	B	73,31 ± 4,11	C	2,45
Carboidratos não fibrosos (%MS)	4,09 ± 1,86	D	4,86 ± 1,05	CD	6,43 ± 1,02	BC	8,20 ± 0,84	AB	9,21 ± 2,50	A	24,16
Fração B2 (%MS)	54,05 ± 4,84	B	59,55 ± 0,76	A	48,42 ± 3,63	C	37,15 ± 1,34	D	0,00 ± 0,00	E	7,02
Fração C (%MS)	30,07 ± 5,24	C	24,03 ± 1,65	D	32,01 ± 2,96	C	38,23 ± 1,37	B	75,79 ± 3,99	A	8,42

1: Valores seguidos pela mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste t ($p \geq 0,05$);

100% SC = Silagem de capim; 90% SC + 10% CPIT = Silagem de capim com adição de 10% de Coproduto do Processamento Industrial de Tomate; 70% SC + 30% CPIT = Silagem de capim com adição de 30% Coproduto do Processamento Industrial de Tomate; 50% SC + 50% CPIT = Silagem de capim com adição de 50% de Coproduto do Processamento Industrial de Tomate; 100% CPIT = Silagem de Coproduto do Processamento Industrial de Tomate.

CV = coeficiente de variação.

Quanto ao extrato etéreo, o comportamento foi semelhante ao do teor de proteína bruta, com exceção da silagem com 100% de capim elefante que apresentou teor semelhante à silagem com 50% SC e 50% CPIT. Da mesma forma que para a PB, a maior presença de sementes está relacionada com maior teor de EE, uma vez que a semente concentra maior quantidade de óleo em relação as demais porções que compreende o coproduto.

Na fração fibra, particularmente, fibra em detergente neutro, os maiores teores foram observados nas silagens 100% SC e, 50% SC e 50% CPIT, sendo verificado desse teor conforme aumenta a participação do CPIT à silagem, com diferenças estatísticas entre os tratamentos (70% SC + 30% CPIT; 50% SC + 50% CPIT e 100% CPIT). O menor teor de FDN foi observado no aumento com 100% CPIT. A fibra em detergente ácido não diferiu entre as silagens com capim elefante (100%SC; 90% SC e 10% CPIT; 70% SC e 30% CPIT; 50% SC e 50%). No entanto, os seus teores foram inferiores ao da silagem com 100%CPIT. A hemicelulose teve o seu menor valor na silagem 100% CPIT quando comparada aos demais tratamentos, sendo o maior valor observado nas silagens 100%SC; 90% SC + 10% CPIT, não apresentando diferenças estatísticas. Para a celulose, observou-se que a silagem 100%SC não diferiu dos tratamentos 90% SC + 10% CPIT; 70% SC + 30% CPIT. No entanto, houve diferença significativa entre elas, com o maior valor de celulose para 90% SC e 10% CPIT. O menor valor de celulose foi observado no tratamento 100% CPIT, seguido de 50% SC + 50% CPIT, tendo efeito significativo entre os tratamentos citados.

Quanto à lignina, a silagem 100%CPIT apresentou o maior teor, em comparação às demais silagens. O menor teor foi observado na silagem 90% SC e 10% CPIT. Esse resultado pode ser explicado pela natureza do coproduto e as proporções de pele, pedúnculo e sementes. De acordo com Campos et al., [34], a maior proporção da lignina encontra-se nas cascas, entretanto as sementes também possuem consideráveis concentrações desse composto. Outra diferença na composição das sementes e das cascas são os teores de celulose, 13,0 e 32,0%, e hemicelulose, 30,0 e 10,1%, respectivamente (Tabela 03).

Méndez-Llorente et al. [75] analisaram o tempo de conservação da silagem de coproduto de tomate e descreveram que, aos 70 dias de fermentação, os teores de FDN 22,20%, FDA 14,40%, EE 3,90%, MM 10,50% e PB 22,00%. Os autores

ressaltaram ainda que o coproduto pode ser ensilado até 140 dias sem alteração da composição química-bromatológica.

Segundo El-Waziry et al. [76], na avaliação do Coproduto do Processamento Industrial do Tomate, na forma *in natura* e ensilado, observaram que a silagem apresentou o maior teor de PB (16,69%), seguido do coproduto *in natura* (14,08%). Segundo os autores, o maior teor na silagem se deve à diminuição da fração fibrosa, que foi provavelmente devido à degradação da parede celular pelos microrganismos ou em função da hidrólise ácida, de acordo com McDonald et al. [77] e Baytok et al., [78].

De acordo com a Tabela 04, os teores de carboidratos totais nas silagens 100%SC, 90% SC + 10% CPIT, 70% SC + 30% CPIT foram elevados, não apresentando diferenças estatísticas entre os tratamentos, exceto 50% SC + 50% CPIT e 100% CPIT. O menor valor registrado para esta análise foi a silagem 100% CPIT. Esses resultados podem ser explicados pelo fato da silagem de capim elefante e daquelas com menor proporção do coproduto de tomate, apresentarem teores mais elevados de celulose e hemicelulose.

Com relação aos carboidratos não fibrosos, o maior teor foi observado na silagem com 100% CPIT. Porém, não houve efeito significativo quando comparado à silagem com 50%SC + 50% CPIT ($P > 0,05$). O menor valor de carboidratos não fibrosos foi observado na silagem de 100% SC, não apresentando efeito significativo ao tratamento com 90% SC + 10% CPIT. As silagens 90% SC + 10% CPIT; 70% SC + 30% CPIT; e 50%SC + 50% CPIT não apresentaram diferenças estatísticas ($P > 0,05$). Diante destes resultados, pode-se concluir que quanto maior a % do CPIT na silagem, maiores foram os teores de carboidratos não fibrosos. Segundo o NRC [79], estes valores representam 98% da digestibilidade verdadeira do alimento, sendo que para ruminantes os teores ideais na dieta variam de 32 a 42%.

Para a fração C, o maior teor foi observado na silagem 100%CPIT, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos ($P < 0,05$). A silagem de 100% SC, 70% SC + 30% CPIT apresentaram valores intermediários da fração C, não tendo efeito significativo entre si ($P < 0,05$). A silagem com 90% SC + 10% CPIT apresentou o menor valor, em comparação aos demais tratamentos.

Para a fração B2, na silagem com 100%CPIT, o teor não foi detectado. McDonald et al. [71] sugeriram que o coproduto do tomate não apresenta quantidade suficiente de nutrientes (carboidratos solúveis facilmente degradados) para os

microrganismos promoverem adequada fermentação, sendo sugeridos 2,5 a 3,0% para que se obtenha boa fermentação e conseqüentemente, boa preservação da biomassa ensilada. A silagem 90%SC + 10%CPIT apresentou o maior valor de fração B2. Os demais tratamentos apresentaram valores decrescentes da fração B2, à medida que houve o aumento das silagens, sendo observados traços estatísticos entre os tratamentos ($P>0,05$). Diante dos resultados do presente estudo, pode-se dizer que os teores da fração B2 são inversamente proporcionais aos da fração C (Tabela 04).

3.2. Avaliação do potencial de produção de gases e produção acumulada de gases *in vitro*

Os resultados do potencial de produção de gases e produção acumulada *in vitro* encontram-se descritos na Tabela 5 e 6, respectivamente.

Na avaliação dos tempos de fermentação (Tabela 05), observou-se que em 24h de fermentação, o potencial de produção de gases o melhor tratamento foi 100% CPIT, que diferiu significativamente dos demais tratamentos ($P<0,05$). Vale ressaltar que, dentre os tempos de fermentação, para o tratamento 100% CPIT, em 24h o maior potencial de produção de gases, em relação aos demais tempos. Esse resultado pode ser explicado pelo maior teor de carboidratos não fibrosos da silagem 100% CPIT, dentre os tratamentos avaliados. Esse tipo de carboidrato é rapidamente digestível em relação aos carboidratos fibrosos, fração B2 e C.

Campos et al. [34] observaram que, desconsiderando as três primeiras horas de incubação *in situ*, as quais são mais influenciadas pela fração solúvel do alimento, verificou-se que o desaparecimento da FDN diferiu em todos os alimentos, obedecendo à seguinte ordem decrescente de degradação: sementes moídas, RIT, cascas de tomate e sementes inteiras. Dessa forma, observaram que as sementes, dependendo do processamento, podem ser muito (79%) ou pouco aproveitadas (32%) pelo animal.

Após 48 h de fermentação, foi observado melhor potencial nos tratamentos 100%SC e 90% SC + 10% CPIT, que diferiram estatisticamente dos demais tratamentos ($P>0,05$). Os menores valores foram observados nos tratamentos 50% SC + 50% CPIT e 100% CPIT, não tendo efeito significativo entre si ($P>0,05$).

Em 72h, de modo semelhante às 48h de fermentação, os tratamentos 100%SC e 90% SC + 10% CPIT não apresentaram traços estatísticos entre si ($P>0,05$), os quais apresentaram melhor potencial de produção de gases. O menor potencial foi observado na silagem 100% CPIT, dentre os tratamentos avaliados.

Em 96h de fermentação, o melhor potencial foi observado no tratamento 90% SC + 10% CPIT, sendo que todos os tratamentos apresentaram diferenças estatísticas ($P>0,05$). O menor potencial apresentado foi no tratamento 100% CPIT. Diferentemente do que ocorreu no tempo de 24 horas de fermentação, os carboidratos fibrosos não compreendem a fração do alimento lentamente digestível no rúmen e, após 96 horas apresenta potencial para contribuir com nutrientes no rúmen.

Quanto à silagem 100%CPIT, o melhor potencial se deu às 24h, que diferiu do potencial intermediário às 96h e 72h, que foram semelhantes entre si e, o menor potencial foi observado às 48h (Tabela 05). Na avaliação dos tratamentos experimentais, isoladamente nos tempos de fermentação, a silagem 100% CPIT apresentou potencial alto de fermentação em 24, 72 e 96 horas, de modo semelhante entre si. A silagem 90% SC e 10% CPIT iniciou com potencial alto de produção de gases em 24h, sem diferença significativa às 96h ($P>0,05$). O menor potencial foi observado as 48h em relação aos demais tempos. A silagem 70% SC + 30% CPIT apresentou maior potencial de produção de gases às 24h, seguido de 96, 72 e 48h, sendo este último, o tempo em que se observou o menor potencial de fermentação e que diferiu dos demais ($P<0,05$). Fato semelhante foi observado na silagem 50% SC + 50% CPIT.

Na produção acumulada de gases *in vitro* (Tabela 6), a silagem de capim (100%SC), a avaliação foi realizada nos tempos de observação. Desta forma, em 24 horas de fermentação foi observado maior produção de gases no tratamento 100%SC tendo efeito significativo ($P>0,05$) dos demais tratamentos. A produção intermediária foi observada na silagem 100%CPIT. As silagens 90%SC + 10%CPIT; 70%SC + 30%CPIT; 50%SC + 50%CPIT não apresentaram diferenças estatísticas ($P>0,05$).

No tempo de 48 horas de fermentação, a maior produção acumulada foi observada na silagem 100%SC, porém esta foi semelhante às silagens 70%SC + 30%CPIT; e 100%CPIT. As menores produções acumuladas, neste tempo de

fermentação, ocorreu nos tratamentos com 90%SC + 10%CPIT e 50%SC + 50%CPIT, sendo semelhantes às silagens 70%SC + 30%CPIT; e 100%CPIT.

Em 72 e 96 horas de fermentação, a produção acumulada de gases foi semelhante em todas as silagens ($P > 0,05$).

Em 144 horas de fermentação, a maior produção acumulada ocorreu na silagem 70%SC + 30%CPIT, sendo observado traços estatísticos ($P > 0,05$) dos tratamentos com 100%SC e 50%SC + 50%CPIT. As silagens com 90%SC + 10%CPIT; e 100%CPIT apresentaram as produções acumuladas semelhantes entre si e entre as demais silagens.

Tabela 5: Potencial de produção de gases *in vitro* das silagens de capim elefante, com a adição ou não do Coproduto do Processamento Industrial do Tomate *in natura*, de acordo com as horas de fermentação.

Horas	Médias e Desvios Padrões ¹ (mL/g MS)										Valor de F*	Pr < F ^a
	100% SC		90% SC + 10% CPIT		70% SC + 30% CPIT		50% SC + 50% CPIT		100% CPIT			
24	14,37 ± 2,56	ABa	15,10 ± 1,54	ABa	14,13 ± 0,52	Ba	14,76 ± 0,92	ABa	16,64 ± 2,35	Aa	4,63	0,002
48	8,76 ± 0,67	Ab	9,62 ± 0,64	Ac	7,69 ± 0,45	Bd	6,52 ± 0,95	Cd	3,57 ± 0,37	Dc	26,25	<0,0001
72	12,45 ± 1,38	Aa	11,91 ± 0,09	Ab	9,69 ± 0,17	Bc	8,51 ± 0,47	Cc	4,44 ± 0,40	Dbc	48,63	<0,0001
96	13,27 ± 0,65	Ba	14,21 ± 0,17	Aa	11,59 ± 0,17	Cb	10,33 ± 0,78	Db	5,80 ± 0,14	Eb	51,28	<0,0001
Valor de F*	27,98		28,62		35,64		58,56		175,44			
Pr < F ^b	<0,0001		<0,0001		<0,0001		<0,0001		<0,0001			

1: Valores seguidos pela letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste t ($p \geq 0,05$)

*: Valor do teste F

a: Probabilidade de significância de F para o desdobramento de Grupos Experimentais dentro de Hora

b: Probabilidade de significância de F para o desdobramento de Horas dentro de Grupo Experimental

100% SC = Silagem de capim; 90% SC + 10% CPIT = Silagem de capim com adição de 10% de Coproduto do Processamento Industrial de Tomate; 70% SC + 30% CPIT = Silagem de capim com adição de 30% Coproduto do Processamento Industrial de Tomate; 50% SC + 50% CPIT = Silagem de capim com adição de 50% de Coproduto do Processamento Industrial de Tomate; 100% CPIT = Silagem de Coproduto do Processamento Industrial de Tomate.

Tabela 6: Produção acumulada de produção de gases *in vitro* das silagens de capim elefante, com a adição ou não do Coproduto do Processamento Industrial de Tomate *in natura*, de acordo com as horas de fermentação.

Horas	Grupos Experimentais / Médias e Desvios Padrões ¹ (mL/g MS)					*Valor de F	Pr < F ^a
	100% SC	90% SC + 10% CPIT	70% SC + 30% CPIT	50% SC + 50% CPIT	100% CPIT		
24	157,98 ± 14,20 A	105,22 ± 16,22 C	107,76 ± 8,26 C	113,59 ± 7,90 C	134,26 ± 5,94 B	15,83	<0,0001
48	199,45 ± 12,31 A	176,06 ± 16,84 B	183,42 ± 12,83 AB	176,85 ± 9,44 B	186,46 ± 11,83 AB	2,86	0,0274
72	210,46 ± 12,24 A	206,08 ± 16,48 A	215,19 ± 13,08 A	202,17 ± 9,49 A	207,71 ± 11,91 A	0,76	0,5554
96	216,26 ± 12,27 A	219,36 ± 16,06 A	229,40 ± 13,10 A	213,76 ± 9,51 A	218,04 ± 12,03 A	1,14	0,3399
144	220,38 ± 12,27 B	232,85 ± 16,07 AB	240,63 ± 13,14 A	223,29 ± 9,56 B	228,04 ± 12,03 AB	206	0,092
Valor de F*	20,36	82,32	91,10	61,83	44,26		
Pr < F ^b	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001		

1: Valores seguidos pela letra maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste t ($p \geq 0,05$)

*: Valor do teste F

a: Probabilidade de significância de F para o desdobramento de Grupos Experimentais dentro de Hora

b: Probabilidade de significância de F para o desdobramento de Horas dentro de Grupo Experimental

100% SC = Silagem de capim; 90% SC + 10% CPIT = Silagem de capim com adição de 10% de Coproduto do Processamento Industrial de Tomate; 70% SC + 30% CPIT = Silagem de capim com adição de 30% Coproduto do Processamento Industrial de Tomate; 50% SC + 50% CPIT = Silagem de capim com adição de 50% de Coproduto do Processamento Industrial de Tomate; 100% CPIT = Silagem de Coproduto do Processamento Industrial de Tomate.

3.3. Avaliação da degradação *in vitro* da matéria seca e da fração fibrosa

Os resultados da degradação *in vitro* da matéria seca e fração fibrosa dos tratamentos experimentais encontram-se descritos na Tabela 7.

Tabela 7: Degradação *in vitro* da matéria seca (DIVMS), fibra em detergente neutro (DIVFDN) e fibra em detergente ácido (DIVFDA) das silagens de capim elefante, com a adição ou não do Coproduto do Processamento Industrial de Tomate *in natura*.

Atributos	Médias e Desvios Padrões ¹										CV (%)
	100% SC		90% SC + 10% CPIT		70% SC + 30% CPIT		50% SC + 50% CPIT		100% CPIT		
DIVMS (%MS)	34,99 ± 3,35	B	36,66 ± 2,29	AB	36,09 ± 1,48	B	35,88 ± 3,29	B	39,83 ± 2,91	A	7,51
DIVFDN (%FDN)	39,25 ± 0,59	B	42,41 ± 0,45	A	40,82 ± 2,60	AB	38,25 ± 0,99	B	38,81 ± 3,93	B	5,49
DIVFDA (%FDA)	37,21 ± 1,76	AB	36,09 ± 1,01	ABC	35,05 ± 5,29	BC	32,71 ± 4,17	C	40,32 ± 2,16	A	9,08

1: Valores seguidos pela mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste t ($p \geq 0,05$)

DIVMS (%MS) = degradação *in vitro* da matéria seca, expressa em porcentagem da matéria seca; DIVFDN (%FDN) = degradação *in vitro* da fibra insolúvel em detergente neutro, expressa em porcentagem da fibra insolúvel em detergente neutro; DIVFDA (%FDA) = degradação *in vitro* da fibra insolúvel em detergente ácido, expressa em porcentagem da fibra insolúvel em detergente ácido;

100% SC = Silagem de capim; 90% SC + 10% CPIT = Silagem de capim com adição de 10% de Coproduto do Processamento Industrial de Tomate; 70% SC + 30% CPIT = Silagem de capim com adição de 30% Coproduto do Processamento Industrial de Tomate; 50% SC + 50% CPIT = Silagem de capim com adição de 50% de Coproduto do Processamento Industrial de Tomate; 100% CPIT = Silagem de coproduto do processamento industrial tomate.

A Tabela 7 apresenta os resultados da degradação *in vitro* da MS e fração fibrosa dos tratamentos experimentais.

A silagem 100% CPIT apresentou o maior valor de degradação *in vitro* da matéria seca (DIVMS), no entanto não foi observado traços estatísticos ($P > 0,05$) da silagem 90% SC + 10% CPIT. As demais silagens apresentaram menor valor de DIVMS e, também, não diferiram da silagem 90% SC + 10% CPIT.

Na degradação *in vitro* da fibra insolúvel em detergente neutro (DIVFDN), o maior valor foi observado na silagem 90% SC + 10% CPIT, sem efeito significativo ($P > 0,05$) da silagem com 70% SC + 30% CPIT. Os menores valores foram observados nas silagens 100%SC; 50% SC + 50% CPIT; e 100%CPIT e a silagem com 70% SC + 30% CPIT. A DIVFDN está associada e pode ser explicada com os dados da composição química e bromatológica das silagens avaliadas, com o fracionamento dos carboidratos. No caso da silagem de capim elefante e as menores associações como o CPIT foram observados maiores teores de celulose, hemicelulose (Tabela 03) e da fração B2 (Tabela 04), uma vez que a hemicelulose apresenta uma porção mais facilmente degradável pelos microrganismos.

Na degradação *in vitro* da fibra insolúvel em detergente ácido (DIVFDA), o maior valor foi observado na silagem 100% CPIT, no entanto, sem diferença estatística das silagens com 100%SC e da silagem com 90% SC + 30% CPIT. Os menores valores foram observados nas silagens 50%SC + 50% CPIT, que foram semelhantes à da silagem 90%SC + 10%CPIT e 70% SC + 30% CPIT, que apresentaram efeitos estatísticos entre si ($P > 0,05$). Vale ressaltar, que os teores de lignina (Tabela 03) e da fração C (Tabela 04) foram superiores nas silagens com maior participação do CPIT à mistura, desta forma, associa-se a uma DIVFDA menor, no entanto, não foi o observado no presente estudo. Desta maneira, pode-se levar em consideração a associação entre a lignina e hemicelulose e celulose, que no CPIT deve ser de fácil degradação ou acesso ao microrganismo, apesar de ter apresentado estes atributos em elevados teores.

Segundo Campos et al [34], na avaliação *in vitro*, os potenciais de degradação da FDN para sementes moídas, coproduto do tomate, cascas e sementes inteiras foram de 78, 64, 36 e 33%, respectivamente. As taxas de degradação da FDN variaram de 4,4 a 14,8%/h para as diferentes frações do RIT, sendo de 9%/h para o resíduo integral. Os parâmetros de degradação da FDA seguiram a mesma tendência da FDN. Os autores concluíram que, apesar de a FDN

e a FDA do coproduto terem apresentado altas taxas de degradação, o potencial de degradação dessas frações depende do processamento, pois sementes inteiras apresentaram degradabilidades muito inferiores às das sementes moídas.

4. CONCLUSÃO

A inclusão do coproduto do tomate melhora o valor nutritivo da silagem de capim elefante, uma vez que contribui com o aumento dos teores de proteína e extrato etéreo, apesar de ser um alimento com quantidades consideráveis de fração fibrosa, principalmente, lignina.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. King, A. Zeidler, G. Tomato pomace may be a good source of vitamin E in broiler diets. *California Agriculture* 58.1 pp. 59-62, 2004.
2. Zeng, S.; Yin, J.; Yang, S.; Zhang, C.; Yang, P.; Wu, W. Structure and characteristics of acid and pepsin-solubilized collagens from the skin of cobia (*Rachycentron canadum*), *Food Chemistry*, v.135, n.3, p.1975–1984, 2011.
3. McCullough, M.E. Silage and silage fermentation. *Feedstuffs*. 3:40-52. 1977.
4. Woolford, M.K. The silage fermentation. New York: Marcel Dekker, 1984. 305p.
5. Nussio, L.G.; Lima, L.G.; Mattos, W.R.S. Alimento volumoso para o período da seca. In: Simpósio sobre manejo e nutrição de gado de leite, 1., 2000, Goiânia. Anais... Goiânia: Cbna, p. 85-100, 2000.
6. Reis, R.P.; Medeiros, A.L.; and Monteiro L.A. Custos de produção da atividade leiteira na região sul de Minas Gerais. *Organizações rurais e agroindustriais*. V. 3, n. 2, 2001.
7. Lavezzo, W. Silagem de capim elefante. *Inf. Agrop.*, Belo Horizonte, v.11, n.132, p 50-57, 1985.
8. Pereira, O.G.; Santos, E.M.; Ferreira, C.L.F.; Carvalho, G. G. Populações microbianas em silagem de capim-mombaça de diferentes idades de rebrotação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. 43., 2006, João Pessoa-PB, Brasil. Anais. João Pessoa: UFPB, 2006. CD-ROM.
9. Zanine, A.M.; Santos, E.D.; Ferreira, D.J.; Oliveira, J.S.; Pereira, O.G. Avaliação da silagem de capim elefante com adição de farelo de trigo. *Archivos de Zootecnia*, v.55, n.209, p.75-84, 2006.
10. Orosz, Z.; Ungvari, Z.; Labinsky, N.; Rivera, A.; Xiangmin, Z.; Smith, K.; Csiszar, A. Increased mitochondrial H₂O₂ production promotes endothelial NF-kappaB activation in aged rat arteries. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2007; **293**:H37–47.
11. Faria, V.P.; Carneiro, S.; Corsi, M. Potencial e perspectiva do pastejo em capim elefante. *Informe Agropecuário*, v.19, n.192. p.5-13, 1998.
12. Lavezzo, W. Ensilagem de capim elefante. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 10., 1994, Piracicaba. Anais... Piracicaba: ESALQ, p. 169-275, 1994.
13. Tosi, H.; Rodrigues, L.R.A.; Jobim, C.C. et al. Ensilagem do capim elefante cv. Mott sob diferentes tratamentos. *R. Bras. Zootec.*, v.24, n.6, p.909-916, 1995.

14. Pereira, JM.; Coelho da Silva, JF. da. Efeito da adição de uréia e biureto sobre as características e valor nutritivo da silagem de milho. Rev. Soc. Bras. Zoot., Viçosa, MG.5(2): 188-209, 1976.
15. Faria, VP; Mattos, WRS; Silveira Filho, S.; Silveira, AC. Observações preliminares sobre três variedades africanas de capim elefante (*Pennisetum purpureum Schum.*): Taiwan A-241, Urukwona e Cameroon. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 7, Piracicaba, 1970. Anais... Piracicaba, SBZ, 1970. p. 28-9.
16. Conde, AR. Efeito da adição de fubá sobre a qualidade da silagem de capim Elefante cortado com diferentes idades. Viçosa, UFV, 1970. 28 p. (Dissertação Mestrado).
17. Faria, VP. Efeito da maturidade da planta e diferentes tratamentos sobre a ensilagem de capim Elefante (*Pennisetum purpureum Schum.*) Variedade Napier (Tese de Doutorado), Piracicaba, ESALQ, 1971. 78p.
18. Rosa, GA. Rendimento e valor nutritivo do capim Elefante (*Pennisetum purpureum, Schum.*) c. v. Cameroon. Lavras, ESAL, 1983. 115 p. (Dissertação de Mestrado).
19. Arcchibald, JG. Sugar and acids in grass silage. J. Dairy Sci., Illinois, 36(4): 385-390. 1953.
20. Pedreira, JVS.; Boin, C. Estudo do crescimento do capim Elefante, variedade Napier (*Pennisetum purpureum, Schum*) Bol. Ind. Animal, Nova Odessa, 26: 263-73,1969.
21. Tosi, H. Ensilagem de gramíneas tropicais sob diferentes tratamentos. Botucatu, Fac. De Ciências Médicas e Biol., 1973. 107 p. (Tese Doutorado).
22. Carvalho, LA. *Pennisetum purpureum, Shumacher* – revisão. Coronel Pacheco: Embrapa–Gado de Leite, 1985, 86p. (Boletim técnico, 10)
23. Vilela, D. Utilização do capim elefante na forma de forragem conservada. In: SIMPÓSIO SOBRE CAPIM ELEFANTE, 1990, Coronel Pacheco, MG. Anais... Juiz de Fora, MG: EMBRAPA-CNPGL, p. 89-131, 1990.
24. Faria, VP. Técnicas de produção de silagens. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PASTAGENS, 1., 1986, Piracicaba. Anais... Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz , 1986. p. 119-144.
25. Schank, S.C., C.R. Staples, K.E. Thompson and D. Bates. Forage and silage production from seeded pearl millet-dwarf elephantgrass hybrids. In: Florida Dairy

- Production Conference 29th, Gainesville, Proceedings. University of Florida. Gainesville. p. 133-138, 1992.
26. Henderson, N. Silage additives. *Anim. Feed Sci. and Technol.*, 45(1):35-56, 1993.
27. Keplin, L. Produção de silagem de qualidade e uso de inoculantes. In: Encontro Técnico sobre Conservação de Forragens (Silagens), 2006. Nova Odessa. Anais... Instituto de Zootecnia. Nova Odessa.
28. Bergamaschine, AF., Passipieri, M; Veriano Filho, WV.. Qualidade e valor nutritivo de silagens de capim-marandu (*B. brizantha* cv. Marandu) produzidas com aditivos ou forragem emurchedida. *Rev. Bras. Zootecn.*, 35: 1454-1462. 2006.
29. Cançado Júnior, FL; Camargo Filho, WP; Estanislau, MLL; Paiva, BM; Mazzei, AR; Alves, HS. Aspectos econômicos da produção e comercialização do tomate para mesa. *Informe Agropecuário. Belo Horizonte*, v. 24, n. 219, p. 7-18, 2003.
30. Pessini, M. M. O. Resíduos de acetamiprid e thiamethoxam em tomate estaqueado (*Lycopersicon esculentum* Mill.) em diferentes modalidades de aplicação. 2003. 71 p. Dissertação (Mestrado em Ciência) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
31. Barcelos, MFP; MELLO, LCP; Correa, MA; Vilela, MJC. Subprodutos do processamento de tomate: avaliação química e biológica. *Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas*, v. 26, p. 108-117, 1992.
32. Minani, K.; Fonseca, H. Tomate: produção, pré-processamento e transformação agroindustrial. Campinas: FEALQ, 1985.
33. .Kobori, C. N.; Jorge, N. Caracterização dos óleos de algumas sementes de frutas como aproveitamento de resíduos industriais *Ciência e Agrotecnologia* 2005, 29, 1008.
34. Campos, W. E.; Borges, A. L. C. C.; Sartunino, H. M.; Silva, R. R.; Sousa, B. M.; Rogério, M. C. P.; Borges, I.; Rodríguez, N. M. Degradabilidade ruminal da fibra das frações do resíduo industrial de tomate. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 2007, 59, 189.
35. Ojeda, A & Torrealba, N (2001) Chemical characterization and digestibility of tomato processing residues in sheep Cuban. *Journal Agriculture Science*, 35:309-312.
36. Ammerman, CB, Arringtonr, LR & Emcoggins, P Nutritive value of dried tomato pulp for ruminants. *Agricultural And Food Chemistry*, 11:347-49. 1963.

37. Machado, CP, Manterola, HB & Porte, EF Estudios del uso de residuos agroindustriales en alimentación animal VI. Comportamiento productivo de novillos alimentados con niveles altos de pomasa de tomate Avances en Producción Animal, 19:87-96,1994.
38. Tsatsaronis, GC.; Boskou, DG. Amino acid and mineral salt content of tomato seed and skin waste. Journal of the Science of Food and Agriculture, v. 26, p. 421-423, 1975
39. Weiss, WP, Frobose, DL & Koch, ME Wet tomato pomace ensiled with corn plants for dairy cows. Journal of Dairy Science, 80:2896-2900. 1997.
40. Campos, WE. Avaliação do resíduo industrial de tomate na alimentação de ruminantes. 81 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal) Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.
41. Persia, ME. et al. Nutritional Evaluation of Dried Tomato Seed. Poultry Science, Champaign, v. 82, p. 141-146, 2003
42. Silva, E. P.; Silva, D. A. T.; Rabello, C. B. V.; Lima, R. B.; Lima, M. B.; Ludke, J. V. Composição físico-química e valores energéticos dos resíduos de goiaba e tomate para frangos de corte de crescimento lento. Revista Brasileira de Zootecnia 2009, 38, 1051.
43. Esmail, SHM. Tomato pomace in feeding. World Poltry, v. 15, p. 12,1999.
44. Schieber, A; Stintzing, FC; Carle, R. By products of plants foods processing as a source of functional compounds: recent developments. Trends Foods Science Technology. Cambridge, v.12. p. 401-413, 2001.
45. Dell Valle, M; Câmara, M; Torija, ME. Chemical Characterization of tomato pomace. Madrid: Journal of the Science of Food and Agriculture, 2006
46. Porte, EF; Manterola, HB; Cerda, DA. Estudios del uso de residuos agroindustriales en alimentación animal. I Comportamiento productivo de novillos Hereford alimentados con dietas incluyendo niveles crecientes de pomaza de tomate. Avances en producción animal, n. 18, p. 55-62, 1993.
47. Manterola, H. et. al., In: Simpósio sobre utilização de subprodutos agroindustriais e resíduos de colheita na alimentação de ruminantes, 16 a 20 de Novembro, São Carlos, Embrapa, 1992, P. 297-323
48. Mertens, DR. Nonstructural and structural carbohydrates. Large dairy herd management. v.1, p. 219-235, 1992.

49. Rodrigues, MT. Uso de fibras em rações de ruminantes. In: Congresso Nacional dos Estudantes de Zootecnia. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1998.
50. Weiss, W. P.; Frobose, D. L.; Koch, M.E. Wet tomote pomace ensiled with corn plants for dairy cows. *J. DairySci.*, v. 80, p. 2896-2900, 1997.
51. Allen, MS. Effects of diets on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cows. *Journal of dairy Science*, v. 83, p. 1598-1624, 2000.
52. Nussio, LG; Campos, FP; Lima MLM. Metabolismos de carboidratos estruturais. *In: Nutrição de ruminantes*. 2. ed. Jaboticabal (SP).
53. Lima, MLM. Análise comparativa da efetividade da fibra de volumosos e subprodutos. 131f. (Tese de doutorado em Agronomia) Escola superior de agricultura "Luiz de Queiroz"/Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.
54. Van Soest, PJ. Development of a comprehensive system of feed analysis and its application to forage. *J. Anim. Sci.*, 26 (1): 119-120, 1967.
55. Silva, DJ.; Queiroz, AC. Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. Viçosa: UDV/DZO, 235 p. 2002.
56. Souza, G. B; Nogueira, A. R.A; Sumi, L. M. R. Método alternative para determinação de fibra em detergente neutro e detergente ácido. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudoeste, 1999. 21p. (Boletim de Pesquisa, 4).
57. Kelley, C. L. Operator's manual: Ankom technology. New York, 1998.
58. Tilley, JMA; Terry, RA. A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. In: *Grass and Forage Science*. v. 18. Issue 2. p. 104-111, June, 1963.
59. McLEOD, MN; Minson, DJ. Sources of variation in the in vitro digestibility of tropical grasses. In: *Grass and Forage Science*. v. 24. Issue 3, p. 244-249, 1969.
60. Wilson, JR. An interdisciplinary approach for increasing yield and improving quality of forages. In: *International Grassland Congress, 15, Kyoto, Proceedings...* Kyoto: the Science council of Japan, the japanese society of grassland Society of América, p. 49-55, 1985.
61. Van Soest, PJ. Nutritional ecology of the ruminant. Ithaca: Cornell University, 1994. 476p.
62. Ralph, J; Helm, RF. Lignin/hidroxycinnamic acid/polysaccharide complexes: Synthetic Models for regiochemical characterization. In: Jung, HG et al. (Eds). *Forage cell wall structure and digestibility*. 199, Madison. Proceedings... American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil, Science Society of America. p. 201-246, 1993.

63. Van Soest, P. J. Nutritional ecology of the ruminant. Cornell University. O & B Books Inc., NW Kline Place, USA, 1983.
64. Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*, 74:3583-3597. 1991.
65. Goering, H.K., Van Soest, P.J. 1970. *Forage fiber analyses (Apparatus, reagents, procedures and some applications)*. Washington, D.C.: Agricultural Research Service USDA. 379p.
66. Silva, J.D.; Queiroz, A.C.; Análises químicas: métodos químicos e biológicos. 3. ed. Viçosa: UFV, 2002. 235p.
67. Sniffen, C.J; O'Connor, J.D; Van Soest P.J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II carbohydrate and protein availability. *J. anim. Sci.*, v. 70, p. 3562-3577, 1992.
68. Theodorou, M.K; Williams, B.A; Dhanoa, M.S. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Animal feed Science and technology*. Amsterdam, v. 48, p. 195-197, 1994.
69. Blümmel, M; Becker, K; Makkar, H.P.S. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition. Vol 77 Issue 1-5. *In vitro* gas production: a technique revisited, 1997.
70. Menke K.H. and Steingass H. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. In: *Anim. Res. Dev.*, 28. p. 7-55. 1988.
71. Cerda, D.; Manterola, H.; Mira, J. Estudios de residuos agroindustriales en alimentación animal VIII Estudio del potencial de ensilaje de residuos de cinco especies hortícolas. *Archivos de Producción Animal*, 19:105:114, (1994)
72. Ziaei N, Molaei. S Evaluation of nutrient digestibility of wet Tomato pomace ensiled with wheat straw compared to alfalfa hay in Kermani sheep. *J. Anim. Vet. Adv.* 9: 771-773, 2010.
73. Hadjipanayiotou, M. Laboratory evaluation of ensiled olive cake, tomato pulp and poultry litter. *Livest. Res. Rural Devel.* 6: 6-15, 1994.
74. Denek, N.; A. Can, Feeding value of wet tomato pomace ensiled with wheat straw and wheat grain for Awassi sheep. *Small Rumin. Res.*, 65: 260-265. 2006.
75. Méndez-Llorente, F; Aguilera-Soto, J.I; López-Carlos, M.A; Ramirez-Lozano, R.G; Carrillo-Muro, O.E.S; Luis M; Medina-Flores, C.A. Conservación de desperdicio de

- tomate mediante ensilaje *Interciencia*, vol. 39, núm. 6, junio, pp. 342-344., 2014. Asociación Interciencia Caracas, Venezuela
76. El-Waziry, AM.; Alkoaik, F.; Khalil, 'A.I.; Metwally, 'H.; Al-Mahasneh, MA. Evaluation of Tomato and Cucumber Wastes as Alternative Feeds for Ruminants Using Gas Production Technique in vitro. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances* 8 (6): 821-826, 2013.
77. McDonald, P. Henderson, N., Heron, S. *The biochemistry of silage*. Marlow Bucks. Chalcome Publications. 340 p., 1991.
78. BAYTOK, E.; AKSU, T.; KARSLI, M.A.; MURUZ, H. 2005. The effects of formic acid, molasses and inoculant as silage additives on corn silage composition and ruminal fermentation characteristics in sheep. *Turk. J. Vet. Anim. Sei.*, 29: 469-474.
79. National Research Council - NRC. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7th ver. Ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC. 2001.
80. AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, Washington, EUA. *Official methods of analysis*. 16 ed. Washington, DC., 1990. 1094p.