

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

PAMELA KERLYANE TOMAZ

**ALTURA DE PLANTA COMO ESTRATÉGIA DE COLHEITA DO
CAPIM MOMBAÇA PARA ENSILAGEM ASSOCIADA OU NÃO A
DIFERENTES COMBINAÇÕES DE ADITIVOS**

Ilha Solteira

2017

PAMELA KERLYANE TOMAZ

**ALTURA DE PLANTA COMO ESTRATÉGIA DE COLHEITA DO
CAPIM MOMBAÇA PARA ENSILAGEM ASSOCIADA OU NÃO A
DIFERENTES COMBINAÇÕES DE ADITIVOS**

Dissertação apresentada a Faculdade de Engenharia – UNESP – Câmpus de Ilha Solteira, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Animal.

Orientador: Prof. Dr. Leandro Coelho de Araujo
Coorientador: Prof. Dr. Rafael Silvio Bonilha Pinheiro

Ilha Solteira

2017

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

T655a Tomaz, Pamela Kerlyane.
Altura de planta como estratégia de colheita do capim-mombaça para ensilagem associada ou não a diferentes combinações de aditivos / Pamela Kerlyane Tomaz. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2017
64 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Ciência e Tecnologia Animal, 2017

Orientador: Leandro Coelho de Araujo
Co-orientador: Rafael Silvio Bonilha Pinheiro
Inclui bibliografia

1. Polpa cítrica. 2. *Lactobacillus*. 3. Inoculante microbiano. 4. Ecofisiologia da


Raiane da Silva Santos

Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação
Seção Técnica de Referência, Atendimento ao Usuário e Documentação
Supervisor Técnico de Seção
CRB CRB-8/9999



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Dracena



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: ALTURA DE PLANTA COMO ESTRATÉGIA DE COLHEITA DO
CAPIM-MOMBAÇA PARA ENSILAGEM ASSOCIADA OU NÃO A
DIFERENTES COMBINAÇÕES DE ADITIVOS

AUTORA: PAMELA KERLYANE TOMAZ

ORIENTADOR: LEANDRO COELHO DE ARAUJO

COORIENTADOR: RAFAEL SILVIO BONILHA PINHEIRO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em CIÊNCIA E
TÉCNOLOGIA ANIMAL, área: PRODUÇÃO ANIMAL pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. LEANDRO COELHO DE ARAUJO

Departamento de Biologia e Zootecnia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Profa. Dra. CRISTIANA ANDRIGHETTO

Curso de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena

Profa. Dra. ANA CAROLINA ALVES

UEMS / Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul

Dracena, 11 de dezembro de 2017

DEDICATÓRIA

Dedico, com todo carinho e amor esse trabalho às pessoas mais importantes da minha vida, minha filha Sofia Tomaz Montanari, minha mãe Quitéria Umbelina Siqueira e minha irmã Wilyane Siqueira Tomaz. Dedico a Deus por me iluminar e me dar força e saúde para conseguir concretizar este sonho.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por ter me dado força e determinação para realizar este trabalho, e por nunca ter me abandonado nos momentos mais difíceis da minha vida.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, UNESP, campus de Dracena e Ilha Solteira e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Animal pela oportunidade.

À minha filha Sofia, que foi uma das minhas maiores inspirações enviada por Deus para que eu pudesse concretizar essa etapa em minha vida.

Agradeço ao meu orientador Leandro Coelho de Araújo pelos seus ensinamentos, paciência e disponibilidade de tempo em me orientar.

Aos técnicos de laboratório do Departamento de Biologia e Zootecnia da UNESP de Ilha Solteira, Sidival Antunes de Carvalho e Wilder Jordão, pela contribuição nas coletas e análises do experimento.

Aos professores dos programas de pós-graduação da UNESP que de alguma forma contribuíram para meu crescimento e desenvolvimento.

À coordenação do programa de Pós graduação aos funcionários da seção de pós-graduação de Ilha Solteira.

Agradeço ao programa de Pós Graduação e a CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela bolsa concedida durante um ano.

Aos integrantes do NEFORT que de alguma forma colaboraram em várias etapas do experimento.

Agradeço à FAPESP pelo apoio financeiro para a condução do experimento (Processo FAPESP nº 2014/10356-0).

Em especial para a minha mãe Quitéria Umbelina de Siqueira, por ter acreditado em mim e por sempre estar presente em minha vida me apoiando e ensinando o melhor caminho a seguir. A minha irmã Wilyane pelos conselhos e pela amizade e incentivo que me deu durante toda a minha vida.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho. Muito obrigado!

RESUMO

A altura da planta apresenta uma alta correlação com a estrutura do pasto. Por esta razão, levar em consideração a altura da pastagem tem sido uma estratégia muito melhor no gerenciamento rotativo de estocagem em pastagens tropicais do que considerando dias predefinidos de crescimento. Da mesma forma, a altura da pastagem pode ser usada para determinar o momento em que as gramíneas tropicais apresentam os melhores parâmetros de ensilabilidade. Este estudo teve como objetivo identificar a altura de crescimento máximo da planta de *Panicum maximum* cv. Mombaça (Capim Mombaça) que fornece a maior capacidade de fermentação (CF) e definir a combinação de aditivos que melhora a composição química da silagem. Dois experimentos foram realizados em Selvíria, MS, Brasil, de 2015 a 2016. O primeiro ano foi usado para identificar a CF mais alta e o segundo ano foi usado para identificar a melhor combinação de oito aditivos (polpa cítrica (PC), homo e heterofermentativo LAB, suas combinações e controle). As análises estatísticas foram realizadas com SAS ($P < 0,05$) e um contraste foi definido como silagem com PC versus silagem sem PC. A altura de 130 cm resultou na maior CF (31,01). As silagens inoculadas com PC apresentaram melhor qualidade do que as silagens sem PC, devido à alta proteína bruta (8,3 vs. 7,3% MS), recuperação de MS (98,6 vs. 93,3% MS) e baixo valores de pH (3,92 vs. 4,91) e $\text{NH}_3\text{-N}$ (2,49 vs. 14,73% de N total). A altura da planta é um parâmetro consistente para determinar o tempo de ensilagem do Capim Mombaça e a inclusão do PC é necessária para aumentar a qualidade da silagem.

Palavras-chave: Delineamento blocos casualizados. Ecofisiologia da pastagem. Inoculante microbiano. Polpa cítrica. *Lactobacillus*.

ABSTRACT

The sward height presents a high correlation with the pasture sward structure. For this reason, taking the sward height into account has been a much better strategy in rotational stocking management in tropical grasslands than considering predefined days of growth. Similarly, the sward height could be used to determine the moment when the tropical grasses present the best ensilability parameters. This study aimed to identify the sward height of *Panicum maximum* cv. Mombaça (Guinea grass) that provides the highest fermentability coefficient (FC) and to define the combination of additives that improves the chemical composition of silage. Two trials were carried out in Selvíria, MS, Brazil from 2015 to 2016. The first year was used to identify the highest FC and the second year was used to identify the best combination of eight additives [citrus pulp (CIP), homo and heterofermentative LAB, their combinations, and control]. Statistical analyses were performed using SAS ($P < 0.05$) and one contrast was defined as silage with CIP versus silage without CIP. The height of 130 cm resulted in the highest FC (31.01). Silages inoculated with CIP had a better quality than silages without CIP, due to the high crude protein (8.3 vs. 7.3 % DM), DM recovery (98.6 vs. 93.3 % DM), and the low pH (3.92 vs. 4.91), and $\text{NH}_3\text{-N}$ values (2.49 vs. 14.73 % total N). The sward height is a consistent parameter to determine the time of ensiling Guinea grass and the inclusion of CIP is necessary to raise the silage quality.

Keywords: Citrus pulp. *Lactobacillus*. Microbial inoculant. Pasture ecophysiology. Randomized block design.

LISTA DE TABELAS

1-	Tabela 1. Composição química e bromatológica dos tratamentos antes da ensilagem.....	48
2-	Tabela 2. Composição química / bromatologia das silagens, associadas ou não a diferentes combinações de aditivos, após 92 dias de fechamento dos silos.....	50
3-	Tabela 3. Perfil fermentativo das silagens, associadas ou não a diferentes combinações de aditivos, após 92 dias de fechamento dos silos.....	54
4-	Tabela 4. Produção de gases (gases), perdas por efluentes (efluente), recuperação matéria seca (RMS), perdas de matéria seca (PerMS), tamanho médio de partícula (Tam. Part.), determinados nas silagens de capim mombaça, em função da adição de 10% polpa cítrica e as combinações entre os inoculantes.....	57

LISTA DE FIGURAS

- 1- Capacidade de fermentação (CF) do capim mombaça coletado em diferentes alturas de dossel, durante as rebrotações de verão e inverno de 2015, com resíduo pós-desfolha de 20 cm..... 29
- 2- Teor de massa seca (MS), poder tampão (PT) e carboidratos solúveis (CS) do capim mombaça coletado em diferentes alturas de dossel, durante a estação de verão de 2015, com altura do resíduo pós-desfolha de 20 cm..... 30
- 3- Teor de proteína bruta (PB) e digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) e Fósforo (P) do capim mombaça, coletado em dosséis de diferentes alturas, com altura do resíduo pós-desfolha de 20 cm, durante a estação de verão de 2015..... 32
- 4- Teores de fibras em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA) do capim mombaça coletado em diferentes alturas de dossel, durante a estação de Verão de 2015..... 33
- 5- Concentrações de Cálcio (Ca) e digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) do capim mombaça, coletado em diferentes alturas de dossel, durante a estação de inverno, com resíduo pós-desfolha de 20 cm..... 35
- 6- Produtividade de MS total, folha, colmo e material senescente do capim mombaça, coletado em dosséis de diferentes alturas durante a estação de Verão de 2015, com resíduo pós-desfolha de 20 cm..... 36
- 7- Produtividade de MS total, folha, colmo e material senescente do capim mombaça, coletado em diferentes alturas de dossel durante a estação de Inverno de 2015, com resíduo pós-desfolha de 20 cm..... 37
- 8- Diferença entre as temperaturas (Tem) das silagens e do ar externo para identificação do tempo necessário para quebra da estabilidade aeróbia..... 60

Lista de Abreviaturas

CF:	Capacidade de fermentação
Ca:	Cálcio
CZ:	Cinzas
CS:	Carboidratos solúveis
DIVMO:	Digestibilidade em vitro da matéria orgânica
FDN:	Fibra de detergente neutro
FDA:	Fibra de detergente ácido
LB:	Inoculante contendo BALs heterofermentativa <i>L. buchneri</i>
MM:	Matéria mineral
MS:	Matéria seca
N-NH₃:	Nitrogênio amoniacal
P:	Fósforo
PB:	Proteína bruta
PerMS:	Perda de matéria seca
pH:	Potencial hidrogeniônico
PC:	Polpa Cítrica
PL:	Inoculante contendo BALs homofermentativas <i>Pediococcus pentosaceus</i> e <i>Lactobacillus plantarum</i>
PT:	Poder tampão
RMS:	Recuperação matéria seca

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	13
2.1	Objetivos Gerais	13
2.2	Objetivos Específicos	13
3	REVISÃO DE LITERATURA	14
3.1	Processo de Ensilagem	14
3.2	Fatores limitantes na ensilagem de gramíneas tropicais	18
3.2.1	<i>Matéria seca</i>	18
3.2.2	<i>Carboidratos solúveis</i>	18
3.2.3	<i>Poder Tampão</i>	19
3.3	Influência da altura da forragem na composição bromatológica	19
3.4	Aditivos microbianos e absorventes na ensilagem do capim Mombaça	20
	REFERÊNCIAS	22
4	INFLUÊNCIA DA ALTURA DO DOSSEL DO CAPIM MOMBAÇA PARA ENSILAGEM	25
4.1	Material e Métodos	25
4.1.1	<i>Coleta da forragem</i>	26
4.1.2	<i>Separação morfológica</i>	27
4.1.3	<i>Capacidade de fermentação</i>	27
4.1.4	<i>Análises químico-bromatológicas</i>	27
4.1.5	<i>Análise estatística dos dados</i>	27
4.2	Resultados e Discussões	28
4.2.1	<i>Capacidade de fermentação</i>	28
4.2.2	<i>Capacidade de fermentação vs valor nutritivo da forragem</i>	31
4.2.3	<i>Produtividade de massa seca</i>	35
4.3	Conclusões	38
	REFERÊNCIAS	39
5	ENSILAGEM DO CAPIM MOMBAÇA ASSOCIADA OU NÃO A DIFERENTES COMBINAÇÕES DE ADITIVOS	42
5.1	Material e Métodos	43

5.1.1	<i>Local e delineamento experimental</i>	43
5.1.2	<i>Colheita do capim e preparo dos tratamentos</i>	43
5.1.3	<i>Enchimento e abertura dos silos</i>	44
5.1.4	<i>Quantificação de perdas de gases e efluentes</i>	45
5.1.5	<i>Índices de recuperação de MS</i>	45
5.1.6	<i>Determinação dos valores de pH</i>	45
5.1.7	<i>Determinação tamanho médio de partículas</i>	46
5.1.8	<i>Determinação dos teores de nitrogênio amoniacal e ácidos graxos voláteis</i>	46
5.1.9	<i>Análises químico-bromatológicas</i>	46
5.1.10	<i>Determinação estabilidade aeróbia</i>	46
5.1.11	<i>Análise estatística dos dados</i>	47
5.2	Resultados e Discussão	47
5.2.1	<i>Composição bromatológica antes da ensilagem</i>	47
5.2.2	Composição química-bromatológica e valor nutritivo das silagens	48
5.2.2.1	<i>Teor de matéria seca da silagem</i>	48
5.2.2.2	<i>Teor de carboidratos solúveis das silagens</i>	49
5.2.2.3	<i>Teor de proteína bruta da silagem</i>	51
5.2.2.4	<i>Teor de fibra insolúvel em detergente neutro das silagens</i>	51
5.2.2.5	<i>Teor de fibra insolúvel em detergente ácido das silagens</i>	52
5.2.2.6	<i>Digestibilidade verdadeira in vitro da matéria orgânica das silagens</i>	53
5.2.3	<i>Perfil fermentativo das silagens</i>	53
5.2.3.1	<i>pH das silagens</i>	53
5.2.3.2	<i>Nitrogênio amoniacal</i>	53
5.2.3.3	<i>Teores de ácidos graxos de cadeia curta</i>	55
5.2.4	Perdas de massa seca das silagens	56
5.2.4.1	<i>Perda por gases</i>	56
5.2.4.2	<i>Produção de efluente</i>	58
5.2.4.3	<i>Perdas de massa seca das silagens</i>	59
5.2.4.4	<i>Estabilidade aeróbia</i>	59
5.3	Conclusões	61
	REFERÊNCIAS	62

1 INTRODUÇÃO

A criação de ruminantes em pastagem apresenta limitações devido à grande escassez de alimento no período seco do ano, o que gera perda de peso nos animais. Nesse sentido, a utilização de silagem de gramíneas tropicais é uma alternativa para a suplementação alimentar no período seco, por meio da conservação do excedente de forragem no período chuvoso. Todavia, as gramíneas tropicais apresentam algumas limitações como o baixo teor de carboidratos solúveis (CS), alto poder tampão (PT), e o mais limitante, baixo teor de massa seca (MS), que proporcione um eficiente processo fermentativo (NEGRÃO et al., 2016).

O uso de aditivos com elevado teor de massa seca vem sendo estudado visando melhorar o perfil fermentativo das silagens, podendo assim melhorar até mesmo o valor nutricional da mesma, dependendo do subproduto utilizado. Já os aditivos microbianos contendo principalmente as bactérias produtoras de ácido láctico (BALs) são utilizadas com a finalidade de melhorar, eficientemente, a conservação da silagem. Entre as BALs, as mais comumente utilizadas são as espécies homofermentativas, como as *Lactobacillus plantarum*, *Enterococcus faecium* e *Pediococcus spp* que têm como principal característica a eficiente utilização dos carboidratos solúveis da forragem e produção intensiva de ácido láctico proporcionando rápida diminuição do pH após o fechamento do silo (WEINBERG; MUCK, 1996). Estes aditivos foram classificados por Vilela (1998) como sendo estimulantes da fermentação e não nutritivos.

Estudos baseados no número de dias de rebrotação, manejo amplamente difundido para sistemas de pastejo rotacionado, apontam que a época de corte para as principais espécies tropicais, deveria ser entre de 50 dias de rebrotação (SANTOS et al., 2008). Atualmente buscam-se novas estratégias que não se embase no número de dias, adotando-se estratégias como a altura de corte dossel, a fim de potencializar a capacidade de fermentação das forrageiras tropicais com o uso de aditivos. O uso integrado das técnicas de ensilagem e os modernos conceitos de ecofisiologia da pastagem tropical proporcionarão resultados promissores e até então não apresentados.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivos Gerais

Identificar a altura do dossel ideal, para determinar o momento de ensilar o capim mombaça e identificar a melhor combinação entre os aditivos que proporcione a melhor fermentação e estabilidade aeróbia na silagem de capim mombaça coletado na altura observada como ideal.

2.2 Objetivos Específicos

Identificar a altura de dossel do capim mombaça que proporcione a melhor capacidade de fermentação da massa ensilada.

Identificar a combinação entre os aditivos: polpa cítrica e BALs homofermentativas (*Pediococcus pentosaceus* + *Lactobacillus plantarum*) e heterofermentativa (*L. buchneri*) que proporcionem a melhor fermentação, estabilidade aeróbia, recuperação de massa seca e digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica da silagem de capim mombaça coletado na altura observada como ideal.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Processo de Ensilagem

A silagem é o método de conservação da forragem baseado na fermentação láctica espontânea sobre condição de anaerobiose. Segundo McDonald et al. (1991) a rapidez na obtenção de anaerobiose e produção de ácido láctico são as principais metas a serem alcançadas durante o processo de ensilagem para que ocorra a fermentação láctica sem que haja fermentações secundárias. O processo de ensilagem pode ser dividido em quatro fases: aeróbica, fermentativa, estabilidade e degradação aeróbica. A fase aeróbica apresenta poucas horas de duração, consistindo no processo de redução do oxigênio pela respiração celular vegetal, microorganismos aeróbicos e aeróbicos facultativos presentes na planta.

No primeiro momento após o corte, a planta converte em calor toda a energia proveniente da respiração celular advinda da oxidação da glicose (McDONALD et al., 1991). Com isso, ocorre o consumo do oxigênio residual, produzindo dióxido de carbono, água e calor (MUCK, 1988). O calor não dissipado acaba sendo absorvido pela massa ensilada. (HENDERSON, 1994; McDONALD et al., 1991). O aumento de temperatura nas silagens pode levar à indisponibilização da proteína vegetal pela formação de ligações amida e ésteres, bem como reações de MAILLARD (McDONALD et al., 1991). Com o aumento da temperatura ocorre a aceleração da ação das enzimas vegetais, permanecendo até a exaustão do oxigênio e dos açúcares disponíveis para a respiração celular (HENDERSON, 1994; McDONALD et al., 1991; ELFERIMK et al., 1999; MUCK, 1988).

As enzimas vegetais têm alta atividade proteolítica e podem catabolizar alguns aminoácidos (MUCK, 1988; McDONALD et al., 1991). Estas são mais ativas em pH 6,0 a 7,0, mas sua ação pode continuar mesmo em pH 4,0 (HENDERSON, 1994; McKERSIE, 1985), embora com menor intensidade (MUCK, 1988; McKERSIE, 1985). O aumento da temperatura e a lenta velocidade de abaixamento do pH, durante a ensilagem, favorecem a ação das enzimas vegetais.

A rapidez na colheita da forragem e a vedação dos silos, associadas à compactação eficiente, são ações que diminuem as perdas na fase aeróbica (OUDE ELFERINK et al., 1999). O atraso na vedação do silo pode resultar na menor produção de ácido láctico e menor velocidade

de na queda do pH, havendo a substituição de bactérias do gênero *Clostridium*, sensíveis a nível de umidade e leveduras (McDONALD et al., 1991). Quanto à fase fermentativa, esta se inicia com o estabelecimento da anaerobiose. O pH atinge valores de 3,8 a 5,0 devido à produção intensa de ácido lático pela ação e predominância de bactérias lácticas. Em continuação à fase anterior, estabelece-se a fase de estabilidade, em que o pH da silagem baixa a valores de 3,8 a 4,2 (OUDE ELFERINK et al., 1999).

A eficiência na fase fermentativa e na fase de estabilidade depende diretamente da flora microbiana e das características da forrageira (OUDE ELFERINK et al., 1999; MUCK, 1988). A qualidade do processo de fermentação é de fundamental importância na qualidade da silagem, por influenciar nos demais estágios da ensilagem. Para isso, é necessário que as forrageiras apresentem algumas características que favoreçam este processo como: níveis adequados de carboidratos solúveis, baixa capacidade tampão, teor de matéria seca e estrutura física que facilite a compactação (McDONALD et al., 1991).

O teor de carboidratos solúveis para a fermentação é dependente do teor de matéria seca (MS) da forragem a ser ensilada. Com o estabelecimento da anaerobiose, as bactérias lácticas produzem ácido lático a partir dos carboidratos disponíveis. A ionização destes ácidos faz com que ocorra a redução do pH tornando o meio inadequado aos microrganismos indesejáveis (FARBAIN et al., 1992). Valores de pH para a inibição da atividade das bactérias *Clostridium* nas silagens variam em função dos teores de MS da silagem (McDONALD et al., 1991; MUCK, 1988).

Ao atingir o pH ideal e, conseqüentemente, o estágio de estabilidade, a regulação do pH do meio é feita por um mecanismo de retroalimentação. A capacidade tampão em plantas forrageiras é definida como a resistência que a massa de forragem apresenta ao abaixamento do pH. Esta depende basicamente da composição da planta no que se refere ao teor de proteína bruta, amido, íons inorgânicos (Ca, K, Na) e combinação de ácidos orgânicos e seus sais (GIGER-REVERDIN et al., 2002; JOBIM et al., 2007). O poder tampão determina a velocidade com que será atingido o pH para inibição da atividade clostridiana e, conseqüentemente, o crescimento e a ação destes microrganismos (McDONALD et al., 1991).

Segundo Haigh (1990), o teor de MS da forragem a ser ensilada é fundamental para que o processo de fermentação láctica seja eficiente. Em forragens com alto teor de MS (acima de 40%), ocorre redução na capacidade de compactação, o que impede a eliminação total do ar, causando perdas de MS seca, pelo consumo de carboidratos por microrganismos indesejáveis, e perdas devido ao atraso na queda do pH.

No entanto, silagens com maiores teores de massa seca apresentam maior facilidade de transporte e manejo. Em situação inversa, ao se ensilar forragens com alto teor de umidade, há a ocorrência de fermentação clostridiana com aumento do teor de amônia e ácido butírico. A inibição do crescimento clostridiano é dependente da relação entre pH e umidade na silagem (McDONALD et al., 1991; MUCK, 1988).

A produção de efluentes é inversamente proporcional a de matéria seca, ou seja, aumenta com a diminuição do teor de matéria seca. Minerais, carboidratos solúveis e aminoácidos são os principais nutrientes carregados nos efluentes das silagens (McDONALD et al., 1991). Faria (1994) admite que em teores de massa seca acima de 25% há a redução na produção de efluentes, e em teores de matéria seca acima de 30% não haverá a produção destes, bem como a diminuição da ocorrência de fermentações indesejáveis.

Com a abertura do silo, ou a infiltração de ar, por perda da vedação, inicia-se a fase de degradação aeróbica. A infiltração de ar no silo leva à perda de qualidade da silagem pela ação de leveduras e fungos, havendo a formação de ácido butírico e amônia (McDONALD et al., 1991; MUCK, 1988). O contato da silagem com o oxigênio possibilita a formação de bolores, produção de calor e ocorrência de reações de MAILLARD (VAN SOEST, 1994; FARIA, 1994). São observados dois picos de aumento de temperatura: o primeiro, devido à ação de leveduras, que ocorre em até três dias, e o segundo, causado por fungos, que ocorre após mais três ou quatro dias.

Microrganismos que anteriormente estavam dormentes passam a se multiplicar, resultando na deterioração da silagem, levando à perda excessiva de nutrientes, além da rejeição pelos animais. O ácido láctico e o ácido acético, bem como os carboidratos solúveis, são os principais substratos para os microrganismos responsáveis pela deterioração aeróbica das silagens, produzindo água, dióxido de carbono e calor. São observados aumento no pH, nitrogênio amoniacal e, em fases posteriores, decomposição dos carboidratos estruturais (McDONALD et al., 1991).

Desta forma, para a obtenção de uma silagem de alta qualidade, devem ser seguidas as seguintes recomendações: colheita da forrageira no momento ideal, esta associada à produtividade, valor nutritivo e composição bromatológica que favoreça o processo fermentativo; a picagem da forrageira em partículas de aproximadamente dois centímetros; e a vedação imediata, impedindo o contato excessivo entre o material ensilado e o ar. Wilkinson (1983) concluiu que na conservação de forrageiras na forma de silagem podem ocorrer perdas quantitativas de até 20%.

Quando a gramínea apresenta teor de carboidrato solúvel ideal para a ensilagem, a planta ainda é muito jovem e apresenta teor de massa seca abaixo do desejado, favorecendo a ocorrência de fermentações secundárias e elevada produção de efluentes (CORRÊA, 2007). Quando ela atinge o teor de massa seca ideal, apresenta baixo teor de carboidratos solúveis (VILELA, 1998), com grande percentual de parede celular (VAN SOESST, 1994), fato este que irá limitar o consumo e o valor nutricional da silagem.

A qualidade da silagem refere-se ao padrão do processo fermentativo no silo, enquanto o valor nutritivo da silagem vai depender além do processo de conservação, da composição da forragem ensilada, uma vez que a ensilagem não melhora a qualidade nutricional da forragem original. A eficácia do processo fermentativo pode ser avaliada pelos parâmetros pH, ácidos orgânicos e nitrogênio amoniacal. Pereira (2007) comenta que o ideal para o processo de ensilagem é que a forragem apresente teores de matéria seca entre 35 e 45%, sendo que para valores de 40 a 45% é recomendável que a forragem seja picada em partículas menores (1,0 a 2,0 cm), para melhor compactação McDonald et al. (1991).

Forragens com alto teor de umidade, com alta capacidade tampão e baixo teor de carboidratos solúveis podem dar origem a silagens de má qualidade. Da mesma forma, a forragem com baixa umidade, alto teor de carboidratos solúveis e baixa capacidade tampão dá origem à silagem de boa qualidade. Em geral, a resposta do animal a silagem é dependente do padrão de fermentação que, por sua vez, afeta a forma e a concentração dos nutrientes e a ingestão (JOBIM et al., 2007).

3.2 Fatores limitantes na ensilagem de gramíneas tropicais

3.2.1 Matéria seca

Além da produtividade e da qualidade da forragem o teor de matéria seca influi grandemente sobre a fermentação e a conservação da massa ensilada. Teores ideais de matéria seca devem estar situados entre 30-35% para uma boa conservação da forragem, teores elevados de umidade favorecem o desenvolvimento de bactérias do gênero *Clostridium*, produtoras de ácido butírico, obtendo-se silagem de má qualidade. Por outro lado, o teor elevado de matéria seca torna difícil a compactação da massa e expulsão do ar (VILELA, 1984).

O conteúdo de matéria seca é importante, quer aumentando a fermentação quer aumentando o consumo pelo animal (FARIA, 1994; LAVEZZO, 1981). De acordo com BRIGGS et al. (1961), silagem de boa qualidade, sem necessidade do uso de aditivos, resulta quando a umidade está entre 60-72%. Abaixo de 60% mofos podem ocorrer, tornando difícil o acondicionamento do material. Acima de 72%, considerável fermentação indesejável poderá ocorrer, resultando em grande perda de matéria seca.

3.2.2 Carboidratos solúveis

Os monossacarídeos e dissacarídeos vegetais são as principais fontes de energia para os micro-organismos fermentadores na ensilagem. A colonização e formação do biofilme sobre a partícula de forragem é mediada pela abundância dos açúcares, tamanho da partícula e perfil microbiano epifítico inicial. Os carboidratos solúveis são fermentados a ácidos graxos voláteis, ácido lático, álcool, dióxido de carbono, água e calor na dependência do tipo de micro-organismo (heterofermentativas e homofermentativas) atuante (MUCK, 2010).

Dessa forma, a abundância de carboidratos é essencial para formação do ácido lático principal promotor da conservação anaeróbia (SENGER et al., 2005). Uma correlação alta e positiva foi encontrada entre o teor de ácido lático das silagens e o teor de carboidratos solúveis das forrageiras ($r = 0,81$), indicando que a fermentação láctica está na dependência da presença dessa substâncias (PEREIRA et al., 2007; RIBEIRO et al., 2007). Apesar de destoantes, níveis entre 6 e 16% de

carboidratos solúveis vem sendo documentados como promotores de fermentação láctica na ensilagem.

3.2.3 Poder Tampão

Capacidade tampão Tampões são sistemas (ácidos fracos e seus sais), cuja presença no meio torna-o resistente à variação na concentração hidrogeniônica, ou seja, variações no pH. Em sistemas tamponados, a adição de um ácido ou uma base ao meio, mesmo que com elevados coeficientes de dissociação, não afetarão o pH (NEUMANN et al., 2010). Nas forrageiras, os ácidos cítrico, fosfórico, glicérico e málico compõem os principais sistemas de tampões e suas concentrações determinam o sucesso do abaixamento do pH na fase de fermentação ativa na ensilagem.

O problema de ensilar forrageiras com poder tampão elevado resulta da necessidade de um aumento no teor de ácidos orgânicos, de modo a reduzir o pH para valores adequados, ou seja, existe uma maior necessidade de carboidratos solúveis conversíveis. Associado a este problema, a elevada umidade também interfere na capacidade tampão das plantas forrageiras; massas ensiladas com maior atividade de água apresentam maior capacidade tampão (PEREIRA et al., 2007).

3.3 Influência da altura da forragem na composição bromatológica

A altura da forragem indica a quantidade de biomassa disponível para os animais. A preferência por maior altura significa oportunidade de alta ingestão à medida que a altura potencializa maior consumo de forragem (CARVALHO et al. 1999).

Pode-se dizer então que a altura das pastagens é um indicador prático bastante consistente para caracterização de estratégias de manejo em condições de campo e de fácil adoção pelos produtores e técnicos, uma vez que não gera a necessidade de nenhuma ferramenta sofisticada para a sua execução e é de fácil entendimento.

Estudos sobre o efeito do corte de capim colônio em quatro alturas sobre a produção e composição químico-bromatológica da forragem foram realizados conforme atingiam 50, 60, 70 ou 80 cm. Os teores de proteína bruta foram considerados adequados à alimentação animal (13,6%) quando as plantas eram

cortadas com 50 cm de altura (FAVORETTO; FURTADO, 1978). A altura da forragem afeta diretamente a produção, valor nutritivo, potencial de rebrotação, composição botânica, morfológica, aumento no teor de matéria seca, fibra, lignina e um decréscimo na relação folha caule, teor de proteína bruta e digestibilidade, resultando em declínio do consumo (CROWDER; CHHEDA, 1982).

O elevado potencial de produção de matéria seca (MS) por unidade de área das forrageiras tropicais e a homogeneidade da idade cronológica dos perfilhos, fazem com que essas percam qualidade muito rapidamente com a maturidade, em função de alterações em sua composição morfológica, o que acarreta um menor consumo de MS e um decréscimo de seu valor nutritivo quando colhidas de maneira inadequada (CORSI, 1988).

3.4 Aditivos microbianos e absorventes na ensilagem do capim Mombaça

A adição de produtos externos ao processo de ensilagem surgiu como forma de melhorar o resultado final da fermentação, alterando o teor de massa seca, carboidratos solúveis e/ou diminuindo o pH do material ensilado. Hoje, no desenvolvimento de aditivos de silagens, embora o controle da fermentação seja importante, a atenção também tem sido dada aos métodos para melhorar o valor nutricional do produto final e reduzir as perdas de massa seca (WOOLFORD, 1984).

A meta é encontrar um produto economicamente viável, que assegure a preservação eficiente desde o momento da abertura do silo até sua completa utilização (MORAIS, 1999). McDonald e Henderson (1991) classificaram os aditivos em: estimulantes da fermentação (culturas bacterianas e fontes de carboidratos); inibidores da fermentação (ácidos e outros); inibidores da deterioração aeróbia; sendo que muitas substâncias podem ser relacionadas na categoria de nutrientes.

Um aditivo ideal a ser utilizado na ensilagem de gramíneas tropicais deveria possuir, portanto, alto teor de matéria seca, alta capacidade de absorção, alto valor nutritivo, boa palatabilidade, fácil manipulação, disponibilidade no mercado e de baixo custo (MORAIS, 1999). Gramíneas tropicais apresentam baixos teores de carboidratos solúveis e alto teor de umidade. Portanto, para que se obtenham silagens de boa qualidade, com perdas reduzidas, as restrições quanto a umidade e ao teor de carboidratos devem ser corrigidas pela adição de açúcares e incrementos no teor de matéria seca.

Um subproduto da indústria do suco de laranja que vem sendo muito utilizado é a polpa cítrica que pode servir como aditivo utilizado em genótipos pertencente ao gênero *Panicum* para melhorar a qualidade do processo fermentativo e valor nutricional composto por cascas, sementes, bagaço e frutos cítricos descartados. Possui aproximadamente 88% de massa seca, 7% de proteína bruta, 22% de fibra em detergente neutro, 26% de açúcares totais e 1% de amido e 33% de fibra solúvel (HALL, 2001). A polpa cítrica pode absorver até 145% do seu peso em efluentes, além de possuir alto valor nutritivo, boa palatabilidade e boa disponibilidade no mercado.

Ao analisar silagem de Capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq.) com polpa cítrica como aditivo, constataram que a adição de polpa reduziu as produções de efluente e as perdas totais da silagem. Com o objetivo de verificar a produção de efluente e a perda de MS por gases na silagem com três tamanhos de partícula e em três concentrações de polpa cítrica como aditivo (5, 10 e 15%) nas silagens de Capim Tanzânia (60 dias de rebrota), observaram que a adição deste aditivo reduziu as perdas por efluente, assim como as perdas totais, enquanto as perdas por gases foram reduzidas à partir de 4,25% de adição de polpa cítrica (AGUIAR et al., 2000)

Em estudos com a produção de efluente nas silagens de Capim Tanzânia ensilado com dois tamanhos de partícula, adicionadas de polpa cítrica peletizada, pré - secadas e inoculadas, em duas épocas do ano (verão e inverno), observaram que a presença de polpa cítrica peletizada corrigiu os teores de massa seca e proporcionou a diminuição de perdas por líquido lixiviado (IGARASI, 2002). A polpa cítrica é um bom aditivo para a ensilagem do capim, proporcionando boa conservação do material.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, R. N. S.; CRESTANA, R. F.; BALSALOBRE, M. A. A.; NUSSIO, L. G.; SANTOS, P. M.; CORSI, M. Avaliação das perdas de matéria seca em silagens de Capim Tanzânia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa. **Anais...Viçosa: SBZ, 2000.**
- BRIGGS, A. R.; LANGSTON, C. W.; ARCHIBALD, J. C. Definitions of silage terms. **Agron. J.**, Madison, v. 53, n. 4, p. 280-282, Jul./Aug., 1961.
- CARVALHO, M. P. Polpa cítrica na alimentação de bovinos leiteiros. In: SIMPÓSIO DE NUTRIÇÃO ANIMAL, BOVINOS LEITEIROS. 1., Espírito Santo do Pinhal, 1999, **Anais... Espírito Santo do Pinhal: CREUPI, 1999.** p. 91-113.
- CORRÊA, L.A.; POTT, E.B. Silagem de Capim. In: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS- TEMAS EM EVIDÊNCIA, 2., 2007, Lavras. **Anais... Lavras: UFLA, 2007.**
- CORSI, M. Manejo de plantas forrageiras do gênero *Panicum*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 9., 1988, Piracicaba. **Anais... Piracicaba: FEALQ, 1988.** p. 57-75.
- CROWDER, L. V.; CHHEDA H. R. **Tropical grassland husbandry.** New York: Longman, 1982. 562 p.
- FARIA, V. P. Técnicas de produção de silagens. In: PEIXOTO, A. M. **Pastagens: fundamentos da exploração racional.** Piracicaba: [s. n.], 1994. p. 695-720.
- FAIRBAIRN, R.; ALLI, I., PHILLIP, L.P. Proteolysis and aminoacid degradation during ensilage of untreated or formic acidtreated lucerne and maize. **Grass and Forage Science**, Medford, v. 47, n. 4, p. 382-390, 1992.
- FAVORETTO, V.; FURTADO, C.E. Efeito do manejo, em quatro alturas distintas, sobre a produção e composição química bromatológica do Capim Colonião (*Panicum maximum* Jacq.). **Científica**, Jaboticabal, v. 6, n. 2, p. 329-335, 1978.
- GIGER-REVERDIN, S., DUVAUX-PONTER, C., SAUVANT, D., MARTIN, O., PRADO, I. N. & MULLER, R. Intrinsic buffering capacity of feedstuffs. **Animal Feed Science and Technology**, Italian, v. 96, n. 2, p. 83-102, 2002.
- HALL, M. B. Recent advanced in non-NDF carbohydrates for the nutrition of lactating cows. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM BOVINOS DE LEITE, 1., 2001, Lavras. **Anais... Lavras: UFLA-FAEPE, 2001.** p. 139-148.
- HAIGH, P.M. Effect of herbage watersoluble carbohydrate content and weather conditions at ensilage on the fermentation of grass silages made on commercial farms. **Grass and Forage Science**, Medford, v. 45, n. 3, p. 263-271, 1990.
- HENDERSON, N. Silage additives. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 45, n. 1, p. 35-56, 1994.

IGARASI, M. S.; NÚSSIO, L. G.; BRUNO, E. J. M. Levantamento de índices técnicos associados à produção de silagens de gramíneas tropicais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. p. 32-36.

JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G.; REIS, R.A. GARCIA, G. R. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 36, n. 5, p. 101-120, 2007.

LAVEZZO, W. Parâmetros de avaliação química de silagens de capim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.), submetidas ao emurchamento, formol, ácido fórmico e suas misturas. **Revista Sociedade Brasileira Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 12, n. 4, p. 706-19, 1981.

MORAIS, J. P. G. Silagem de gramíneas tropicais. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 7., 1999, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1999. p. 89-95.

McKERSIE, B.D. Effect of pH on proteolysis in ensiled legume forage. **Agronomy Journal**, Madison, v. 77, n. 1, p. 81-86, 1985.

MUCK, R.E. Factors influencing silage quality and their implications for management. **Journal Dairy Science**, Champaign, v. 71, n. 11, p. 2992-3002, 1988.

MUCK, R. E. Silage microbiology and its control through additives. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 39, p. 183- 191, 2010.

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

NEGRÃO, F.M.; ZANINE, A.M.; SOUZA, A. L.; CABRAL, L.S.; FERREIRA, D.J.; DANTAS, C.C.O. Perdas, perfil fermentativo e composição química das silagens de capim *Brachiaria decumbens* com inclusão de farelo de arroz. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 17, n. 1, p. 13-25, 2016.

NEUMANN, M.; OLIBONI, R.; OLIVEIRA, M. R.; FARIA, M. V.; UENO, R. K.; REINERH, L. L.; DURMAN, T. Aditivos químicos utilizados em silagens. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava, v. 3, n. 2, p. 187-195, 2010.

OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; DRIEHUIS, F.; GOTTSCHAL, J.C. Silage fermentation process and their manipulation. In: FAO ELETRONIC CONFERENCE OF TROPICAL SILAGES, 30., 1999, Rome. **Proceedings...** Rome: FAO, 1999. p. 17-30.

PEREIRA, O. G.; ROCHA, K. D.; FERREIRA, C. L. L. F. Composição química, caracterização e quantificação da população de microrganismos em capim-elefante cv. Cameroon (*Pennisetum purpureum*, Schum.) e suas silagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 36, n. 6, p. 1742-1750, 2007.

RIBEIRO, C.G.M.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, J.A.S.; RODRIGUES, N.M.; BORGES, I.; BORGES, A.L.C.C.; SALIBA, E.O.S.; CASTRO, G.H.F.; RIBEIRO JUNIOR, G.O. Padrão de fermentação da silagem de cinco genótipos de sorgo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 59, n. 6, p. 1531-1537, 2007.

SANTOS, E.M.; A.M. ZANINE, D.J. FERREIRA, J.S. OLIVEIRA, D.C.S. PENTEADO PEREIRA, O.G. Inoculante ativado melhora a silagem de Capim Tanzânia. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 57, n. 217, p. 35-42. 2008.

SENGER, C. C. D.; MUHLBACH, P. R. F.; SÁNCHEZ, L. M. B.; PERES NETTO, D.; LIMA, L.D. Composição química e digestibilidade „in vitro” de silagens de milho com distintos teores de umidade e níveis de compactação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 6, p. 1393-1399, 2005.

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

VILELA, D. Aditivos para silagem de plantas de clima tropical. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998. p.73.

VILELA, D. **Aditivos na ensilagem**. Coronel Pacheco: Centro Nacional de Pesquisa de gado de Leite; Embrapa, 1984. (Circular técnica, n. 21).

WEINBERG, Z.G.; MUCK, R.E. Newtrends and opportunities in the development and use of inoculants for silage. **Microbiology Reviews**, Malden, v. 19, n. 1, p. 53–68, 1996.

WILKINSON, J.M. Silages made from tropical and its temperate crops. I. The ensilage process and its influence on feed value. **Journal Dairy Science**, New York, v. 45, n. 46, p. 36-42, 1983.

WOOLFORD, M. K. The detrimental effects of air on silage. **Journal Applied Microbiology**, Medford, v. 68, n. 2, p. 101-116, 1984.

4 INFLUÊNCIA DA ALTURA DO DOSSEL DO CAPIM MOMBAÇA PARA ENSILAGEM

A qualidade das plantas forrageiras, condicionada pelo seu desenvolvimento fisiológico e morfológico, pode ser avaliada por intermédio de sua composição bromatológica, digestibilidade, consumo e produção animal. Com o avanço da idade, ocorrem mudanças morfológicas e bromatológicas nas gramíneas, como a redução dos teores de proteína bruta e fósforo e da digestibilidade da matéria seca e aumento da fibra em detergente neutro, comprometendo o valor nutritivo da forragem. Portanto, deve-se conciliar o rendimento forrageiro com o valor nutritivo da planta, para obtenção de maior produção animal por unidade de área (RIBEIRO et al.1999).

Com o avanço da idade de corte, ocorrem mudanças morfológicas e bromatológicas nas gramíneas, como a redução dos teores de proteína bruta, fósforo e da digestibilidade da matéria seca e aumento da fração fibrosa, comprometendo o valor nutritivo da forragem. Portanto, deve-se conciliar o rendimento forrageiro com o valor nutritivo da planta, para obtenção de maior produção animal por unidade de área. Fatores como espécie, idade fisiológica, fertilidade do solo, fatores climáticos, parcelamento do adubo nitrogenado e modalidade de uso influenciam o valor nutritivo da planta forrageira (WERNER et al., 1967).

Todavia, com o avanço da altura de rebrotação, há um aumento do teor proteico e aumento da fração fibrosa da planta, o que pode comprometer o valor nutritivo. Normalmente, capins colhidos e ensilados em estágio avançado de maturidade apresentam baixos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes, o que pode resultar em diminuição do desempenho animal (ZANINE et al., 2007). Com isso, o objetivo do trabalho foi identificar a melhor altura de dossel do capim mombaça que proporcione um melhor perfil fermentativo.

4.1 Material e métodos

O experimento foi conduzido na Fazenda de Ensino Pesquisa e Extensão da UNESP Campus de Ilha Solteira durante os anos de 2015 e 2016. Segundo a

classificação de Köppen, a região possui clima do tipo Aw, definido como tropical úmido, caracterizado por estação chuvosa no verão e seca no inverno, com temperatura do ar, precipitação acumulada média e umidade relativa média anual de 24,5 °C, 1.232 mm e 64,8%, respectivamente (HERNANDEZ et al., 1995).

A espécie forrageira tropical em estudo foi a *Megathyrus maximus* cv. Mombaça já estabelecida, em campo, o experimento foi delineado em blocos completos casualizados com esquema fatorial 5x2 e quatro repetições. Os fatores corresponderam a (i) pastagem coletada em diferentes alturas do dossel e (ii) época do ano. O fator *i* correspondeu a pastagem coletada na altura do dossel de 70, 90, 110, 130 e 150 cm após a desfolha de uniformização, com resíduo pós-desfolha de 20 cm como sugerido por Carnevalli et al. (2006), e o fator *ii* às rebrotações nas estações das águas e seca.

4.1.1 Coleta da forragem

Cada piquete experimental apresentou dimensão de 10x10 m. As coletas ocorreram em 2015 nas estações da água e seca. Após o final da rebrotação a pastagem foi disponibilizada a um rebanho de 32 bovinos da raça Guzerá até que a altura de 20 cm do resíduo fosse alcançada, seguida de uma adubação com 100 kg de N ha⁻¹ via Sulfato de Amônio, iniciando-se um novo ciclo de rebrotação.

O instante da coleta foi identificado por meio de medições de altura do dossel a cada dois dias no verão e três dias no inverno que foram realizadas com o auxílio de uma fita graduada em mm medindo-se a distância do solo até a curva da folha recentemente expandida. Um total de 20 medições foi realizado para a obtenção de uma média aritmética por tratamento por avaliação.

As coletas de forragens no instante de cada altura pré-determinada, foram realizadas de forma manual usando-se um quadrado de 1x1m para delimitar a área de corte. Para cada tratamento foram obtidas 4 amostras parciais onde os pesos individuais foram registrados e posteriormente, sub amostras deram origem a uma amostra composta, que foram destinadas para a separação morfológica e análises químico-bromatológicas. Todas as amostras foram obtidas a partir de 20 cm do solo (resíduo adotado).

4.1.2 Separação morfológica

Foi realizada por meio da separação de lâminas foliares na lígula, colmos verdes (colmo+bainha), material senescente (tecido com mais de 50% de senescência) e inflorescência.

4.1.3 Capacidade de fermentação

A capacidade de fermentação (CF) foi calculada seguindo o método de Weissbach (1996), como: $MS (g\ 100\ g^{-1}) + 8 \times CS (g\ kg^{-1}\ MS) / PT (g\ \text{ácido láctico}\ kg^{-1}\ MS)$. O PT (mEq $kg^{-1}\ MS$) determinado conforme Playne e McDonald (1966) foi convertido para g ácido láctico $kg^{-1}\ MS$, usando a equação: $0,0154 \times PT (mEq\ kg^{-1}\ MS) - 0,2115$, $R^2 = 0,95$ (O'KIELY e PAHLOW, 2003; CLAVIN et al., 2016).

4.1.4 Análises químico-bromatológicas

Os teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), cálcio (Ca), fósforo (P) e proteína bruta (PB), foram determinados de acordo com a metodologia descrita por (AOAC, 1980). O teor de carboidratos solúveis (CS) foi determinado conforme Johnson et al. (1966), as concentrações de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) pelo método sequencial (ROBERTSON; VAN SOEST, 1981), a digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) foi determinada utilizando-se a metodologia descrita por Tilley e Terry (1963) e o poder tampão (PT) foi determinado, conforme método de Playne e McDonald (1966).

4.1.5 Análise estatística dos dados

Os dados foram submetidos à análise de variância por meio do programa estatístico SAS. As análises de regressão linear simples foram realizadas com o auxílio do procedimento REG e os parâmetros estimados com base na soma dos mínimos quadrados.

4.2 Resultados e Discussões

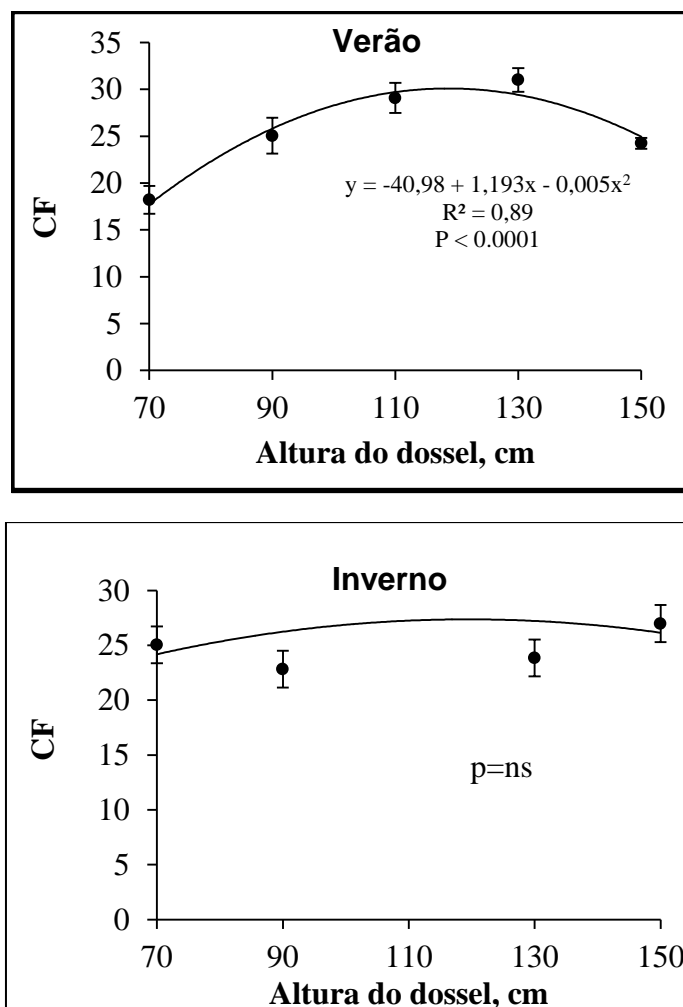
4.2.1 Capacidade de fermentação

A capacidade de fermentação do capim mombaça variou significativamente com as alturas ao longo da rebrotação de verão de 2015, com ajuste quadrático ($p < 0,05$). Com relação a rebrotação de inverno de 2015, não houveram ajustes significativos para a CF com o aumento do dossel ($p < 0,05$), como representado na Figura 1.

Ao longo da rebrotação de verão de 2015 a CF do capim mombaça partiu de um valor de 18,20 aos 70 cm, avançando de forma quadrática até alcançar o valor máximo de 31,01 aos 130 cm, voltando a cair para 21,82 aos 150 cm (Figura 1), indicando que a altura do dossel é um parâmetro consistente para identificar o instante correto para colheita e ensilagem do capim mombaça, uma vez que 88% das variações na CF foram explicadas pelas variações em altura (R^2). Assim, é possível ter uma massa com um padrão de CF, o que é incerto quando há à adoção de dias fixos que é a única recomendação para ensilagem de capins estudadas até o presente (MARI, 2003; SANTOS et al., 2008; VASCONCELOS et al., 2009; AVILA et al., 2009).

O método convencional com referência em dias de rebrotação pode ser falho quando se pretende manter um padrão na CF e altura pode ser uma variável de fácil mensuração, que apresenta uma tendência para a padronização da colheita do capim mombaça, independente de localidade e manejo de fertilizantes.

Figura1 - Capacidade de fermentação (CF) do capim mombaça coletado em diferentes alturas de dossel, durante as rebrotações de verão e inverno de 2015, com resíduo pós-desfolha de 20 cm.



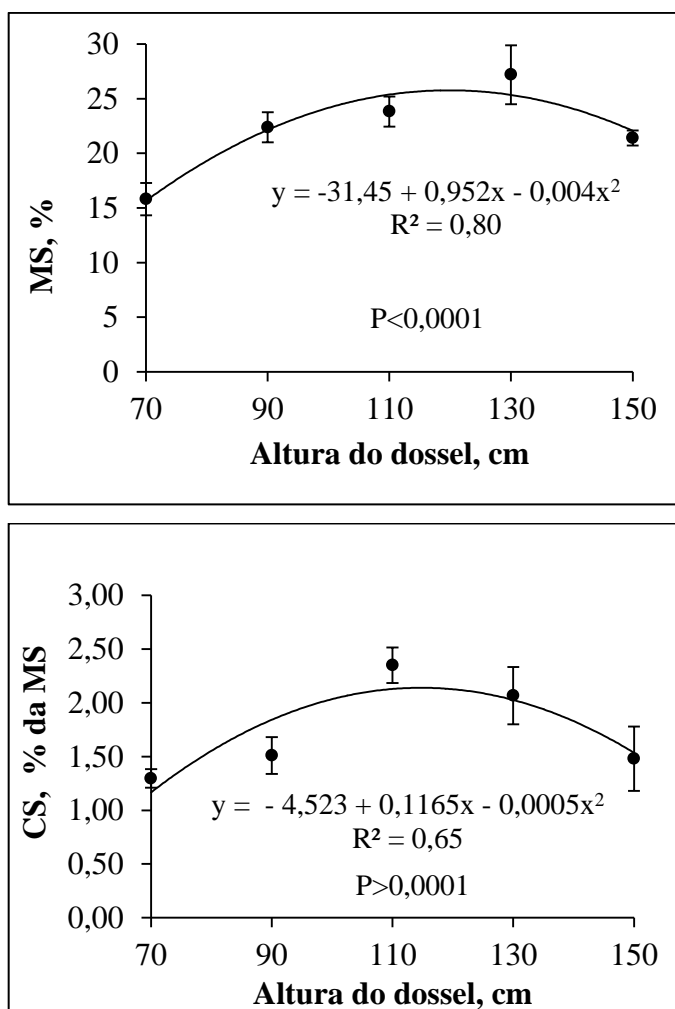
Fonte: Elaboração do autor

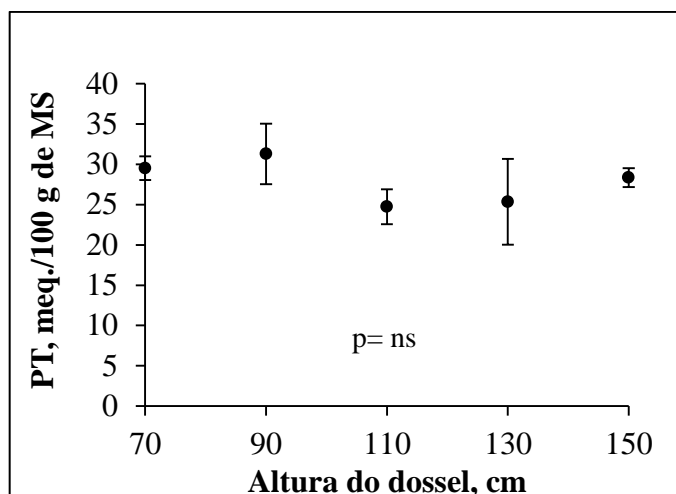
A variação na CF ao longo do período de rebrotação de Verão de 2015 é explicado pelas variações nos componentes para estimativa da CF do capim mombaça, principalmente nos valores de MS e CS que apresentaram ajustes quadráticos (Figura 2). Os valores mínimos e máximos observados para MS variaram entre 15,81% e 27,19%; já para CS apresentaram teores entre 1,30% e 2,35%. A variação nos valores de PT com as alturas do dossel, não foram observados ajustes significativos para essa variável que apresentou média de 27,84 mEq Kg⁻¹ MS.

Os teores de CS estão aquém daqueles considerados mínimos para garantir adequada fermentação láctica da silagem que seria de 6 a 8% da MS (McDONALD et

al., 1991). No entanto, baixos teores de CS são facilmente relatados para capins Marandu, Elefante e Mombaça como 1,2; 5,0 e 3,75 a 5,85 % da MS, respectivamente (BERNARDES; RODRIGUES; COAN, 2005). Baixos teores de CS são um dos fatores limitantes para produção de silagem exclusiva de capins tropicais de boa qualidade e por esse motivo o aumento no teor de MS é sem dúvidas o fator determinante para elevação da CF, como observado ao longo do período de rebrotação de Verão 2015.

Figura 2 - Teor de massa seca (MS), poder tampão (PT) e carboidratos solúveis (CS) do capim mombaça coletado em diferentes alturas de dossel, durante a estação de verão de 2015, com altura do resíduo pós-desfolha de 20 cm.





Fonte: Elaboração do autor

4.2.2 Capacidade de fermentação vs valor nutritivo da forragem

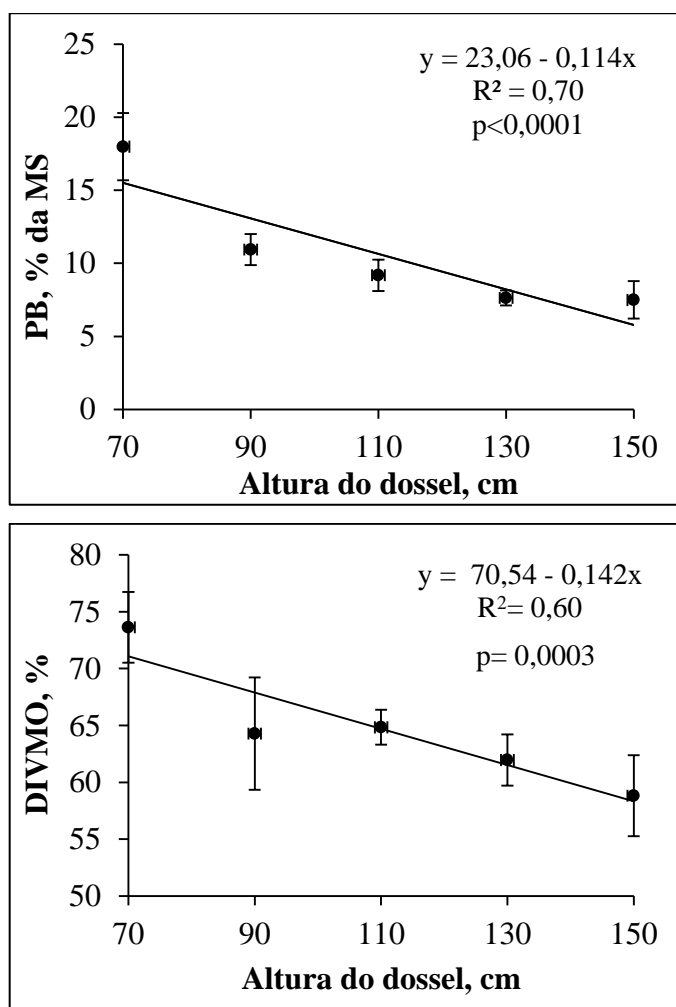
Os teores de PB, FDN, FDA, P e DIVMO apresentaram ajustes lineares significativos com as alturas do dossel ($p < 0,05$) para o verão de 2015. O parâmetro para Ca não apresentou ajuste significativo ($p > 0,05$), tendo como média $0,38 \pm 0,50\%$. Para PB, P e DIVMO e fibras houve decréscimo com o aumento da altura. Os teores de PB e DIVMO apresentaram reduções de 0,11 e 0,14% para cada centímetro acumulado no capim, respectivamente (Figura 3). Para a altura de 130 cm foi observado maior teor de CF para a estação de verão, os valores de PB e DIVMO foram respectivamente de 7,62 e 61,96%, que corresponderam a 42,4 e 84,2% do máximo valor observado na altura de 70 cm.

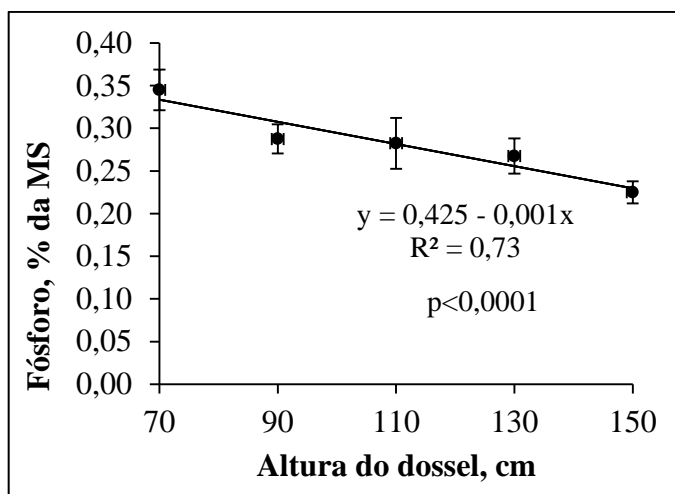
Com a recomendação da ensilagem do capim com base na altura, não é possível padronizar o material a ser ensilado, mas se este for associado a inoculantes específicos pode proporcionar silagem de capim com qualidade constante e superior aquelas produzidas pelos métodos convencionais, baseados em dias de corte mesmo com o uso destes aditivos.

É importante destacar que a redução nos teores de PB não deve ser considerada como fator determinante visando a conservação do capim em alturas inferiores, como estratégia de aumentar a concentração proteica da silagem, pois essa decisão poderia ocasionar perdas excessivas de MS durante a fermentação, consequência do aumento na emissão de dióxido de carbono e perdas por efluente, destacando que o efluente contém elevadas concentrações de minerais. Além desta perda de MS podem ocorrer reduções na concentração de nitrogênio total pela ação

da proteólise que é mais significativa na presença de elevadas concentrações de PB e a decomposição de aminoácidos com respectiva produção de putrescina e cadaverina (WOOLFORD, 1984).

Figura 3 - Teor de proteína bruta (PB) e digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) e Fósforo (P) do capim mombaça, coletado em dosséis de diferentes alturas, com altura do resíduo pós-desfolha de 20 cm, durante a estação de verão de 2015.

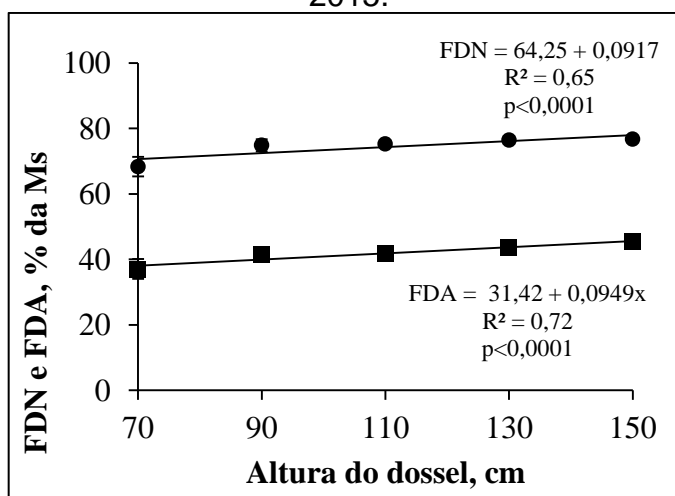




Fonte: Elaboração do autor

Os teores de FDN e FDA apresentaram variações semelhantes com as alturas do dossel com incrementos de 0,092 e 0,099% respectivamente, para cada centímetro acumulado na altura do capim mombaça, o que representou um acréscimo total de 8,3% nos teores de fibras quando considerou-se as diferenças entre a menor e a maior altura (Figura 4). Apesar dos valores de fibras não comporem a equação para estimativa da CF, essa fração representa os componentes estruturais da parede celular e sua maior participação na célula vegetal está correlacionada negativamente com a DIVMO com valores de -0,96 e -0,92 para FDN e FDA, respectivamente.

Figura 4 - Teores de fibras em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA) do capim mombaça coletado em diferentes alturas de dossel, durante a estação de Verão de 2015.

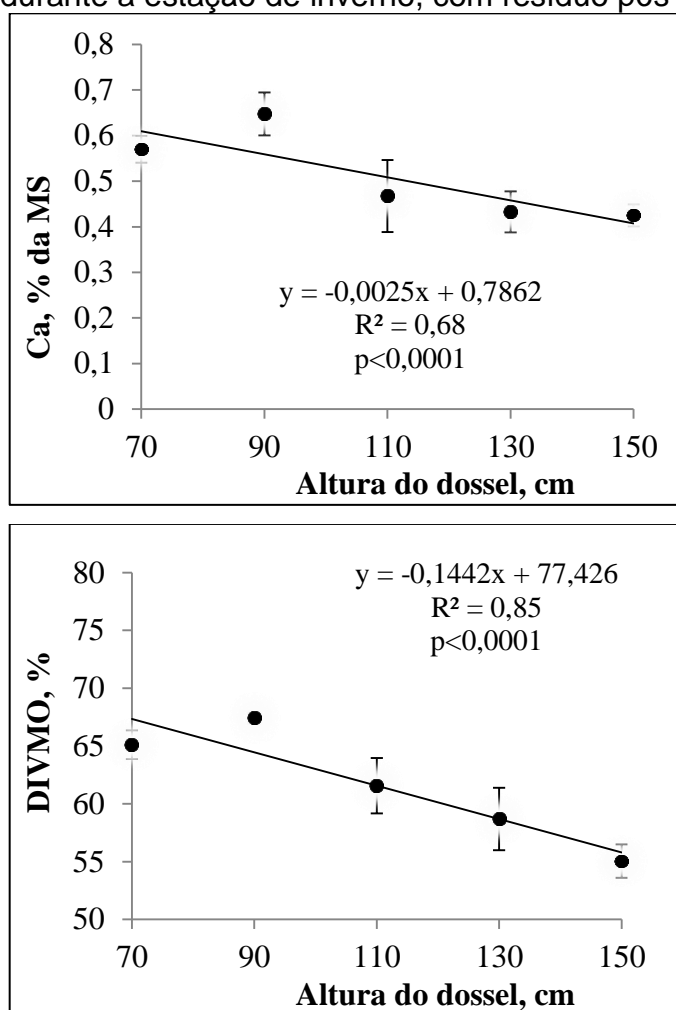


Fonte: Elaboração do autor

Para a rebrotação de inverno de 2015 foi observado ajuste significativos dos parâmetros da regressão para a concentração de Ca e DIVMO ($p < 0,05$), sendo que ambos apresentaram reduções lineares com o aumento na altura do capim mombaça. A concentração de Ca reduziu em taxas de $-0,0025\%$ para cada centímetro acumulado enquanto para a DIVMO essa redução foi de $-0,1442\%$ (Figura 5).

Foi observada para esta estação do ano uma modificação perceptível na composição dos componentes morfológicos do capim mombaça, principalmente pelo aumento nos teores de tecidos senescentes para as alturas de 110 e 130 cm sendo o período de seca foi mais intenso, com oscilações nos componentes entre o início e final do período, com relação ao período médio. Para a rebrotação de inverno de 2015, os teores médios de PB, FDN, FDA e P foram de 13,01; 74,21; 37,68 e 0,27%, respectivamente.

Figura 5 - Concentrações de Cálcio (Ca) e digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) do capim mombaça, coletado em diferentes alturas de dossel, durante a estação de inverno, com resíduo pós-desfolha de 20 cm.



Fonte: Elaboração do autor

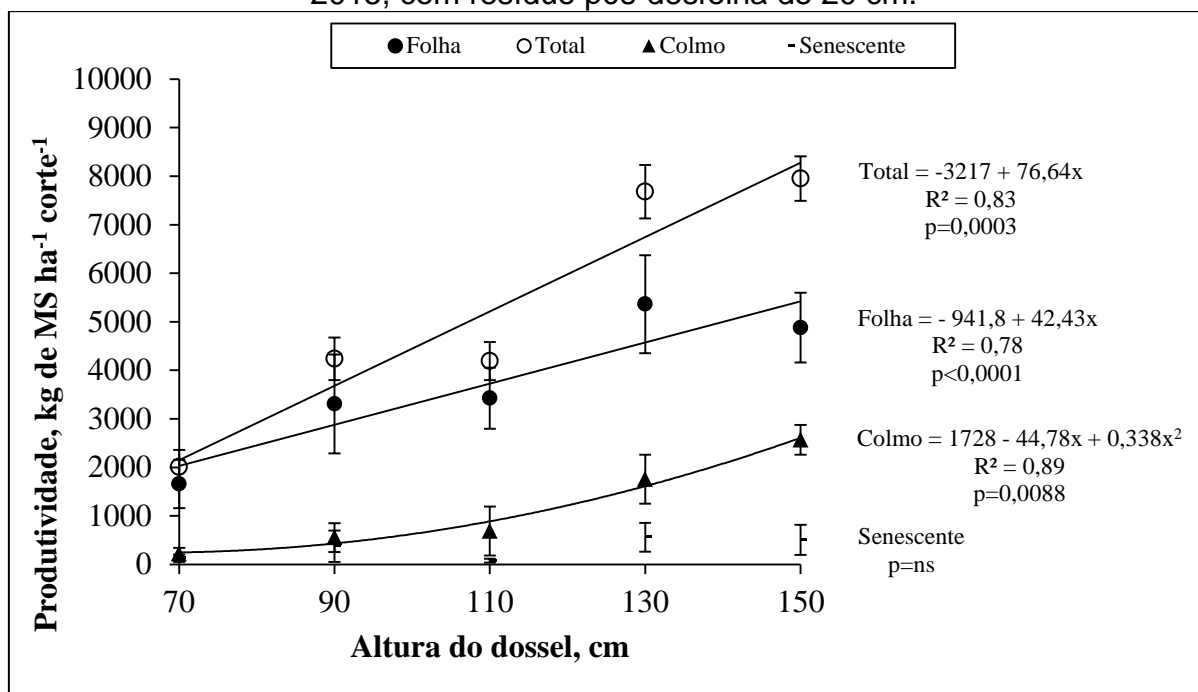
4.2.3 Produtividade de massa seca

O aumento na produtividade de MS total e de folhas foi linear ($p < 0,05$) com os incrementos em altura, com acréscimos de 76,6 e 42,4 kg MS ha⁻¹ para cada centímetro acumulado (Figura 6). A produtividade de MS de colmos apresentou comportamento quadrático ($p < 0,05$) sendo que os acúmulos foram mais expressivos após a altura de 90 cm (Figura 6), o que já foi consolidado em experimentos de morfogênese para o capim mombaça que têm essa altura como recomendação para o pastejo em sistemas rotativos (CARNEVALLI et al., 2006).

A produtividade de massa seca é uma variável importante para produção de capins tropicais, que apresentam como uma das características mais marcantes o elevado acúmulo de massa, quando comparado às plantas de metabolismo C3. Considerando que para a produção de silagem, a estrutura da pastagem não é significativa pela ausência do pastejo animal. Existe a possibilidade de ser explorada ao máximo a produtividade de MS mesmo com a participação de colmos, desde que sejam preservadas variáveis importantes para garantir a fermentação adequada, como os teores de MS, PT e CS.

A colheita do capim mombaça aos 130 cm de altura representou uma produtividade total máxima de 97%, para a colheita aos 150 cm de altura obteve uma proporção de folhas maior que foi de 70% contra os 61% para a maior altura. O capim Mombaça cortado a 150 cm a, produtividade de colmos na MS total foi mais representativa (Figura 6). A fração de MS senescente foi muita baixa sendo a média observada de 330 ± 309 kg de MS ha^{-1} .

Figura 6 - Produtividade de MS total, folha, colmo e material senescente do capim mombaça, coletado em dosséis de diferentes alturas durante a estação de Verão de 2015, com resíduo pós-desfolha de 20 cm.



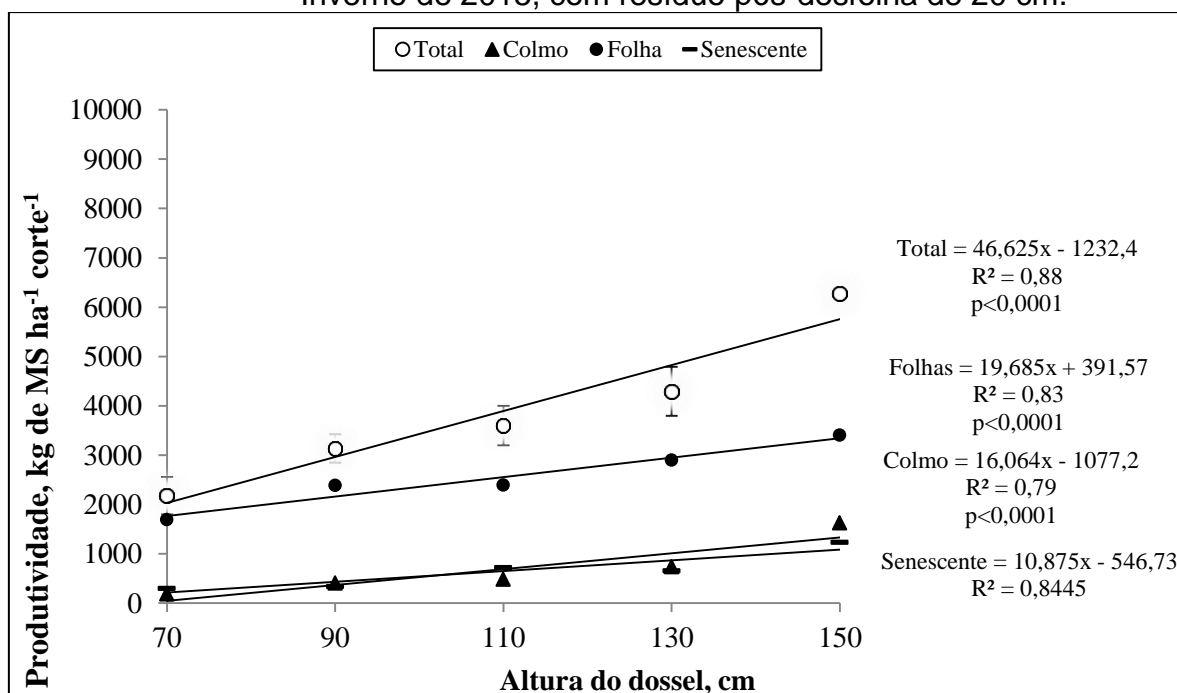
Fonte: Elaboração do autor

A produção de MS total do capim mombaça, estimada pela equação linear para a rebrotação de verão aos 130 cm de altura é de 6.746 kg de MS ha^{-1} , sendo facilmente possível a colheita de pelo menos quatro períodos de rebrotação na

estação de primavera/verão, para grande parte das regiões brasileiras, ou seja, uma disponibilidade de 26.984 kg de MS ha⁻¹ para a produção de silagem.

Para estação de inverno de 2015, todas as variáveis de produção se ajustaram linearmente ($p < 0,05$) as alturas do dossel (Figura 7). A maior produção de MS total foi observada para a altura de 150 cm, com valor de 5.761 kg ha⁻¹. A produtividade de MS senescente foi muito expressiva com o acúmulo de 10,9 kg ha⁻¹ para cada centímetro em altura do dossel (Figura 7) alcançando a maior produtividade aos 150 cm de altura, com valor médio de 1.084 kg de MS ha⁻¹, o que representou 18,9% da produtividade total de MS para a mesma altura do dossel. Essa expressiva fração de MS senescente foi visível ao longo do período de rebrotação que permaneceu na estrutura da pastagem mesmo após o início do período chuvoso e recuperação da pastagem.

Figura 7 - Produtividade de MS total, folha, colmo e material senescente do capim mombaça, coletado em diferentes alturas de dossel durante a estação de Inverno de 2015, com resíduo pós-desfolha de 20 cm.



Fonte: Elaboração do autor

4.3 Conclusões

A altura do dossel do capim mombaça apresenta significativa correlação com a capacidade de fermentação, no qual o maior valor observado foi aos 130 cm de altura no período chuvoso, sendo um parâmetro consistente para determinar o instante da ensilagem do material.

REFERÊNCIAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMIST - AOAC. **Official methods of analyses of the Association of Official analytical chemists**. 11. ed. Washington, 1975. p. 13-16.

AVILA, C.L.S.; PINTO, J. C.; FIGUEIREDO, H. C. P.; MORAIS, A. R.; PEREIRA, O, G.; SCHWAN, R. F.; Estabilidade aeróbia de silagens de capim mombaça tratadas com *Lactobacillus buchneri*. **Revista Brasileira Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, n. 5, p. 779-787, 2009.

BERNARDES, T.F.; REIS, R. A.; MOREIRA, A. L. Fermentative and microbiological profile of marandu-grass ensiled with citrus pulp pellets. **Scientia Agricola**. Piracicaba, v. 62, n. 3, p .214-220, 2005.

CARNEVALLI, R.A.; SILVA, S.C.; BUENO, A. A. O.; UEBELE, M.C.; BUENO, F.O.; HODGSON, j.; SILVA, G.N.; MORAIS, J.P.G. Herbage production and grazing losses in *Panicum maximum* cv. Mombaca under four grazing managements. **Tropical Grasslands**, Cali, v. 40, n. 2, 165–176. 2006.

CLAVIN, D.; CROSSON, P.; GRANT, J.; O'KIELY, P. Red clover for silage: management impacts on herbage yield, nutritive value, ensilability and persistence, and relativity to perennial ryegrass. **Grass and Forage Science**, Chichester, v. 71, 1-18, 2016.

COAN, R. M.; VIEIRA, P. F.; SILVEIRA, R. N.; REIS, R. A.; MALHEIROS, E. B.; PEDREIRA, M. S.; Inoculante Enzimático-Bacteriano, Composição Química e Parâmetros Fermentativos das Silagens dos Capins Tanzânia e Mombaça. **Revista Brasileira Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 34, n. 2, p. 416-424, 2005.

HERNANDEZ, F.B.T. Balanço Hídrico da Região de Ilha Solteira, Anais do Simpósio Internacional de Fruticultura Irrigada, 1., 1998, Ilha Solteira. **Anais... Ilha Solteira: UNESP**, 1995. p. 49.

JOHNSON, R.R.; BALWANI, T.L.; JOHNSON, L.J. Corn plant maturity. II. Effect on in vitro cellulose digestibility and soluble carbohydrate content. **Journal of Animal Science**, Champaign v. 25, n. 3, p. 617-623, 1966.

RIBEIRO, K. G.; GOMIDE, J.A.; PACIULLO, D. S.C.; Adubação Nitrogenada do Capim-elefante cv. Mott. 2. Valor Nutritivo ao Atingir 80 e 120 cm de Altura. **Revista Brasileira Zootecnia**, Viçosa, MG, v.28, n.6, p.1194-1202, 1999.

MARI, L. J. **Intervalo entre cortes em Capim marandu (*Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf cv. Marandu) produção, valor nutritivo e perdas associadas à fermentação da silagem**. 2003. F. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP, Piracicaba, 2003.

McDONALD, P. **The biochemistry of silage**. 2. ed. New York: 1991. 207 p.

O'KIELY, P.; PAHLOW, G. **Comparison of buffering capacity of grasses determined using two different techniques**. [S. l.]: Research Report Beef Production, Teagasc Grange Research Centre, 2003.

PAHLOW, G.; MUCK, R.E.; DRIENHUIS, F. Microbiology of ensiling. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Ed.) **Silage science and technology**. Madison: American Society of Agronomy, 2003. p. 31–94.

PLAYNE, M.J.; McDONALD, P. The buffering constituents of herbage and of silage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Medford, v. 17, n. 3, p. 264-268, 1966.

ROBERTSON, J.B.; VAN SOEST, P.J. The detergent system of analysis and its application to human foods. In: JAMES et al (Ed). **The analysis of dietary fiber in food**. New York: Marcel Dekker, 1981. p. 123-158.

RODRIGUES, P.H.M. Efeito da Adição de Níveis Crescentes de Polpa Cítrica sobre a Qualidade Fermentativa e o Valor Nutritivo da Silagem de Capim Elefante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 34, n. 4, p. 1138-1145, 2005.

SANTOS, E.M.; A.M. ZANINE, D.J. FERREIRA, J.S. OLIVEIRA, D.C.S. PENTEADO PEREIRA, O.G. Inoculante ativado melhora a silagem de Capim Tanzânia. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 57, n. 217, p. 35-42. 2008.

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

VASCONCELOS, W.A. Valor nutritivo de silagens de capim mombaça (*P. maximum* Jacq.) colhido em função de idades de rebrotação. **Revista Brasileira Saúde Produção Animal**, Salvador, v. 10, n. 4, p.874-884, 2009.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. New York: Cornell University Press, 1981. p. 476 .

WEISSBACH, F.; HONIG, H. Über die vorhersage und steuerung des gärungsverlaufs bei der silierung von grünfutter aus extensivem anbau. **Landbauforschung Völkenrode**, Germany, v. 1, n. 3, p. 10-17, 1996.

WERNER, J.C.; PEDREIRA, J.V.S.; CAIELLI, E.L. Estudos de parcelamento e níveis de adubação nitrogenada em Capim pangola. **Boletim de indústria animal**, Nova Odessa, v. 24, n. 2. p. 147-154, 1967.

WOOLFORD, M. K. The detrimental effects of air on silage. **Journal Applied Microbiology**, Madford, v. 68, n. 2, p. 101-116, 1984.

ZANINE, A.M.; SCHIMIDT, L.T.; DIAS, P.F.; MANHÃES SOUTO, S.M. Produção e qualidade do Capim Tanzânia (*Panicum maximum*) em diferentes idades e adubado com doses de N de chorume bovino. **Pasturas Tropicales**, Cali, v. 25, n. 2, p. 30-36, 2007.

5 ENSILAGEM DO CAPIM MOMBAÇA ASSOCIADA OU NÃO A DIFERENTES COMBINAÇÕES DE ADITIVOS

Os aditivos microbianos contendo principalmente as bactérias produtoras de ácido láctico (BALs) são utilizadas com a finalidade de melhorar, eficientemente, a conservação da silagem. Entre as BALs, as mais utilizadas são as espécies homofermentativas, como as *Lactobacillus plantarum*, *Enterococcus faecium* e *Pediococcus spp* que têm como principal característica a eficiente utilização dos carboidratos solúveis da forragem e produção intensiva de ácido láctico proporcionando rápida diminuição do pH após o fechamento do silo (WEINBERG; MUCK, 1996).

Aditivos estimulantes da fermentação durante a ensilagem são usados para aumentar a probabilidade de obtenção de fermentação satisfatória e silagem de alto valor nutritivo com mínimas perdas na ensilagem (SHARP et al., 1994). Estudos têm sido realizados com a finalidade de avaliar a utilização de *L. buchneri* (heterofermentativas) em silagens como forma de aumentar a estabilidade aeróbia e diminuição dos microrganismos indesejáveis (BERNARDES et al., 2005; AVILA et al., 2009; DRIEHUIS et al., 2001).

Resultados positivos foram observados para silagens de *Lolium perenne* inoculada com uma mistura de *L. buchneri* e outras duas BALs *P. pentosaceus* e *L. plantarum* (homofermentativas), onde os autores observaram significativa redução nas colônias de leveduras e presença de bolores na superfície das silagens, além de aumento da estabilidade aeróbia, quando comparado ao uso exclusivo de BALs homofermentativas (DRIEHUIS et al., 2001).

No entanto, é importante ressaltar que o teor de umidade da massa ensilada não deve ser elevado, caso contrário, nem mesmo a associação de BALs poderá agregar qualidade a silagem, como observado por Bernardes et al. (2005) para silagem de capim marandu com alto teor de umidade. Nesta condição a adição de aditivo absorvente poderia potencializar a eficiência das BALs. Os aditivos absorventes de umidade normalmente se traduzem em melhoria no perfil fermentativo da silagem, assim para que se tenha sucesso ao ensilar forrageiras tropicais o uso de aditivos fornecedores de carboidratos solúveis e que tenham capacidade de absorver umidade são fundamentais (VILELA, 1998).

Dentro dessa categoria de aditivo a polpa de citros tem se mostrado viável na ensilagem de forrageiras com alto teor de umidade, devido ao seu alto poder absorvente, favorecendo também a preservação de nutrientes que seriam perdidos pelo efluente ou pela própria fermentação indesejável no silo. De forma geral, a adição de 5 a 10% de polpa cítrica, com base na matéria natural, tem proporcionado redução na produção total de efluentes, perdas totais e redução do pH nas silagens dos capins Marandu, Tanzânia e Elefante (BERNARDES et al., 2005; RODRIGUES et al., 2005; BERGAMASCHINE et al., 2006; COAN et al., 2007).

Com isso o objetivo do trabalho foi identificar a combinação entre os aditivos: polpa cítrica e BALs homofermentativas (*Pediococcus pentosaceus* + *Lactobacillus plantarum*) e heterofermentativa (*L. buchneri*) que proporcione a melhor fermentação e estabilidade aeróbia na silagem de capim mombaça.

5.1 Material e Métodos

5.1.1 Local e delineamento experimental

O experimento foi conduzido na Fazenda de Ensino Pesquisa e Extensão da UNESP, Campus de Ilha Solteira. Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados com 8 tratamentos e 4 repetições totalizando 32 unidades experimentais. Os tratamentos corresponderam a ensilagem do capim mombaça adicionando 10% de polpa cítrica (PC) com base na matéria natural; inoculante contendo BALs homofermentativas *Pediococcus pentosaceus* e *Lactobacillus plantarum* (PL), inoculante contendo BALs heterofermentativa *L. buchneri* (LB) e as combinações entre eles (PC+PL; PC+LB; PC+PL+LB e PL+LB). As coletas foram realizadas em duas rebrotações consecutivas analisando-se posteriormente de forma agrupada, apresentando a média dos ciclos para cada tratamento.

5.1.2 Colheita do capim e preparo dos tratamentos

As duas rebrotações da estação de verão ocorreram entre os dias 05 de janeiro e 15 de fevereiro e 23 de fevereiro a 10 de junho de 2016. O capim mombaça foi colhido com o auxílio da ensiladora de área total para capins (plataforma JF

1300) acoplada ao trator modelo massey ferguson 285 4x2, deixando resíduo pós-colheita de 20 cm, sendo regulado para obter tamanho médio de partículas de 2 cm.

Após a colheita e picagem foi adicionada a massa de capim mombaça os respectivos aditivos que deram origem aos tratamentos em estudo. Foi utilizado aproximadamente 2,9 kg de polpa cítrica nos tratamentos que receberam polpa sendo a mistura realizada manualmente.

Foram utilizados inoculantes específicos para ensilagem de capins (Silo Max, Centurium, Matsuda) contendo BALs homofermentativas *Pediococcus pentosaceus* e *Lactobacillus plantarum* e para ensilagem de cana-de-açúcar (Silo Max cana, Matsuda) contendo BALs heterofermentativa *L. buchneri*. Os inoculantes foram diluídos em água deionizada e pulverizado diretamente sobre a forragem adotando-se uma calda equivalente a 2 L t^{-1} de massa verde.

5.1.3 Enchimento e abertura dos silos

Antes da compactação das silagens nos silos retirou-se uma amostra de cada parcela que foi acondicionada em sacos plásticos, identificadas e armazenada em freezer até o início das análises. As silagens foram feitas em silos experimentais (unidade experimental) confeccionados de baldes plásticos com capacidade para 15 L e com tampas apropriadas para garantir a adequada vedação. A massa foi compactada em camadas com o auxílio de uma prensa hidráulica manual como forma de agilizar a conclusão dos trabalhos e proporcionar uma densidade de aproximadamente 550 kg m^{-3} . Os silos ficaram guardados em local protegido de sol e chuva, sendo realizada a abertura aos 92 dias após o fechamento, após a abertura dos silos deram sequência às análises. Na abertura dos silos uma camada de aproximadamente 20 cm foi descartada devido a deterioração do material que estava na superfície.

Para que o efluente produzido durante o período de ensilagem fosse adequadamente recolhido, foi colocado no fundo de cada silo aproximadamente 2 kg de areia seca em estufa a 65°C por 72h, contida dentro de um saco de tecido de algodão adequadamente fechado. O procedimento descrito foi semelhante para silagem de ambas colheitas.

5.1.4 Quantificação de perdas de gases e efluentes

Para determinação da perda por gases e efluente decorrentes do processo fermentativo, foram determinadas pelo método gravimétrico usando-se as respectivas equações proposta por Schmidt (2006) como: $G = [(PCen - Pen) * MSen] - [(PCab - Pen) * MSab] / [(PCen - Pen) * MSen] \times 100$ e $E = (Pab - Pen) / (MVfe) \times 1000$. Onde: G= Perdas por gases em % da MS; PCen= Peso do silo cheio na ensilagem (kg); Pen= Peso do conjunto (silo+tampa+areia+tela+pano) na ensilagem (kg); MSen= Teor de MS da forragem na ensilagem (%); PCab= Peso do silo cheio na abertura (kg); MSab= Teor de MS da forragem na abertura(%); E= Produção de efluente (kg/t de massa verde); Pab= Peso do conjunto (silo+areia+pano+tela) na abertura (kg); Pen= Peso do conjunto (silo+areia+pano+tela) na ensilagem (kg); MVfe = Massa verde de forragem ensilada (kg).

5.1.5 Índices de recuperação de MS

Foram calculados pela equação $RMS = (Mfab \times MSab) / (MFfe \times MSfe) \times 100$. Onde: RMS (%)= índice de recuperação de matéria seca; Mfab (Kg)= massa de forragem na abertura; MSab (%) = teor de MS na abertura; MFfe (Kg)= massa de forragem no fechamento e Msfe (%) = teor de MS da forragem no fechamento.

5.1.6 Determinação dos valores de pH

Foi medido com o auxílio de um peagmetro por meio da leitura do líquido da silagem puro que foi extraído com uma prensa hidráulica logo após a abertura dos silos.

5.1.7 Determinação tamanho médio de partículas

Determinado com base na estratificação das partículas por meio do método *Penn State Particle Size Separator* utilizando-se quatro peneiras onde a quarta peneira foi desenvolvida pela Universidade da Pensilvânia (LAMMERS et al., 1996).

5.1.8 Determinação dos teores de nitrogênio amoniacal e ácidos graxos voláteis

Os teores de nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total (N-NH₃% N total) e ácidos graxos de cadeia curta (ácidos acético, propiônico e butírico) foram determinados por cromatografia gasosa segundo metodologia (AOAC, 1980). A concentração de ácido láctico foi determinada por absorvância sendo realizada com auxílio do espectrofotômetro seguindo a metodologia adaptada de Pryce (1969).

5.1.9 Análises químico-bromatológicas

Os teores de MS, MM, Ca, P e PB, foram determinados de acordo com a metodologia descrita por (AOAC, 1980). O teor de CS foi determinado conforme Johnson et al. (1966), concentrações de FDN e FDA pelo método sequencial de análise segundo técnicas descritas por (ROBERTSON; VAN SOEST, 1981), e a DIVMO foi determinada utilizando-se a metodologia de Tilley e Terry (1963).

5.1.10 Determinação estabilidade aeróbia

Após a abertura dos silos e colheita da silagem para as análises citadas anteriormente, todo o conteúdo de silagem restante foi acondicionado, sem compactação, em bandejas sem tampa onde permaneceram por dez dias em condição de aerobiose, em ambiente protegido, para avaliação da estabilidade aeróbia.

No centro geométrico de cada bandeja foi colocado um mini *datalogger* de temperatura (Mod. DHT5012 2Way, Perceptec) para registro e armazenamento das

temperaturas a cada 10 minutos. Outro *datalogger* permaneceu fora das bandejas para registrar a temperatura do ambiente local. A estabilidade aeróbia foi calculada como o tempo, em minutos, para que as silagens, após a condição de aerobiose, apresentassem temperatura 2°C mais elevada que a temperatura ambiente.

5.1.11 Análise estatística dos dados

Os dados foram submetidos à análise de variância por meio do programa estatístico SAS. Para o teste de média o procedimento GLM foi utilizado onde os tratamentos foram considerados como efeitos fixos e, os blocos e a interação entre esses como efeitos aleatórios.

As médias foram comparadas ao nível de significância de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Os valores apresentados são as médias ajustadas obtidas pelo método dos quadrados mínimos e a medida de dispersão adotada foi o erro-padrão da média. Para comparações específicas de grupos de tratamentos, foi realizado a análise de contrastes, a partir do desdobramento dos graus de liberdade. A partir dessas análises compararam-se os tratamentos com e sem aditivos.

5.2 Resultados e Discussão

5.2.1 Composição bromatológica antes da ensilagem

Para as análises realizadas antes da ensilagem as médias para PB, FDN, FDA, PT e cinzas, não diferiram entre os tratamentos ($p > 0,05$). Para MS e CS os tratamentos que continham polpa cítrica apresentaram teores mais elevados variando entre 25,9 e 29,2 para MS e 5,2 a 6,5 para CS Tabela 1.

Tabela 1. Composição química e bromatológica dos tratamentos antes da ensilagem

Tratamentos	Variáveis						
	MS (%)	CS	PB	FDN (%MS)	FDA	CZ	PT (meq 100 ⁻¹ g MS)
C	22,09c	3,9c	8,2	75,6	52,7	10,2	19,1
LB	21,6c	3,9c	7,8	74,8	52,0	10,0	19,0
PL	23,7bc	3,9c	7,6	74,5	50,8	10,4	17,5
PL+LB	20,7c	4,3bc	7,8	75,6	52,2	10,4	16,8
PC	29,2a	6,5a	8,0	69,6	48,4	10,1	18,0
PC+LB	25,9ab	6,1ab	7,4	71,2	50,0	10,2	16,9
PC+PL	27,6a	5,2abc	7,9	69,6	48,6	9,7	16,0
PC+PL+LB	28,1a	5,3abc	7,7	68,7	48,9	9,9	17,7

Nota: Onde: C = tratamento controle, LB = inoculante contendo BALs heterofermentativa *Lactobacillus buchneri*, PC = adição de 10% de polpa cítrica com base na matéria natural, PC+LB = polpa cítrica + BALs heterofermentativa *L. buchneri*, PC+PL= polpa cítrica + BALs homofermentativas *Pediococcus pentosaceus* + *L. plantarum*, PC+PL+LB= polpa cítrica + BALs heterofermentativa *L. buchneri* + BALs homofermentativas *P. pentosaceus* + *L. plantarum*, PL= BALs homofermentativas *P. pentosaceus* e *L. plantarum* e PL+LB= BALs homofermentativas *P. pentosaceus* e *L. plantarum* + BALs heterofermentativa *L. buchneri*, MS=matéria seca, CS= Carboidratos Solúveis, PB= proteína bruta, FDN= fibra em detergente neutro, FDA= fibra em detergente ácido, CZ= cinzas, PT= poder tampão. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de significância ($p < 0,05$).

Fonte: Elaboração do autor

A polpa cítrica apresenta alto teor de carboidratos solúveis e massa seca resultando em elevada capacidade de absorção de água, em razão disso tornou-se capaz de contribuir significativamente para elevação dos teores de MS da massa a ser ensilada e conseqüentemente para melhores fermentações, o que é muito desejável para uma boa conservação, redução de perdas de MS e qualidade da silagem.

5.2.2 Composição química-bromatológica e valor nutritivo das silagens

5.2.2.1 Teor de matéria seca da silagem

Na Tabela 2 a análise dos dados evidenciou incremento dos valores médios de MS para os tratamentos que continham 10% de polpa cítrica PC, PC+LB, PC+PL e PC+PL+LB, em razão da polpa conter elevado teor de matéria seca 86,5%. As combinações dos tratamentos com aditivos sem polpa cítrica diferiram de todos os tratamentos que continham polpa cítrica. Resultado semelhante foi obtido por Evangelista et al. (2001), ao adicionarem níveis crescentes de polpa cítrica 5, 10 e 15% em silagem de Coast-cross.

Para obtenção de silagens de boa qualidade os teores de MS deveriam ser, no mínimo, de 25% e a relação PT/CS deveria ser no máximo de 3,0 (WOOLFORD,

1984). Para o teor de MS os tratamentos C, PL, PL+LB, não diferiram entre si, porém apresentaram diferença significativa quando comparados com os tratamentos que continham polpa cítrica.

Pode-se inferir que a adição de inoculantes microbiológicos nas silagens não influenciou significativamente ($p < 0,05$) nos teores de MS das silagens avaliadas. Os dados estão condizentes com os dados observados por Coan et al. (2005) onde obtiveram teores de 24,6% e 26,8% de MS para as silagens de Capim Tanzânia submetido ou não à adição de inoculantes microbiológicos. Pelo teste de contrastes aplicado sobre a média dos teores de MS, tanto o uso das combinações de (PC+LB vs PC+PL) e (PC+LB vs PC+PL+LB) foram significativos ($p < 0,05$).

5.2.2.2 Teor de carboidratos solúveis das silagens

Na Tabela 2 observam-se os teores de carboidratos solúveis, em que os tratamentos que continham polpa cítrica, propiciaram aumento dos valores médios de carboidratos solúveis variando entre 4,9 a 5,4 %, diferindo dos tratamentos associados, com ou sem inoculantes microbianos.

Os maiores teores de carboidratos solúveis na presença de polpa cítrica evidencia participação no aumento do teor de CS no alimento, a contribuição desse subproduto em fornecer substratos fermentescíveis às bactérias acidoláticas. Os tratamentos C, LB, PL, PL+LB mantiveram se estáveis não elevando os teores de carboidratos solúveis das silagens, assim não houve diferenças significativas entre os mesmos. Na análise de contraste realizada para CS houve efeito significativo entre (C vs LB) ($p < 0,05$).

Tabela 2. Composição química-bromatológica das silagens, associadas ou não a diferentes combinações de aditivos. Médias duas rebrotações do período chuvoso

Tratamentos	Variáveis								
	MS	DIVMO	CS	PB	FDN	FDA	CZ	P	Ca
	(%)				(%MS)				
C	21,3b	52,0b	2,2b	7,2c	68,7a	43,4ab	10,3	3,1	4,8
LB	21,3b	50,4b	2,8b	7,3c	72,8a	47,3 a	10,4	3,1	5,0
PL	21,3b	52,0b	2,6b	7,4bc	73,3a	47,6a	10,3	2,9	4,7
PL+LB	20,6b	48,6b	2,2b	7,2c	72,5a	47,9a	10,6	3,3	4,9
PC	28,0a	64,9a	5,4a	7,9abc	57,8b	37,4bc	10,1	2,7	6,8
PC+LB	27,0a	65,1a	5,3a	8,4ab	59,7b	35,4c	10,3	2,9	7,1
PC+PL	28,3a	66,2a	5,4a	8,6a	57,2b	37,1bc	9,9	2,9	6,8
PC+PL+LB	25,8a	64,7a	4,9a	8,3ab	59,1b	38,2bc	10,1	2,9	7,0
Contrastes									
C vs LB	21,3 vs 21,3	52,0 vs 50,4	2,2 vs 2,8*	7,2 vs 7,3	68,7 vs 72,8*	43,4 vs 47,3	10,3 vs 10,4	3,1 vs 3,1	4,8 vs 5,0
PC vs Demais	28,0 vs 23,6	64,9 vs 57	5,4 vs 3,6	7,9 vs 7,7	57,8 vs 66,1	43,4 vs 41,5	10,1 vs 10,2*	2,7 vs 3,0	6,8 vs 5,7*
LB vs Demais	21,3 vs 24,6	50,4 vs 59,0*	2,8 vs 4,0	7,3 vs 7,8	72,8 vs 64,0	47,3 vs 41,0	10,4 vs 10,2	3,1 vs 2,9	5,0 vs 6,0
PC+LB vs PC+PL	27,0 vs 28,3*	65,1 vs 66,2	5,3 vs 5,4	8,4 vs 8,6	59,7 vs 57,2 *	35,4 vs 37,1	10,3 vs 9,9	2,9 vs 2,9	7,1 vs 6,8

Nota: Onde: C = tratamento controle, LB = inoculante contendo BALs heterofermentativa *Lactobacillus buchneri*, PC = adição de 10% de polpa cítrica com base na matéria natural, PC+LB = polpa cítrica + BALs heterofermentativa *L. buchneri*, PC+PL = polpa cítrica + BALs homofermentativas *Pediococcus pentosaceus* + *L. plantarum*, PC+PL+LB = polpa cítrica + BALs heterofermentativa *L. buchneri* + BALs homofermentativas *P. pentosaceus* + *L. plantarum*, PL = BALs homofermentativas *P. pentosaceus* e *L.* e PL+LB = BALs homofermentativas *P. pentosaceus* e *L. plantarum* + BALs heterofermentativa *L. buchneri*. Médias duas rebrotações do período chuvoso. MS= matéria seca, DIVMO= digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica, CS= carboidratos solúveis, PB= proteína bruta, FDN= fibra em detergente neutro, FDA= fibra em detergente ácido, CZ= cinzas, P= Fósforo, Ca= Cálcio, ns = não-significativo pela análise de contrastes 5% ($p>0,05$), * = significativo 5% ($p<0,05$) pela análise de contrastes, médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de significância ($p<0,05$).

Fonte: Elaboração do autor

5.2.2.3 Teor de proteína bruta da silagem

A análise dos dados da Tabela 2 a silagem com adição de polpa cítrica foi mais efetiva em preservar o teor de PB ($p < 0,05$) nas silagens do capim mombaça. Nas silagens de capim mombaça submetidas à adição de inoculantes microbianos, observou-se queda na porcentagem de PB e outros componentes potencialmente digestíveis.

A polpa cítrica apresenta teor de PB de 6% antes da ensilagem, podendo ser um efeito positivo quando avaliado o efeito da degradação protéica sobre a qualidade da silagem. Os dados encontrados neste estudo corroboram com os resultados obtidos por Coan et al. (2005), que observaram valores superiores de PB para as silagens de Capim Tanzânia sem aditivos microbianos e um decréscimo nos valores de PB de 10,8 % quando adicionadas aditivos microbianos.

5.2.2.4 Teor de fibra insolúvel em detergente neutro das silagens

Constatou-se, pela análise dos dados de FDN Tabela 2, que a silagem do capim mombaça apresentou teores mais elevados nos tratamentos controle e com combinações dos aditivos microbianos em relação aos tratamentos que continham 10% de polpa cítrica, observando-se que houve efeito significativo dos tratamentos com polpa cítrica em relação aos com aditivos microbianos, sendo que valores inferiores são desejados em silagens de boa qualidade. Os teores obtidos no presente experimento estão de acordo com os observados por Bergamaschine (2006) em tratamento no qual acrescentou 10% de polpa cítrica na ensilagem de capim-marandu observou teores de FDN diminuírem com a adição de polpa cítrica.

Um dos problemas para a alimentação animal é a dificuldade dos animais consumirem volumoso suficiente para obterem maiores níveis de produção, este fato está relacionado com a qualidade da fibra, o alimento com alto teor de FDN resulta no aumento do tempo de digestão no rúmen-retículo tendo efeito negativo na alimentação do animal em função do efeito de enchimento ruminal (MARTINS, 1997). Houve efeito significativo entre os contrastes (PC+LB vs PC+PL), (PL vs demais) e (C vs LB) com significância 5% ($p < 0,05$).

5.2.2.5 Teor de fibra insolúvel em detergente ácido das silagens

A análise dos dados de FDA Tabela 2 da silagem do capim mombaça demonstra que houve efeito significativo 5% ($p>0,05$) dos tratamentos com polpa cítrica sobre as combinações dos aditivos microbianos, os teores de FDA seguiram a mesma tendência dos teores de FDN no qual observa uma diminuição nos teores de FDA dos tratamentos que continham polpa cítrica. Os teores da FDA têm relação com os teores de lignina dos alimentos, que determinam a digestibilidade da fibra, pois quanto menor o teor de FDA, menor será o teor de lignina, e conseqüentemente melhor a digestibilidade do alimento.

Em trabalho realizado com os capins Marandu e Tanzânia, verificou que a adição de polpa cítrica promoveu redução nos teores de FDA nas silagens do capim Marandu. No entanto, a silagem do capim Tanzânia apresentou variação expressiva nos tratamentos utilizados (0, 5 e 10% de polpa cítrica) (COAN 2005). Ferrari Júnior et al. (2009) igualmente verificaram tendência de redução nos teores de FDA de 45,4% (0% de polpa cítrica) para 41,9% (5% de polpa cítrica) e 40,5% (10% de polpa cítrica).

5.2.2.6 Digestibilidade verdadeira in vitro da matéria orgânica das silagens

Na Tabela 2 estão apresentados os dados de DIVMO da silagem, observou-se aumento 5% ($p<0,05$) nos tratamentos que continham polpa cítrica. Wainman e Dewey (1988) reportaram alta DIVMO em silagens com polpa cítrica, devido ser uma fonte de pectina, substrato esse com alta digestibilidade. Os maiores teores de DIVMO foram observados nos tratamentos com polpa cítrica que pode ser considerado satisfatório em se tratando de gramíneas tropicais, embora a DIVMO do capim mombaça possa atingir valores superiores aos determinados nesse experimento.

Amaral et al. (2004) e Ribeiro et al. (2004) observaram que a adição de 5 ou 10% de polpa cítrica na ensilagem do Capim Marandu diminuiu os teores dos componentes da parede celular e aumentou os teores de DIVMS da silagem. Esses resultados indicam que além do melhor perfil de fermentação há um benefício do ponto de vista nutricional resultado da adição da polpa cítrica.

5.2.3 Perfil fermentativo das silagens

5.2.3.1 pH das silagens

Quanto aos valores de pH Tabela 3, ocorreram diferenças significativas 5% ($p > 0,05$) entre as silagens, entre os tratamentos que continham aditivos microbiológicos com os que continham polpa cítrica, observa-se que houve uma redução nos valores médios de pH quando adicionados polpa cítrica, o que é desejável no processo de fermentação da silagem.

McDonald et al. (1991) mencionaram que o limite máximo de pH para obtenção de silagens de qualidade satisfatória deve ser 4,2. Dessa forma, as silagens avaliadas sem polpa cítrica apresentaram valores superiores ao limite máximo. Em silagens convencionalmente conservadas, o pH elevado foi indicativo de grande produção de ácidos mais fracos, como o acético, oriundos de fermentações indesejáveis (VAN SOEST, 1994).

5.2.3.2 Nitrogênio amoniacal

Woolford (1984) e McDonald et al. (1991), na classificação quanto ao teor de nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total, consideraram a silagem como muito boa quando os valores forem inferiores a 10%; aceitável de 10 a 15% e insatisfatória quando os valores se situaram acima de 20%. Menores teores de nitrogênio amoniacal indicam menor intensidade de proteólise durante o processo de fermentação, em decorrência de menor atuação de bactérias do gênero *Clostridium* e, conseqüentemente, em menor produção de ácido butírico (McDONALD et al., 1991; MUCK, 2001).

Na Tabela 3, de acordo com os tratamentos com polpa cítrica apresentaram - se dentro dos parâmetros considerados desejáveis inferior a 10% para se obter silagens de boa qualidade, variando entre 1,3% a 3,0%, já para os tratamentos sem polpa cítrica variaram de 11,6% a 16,3% ficando entre os níveis considerados aceitáveis. Para as análises de contrastes realizadas com os valores médios do perfil fermentativo das silagens, não observou-se efeito significativo para pH e N-NH₃.

Tabela 3. Perfil fermentativo das silagens, associadas ou não a diferentes combinações de aditivos. Médias duas rebrotações do período chuvoso

Tratamentos	Variáveis					
	pH	N - NH ₃ (%total N)	Ácido graxo de cadeia curta			
			Lático	Acético	Propiônico	Butírico
(g kg ⁻¹ de MS)						
C	4,7a	11,6a	7,0	37,1b	25,5a	50,2ab
LB	4,8a	15,9a	8,2	39,2ab	27,3a	52,3a
PL	4,9a	14,9a	7,0	14,6c	1,8b	17,9cd
PL+LB	5,1a	16,3a	8,7	49,2a	24,4a	32,4bc
PC	4,0b	2,7b	7,8	34,3b	23,6a	39,8ab
PC+LB	3,9b	3,0b	7,0	14,2c	2,8b	12,8cd
PC+PL	3,7b	2,8b	9,3	19,9c	1,2b	3,1d
PC+PL+LB	3,9b	1,3b	6,2	22,0c	3,1b	10,0d
Contrastes						
Com PC	3,92b	2,49b	-	17,7b	2,3b	10,9b
vs						
Sem PC	4,91a	14,73a	-	40,3a	25,3a	43,9a

Nota: Onde: C = tratamento controle, LB = inoculante contendo BALs heterofermentativa *Lactobacillus buchneri*, PC = adição de 10% de polpa cítrica com base na matéria natural, PC+LB = polpa cítrica + BALs heterofermentativa *L. buchneri*, PC+PL = polpa cítrica + BALs homofermentativas *Pediococcus pentosaceus* + *L. plantarum*, PC+PL+LB = polpa cítrica + BALs heterofermentativa *L. buchneri* + BALs homofermentativas *P. pentosaceus* + *L. plantarum*, PL = BALs homofermentativas *P. pentosaceus* e *L. e* PL+LB = BALs homofermentativas *P. pentosaceus* e *L. plantarum* + BALs heterofermentativa *L. buchneri*. Teste de Tukey a 5% de probabilidade. N-NH₃: nitrogênio amoniacal. ns = não-significativo pela análise de contrastes (P>0,05); * = significativo (P<0,05) pela análise de contrastes, médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de significância (P<0,05).

Fonte: Elaboração do autor

5.2.3.3 Teores de ácidos graxos de cadeia curta

Na análise dos dados os teores de ácido acético Tabela 3 revelaram que os tratamentos sem polpa cítrica foram maiores variando de 49,2 a 14 g kg⁻¹ de MS. De acordo com McDonald et al. (1991) a elevada produção de ácido acético é indício da atuação de enterobactérias, que ocorrem durante os estádios iniciais da fermentação da silagem, competindo com as bactérias lácticas por nutrientes. Esses microrganismos têm pouca atividade proteolítica, porém são capazes de degradar alguns aminoácidos, contribuindo para a produção de amônia e aminas biogênicas, a exemplo dos clostrídios. Segundo esses autores, o mecanismo de fermentação das enterobactérias é semelhante ao das bactérias heterofermentativas, ocasionando perdas de matéria seca e pequenas perdas de energia.

Para os valores médios de ácido propiônico houve diferença significativa entre os tratamentos controle e com aditivos em relação aos que continham polpa cítrica variando de 1,2, a 23,6 g kg⁻¹ de MS. Segundo McDonald, (1991) alguns microrganismos, como espécies de bactérias ácido propiônicas (*Propionibacterium sp*) e o *Clostridium propionicum*, são provavelmente responsáveis pela produção de ácido propiônico nas silagens, sendo que o último produz ácido propiônico pela redução direta do ácido láctico. Observou-se baixos teores de ácido propiônico nas silagens de Capim Tifton 85 emurhecida ou não e que receberam ou não polpa cítrica (5% da matéria verde), não verificou-se efeito definido dos conteúdos de MS obtidos com os diferentes tratamentos (SCHOKEN-ITURRINO et al., 2005).

Silagens contendo altas concentrações de ácido butílico como observado no experimento 2 (> 1 g kg⁻¹ MS) geralmente tem baixa concentração de ácido láctico (Tabela 3) e apresentam altos concentrações de FDA e FDN (Tabela 2) uma vez que muitos nutrientes solúveis foram degradados (McDONALD et al., 1991). A presença de ácido butílico indica que ocorreram fermentações indesejáveis, que prejudicam assim a qualidade do produto preservado (LAVEZZO, 1985).

Elevada concentração de nitrato em silagens tem demonstrado ser um efeito inibitório no desenvolvimento de clostrídios (SPOELSTRA, 1983). Nitrato é comumente reduzido a nitrito na fase inicial de ensilagem por atividade microbiana, e esta transição inicial é seguida por oxidação para óxido nítrico (SPOELSTRA, 1985). Assim, o efeito inibitório é efetivamente exercido pelo nitrito ou pelo óxido nítrico em vez do próprio nitrato (McDONALD et al., 1991).

Uma forte correlação negativa ($r = 0,9733$, $P < 0,05$) entre o teor de nitrato e a formação de butirato foi encontrada em silagens de capim da Guiné, conforme relatado por Namihira et al. (2010) que indicou o efeito inibitório do nitrato na atividade clostridial e na produção de butirato. No entanto, devido a elevada concentração de ácido butírico encontrada nas silagens do experimento 2, sugere-se que a concentração de nitrato no capim Mombaça na colheita não foi capaz de evitar a fermentação por clostrídios.

5.2.4 Perdas de massa seca das silagens

5.2.4.1 Perda por gases

A produção de gases originados dos tratamentos experimentais está apresentada na Tabela 4, sendo quantificada em porcentagem da massa seca. Os resultados mostram que houve efeito significativo ($p < 0,05$) entre os tratamentos com polpa cítrica e com aditivos microbianos, sendo que, os tratamentos com adição da polpa cítrica produziram as menores quantidades de gases, (2,4 a 3,2 % MS). Apesar dos tratamentos contendo polpa cítrica apresentarem benefício positivo para redução das perdas de MS por gases, quando combinado a polpa cítrica a algum inoculante microbiano, seja LB, PL ou PL+LB apresentaram as menores perdas por gases neste experimento, com valores médios variando de 3,2 a 2,9 %.

As maiores produções de gases para os tratamentos com umidade mais elevada e sem adição de polpa cítrica, se deve a maior incidência de fermentações indesejáveis, características que podem ser constatadas pelos teores de nitrogênio amoniacal (% do nitrogênio total) e pH apresentados na Tabela 3. As perdas por gases estão associadas ao perfil de fermentação ocorrido na silagem, sendo que as menores perdas são ocasionadas pelas bactérias homofermentativas que utilizam glicose como substrato para a síntese de lactato. Maiores produções de gases estão associadas com as bactérias heterofermentativas (IGARASSI, 2002). Para o contraste dos valores médios da RMS (PC vs demais) e (PC+LB vs PC+PL+LB), apresentaram efeito significativo 5% ($p < 0,05$).

Tabela 4- Perdas de massa seca por gases e efluentes, recuperação de matéria seca (RMS), perdas de matéria seca total (PerMS), tamanho médio de partícula (Tam. Part.), nas silagens de capim Mombaça. Médias duas rebrotações do período chuvoso

Tratamentos	Variáveis				
	Gases (% de MS)	Efluente (kg t ⁻¹ de Massa original)	RMS	PerMS (%)	Tam. Part (cm)
C	6,0a	42,1a	91,4	5,8a	1,4
LB	5,7a	51,8a	92,4	7,3a	1,4
PL	4,7ab	47,5a	85,9	6,4a	1,3
PL+LB	5,8a	52,0a	92,6	7,2a	1,4
PC	2,6b	2,8b	94,2	1,7b	1,1
PC+LB	3,2b	-0,3b	99,6	1,3b	1,1
PC+PL	2,4b	-0,5b	98,5	1,2b	1,1
PC+PL+LB	2,9b	1,1b	90,3	1,4b	1,1
Contrastes					
PC vs Demais	2,6 vs 4,3	2,8 vs 27,6	94,2 vs 92,9*	1,7 vs 4,3	1,1 vs 1,2
PC+LB vs PC+PL+LB	3,2 vs 2,9	-0,3 vs 1,1	99,6 vs 90,3*	1,3 vs 1,4	1,1 vs 1,1

Onde: C = tratamento controle, LB = inoculante contendo BALS heterofermentativa *Lactobacillus buchneri*, PC = adição de 10% de polpa cítrica com base na matéria natural, PC+LB = polpa cítrica + BALS heterofermentativa *L. buchneri*, PC+PL = polpa cítrica + BALS homofermentativas *Pediococcus pentosaceus* + *L. plantarum*, PC+PL+LB = polpa cítrica + BALS heterofermentativa *L. buchneri* + BALS homofermentativas *P. pentosaceus* + *L. plantarum*, PL = BALS homofermentativas *P. pentosaceus* e *L. e* e PL+LB = BALS homofermentativas *P. pentosaceus* e *L. plantarum* + BALS heterofermentativa *L. buchneri*. ns = não-significativo pela análise de contrastes 5 % (p>0,05), * = significativo 5% (p<0,05) pela análise de contrastes, médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de significância (p<0,05).

Fonte: Elaboração do autor

5.2.4.2 *Produção de efluente*

Estes resultados confirmam que é possível reduzir significativamente as perdas por efluentes no processo de ensilagem de capins tropicais que contém alto teor de umidade, desde que seja considerada a adição de 10% de polpa cítrica. Neste experimento a adição da polpa cítrica contribuiu para a redução das perdas por efluente contribuindo na redução do impacto ambiental proporcionado pelo efluente.

O efeito do teor de massa seca na produção de efluente é amplamente citado na literatura, sendo que diversos autores trabalhando tanto com leguminosas quanto com gramíneas obtiveram diminuição da produção de efluente a medida que o teor de matéria seca aumentou, e verificaram que a produção de efluente foi praticamente nula quando o teor de matéria seca elevou-se para limiares ao redor de 28% (ALLI et al., 1985; McDONALD, 1991).

A correção do teor de matéria seca por meio da utilização de aditivos absorventes de umidade proporcionou a diminuição de efluentes, como visto no presente experimento Tabela 2 e 4. Isso está condizente com os resultados obtidos por Aguiar et al. (2001), que incluíram três níveis crescentes de polpa cítrica peletizada (0,5 e 10%) na massa ensilada e constatou a diminuição na produção de efluente. Nesse mesmo sentido, McDonald (1991), Jones e Jones (1995), e Fransen e Strubi (1998), também mencionaram o efeito da menor produção de efluente pela inclusão de aditivos absorventes que promoveram a elevação do teor de matéria seca. Os resultados deste experimento foram semelhantes aqueles observados por Ribeiro et al. (2004) que utilizaram 10% de polpa cítrica em silagem de capim marandu. Resende et al. (2008), com adição de 7% de polpa cítrica em silagem de capim Elefante, obtiveram perdas por efluente de 5,0 e 1,8 kg/t MV, respectivamente, confirmando que a polpa cítrica é um excelente aditivo absorvente para capins tropicais.

Os tratamentos que não continham polpa cítrica demonstraram maiores perdas de efluente, não demonstrando diferença entre eles, ou seja, o Controle, os tratamentos PL, LB, PL+LB não diferiram entre si para as perdas por efluente Tabela 4. Os valores foram superiores ao encontrado por Resende et al. (2008) no Controle de Capim Elefante, e inferiores aos apresentados pelo mesmo trabalho no tratamento com aditivos microbianos. Contudo, segundo Balsalobre et al. (2001) e

Jones e Jones (1995), outros fatores devem ser considerados na avaliação de perdas por efluente, podendo destacar características como o tipo e dimensionamento do silo, pressão de compactação e homogeneidade de aplicação de aditivos.

5.2.4.3 Perdas de massa seca das silagens

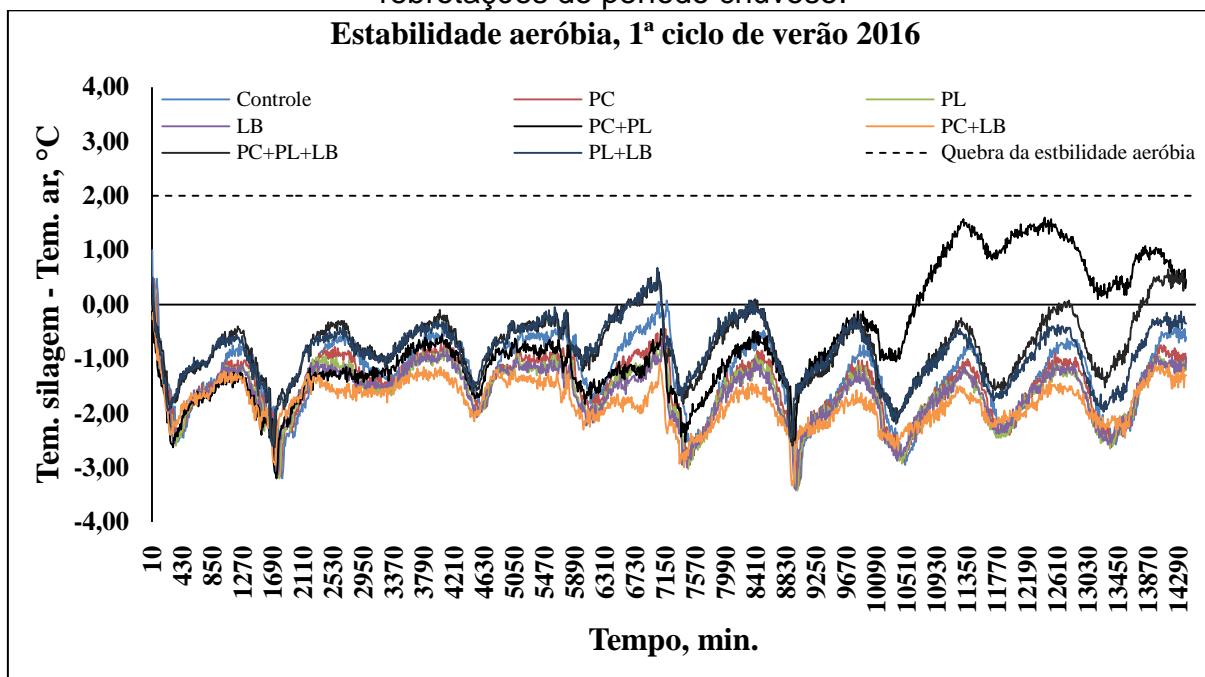
No presente estudo as perdas de MS nos tratamentos que receberam inoculantes foram maiores variando de 5,8 a 7,3 % em relação aos tratamentos que receberam polpa cítrica. Fica evidente que a utilização de polpa cítrica na silagem ajuda no controle de perdas da silagem.

No entanto, a observação das características visuais, do odor e da textura das silagens evidenciou que o processo de fermentação ocorreu de maneira satisfatória em todas os ensaios de silos. Não foram observados desenvolvimentos de fungos, odor de amônia em grandes quantidades ou mesmo de forragem apodrecida nas silagens, que apresentaram coloração verde pardacenta, textura consistente e não pastosa na abertura dos silos que pudessem comprometer os resultados dos mesmos.

5.2.4.4 Estabilidade aeróbia

As temperaturas das silagens não ultrapassaram a temperatura ambiente em 2°C, conforme metodologia estudada e podem ser consideradas estáveis (Figura 8). Ao longo dos 10 dias de avaliações as temperaturas das silagens permaneceram abaixo da temperatura ambiente havendo apenas um aquecimento na silagem contendo o tratamento PC+PL a partir de 178 h de exposição a aerobiose (dia 7,4), até alcançar 1,58° C acima da temperatura externa, o que ocorreu aos 188 h após a exposição a aerobiose (dia 7,8).

Figura 8. Diferença entre as temperaturas (Tem) das silagens e do ar externo para identificação do tempo necessário para quebra da estabilidade aeróbia. Médias duas rebrotações do período chuvoso.



Nota: Onde: C = tratamento controle, LB = inoculante contendo BALs heterofermentativa *Lactobacillus buchneri*, PC = adição de 10% de polpa cítrica com base na matéria natural, PC+LB = polpa cítrica + BALs heterofermentativa *L. buchneri*, PC+PL = polpa cítrica + BALs homofermentativas *Pediococcus pentosaceus* + *L. plantarum*, PC+PL+LB = polpa cítrica + BALs heterofermentativa *L. buchneri* + BALs homofermentativas *P. pentosaceus* + *L. plantarum*, PL = BALs homofermentativas *P. pentosaceus* e *L. plantarum* e PL+LB = BALs homofermentativas *P. pentosaceus* e *L. plantarum* + BALs heterofermentativa *L. buchneri*. Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração do autor

Resultados semelhantes foram observados por Bernardes et al. (2005) avaliando a estabilidade aeróbia da silagem de Capim Marandu e da ração total com ou sem aditivos químicos e bacterianos, não sendo observado aquecimento na silagem acima de 2°C da temperatura externa. Estes autores destacaram que silagens de capins tropicais com teores de MS abaixo de 30% são mais propensas à deterioração por bactérias aeróbias, em virtude da estabilidade de fermentação em pH acima de 4,5, do teor de umidade e da ausência de substrato aos microrganismos (BERNARDES et al., 2003) e que o inverso ocorreria com silagens de alta qualidade, como as de milho e sorgo, que são deterioradas principalmente por leveduras e fungos (MUCK, 2004). Entretanto, segundo Spoelstra et al. (1998), ocasionalmente silagens de milho também podem ser deterioradas por bactérias aeróbias.

Possivelmente silagens de capins não apresentam aumento na temperatura porque, durante o seu metabolismo, as bactérias aeróbias não produzem calor com tanta eficiência como as leveduras e os fungos (PAHLOW et al., 2003), e também pelo elevado teor de água exigir mais energia para esse aquecimento, o que explica os resultados obtidos neste experimento, no qual as silagens não sofreram quebra da estabilidade aeróbia durante a exposição ao ar quando considerado somente o fator temperaturas.

5.3 Conclusões

As combinações entre os aditivos que receberam a adição de 10% de polpa cítrica foram os tratamentos que proporcionaram a melhor fermentação da massa ensilada. Os inoculantes microbiológicos não interferiram no processo de fermentação da silagem.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMIST - AOAC. **Official methods of analyses of the Association of Official analytical chemists**. 11. ed. Washington, 1980. 1015 p.
- AGUIAR, R. N. S.; CRESTANA, R. F.; NUSSIO, L. G. Efeito no tamanho de partícula na composição da fração nitrogenada de silagem de Capim Tanzânia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001.
- ALLI, I.; THIFFAULT, C.; BAKER, B. E. A device for monitoring silage effluente produced in laboratory silos. **Journal Dairy Science**, New York, v. 68, n. 3, p. 3355-3359, 1985.
- AMARAL, R.C.; BERNARDES, T.F.; REIS, R.A. Influência da polpa cítrica peletizada nas alterações químicas das silagens de Capim Marandu durante o processo fermentativo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SBZ, 2004. p. 417.
- BALSALOBRE, M. A. A.; NUSSIO, L. G.; MARTHA Jr., G. B. Controle de Perdas na produção de Silagens de Gramíneas Tropicais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **ANAIS...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 890-911.
- BERNARDES, T. F. **Características fermentativas, microbiológicas e químicas do capim-marandu (*Brachiaria brizantha* (Hochst ex. A. Rich) Stapf cv. Marandu) ensilado com polpa cítrica peletizada**. 2003. 108 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP, Jaboticabal, 2003.
- BERNARDES, T.F.; REIS, R. A.; MOREIRA, A. L. Fermentative and microbiological profile of marandu-grass ensiled with citrus pulp pellets. **Scientia Agricola**. Piracicaba, v. 62, n. 3, p. 214-220, 2005.
- BERGAMASCHINE, A.F.; PASSIPIÉRI, M.; VERIANO, W. V.; VERIANO-FILHO, W. V.; ISEPON, O. J.; CORREA, L. A. Qualidade e valor nutritivo de silagens de Capim Marandu (*B. brizantha* cv. Marandu) produzidas com aditivos ou forragem emurcheada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 35, n. 4, p. 1454-1462, 2006.
- COAN, R. M.; REIS, R. A.; GARCIA, G. R.; SCHOCKENLTURRINO, R. P.; FERREIRA, D. S.; RESENDE, F. D.; GURGEL, F. A. Dinâmica fermentativa e microbiológica de silagens dos capins tanzânia e marandu acrescidas de polpa cítrica peletizada. **Revista Brasileira Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 36, n. 5, p. 1502-1511, 2007.

COAN, M.R.; VIEIRA, P.F.; SILVEIRA, R.N.S.; REIS, R.A.; MALHEIROS, E.B.; PEDREIRA, M. S. Inoculante enzimático-bacteriano, composição química e parâmetros fermentativos das silagens dos capins Tanzânia e Mombaça. **Revista Brasileira Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 34, n. 2, p. 416-424, 2005.

DRIEHUIS, F.; OUDE ELFERINK, W.H.; Van WIKSELAAR, P.G. Fermentation characteristics and aerobic stability of grass silage inoculant with *Lactobacillus buchneri*, with or without homofermentative lactic acid bacteria. **Grass and Forage Science**, Medford, v. 56, n. 4, p. 330-343, 2001.

EVANGELISTA, A. R.; LIMA, J. A.; SIQUEIRA, G. R. et al. Aditivos na ensilagem de coast cross (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.). 1. Farelo de trigo e polpa cítrica. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001. (CD-ROM).

FERRARI JUNIOR, E. A.; PAULINO, V. T.; POSSENTI, R. A.; LUCENAS, T. L. ADITIVOS EM SILAGEM DE CAPIM ELEFANTE PARAÍSO (*PENNISETUM HYBRIDUM* CV. PARAÍSO). **Archivos de Zootecnia**, Salvador, v. 58, n. 222, 185-194. 2009.

FRANSEN, S.C.; STRUBI, F.J. Relationship among absorvents on the reduction of grass silage effluent and silage quality. **Journal of Dairy Science**, New York, v. 81, p. 2633-2644, 1998.

IGARASSI, M. S. **Controle de perdas na ensilagem de capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. Cv. Tanzânia) sob os efeitos do teor de matéria seca, do tamanho de partícula, da estação do ano e da presença do inoculante bacteriano.** 2002. 152 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

JONES, D. I. H., JONES, R. The effect of crop characteristics and ensiling methodology on grass silage effluent production. **Journal of Agricultural Engineering Research**, Italy, v. 60, n. 4, p. 73-81, 1995.

JOHNSON, R.R.; BALWANI, T.L.; JOHNSON, L.J. Corn plant maturity. II. Effect on in vitro cellulose digestibility and soluble carbohydrate content. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 25, n. 3, p. 617-623, 1966.

LAMMERS, B. P.; BUCKMASYER, D. R.; HEINRICHS, A.J. A simple method for the analysis of particle sizes of forage and total mixed rations. **Journal of Dairy Science**, New York, v. 79, n. 5, p. 922-928, 1996.

LAVEZZO, W., LAVEZZO, O.E.N.M., BONASSI, I.A. Efeito do emurchecimento, formol, ácido fórmico e solução de “Viher” sobre a qualidade de silagens de capim Elefante, cultivares Mineiro e Vruckwona. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 25, n. 1, p. 125-134, 1995.

MARTINS, L.C.T. **Bovinos: volumosos suplementares.** São Paulo: Nobel, 1997.

McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. In: **The biochemistry of silage** 2. Ed. Marlow: Chalcombe Publications, 1991. p. 226.

McDONALD, P.; HERDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **Biochemistry of silage**. 2.ed. Marlow: Chalcombe Publication, 1991. 340 p.

MUCK, R.E. Effects of corn silage inoculants on aerobic stability. **Transactions of the ASAE**, Joseph, v. 47, n. 4, p. 1011-1016, 2004.

MUCK, R. E.; SHINNERS, K. J. Conserved forages (silage and hay): Progress and priorities. In: INTERNACIONAL GRASSLAND CONGRESS, 29., 2001, Piracicaba. **Proceedings...** Piracicaba: BSAH. 2001. p. 753-762.

NAMIHIRA, T.; SHINZATOS, N.; AKAMINE, H, MAEKAWA, H. and MATSUI, T. Influence of nitrogen fertilization on tropical-grass silage assessed by ensiling process monitoring using chemical and microbial community analyses. **Journal of Applied Microbiology**, Oxford, v.108, n. 6, p. 1954–1965, 2010.

PAHLOW, G. Role of microflora in forage conservation. In: PAHLOW, G.; HONIG, H. (1Ed.) **Forage conservation towards**. Braunschweig: European Grassland Federation, 2003. p. 26-36.

PRYCE, J.D. A Modification of the Barker -Summerson Method for the Determination of Lactic Acid. **Analyst**, Cambridge, v. 94, n. 2, p. 1151-1152, 1969.

RESENDE, A.V.; GASTALDELLO JUNIOR, A.L.; VALERIANO, A.R.; CASALI, A.O.; MEDEIROS, L.T.; Rodrigues, R. Uso de diferentes aditivos em silagem de capim elefante. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 1, p. 281-287, 2008.

RODRIGUES, P.H.M. Efeito da Adição de Níveis Crescentes de Polpa Cítrica sobre a Qualidade Fermentativa e o Valor Nutritivo da Silagem de Capim Elefante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 34, n. 4, p. 1138-1145, 2005.

RIBEIRO, J.L.; NUSSIO, L.G.; MARI, L. Avaliação do valor nutritivo da silagem de Capim Marandu submetido aos efeitos do teor de matéria seca, da estação do ano e da presença de inoculante bacteriano. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SBZ, 2004. p. 267.

ROBERTSON, J.B.; Van SOEST, P.J. The detergent system of analysis and its application to human foods. In: JAMES et al (Eds). **The analysis of dietary fiber in food**. New York: Marcel Dekker, 1981. p. 123-158.

SCHMIDT, P. **Perdas fermentativas na ensilagem, parâmetros digestivos e desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar**. 2006. 228 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo – USP, Piracicaba, 2006.

SHARP, R.; HOPPER P.G.; ARMSTRONG, D.G. The digestion of grass silages

produced using inoculants of lactic acid bacteria. **Grass and Forage Science**, Chichester, v. 49, p. 42-53, 1994.

SCHOCKEN-ITURRINO, R.P.; REIS, R.A.; COAN, R.M. Alterações químicas e microbiológicas nas silagens de capim-tifton 85 após abertura dos silos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 34, n. 2, p. 464-471, 2005.

SPOELSTRA, S.F. Inhibition of clostridial growth by nitrate during the early phase of silage fermentation. **Journal of the Science of Food Agriculture**, Medford, v, 34, n. 2, p. 145–152, 1983.

SPOELSTRA, S.F. Nitrate in silage. **Grass and Forage Science**, Chichester , v. 40, n.1, p. 1–11, 1985.

SPOELSTRA, S.F.; COURTIN, M.G.; van BEERS, J.A.C. Acetic acid bacteria can initiate aerobic deterioration of maize silage. **Journal of Agricultural Science**, Toronto, v. 111, n. 50, p. 127-132, 1988.

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

VILELA, D. Aditivos para silagem de plantas de clima tropical. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998. p. 73.

WEINBERG, Z.G.; MUCK, R.E. Newtrends and opportunities in the development and use of inoculants for silage. **Microbiology Reviews**, Malden, v. 19, n. 1, p. 53–68, 1996.

WAINMAN, F.W.; DEWEY, J.S. **Feedingstuffs evaluation unit**. London: Rowett Research Institute, 1988. p.123.

WOOLFORD, M. K. The detrimental effects of air on silage. **Journal Applied Microbiology**, Madford, USA, v. 68, n. 2, p. 101-116, 1984.