

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO
JEQUITINHONHA E MUCURI

GUILHERME PIRES BICALHO

SILAGEM MISTA DE SORGO E CAPIM-COLONIÃO
COM ADIÇÃO DE FARELO DE CRAMBE

DIAMANTINA - MG
2014

GUILHERME PIRES BICALHO

**SILAGEM MISTA DE SORGO E CAPIM-COLONIÃO
COM ADIÇÃO DE FARELO DE CRAMBE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Prof. Saulo Alberto do Carmo Araújo

DIAMANTINA - MG
2014

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

B583s

Bicalho, Guilherme Pires

Silagem Mista de Sorgo e Capim-Colonião com adição de Farelo de Crambe / Guilherme Pires Bicalho. – Diamantina: UFVJM, 2015.
70 p. : il.

Orientador: Saulo Alberto do Carmo Araújo

Coorientador: Norberto Silva Rocha

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

1. Aditivo absorvente. 2. Consumo de nutrientes. 3. Ensilagem.
4. Produção de Leite. I. Título II. Universidade Federal dos Vales do
Jequitinhonha e Mucuri.

CDD 633

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

GUILHERME PIRES BICALHO

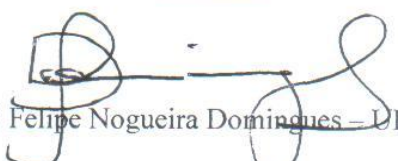
**SILAGEM MISTA DE SORGO E CAPIM-COLONIÃO COM ADIÇÃO DE FARELO
DE CRAMBE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal dos
Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como parte das
exigências do Programa de Pós-Graduação em
Zootecnia, para obtenção do título de *Magister
Scientiae*.

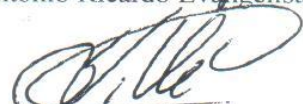
APROVADA em 19/11/2014


Prof. Saulo Alberto do Carmo Araújo – UFVJM
Orientador


Pesq. Norberto Silva Rocha – UFVJM
Coorientador


Prof. Felipe Nogueira Domingues – UFPA


Prof. Antônio Ricardo Evangelista – UFVJM


Prof. Severino Delmar Junqueira Villela – UFVJM

DIAMANTINA – MG
2014

DEDICO...

Aos meus pais Socorro e José, pelos princípios, dedicação e ensinamentos passados.

À minha avó Ercília, pelo amor incondicional.

Aos meus irmãos Ana Paula e Nivaldo, por estarem sempre ao meu lado em todas as decisões.

À minha Regina, pela inspiração e pelos conselhos.

Ao Norberto, que viveu comigo esse sonho.

Às vacas por estarem quase sempre dispostas a me ajudar, e aos cachorros que me acompanharam e descontraíram muitos dias difíceis.

Dedico.

AGRADECIMENTO

A Deus, pela vida, pela minha saúde e de todos da minha família, permitindo, assim, que eu chegasse até aqui. Pela proteção nesses anos, pelas oportunidades e por colocar pessoas maravilhosas no meu caminho, que me fizeram persistir mesmo nos momentos mais difíceis.

À minha família, que sempre me apoiou e mesmo de longe, torceram muito por mim.

Ao meu orientador, Saulo, pela confiança e pelos ensinamentos.

Ao meu coorientador Norberto, pela amizade, apoio profissional, incentivo, boa vontade e dedicação: um exemplo de profissional.

À pós-doutoranda Tatiana, pela dedicação a este trabalho.

À professora Roseli, pelos conselhos, conhecimentos, exemplos, amizade e acima de tudo pela dignidade em tratar seus alunos.

Ao professor Gustavo, pelos conselhos, descontrações, amizade e apoio nas análises laboratoriais.

Ao professor Aldrin, pela boa vontade e auxílio nas análises estatísticas.

Ao professor Alexandre Soares, pela colaboração nas análises laboratoriais.

A todos os funcionários da Fazenda Experimental do Moura.

À Net, Val e Márcia, por tornarem o período de experimento mais feliz.

Ao Altair, pela amizade e por tornar todos os finais de semana muito mais alegres.

Ao Ronald, pela amizade, ajuda no período de experimento e pelo conhecimento dividido.

Ao Cesinha, por todos os momentos de descontração, apoio nas análises estatísticas e acima de tudo pela amizade construída.

Ao Júlio, Léo, Aline, João, Leila, Layanne, Eliane, Larissa e a todos os alunos de graduação que me ajudaram no período experimental e no laboratório.

Ao Pelinha, Júlio César, Verinha e Isaac, pela ajuda na ensilagem.

À Regina, pelo apoio em todos os momentos deste trabalho.

À Lelê e Carol, pela ajuda e pela amizade em todos os momentos.

Aos meninos da República “Matta Burro”, pelos momentos de amizade, descontração e parceria.

Ao Julião, pela companhia e amizade.

Ao Rúbio, pela ajuda nas análises.

À Marluci, pela amizade e pela ajuda incondicional nas análises laboratoriais.

A todos que de alguma forma me ajudaram nesses momentos.

Aos técnicos Elizandra e Mari, pela colaboração.

À Elizângela, pela presteza e disposição.

À Caramuru Alimentos S.A., pela doação do farelo de crambe.

À Evonik, pelas análises laboratoriais.

À UFVJM, pela formação.

A CAPES, pela bolsa.

“Não há saber mais ou saber menos, há saberes diferentes.”

Paulo Freire

“É nesta hora que se separam os homens dos meninos.”

Autor Desconhecido

RESUMO

BICALHO, Guilherme Pires. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, agosto de 2014. 70p. **Silagem mista de sorgo e capim-colonião com adição de farelo de crambe**. Orientador: Prof. Saulo Alberto do Carmo Araújo. Coorientador: Norberto Silva Rocha. Dissertação (Mestrado em Zootecnia).

Objetivou-se determinar os efeitos da inclusão do farelo de crambe na ensilagem mista de sorgo e capim-colonião, avaliando a qualidade da silagem e o desempenho de vacas leiteiras durante a estação seca do ano. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental do Moura, pertencente à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), localizada no Município de Curvelo, Minas Gerais. Para avaliar o efeito do farelo de crambe na qualidade da silagem foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com medidas repetidas no tempo (início, meio e final de utilização da silagem) em dois tratamentos (silagem de sorgo e capim-colonião e silagem de sorgo e capim-colonião com adição de 10% de farelo de crambe). Para o consumo de matéria seca e nutrientes, produção e qualidade de leite, foi utilizado delineamento em Change-Over com efeitos para tratamentos. Para qualidade de silagem, todos os parâmetros fermentativos apresentaram efeito ($P < 0,05$) de acordo com os tratamentos. O tratamento com adição do coproduto apresentou elevação do pH, CE e N-NH₃, e diminuição do Aw, ácido lático e ácido butírico. O fator tempo de utilização da silagem não influenciou ($P > 0,05$) para o pH, CE, N-NH₃ e ácido butírico. Para Aw e o ácido lático houve efeito ($P < 0,05$) para os tempos de utilização do silo. A dieta com adição de farelo de crambe promoveu elevação do consumo de matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta e carboidratos não fibrosos. A produção de leite foi elevada em 4,3%, sem alteração na composição do leite.

Palavras-chave: aditivo absorvente, consumo de nutrientes, ensilagem, produção de leite

ABSTRACT

BICALHO, Guilherme Pires. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, august of 2014. 70p. **Mixed silage of sorghum and coloniãõ grass (*Panicum maximum* Jacq.) plus *Crambe abyssinica* meal.** Advisor: Prof. Saulo Alberto do Carmo Araújo. Co-advisor: Norberto Silva Rocha. Dissertação (Master's degree in Animal Science).

This study aimed to determine the effects of inclusion of crambe meal in mixed silage of sorghum and coloniãõ grass, evaluating silage quality and performance of dairy cows during the dry season. The experiment was carried out at Moura's Experimental Farm, belonging to Federal University of the Jequitinhonha and Mucuri (UFVJM), located in the municipality of Curvelo, Minas Gerais. We used a completely randomized design with repeated measurements over time (beginning, middle and end of use of silage) in two treatments (sorghum and grass coloniãõ silage, and sorghum and guinea grass silage plus 10% of crambe meal) to evaluate the effect of crambe meal in silage quality. We used design in Change-Over with effect for treatments to evaluate the consumption of dry matter and nutrients, production and quality of milk. All of the fermentation parameters showed effect ($P < 0.05$) on silage quality, according to the treatments. Treatment with addition of co-product increased pH, EC and $N-NH_3$, and decreased Aw, lactic acid and butyric acid. There was no effect of the time of use of silage on ($P > 0.05$) pH, EC, $N-NH_3$ and butyric acid. There was effect of the usage times of silo on Aw and lactic acid ($P < 0.05$). The diet with the addition of crambe meal increased consumption of dry matter, organic matter, crude protein and non-fibrous carbohydrates. Milk production rose by 4.3%, without change in its composition.

Keywords: absorbing additive, milk production, nutrient intake, silage

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	11
2. REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1. Importância do uso de silagem	13
2.2. Silagem de Sorgo (<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench)	14
2.3. Silagem de capim.....	16
2.4. Qualidade da silagem.....	17
2.5. Utilização de aditivos em silagens.....	19
2.6. Crambe na alimentação animal	20
2.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24
3. CAPÍTULO I.....	28
3.1 SILAGEM MISTA DE SORGO E CAPIM-COLONIÃO COM ADIÇÃO DE FARELO DE CRAMBE	28
RESUMO	28
ABSTRACT.....	29
INTRODUÇÃO	30
MATERIAL E MÉTODOS	32
RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
CONCLUSÃO	45
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46

4. CAPÍTULO II.....	50
4.1 DESEMPENHO DE VACAS EM LACTAÇÃO ALIMENTADAS COM SILAGEM MISTA DE SORGO E CAPIM-COLONIÃO COM ADIÇÃO DO FARELO DE CRAMBE	50
RESUMO	50
ABSTRACT	51
INTRODUÇÃO	52
MATERIAL E MÉTODOS	54
RESULTADOS E DISCUSSÃO	60
CONCLUSÃO	67
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68

1. INTRODUÇÃO GERAL

A pecuária de leite é uma importante atividade para a economia do Brasil, gerando emprego e renda para milhões de brasileiros, e se diferencia das demais atividades pela influência direta dos fatores edafoclimáticos, pelos diferentes modos de produção e níveis tecnológicos adotados por regiões de inserção e perfil dos produtores.

A utilização de forragem em regime de pastejo apresenta custo relativamente baixo para alimentação do rebanho bovino. Porém, a disponibilidade de forragem durante o ano apresenta significativa sazonalidade, decorrente da influência de fatores climáticos, levando aos baixos índices de produtividade dos rebanhos brasileiros, visto que a produção animal na época de estiagem é bem menor do que na época das chuvas. Diante das irregularidades na disponibilidade de forragem nas pastagens, torna-se necessária a adoção de estratégias relacionadas ao fornecimento de volumosos suplementares, principalmente durante o período crítico para o desenvolvimento forrageiro.

O uso de forrageiras conservadas na dieta de bovinos tem sido muito comum entre os pecuaristas, uma vez que o pasto, durante a época seca do ano, é incapaz de fornecer massa forrageira de qualidade em quantidade para suprir as exigências nutricionais dos animais de produção. Essa prática, além de suprir a deficiência de forragem, também pode fornecer alimentos de qualidade satisfatória para manter os índices produtivos e reprodutivos do rebanho durante todo o ano agrícola.

A ensilagem é uma forma de conservar a forragem em seu estado úmido, através de fermentação causada por bactérias formadoras de ácido lático, as quais, em meio anaeróbico, promovem a redução do pH, impedindo o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis.

A cultura do sorgo vem ganhando espaço para ensilagem nos últimos tempos, em função principalmente às características de resistência ao déficit hídrico e à sua capacidade de rebrota, levando a maiores produções por área. Além disso, a silagem de sorgo apresenta valor nutritivo próximo à silagem de milho. Por outro lado os teores de proteína bruta (PB) das plantas de sorgo podem variar bastante, atingindo valores de 2,5 a 13,6% (GAGGIOTTI *et al.*, 1992). Baixos teores de PB provinda do volumoso levam a uma necessidade de maior suplementação desse nutriente na dieta, aumentando assim os custos da produção leiteira.

Entretanto, a panícula da planta do sorgo não apresenta proteção física, ficando sujeita ao ataque de pássaros, que se alimentam dos grãos, principalmente quando a planta está no

ponto indicado de colheita para a ensilagem (30 a 35% de matéria seca). A maior porcentagem de panículas contribui para a qualidade da silagem pelo seu melhor valor nutritivo, além de ter uma participação muito grande na elevação da porcentagem de matéria seca da massa ensilada, em função do seu menor conteúdo de água.

Como alternativa à diminuição do ataque de aves pode ser feita a antecipação da colheita na cultura. Assim, se a colheita for realizada antes da maturação das panículas do sorgo, onde os grãos se encontram entre o ponto leitoso-pastoso, possivelmente a quebra e morte das panículas serão reduzidas. Contudo, nestas condições a planta apresentará maior teor de umidade, necessitando do uso de aditivos absorventes para não comprometer a qualidade da silagem.

Em paralelo, o farelo de crambe, um coproduto da agroindústria de biocombustível, apresenta alguns atributos importantes em sua composição bromatológica, tais como: elevados teores de matéria seca e proteína bruta. Desta forma, com a inclusão do farelo de crambe espera-se corrigir o teor de matéria seca e, ainda, incrementar o teor de proteína bruta da silagem, reduzir os custos da dieta e reduzir possíveis impactos ambientais com o despejo deste material no ambiente.

A pastagem de capim-colonião é utilizada em muitas regiões do país, porém esta forrageira pode ser considerada planta agressiva e, portanto, o seu controle em áreas onde ocorre o cultivo de plantas para a produção de silagem torna-se altamente complexo.

Objetivou-se neste trabalho determinar os efeitos da inclusão do farelo de crambe na ensilagem mista de sorgo e capim-colonião.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Importância do uso de silagem

Os volumosos têm participação importante na composição da dieta, uma vez que podem representar maior parte da matéria seca de rações das diversas categorias que compõem o rebanho leiteiro. Além disso, a qualidade do volumoso pode influenciar na quantidade e na qualidade da ração concentrada. A eficiência na nutrição de vacas leiteiras se torna imprescindível para o sucesso da atividade, visto que a alimentação é responsável por mais da metade dos custos de produção e, portanto, diretamente relacionada com a rentabilidade. O consumo de matéria seca é um dos fatores determinantes para o desempenho animal, sendo o ponto inicial para a ingestão de nutrientes, principalmente energia e proteína, necessários para o atendimento das exigências de manutenção e produção, enquanto a digestibilidade e a utilização de nutrientes representam apenas a descrição qualitativa do consumo (NOLLER *et al.*, 1997). Em função de a proteína representar o nutriente de maior custo nas dietas, seu uso é altamente relacionado com a eficiência da produção animal. Segundo Pereira *et al.* (2008), a base da alimentação dos bovinos no Brasil é o alimento volumoso, deste modo vários estudos são executados para avaliar alternativas de suplementação volumosa, considerando-se a utilização da silagem como uma opção viável para garantir o fornecimento de forragem de alta qualidade, durante o período de carência de alimentos.

O clima predominante no Brasil é o tropical, caracterizado por temperaturas elevadas e estações do ano bem definidas, com inverno seco e verão chuvoso (MOREIRA, 2002). A oferta de volumoso ao longo do ano é diretamente influenciada pelo clima, em que no verão chuvoso, as gramíneas tropicais apresentam maiores taxas de crescimento e assim se tornam o principal alimento da dieta. Já no inverno seco, as gramíneas têm suas taxas de crescimento muito reduzidas e avanço de maturidade que propicia perdas no valor nutritivo, intensificando a necessidade de uso de fontes alternativas de alimentação volumosa para as vacas de leite. Para amenizar esses problemas, alternativas de alimentação do gado, como silagens, são utilizadas por produtores de leite.

Para Molina (2003), os problemas decorrentes da estacionalidade de produção podem ser minimizados pelo armazenamento do alimento na forma de silagem. A utilização de silagem para alimentação do gado durante o período seco é uma prática amplamente

disseminada na pecuária. Neste sentido, tanto a quantidade como a qualidade da silagem consumida pelos animais são fatores primordiais para conferir produtividade à atividade leiteira. A utilização de silagem na dieta dos animais representa uma tecnologia que tem contribuído de forma efetiva para incrementar os índices produtivos do rebanho bovino e reduzir os custos de produção e operacionais da bovinocultura nacional (NEUMANN, 2005).

2.2. Silagem de Sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)

As culturas de milho e sorgo são as espécies mais utilizadas no processo de ensilagem, em função de sua facilidade de cultivo, altos rendimentos e, especialmente, pela qualidade da silagem produzida (PEREIRA *et al.*, 2009). O valor nutritivo da silagem pode variar de acordo com as condições em que as culturas foram submetidas, uma vez que mudanças no estágio fisiológico das plantas influenciam o metabolismo das mesmas. Como o teor de proteína bruta das silagens influencia a necessidade de suplementação dos animais, silagens com maiores níveis de proteína proporcionam um maior aporte desse nutriente via volumoso, o que reduz consideravelmente o aporte proteico via concentrado. Os teores de proteína bruta (PB), das plantas de sorgo podem variar bastante, atingindo valores de 2,5 a 13,6% (GAGGIOTTI *et al.*, 1992). Essas variações, segundo Gontijo Neto *et al.* (2002), são atribuídas a fatores como cultivares, estádios de maturação e adubação, entre outros.

McDonald (1991) considera a planta de milho ideal para a ensilagem, uma vez que produz quantidade relativamente alta de matéria seca, baixa capacidade tampão e níveis adequados de carboidratos solúveis, os quais promovem adequada fermentação para a população de bactérias produtoras de lactato. No entanto, o mesmo autor considera o sorgo como uma das culturas que se destaca na produção de silagem, em razão de suas características intrínsecas (alto teor de carboidratos solúveis, baixa capacidade tampão e estrutura física que permite boa compactação nos silos), resultando em silagem de boa qualidade. Portanto, o milho e o sorgo se caracterizam por serem as espécies mais adequadas para uma fermentação favorável no processo de ensilagem. De forma geral, as culturas de milho, sorgo, capins e cana-de-açúcar são as mais cultivadas pelos produtores para produção de silagem.

Zago (1991) relatou que o sorgo possui alta produtividade por área, maior tolerância ao déficit hídrico e possibilidade de aproveitamento de sua rebrota, o qual pode proporcionar

até 60% da produção obtida no primeiro corte. Este autor considera ainda que o sorgo é uma cultura com potencial de adaptação e crescimento em várias regiões do Brasil.

O sorgo não apresenta problemas quanto ao furto de suas panículas, diferentemente do que ocorre com as espigas de milho, principalmente, em áreas próximas a vilarejos e cidades. De maneira geral, as principais culturas utilizadas no processo de ensilagem (milho e sorgo) são alvos constantes de ataques de pragas e pássaros, o que podem acarretar perdas consideráveis tanto na produtividade, como na qualidade da silagem.

Quanto ao ataque de pássaros às panículas de sorgo, a maior incidência ocorre justamente próxima ao ponto de colheita para a prática de ensilagem, quando os grãos estão no ponto pastoso-farináceo (30 a 35% de matéria seca). Os efeitos negativos destes ataques são evidenciados na redução de produtividade da cultura, ocasionada pela quebra e morte de plantas, e sensível diminuição dos grãos na massa forrageira colhida, o que pode afetar negativamente a fermentação da silagem e, conseqüentemente, o seu valor alimentício.

Segundo Nussio (1991), a porcentagem de grãos na planta assume importância dobrada nos países tropicais. Em regiões de clima tropical ou de elevada temperatura, o uso de cultivares de ciclo normal ou tardio tem visado o aumento da produção de biomassa. Entretanto, devido à elevada temperatura, a qualidade da haste é sensivelmente menor que a de plantas de clima temperado, resultando em silagem de baixa qualidade, quando a participação de grãos na massa total for baixa, assim a panícula influencia diretamente a qualidade da silagem produzida. Uma alternativa para reverter este quadro consiste na colheita antecipada do sorgo (quando os grãos encontram-se no ponto leitoso-pastoso), com o intuito de reduzir o consumo das panículas pelos pássaros e, assim, ensilar uma massa forrageira com maior porcentagem de grãos.

Entretanto, o corte do sorgo realizado antes do ponto recomendado, pode resultar em material com alto teor de umidade, o que implica em menor rendimento de massa seca e perdas expressivas de nutrientes por lixiviação durante o processo de ensilagem. Nesta condição, há redução da qualidade da silagem e diminuição do consumo deste alimento pelos animais (JOBIM *et al.*, 2007), o que irá refletir diretamente na rentabilidade do sistema de produção. Em contra partida, a antecipação da colheita do sorgo com baixo teor de matéria seca (25 a 30%) pode acarretar maior digestibilidade do amido presente no grão, em função da menor cristalização do grão e, conseqüentemente, incrementar o desempenho produtivo dos animais (IGARASI *et al.*, 2008).

2.3. Silagem de capim

A ensilagem de forrageiras tropicais tem se tornado cada vez mais frequente na produção animal, notadamente na alimentação de ruminantes, como forma de aproveitamento do excedente da produção forrageira durante o período do ano favorável para o desenvolvimento vegetal (SANTOS *et al.*, 2010).

Cada vez mais as plantas do gênero *Panicum* e *Brachiaria* vêm tomando espaço nas pastagens e também mostrando adequação para a ensilagem. O maior teor de matéria seca relativo dessas plantas, no estágio de maturidade em que são colhidas, em relação às plantas do gênero *Pennisetum*, e a larga utilização em pastagens no território nacional, têm apontado para utilização dessas plantas no processo de ensilagem. O gênero *Panicum*, que por muito tempo teve como maior representante o capim-colonião, agora conta com novos e mais produtivos cultivares, como Tobiatã, Mombaça e Tanzânia, atingindo produções de 5 a 6 t MS/ha/corte, com potencial médio de 21 t MS/ha/ano (JANK, 1994).

Segundo Bergamaschine *et al.* (2006) gramíneas forrageiras tropicais não apresentam teores adequados de matéria seca, carboidratos solúveis e capacidade tampão que proporcionem um processo fermentativo eficiente. Estas situações podem ser modificadas com a inclusão de produtos à massa ensilada (aditivos). Bernardes *et al.* (2005) observaram que a deterioração aeróbia em silagens de capins tropicais é caracterizada principalmente por bactérias aeróbias, em vez de fungos e leveduras, por estas apresentarem alto teor de umidade, acidez reduzida e baixa fonte de nutrientes na massa ensilada.

Entretanto, alguns entraves são frequentemente relacionados ao processo de ensilagem exclusiva de capim, entre eles podem ser destacados: baixo teor de matéria seca, alta capacidade tampão e baixo teor de carboidratos solúveis nos estádios de crescimento em que apresentam bom valor nutricional, colocando em risco o processo de conservação por meio da ensilagem, em decorrência de fermentações secundárias (EVANGELISTA *et al.*, 2004). Ambientes úmidos, com elevado pH e alta temperatura, favorecem o crescimento de bactérias do gênero *Clostridium*. Estas bactérias estão associadas a grandes perdas no processo de ensilagem, os quais produzem, principalmente, CO₂ e ácido butírico como produtos finais da fermentação, além de degradar quantidade considerável de proteína do material ensilado.

Uma alternativa interessante para reduzir as perdas durante a ensilagem e melhorar a

qualidade da silagem de capim tem sido a inclusão de aditivos. De maneira geral, os aditivos absorventes de umidade são os mais recomendados para inclusão na silagem de capim. Adicionalmente, aditivos absorventes com elevado teor de carboidratos solúveis podem favorecer uma fermentação desejável melhorando a qualidade do produto final. Santos *et al.* (2010) afirmaram ainda que, quando aditivos absorventes são utilizados em quantidades adequadas, são capazes de proporcionar a elevação do teor de MS do material ensilado e promover ambiente menos favorável para o desenvolvimento das leveduras, contribuindo também para ocasionar menores perdas por efluentes. Diversos produtos têm sido estudados como possíveis aditivos para melhorar a qualidade da silagem de capim e, assim, incrementar a produção animal. O tipo de aditivo a ser incorporado na silagem dependerá das características do material a ser ensilado, da disponibilidade e do custo do aditivo, conforme o perfil da região.

2.4. Qualidade da silagem

O consumo de forragens conservadas é o resultado de interações complexas que envolvem as características das plantas antes, durante e após o processamento de conservação. Entre eles podem ser destacados: os fatores inerentes ao processo de conservação, as alterações no valor nutritivo durante o fornecimento aos animais, o processamento físico da forragem conservada e as características dos animais que serão alimentados com o volumoso (REIS e SILVA, 2006). A silagem pode ter seu valor alimentício alterado em razão dos procedimentos adotados na sua produção e conservação, além dos fenômenos bioquímicos e microbiológicos que ocorrem no decorrer do processo de ensilagem.

Segundo Jobim *et al.* (2007), a resposta do animal à silagem é dependente do padrão de fermentação, que por sua vez afeta a forma e concentração dos nutrientes, e sua ingestão. Para Muck (2010), a ensilagem geralmente controla a atividade microbiana pela combinação de um ambiente anaeróbio com a fermentação natural dos açúcares por bactérias do ácido lático presentes na cultura. Essa fermentação e a consequente redução do pH suprimem o crescimento de outros microrganismos anaeróbios e inibem leveduras, fungos filamentosos e bactérias aeróbias e, principalmente, previne o crescimento da maioria dos microrganismos deterioradores, e dessa forma conservam o valor nutricional da cultura utilizada.

A obtenção de silagem de alta qualidade depende principalmente da colheita da

forrageira no momento adequado do seu estágio de desenvolvimento (ARAÚJO *et al.*, 2007). O avançar da idade nas plantas forrageiras acarreta declínio no valor nutritivo devido, principalmente, ao acúmulo de constituintes da parede celular, em especial o teor de lignina, que diminui a digestibilidade da forragem. O acúmulo de nutrientes é característico em cada espécie, mas sofre influência de fatores como temperatura, luminosidade, disponibilidade de água, adubação, tipo de solo e variação quanto ao genótipo (variedade e/ou híbrido). Pimentel *et al.* (1998) relataram que, para a produção de silagem, existe a necessidade de utilizar espécies forrageiras com elevada produção de massa por unidade de área e, além disto, que estas plantas apresentem elevado valor nutritivo para promover ganhos satisfatórios de produtividade animal.

Herderson (1993) relatou que as perdas no processo de ensilagem podem ocorrer durante a fermentação e descarregamento da forragem, podendo variar de 10 a 50% da matéria seca ensilada. Falhas em tais condições podem diminuir a participação de nutrientes, resultando na produção de alimentos volumosos de baixa qualidade, com reduções no seu consumo e, conseqüente, baixo desempenho animal (CLEALE *et al.*, 1990).

Senger *et al.* (2005) reportaram que para a produção de silagem de boa qualidade, a forrageira deve ser picada e compactada, e o silo deve ser fechado no menor espaço de tempo possível, mantendo-se as condições anaeróbias a fim de que as características qualitativas da silagem sejam similares à da forragem *in natura* original. A correta compactação da forragem é importante para excluir o oxigênio e garantir condições anaeróbias para preservação dos nutrientes (JOHNSON *et al.*, 2002). Existem diversos fatores que afetam o processo fermentativo e, conseqüentemente, a qualidade do material ensilado. Os principais fatores são: diferenças entre plantas, composição química; estágio de maturação da planta; tamanho de partícula, tempo de exposição ao ar antes e após a ensilagem; prática de emurchecimento; densidade de compactação; uso de inoculantes enzimo-bacterianos, entre outros (MITTELMANN *et al.*, 2005; CASTRO *et al.*, 2006; VILELA *et al.*, 2009; RUIZ *et al.*, 2009).

Segundo McDonald (1981), plantas ensiladas com elevada umidade produzem uma grande quantidade de efluentes, que carregam nutrientes altamente digestíveis, açúcares e ácidos orgânicos, diminuindo o valor nutritivo da silagem. Como forma de diminuir o teor de umidade e assim, as perdas na ensilagem, podem ser utilizadas técnicas como pré emurchecimento e inclusão de aditivos absorventes de umidade.

O teor de matéria seca, o potencial hidrogeniônico, o perfil de carboidratos solúveis, a relação nitrogênio amoniacal/nitrogênio total, os ácidos orgânicos (lático, acético, butírico e propiônico), a massa específica, o tamanho médio de partículas, a atividade da água, a condutividade elétrica, a capacidade tampão e a estabilidade aeróbia, são parâmetros atualmente utilizados para classificar as silagens quanto ao perfil fermentativo (JOBIM *et al.*, 2007; ZOPOLLATTO *et al.*, 2009).

2.5. Utilização de aditivos em silagens

Aditivos de silagem são substâncias que têm como finalidade melhorar os padrões fermentativos da massa ensilada ou reduzir perdas e, conseqüentemente, incrementar seu valor nutritivo (EVANGELISTA e LIMA, 2001). Existe na literatura uma grande variação quanto à classificação dos aditivos empregados na silagem. Santos *et al.* (2010) classificaram os aditivos da seguinte forma: (1) aditivos absorventes ou acondicionadores; (2) aditivos enzimo-microbianos; e, (3) aditivos químicos.

A adição de um produto com alto teor de matéria seca funciona como aditivo absorvente, elevando o teor de matéria seca do material ensilado, o que torna o ambiente menos favorável ao desenvolvimento das leveduras e contribui para menores perdas por efluentes (lixiviação de nutrientes).

A introdução de determinados coprodutos da agroindústria tem sido amplamente difundida na nutrição de ruminantes, os quais apresentam potencial para reduzir o custo de produção e diminuir possíveis impactos ambientais causados pelo lançamento destes diretamente no ambiente. Atualmente, diversos são os coprodutos da agroindústria utilizados para alimentação de ruminantes. Em especial, coprodutos com características absorptivas (alto teor de matéria seca) e com teores elevados de proteína bruta e/ou carboidratos solúveis em sua composição, podem contribuir efetivamente para melhorar o perfil fermentativo e a qualidade nutricional da silagem. Dentre eles pode-se destacar o farelo de crame.

Neste contexto, esperam-se dois efeitos com a inclusão do farelo de crame na massa a ser ensilada: (1) aumento do teor de matéria seca da forragem colhida antes do ponto de ensilagem, com aproximadamente 20 a 26% de MS, para os valores recomendados de 30 a 35% de MS; e (2) elevação do teor de proteína bruta deste material, e assim, incrementar o valor nutricional da silagem. Acredita-se ainda que a inclusão do farelo de crame influencie positivamente o perfil fermentativo da silagem, promovendo assim, melhoria na qualidade deste alimento, o que conseqüentemente, refletirá em maior produtividade e rentabilidade do sistema de produção leiteiro.

A utilização de aditivos absorventes tem sido uma prática recomendada na literatura para reduzir os efeitos deletérios da ensilagem de material com alto teor de umidade. Os benefícios com a inclusão de aditivos são: (1) absorver a umidade excessiva da massa forrageira; (2) promover alterações benéficas no perfil fermentativo; e (3) incrementar o valor nutricional da silagem (SANTOS *et al.*, 2010). O ideal seria que o aditivo tivesse comprovada capacidade de reduzir as perdas de matéria seca, aumentar a qualidade higiênica, limitar fermentações secundárias, aumentar a estabilidade aeróbia (WARDYNSKI *et al.*, 1993), além de incrementar o valor nutritivo da silagem e, finalmente, oferecer ao produtor ganhos financeiros consideráveis ao investimento inicial dessa tecnologia (HERDERSON, 1993).

2.6. Crambe na alimentação animal

No Brasil, o estudo da cultura do crambe (*Crambe abyssinica* Hochst.) iniciou em 1995, no estado do Mato Grosso do Sul, pela Fundação MS. O principal objetivo seria o desenvolvimento da cultura como cobertura de solo para plantio direto, entretanto os resultados foram inferiores quando comparados com a cultura do nabo forrageiro. Com o estímulo à produção e uso para biodiesel, o crambe voltou a ser avaliado por possuir boas possibilidades de produção nesta região (PITOL, 2008). Os estados do Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais (Triângulo Mineiro), e Mato Grosso são, atualmente, os maiores produtores de crambe no Brasil.

A cultura do crambe pode ser usada para exploração do óleo de sua semente, mas é pouco conhecida no Brasil. É uma planta oleaginosa que desponta como alternativa interessante para a produção de biodiesel (SOUZA *et al.*, 2009). No Brasil, a principal matéria-prima para a produção de óleo é a soja, responsável por mais de 70% do biodiesel produzido no país (Brasil, 2009). Para Souza *et al.* (2009), há uma busca por novas oleaginosas que produzam óleos não comestíveis, para a produção de biodiesel dentro das normas internacionais de qualidade. O coproduto oriundo da extração do biodiesel apresenta elevado valor nutricional, podendo substituir parcial ou integralmente o concentrado proteico nas dietas de ruminantes. Assim, a adição do farelo de crambe em silagem pode aumentar o teor de matéria seca e incrementar o teor de proteína bruta advinda do volumoso, diminuindo a necessidade de suplementação com concentrados proteicos. De acordo com Lambert *et al.* (1970), as características físicas e químicas dos coprodutos do crambe, indicam que estes podem ser usados na alimentação animal, em especial na nutrição de ruminantes.

Segundo estudo realizado pela Fundação MS (2010), o crambe foi inicialmente pesquisado na Rússia e introduzido nos Estados Unidos na década de 40. Suas pesquisas foram realmente intensificadas nos anos 80. O crambe é uma oleaginosa pertencente à família *Brassicaceae* (Fundação MS, 2010). Apresenta alto potencial para produção de biodiesel, devido ao seu elevado teor de óleo nos grãos (CARDOSO *et al.*, 2012). Planta de inverno, originária do Mediterrâneo, tem sido cultivada na África, Ásia, Europa, Estados Unidos, México e América do Sul, como cultura para cobertura do solo (GOES *et al.*, 2010). É uma cultura muito tolerante à seca, ao frio, baixo custo de produção, pouca incidência de pragas, boa produção de grãos, além de não exigir novas máquinas ou equipamentos para o seu cultivo. Nas condições do Brasil, comporta-se como cultura de outono/inverno, com ciclo relativamente curto (média de 90 dias). Em função das características climáticas, o Centro-sul do Mato Grosso do Sul, Norte/Nordeste do Paraná e Sul de São Paulo apresentam-se como regiões de melhor adaptação (PITOL, 2008).

O biocombustível tem atraído a atenção de países de todo o mundo, visto que é um combustível que pode eliminar certa dependência do petróleo além de trazer diversas externalidades positivas. A possibilidade de produção em pequena escala também vem sendo destacada em vários países, visto que reduz os custos de produção em regiões mais isoladas, possibilitando a produção para consumo próprio de produtores rurais (CHIARANDA *et al.*, 2005). A fabricação do biodiesel é feita pelo processo de transesterificação, no qual os ácidos graxos que compõe a gordura ou óleo vegetal são separados da glicerina. O processo origina dois produtos: os ésteres (nome químico do biodiesel) e a glicerina (produto utilizado no mercado de sabões); além de coprodutos (torta, farelo, etc.) que podem gerar outras fontes de renda importantes para os produtores (ABDALLA *et al.*, 2008).

Visando à obtenção de melhores desempenhos econômicos na pecuária leiteira, atualmente tem-se enfatizado a utilização de volumosos alternativos e coprodutos na alimentação de bovinos. A necessidade da diversificação agrícola com culturas adicionais e o estudo de novas matérias-primas para a indústria motivou a procura de espécies de plantas alternativas (LAMBERT *et al.*, 1970). Devido ao consumo acelerado das reservas dos combustíveis fósseis e os impactos ambientais causados por estes, a utilização de plantas oleaginosas como fornecedoras de carbono para a queima de combustível, vem se tornando presente nas matrizes energéticas, gerando promissores produtos da cadeia dos biocombustíveis. Os coprodutos agroindustriais surgem como uma alternativa, visando, além da sustentabilidade ao meio ambiente, a implantação de um plano nutricional

economicamente viável, contribuindo, também, para melhores índices produtivos.

A variação no processo de extração do óleo gera coprodutos com características diferentes. A torta é o resultante da extração mecânica, com uma concentração de óleo em torno de 19 %, apresentando, assim, um valor energético superior ao farelo. Esse último é obtido a partir da extração com solvente, sendo mais eficiente na remoção do óleo (Fundação MS, 2010).

Os teores de PB acima de 20% encontrados nas tortas e farelos de crambe sugerem que esses coprodutos sejam classificados como concentrados proteicos, podendo, então, substituir fontes de alimentos proteicos como, farelo de soja, caroço e torta de algodão, dentre outros (FUNDAÇÃO MS, 2010). O farelo de crambe foi estudado como fonte de proteína para a alimentação de bovinos (PERRY *et al.*, 1979), por ser rico em aminoácidos como a cisteína, metionina, lisina e treonina, que são deficientes em outras oleaginosas (GOES *et al.*, 2010). Quanto à composição bromatológica, os subprodutos da extração do óleo do crambe, apresentam teores de nutrientes muito desejáveis para a alimentação dos ruminantes. No farelo ocorre a elevação do teor proteico para 33% e redução do extrato etéreo para 1,99%, indicando ser este o coproduto de maior interesse na alimentação de ruminantes (SOUZA *et al.*, 2010). A Tabela 1 pode-se observar os valores da composição bromatológica da torta e do farelo de crambe.

Tabela 1. Composição bromatológica da torta e farelo de crambe

Nutriente	Torta	Farelo
Matéria Seca (%)	91,68	89,84
Matéria Mineral (%)	5,18	5,7
Proteína Bruta (%)	29,53	37,6
Matéria Fibrosa (%)	24,83	17,94
Lipídeos (%)	19,27	2,06
Fibra em Detergente Neutro (%)	24,83	27,38
Lignina (%)	7,57	7,7

Fonte: Fundação MS (2010)

Por se tratar de um novo coproduto disponível no mercado, requer uma série de estudos quanto ao seu emprego na alimentação animal, bem como, o percentual ideal de substituição a fim de não comprometer o consumo, o metabolismo e o desempenho animal (SOUZA *et al.*, 2010).

Embora apresente bom potencial, existem certas restrições quanto ao seu uso, aos quais estão relacionadas a fatores antinutricionais, devido à presença dos glicosinolatos

(FUNDAÇÃO MS, 2010). Os glicosinolatos, segundo Knights (2002), são produtos secundários do metabolismo das plantas pertencentes ao gênero *Brassica*, família *Brassicaceae*, sendo representante o crambe, nabo (*Brassicarapa*), colza (*Brassicarapus*), entre outros. São moléculas biologicamente inativas, mas os produtos de sua degradação a partir da enzima mirosinase são ativos e conhecidos por apresentarem efeitos diversificados. Em consequência a essa degradação, ocorre à liberação de distintos derivados, que são considerados tóxicos para os animais, causadores de danos hepáticos, e, também, redução da palatabilidade, diminuição do crescimento, diminuição da produção e perda de peso. Essas substâncias também afetam a disponibilidade de iodo, aumentando os níveis plasmáticos de tiocinatos, que têm a propriedade de inibir a captação de iodo e diminuir a concentração de tiroxina no sangue, onde ocorrem mudanças fisiológicas e morfológicas da tireoide (TRIPATHI e MISHRA, 2007).

Tripathi e Mishra (2007) afirmaram que diferentes espécies de animais apresentam capacidades de tolerância distintas. Os ruminantes são, comparativamente, mais tolerantes à ingestão de glicosinolatos, sendo os animais adultos mais tolerantes em comparação com os animais mais jovens. Os efeitos deletérios dos glicosinolatos em diferentes espécies estão relacionados com sua concentração na dieta.

2.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDALLA, A.L. et al. Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, supl. especial, p. 260-268, 2008.
- ARAÚJO, V.L.; RODRIGUEZ, N.M; GONÇALVES, L.C. et al. Qualidade das silagens de três híbridos de sorgo ensilados em cinco diferentes estádios de maturação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, p.168-174, 2007.
- BERGAMASCHINE, A.F.; PASSIPIÉRI, M.; VERIANO FILHO, W.V. et al. Qualidade e valor nutritivo de silagens de capim-marandu (*B. brizantha* cv. Marandu) produzidas com aditivos ou forragem emurchecida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, p. 1454-1462, 2006.
- BERNARDES, T.F.; REIS, R.A.; MOREIRA, A.L. Fermentative and microbiological profile of Marandu-grass ensiled with citrus pulp pellets. **Scientia Agricola**, v. 62, n. 3, p. 214-220, 2005.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Boletim Mensal dos Combustíveis Renováveis, n.20, 2009. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br>>. Acesso em: 29 Junho 2014.
- CARDOSO, R.B.; BINOTTI, F.F.S.; CARDOSO, E.D. Potencial fisiológico de sementes de crambe em função de embalagens e armazenamento. **Revista Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 3, p. 272-278, 2012.
- CASTRO, F.G.F.; NUSSIO, L.G.; HADDAD, C.M. et al. Perfil microbiológico, parâmetros físicos e estabilidade aeróbia de silagens de capim-tifton 85 (*Cynodon* sp.) confeccionadas com distintas concentrações de matéria seca e aplicação de aditivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.2, p.358-371, 2006.
- CHIARANDA, M.; JÚNIOR, A.M.A.; OLIVEIRA, G.T.A. Produção de biodiesel no Brasil e aspectos do PNPB. Grupo de estudo e extensão em desenvolvimento econômico e social. **Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**. Universidade de São Paulo. Piracicaba. 2005.
- CLEALE, R.M.; FIRKINS, J.L.; VAN DER BEEK, F. et al. Effect of inoculation of whole plant corn forage with *Pediococcus acidilactivi* and *Lactobacillus xylosus* on preservation of silage and heifer growth. **Journal of Dairy Science**, v.73, n.3, p.711-718, 1990.
- EVANGELISTA, A. R. & LIMA, J. A. Utilização de silagem de girassol na alimentação animal. P. 177-217. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS (2001 – Maringá). **Anais...** – Maringá: UEM/CCA/DZO, 319p., 2001.

EVANGELISTA, A.R.; ABREU, J.G.; AMARAL, P.N.C. et al. Produção de silagem de capim-marandu (*Brachiaria brizantha* stapf cv. Marandu) com e sem emurchecimento. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n.2, p. 443-449, 2004.

FUNDAÇÃO MS. Crambe (*Crambe abyssinica*) – cultivar FMS Brilhante: uma boa alternativa para produção de biodiesel. Boletim Informativo. 2010.

GAGGIOTTI, M.C.; ROMERO, L.A.; BRUNO, O.A. et al. Cultivares de sorgos forrajeros para silage. II. Características fermentativas y nutritivas de los silajes. **Revista Argentina de Producción Animal**, v.12, p.163-167, 1992.

GOES, R.H.T.B.; SOUZA, K. A.; PATUSSI, R.A. et al. Degradabilidade in situ dos grãos de crambe, girassol e soja, e de seus coprodutos em ovinos. **Acta Scientiarum Animal Sciences**. Maringá, v. 32, n. 3, p. 271-277, 2010.

GONTIJO NETO, M.M.; OBEID, J.A.; PEREIRA, O.G. et al. Híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cultivados sob níveis crescentes de adubação. Rendimento, proteína bruta e digestibilidade in vitro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.293-301, 2002.

HENDERSON, N. Silage additives. **Animal Feed Science and Technology**, v.45, p.35-56, 1993.

IGARASI, M.S.; ARRIGONI, M.B.; HADLICH, J.C. et al. Características de carcaça e parâmetros de qualidade de carne de bovinos jovens alimentados com grãos úmidos de milho ou sorgo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.3, p.520-528, 2008.

JANK, L. Potencial do gênero *Panicum*. In: Simpósio brasileiro de forrageiras e pastagens. **Anais...** CBNA, Campinas, p. 25-31, 1994.

JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G.; REIS, A.R. et. al. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, supl, p.101-119, 2007.

JOHNSON, L.M.; HARRISON, J.H.; DAVIDSON, D. et al. Corn silage management: effects of maturity, inoculation, and mechanical processing on pack density and aerobic stability. **Journal of Dairy Science**, v.85, n.2, p.434-444, 2002.

KNIGHTS, S.E. Crambe Anorth Dakota case study Rural industries Research a development corporation, February, 2002.

LAMBERT, J. L.; CLANTON, D. C.; WOLFF, I. A. et al. Crambe meal protein and hulls in beef cattle rations. **Journal Animal Science**, v.31, p.601-607, 1970.

McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The biochemistry of silage**. 2.ed. Merlow: Chalcomb Publications, 340p., 1991.

MITTELMANN, A., SOBRINHO, F.S., OLIVEIRA, J.S. et al. Avaliação de híbridos comerciais de milho para utilização como silagem na Região Sul do Brasil. **Ciência Rural**, n.35, p. 684-690, 2005.

MOLINA, L.R.; RODRIGUEZ, N.M.; SOUSA, B.M. et al. Parâmetros de Degradabilidade Potencial da Matéria Seca e da Proteína Bruta das Silagens de Seis Genótipos de Sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), com e sem Tanino no Grão, Avaliados pela Técnica in Situ. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.1, p.222-228, 2003.

MOREIRA, I. Espaço Geográfico – Geografia Geral do Brasil. São Paulo, SP: Ática, 2002.

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

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; BRONDANI, I. L. et al. Efeito do tamanho de partícula e do tipo de silo sobre o valor nutritivo da silagem de sorgo (*Sorghum Bicolor*, L. Moench). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.4, n.2, p.224-242, 2005.

NOLLER, C.H., NASCIMENTO JR., D., QUEIROZ, D.S. Determinando as exigências nutricionais de animais em pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 13, 1996, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, SP: FEALQ, p.319-351, 1997.

NUSSIO, L.G. Cultura do milho para produção de silagem de alto valor alimentício. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4, 1991, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, p. 59-160, 1991.

PEREIRA, O.G., OLIVEIRA, A.S., RIBEIRO, K.G. Strategies to enable the use of legume silage in ruminant production. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FORAGE QUALITY AND CONSERVATION, 2009, São Paulo. **Proceedings...** Piracicaba: FEALQ, p.109-136, 2009.

PEREIRA, O.G.; OLIVEIRA, A.S.; RIBEIRO, K.G. et al. Otimização de dietas à base de silagens de soja. In: Simpósio de Produção de Gado de Corte, 2; 2008, Viçosa. **Anais...** p.213-244, 2008.

PERRY, T. W.; KWOLEK, W. F.; TOOKEY, H. L. et al. Crambe meal as a source of supplemental protein for growing-finishing beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 48, n.4, p. 758-763, 1979.

PIMENTEL, J.J.O.; SILVA, J.F.C.; FILHO, S.C.V. et al. Efeito da suplementação protéica no valor nutritivo de silagens de milho e sorgo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.5, p.1042-1049, 1998.

PITOL, C; Crambe; Crambe Abyssinica Hochst “Uma opção rentável para sua safrinha” Fundação Mato Grosso do Sul CAR, 04p. 2009.

REIS, R.A.; SILVA, S.C. Consumo de forragens. In: BERCHIELLI, T.T et al (Eds). **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 583p., 2006.

RUIZ, B.O., CASTILLO, Y., ANCHONDO, A. et. al. Efectos de enzimas e inoculantes sobre la composición del ensilaje de maíz. **Archivos de Zootecnia**, v.58, p.163-172, 2009.

SANTOS, M.V.F.; GÓMEZ CASTRO, A.G.; PEREA, J.M. et. al. Fatores que afetam o valor nutritivo de silagens de forrageiras tropicais. **Archivos de Zootecnia**, v. 59 (R), p. 25-43, 2010.

SENGER, C.C.D.; MÜHLBACH, P.R.F.; BONNECARRÈRE SANCHEZ, L.M. et al. Composição e digestibilidade ‘in vitro’ de silagens de milho com distintos teores de umidade e níveis de compactação. **Ciência Rural**, v.35, n.6, p.1393-1399, 2005.

SOUZA, A.D.V. et al. Caracterização química de sementes e tortas de pinhão-mansão, nabo-forrageiro e crambe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.44, n.10, p.1328-1335, 2009.

SOUZA, V.S; OLIVEIRA, P.B; LOUVANDINI, H; Potencial nutricional do Crambe abyssinica para ruminantes e seus co-produtos oriundos da obtenção do biodiesel. **47º Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**. Salvador, Bahia. 2010.

TRIPATHI, M.K; MISHRA, A.S. Glucosinolates in animal nutrition: A review. **Animal Feed Science and Technology**, v.132, 2007.

VILELA, H.H., REZENDE, A.V., VIEIRA, P.F. et al. Valor nutritivo de silagens de milho colhido em diversos estádios de maturação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 37: 1192-1199, 2009.

WARDYNSKI, F.A.; RUST, S.R.; YOKOYAMA, M.T. Effect of microbial inoculation of high-moisture corn on fermentation characteristics, aerobic stability, and cattle performance. **Journal of Animal Science**, v.71, n.8, p. 2246-2252, 1993.

ZAGO, C.P. Cultura de sorgo para produção de silagem de alto valor nutritivo. In: SIMPOSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários “Luiz de Queiroz”, 1991. p.169-217. 2001

ZOPOLLATTO, M.; DANIEL, J.L.P.; NUSSIO, L.G. Aditivos microbiológicos em silagens no Brasil: revisão dos aspectos da ensilagem e do desempenho de animais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.170-189, 2009 (supl. especial).

3. CAPÍTULO I

3.1 SILAGEM MISTA DE SORGO E CAPIM-COLONIÃO COM ADIÇÃO DE FARELO DE CRAMBE

RESUMO

Objetivou-se avaliar o perfil fermentativo e a qualidade da silagem mista de sorgo e capim-colonião, em função da inclusão do farelo de crambe como aditivo no processo de ensilagem. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental do Moura, pertencente à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), localizada no Município de Curvelo, Minas Gerais. Como tratamentos, foram produzidos dois silos trincheira, um com silagem de sorgo e capim-colonião e outro com silagem de sorgo, capim-colonião e farelo de crambe. Para avaliar o efeito do farelo de crambe na qualidade da silagem foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com medidas repetidas no tempo (início, meio e final de utilização do silo) em dois tratamentos (silagem de sorgo e capim-colonião e silagem de sorgo e capim-colonião com 10% de farelo de crambe). Para qualidade de silagem, foram observados efeitos significativos ($P < 0,05$) de acordo com os tratamentos. O tratamento com adição do coproduto apresentou elevação do pH, condutividade elétrica (CE) e nitrogênio amoniacal (N-NH₃), e diminuição da atividade da água (Aw), ácido lático e ácido butírico. Não foi observado efeito ($P > 0,05$) do fator tempo de utilização do silo para as variáveis pH, CE, N-NH₃ e ácido butírico. As variáveis Aw e ácido lático sofreram influencia ($P < 0,05$) do tempos de utilização da silagem.

Palavras-chave: aditivo absorvente, ensilagem, perfil fermentativo, pH de silagem

MIXED SILAGE OF SORGHUM AND COLONIÃO GRASS (*PANICUM MAXIMUM* JACQ.) PLUS *CRAMBE ABYSSINICA* MEAL

ABSTRACT

The objective was to evaluate the fermentation patterns and the quality of mixed sorghum and Colonião grass (*Panicum maximum*) silage on the basis of the meal crambe inclusion as ensilage process additive. The experiment was conducted at the Fazenda Experimental do Moura, belongs to the Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), located in Curvelo, Minas Gerais. The treatment consist in mixed *Sorghum bicolor* and *Panicum maximum* silage, and mixed *Sorghum bicolor*, *Panicum maximum* and 10% crambe meal silage. It was used a completely randomized design with repeated measures (begin, middle and end of use of the silo), in two treatments (sorghum and *Panicum maximum* silage, and *Panicum maximum* with *Sorghum bicolor* and 10% *Crambe abyssinica* meal silage). The quality silage did differ ($P < 0.05$) among the treatments. Treatment with addition of coproduct showed pH, EC and $\text{NH}_3\text{-N}$ elevation, and A_w , lactic acid and butyric acid decrease. There was no effect ($P > 0.05$) of the age of silo on pH, EC, $\text{NH}_3\text{-N}$ and butyric acid variables. The A_w and lactic acid were affected ($P < 0.05$) by the age of silage.

Keywords: absorbent additive, ensilage, fermentation patterns, silage pH

INTRODUÇÃO

A ensilagem consiste na fermentação anaeróbica de plantas forrageiras, constitui-se em boa opção de conservação de alimentos volumosos (McDONALD *et al.*, 1991). A qualidade da silagem depende da eficiência do processo fermentativo do material ensilado, o qual é afetado pelas condições do meio no armazenamento (umidade, temperatura, presença de oxigênio, concentração de carboidratos solúveis e características particulares da composição física e química da planta ensilada). Essas condições de armazenamento podem proporcionar a obtenção de silagens com variados valores nutricionais a partir de um mesmo tipo de forragem (NEUMANN, 2001).

O uso do sorgo para ensilagem justifica-se por suas características bromatológicas, que, à semelhança do milho, possibilitam fermentação adequada e consequente armazenamento deste alimento sob a forma de silagem, pelos teores mais elevados de proteína bruta em algumas variedades (WHITE *et al.*, 1991) e pelas características agronômicas, que, entre outras, incluem maior tolerância à seca (CUMMINS, 1981; LUSK *et al.*, 1984).

Já o capim-colonião não apresenta características favoráveis a fermentação quando está em seu ponto de melhor valor alimentício. Elevado teor de umidade, associado ao alto poder tampão e a baixa concentração de carboidratos solúveis, impedem o rápido decréscimo de pH, possibilitando o desenvolvimento de fermentações indesejáveis (WOOLFORD, 1984; MCDONALD *et al.*, 1991). Todavia, seu uso na ensilagem vem despertando maior interesse de técnicos e pecuaristas, por minimizar os custos de produção, em razão da alta produtividade por unidade de área dos capins tropicais, sobretudo no período de maior oferta (COAN *et al.*, 2005).

Todavia, em função de ataques constantes de aves à lavoura de sorgo, viu-se a necessidade de buscar alternativas para minimizar este acontecimento, uma vez que esta ação acomete sensível quebra e morte de plantas além da redução gradual das panículas (grãos) na massa a ser ensilada. Uma estratégia para amenizar este efeito consiste na colheita antecipada da cultura de sorgo, o que pode amenizar as perdas pela ação dos pássaros, e assim, garantir maior participação de plantas integras na massa final. No entanto, a colheita da lavoura de sorgo, quando antecipada, pode influenciar o teor de matéria seca da massa ensilada, sendo necessário o uso de alternativas para corrigir o baixo teor de

matéria seca, e assim, conferir uma silagem de boa qualidade. A literatura tem reportado maior perda de efluentes em materiais ensilados com baixo teor de matéria seca, o que acarreta intensa lixiviação de nutrientes e desenvolvimento de leveduras, implicando negativamente para a qualidade final da silagem (SÁ *et al.*, 2007; SANTOS *et al.*, 2010).

Neste contexto, o uso de aditivos absorventes de umidade é recomendado para corrigir o teor de matéria seca e, em determinados casos, dependendo da composição do aditivo adotado, pode também incrementar os teores de carboidratos solúveis, proteína bruta e minerais; contribuindo assim, para melhorar o valor nutritivo da silagem. O farelo de crambe é um coproduto da indústria de biodiesel que apresenta características favoráveis para uso como aditivo absorvente de silagem, como o alto teor de matéria seca e de proteína bruta em sua composição (FUNDAÇÃO MS, 2010).

O valor alimentício da silagem pode ser alterado de acordo com os procedimentos adotados para a sua produção e conservação, e dos fenômenos bioquímicos e microbiológicos que ocorrem no processo. Em geral, a qualidade da silagem depende principalmente dos padrões fermentativos ocorridos na massa ensilada (McDONALD, 1991; NEUMMAN, 2001; JOBIM *et al.*, 2007;).

Objetivou-se avaliar o perfil fermentativo e a qualidade da silagem mista de sorgo e capim-colonião, em função da inclusão do farelo de crambe como aditivo no processo de ensilagem.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental do Moura, pertencente a Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), localizada no Município de Curvelo, Minas Gerais (18°44'52,03" de latitude Sul e 44°26'53,56" de longitude Oeste). De acordo com a classificação de Köppen (1948), o clima na região é do tipo Aw, tropical de savana, com temperatura média anual de 22°C, precipitação média anual de 1.300 mm e estações, chuvosa no verão e seca no inverno, bem definidas.

O sorgo cultivar Volumax (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) foi plantado em uma área de aproximadamente 11 ha no dia 15 de outubro de 2012, seguindo recomendações específicas de manejo e fertilidade adequadas para esta cultura, e nas entrelinhas deste plantio se desenvolveu o capim-colonião, já existente na área. A fim de avaliar a composição botânica para determinar a participação de cada planta na área cultivada, foram realizadas coletas de 20 amostras no interior da plantação antes do corte das forrageiras para a ensilagem. Estas amostras foram colhidas aleatoriamente, de modo a representar toda a área de cultivo, com o auxílio de armação de ferro com dimensão de 1m², sendo efetuado o corte rente ao solo. Posteriormente, as amostras foram pesadas e separadas em subamostras de sorgo e capim-colonião. Estas foram pesadas separadamente e, então, foi determinada a relação sorgo: capim da área de cultivo. Deste procedimento obteve-se uma relação média de 60 : 40 para sorgo e capim, respectivamente.

O teor de matéria seca do sorgo e do capim foi monitorado periodicamente, sendo mais intenso a partir dos 75 dias de implantação da cultura, seguindo a metodologia em micro-ondas conforme Lacerda *et al.* (2009). O sorgo foi colhido antecipadamente, antes da maturação das panículas, para evitar o ataque dos pássaros. Assim, a colheita foi realizada quando as plantas apresentaram um teor médio de 28% de matéria seca, quando o grão apresenta-se no ponto leitoso-pastoso, procedendo assim a inclusão de 10% de farelo de crame objetivando-se alcançar 35% de matéria seca da massa ensilada. A colheita do sorgo e do capim-colonião para produção da silagem controle foi feita 15 dias após, com as plantas apresentando teor de matéria seca por volta de 30%. A composição bromatológica do sorgo + capim-colonião e do farelo de crame antes da ensilagem e a proporção de panícula, folhas, colmo e material morto estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1. Composição bromatológica dos tratamentos antes da ensilagem

Composição Bromatológica	Sorgo + Capim +		
	Sorgo + Capim	Farelo de Crambe	Farelo Crambe
MS	30,7	34,9	91,7
MM	5,6	5,7	6,3
MO	94,4	94,2	93,4
PB	6,9	13,0	36,3
EE	2,5	2,3	2,1
FDA	38,0	35,9	16,7
FDN	64,0	60,4	28,0

MS= Matéria Seca (%); MM= Matéria Mineral (% na matéria seca); MO= Matéria Orgânica (% na matéria seca); PB= Proteína Bruta (% na matéria seca); EE= Extrato Etéreo (% na matéria seca); FDA= Fibra em Detergente Ácido (% na matéria seca); FDN= Fibra em Detergente Neutro (% na matéria seca).

A massa de forragem foi pesada em cada carreto e com base nestes valores, a quantidade do farelo de crambe foi calculada para perfazer a inclusão de 10% da matéria natural. A inclusão do farelo de crambe na massa ensilada foi feita manualmente e a mistura feita com o auxílio de enxadas e ancinhos. Foram confeccionados dois silos do tipo trincheira com aproximadamente 100 toneladas de matéria verde, sendo um para ensilagem do tratamento com adição do farelo de crambe e outro para o tratamento controle (sem adição). As respectivas massas forrageiras foram então acondicionadas em camadas no interior de cada silo, compactadas (com o auxílio de um trator) e, posteriormente, os silos foram vedados com lonas plásticas dupla face. Após o fechamento dos silos, uma cobertura de terra foi sobreposta com intuito de proteger a lona contra as intempéries climáticas e animais.

Os períodos de avaliação foram caracterizados segundo a utilização do silo, sendo especificados como: início, meio e fim do silo. As repetições foram caracterizadas por dias alternados de coleta, sendo realizadas três avaliações: primeiro; terceiro e quinto dia de amostragens. Em cada amostragem, retiradas homogeneamente no painel do silo, foi retirada cerca de dois quilos de amostra para proceder as análises. A fatia de silagem retirada do silo por dia foi de aproximadamente 20 cm de profundidade, para fins de amostragem foram desprezados 10 cm da camada superior e 10 cm da camada inferior da fatia.

Como forma de caracterização da forragem para o processo de ensilagem, foram avaliados a massa específica (ME), tamanho médio de partículas (TMP) e a capacidade tampão (CT), observadas na tabela 2.

Tabela 2. Caracterização das silagens

Composição Bromatológica	Sorgo + Capim	Sorgo + Capim + Farelo de Crambe
ME (kg MV/m ³)	570	570
TMP (mm)	19,90	21,08
CT (mg de HCl/100g MS)	29,6	54,9

Os parâmetros avaliados na silagem foram: condutividade elétrica (CE); atividade da água (Aw); potencial hidrogeniônico (pH); ácidos orgânicos (Aos); nitrogênio amoniacal (NA) e composição bromatológica.

Para obtenção da massa específica foi retirado um bloco de silagem com medidas conhecidas e posterior pesagem desse bloco. A densidade foi calculada através da equação: $d = m/V$, onde d = densidade; m = massa em kg e V = volume do bloco.

O tamanho médio de partículas das silagens foi aferido segundo a metodologia descrita por Mari e Nussio (2002), o qual consiste em uma adaptação do método inicialmente proposto por Lammers *et al.* (1996). Esta metodologia preconiza a utilização de três peneiras sobrepostas com diferentes orifícios (38, 19 e 8 mm). Uma amostra de 250 g da silagem foi estratificada no conjunto de peneiras, sendo computados os pesos das peneiras antes e após a passagem do material a ser peneirado. O cálculo ponderal do TMP foi dado pelo tamanho médio das partículas retidas em cada peneira e o percentual de retenção em relação ao peso total da amostra estratificada. Para o cálculo do TMP, além do peso em porcentagem da amostra total, foi contabilizado o tamanho das maiores partículas retidas na peneira com maior orifício (38 mm) e, as menores partículas retidas no fundo do sistema. Assim, para determinar o TMP foi utilizada a seguinte equação:

$$TMP = \{[(Mp + 38) \div 2] \times (Pp_1)\} + \{[(38 + 19) \div 2] \times (Pp_2)\} + \{[(19 + 8) \div 2] \times (Pp_3)\} + \{[(8 + mp) \div 2] \times (Pf)\}$$

Eq. (1)

onde:

TMP: tamanho médio de partícula (mm);

Mp: tamanho médio das maiores partículas (em mm) retidas na peneira superior (38 mm);

Pp₁: % da massa de silagem retida na peneira superior em relação à massa total

dividido por 100;

Pp₂: % da massa de silagem retida na peneira intermediária em relação à massa total dividido por 100;

Pp₃: % da massa de silagem retida na peneira inferior em relação à massa total dividido por 100

mp: tamanho médio das menores partículas (em mm) retidas no fundo do sistema de peneiras;

Pf: % da massa de silagem retida no fundo em relação à massa total dividido por 100.

Para a determinação da condutividade elétrica foram homogeneizados 25 g de amostra fresca em 300 ml de água deionizada durante um minuto, sendo posteriormente realizadas filtragem e leitura da solução, sendo determinada a quantidade de eletrólitos livres, com o auxílio de um condutivímetro, segundo Kraus *et al.* (1997).

Os valores de atividade da água foram determinados segundo a metodologia descrita por Greenhill (1964), utilizando um medidor de atividade da água de rápida leitura. Para tanto, uma amostra fresca foi pesada, em recipiente próprio do equipamento, sendo posteriormente realizada a leitura.

A metodologia empregada para avaliação da capacidade tampão das silagens seguiu as recomendações de Playne e McDonald (1966). Uma amostra de 15 g de silagem fresca foi macerada e, seu extrato foi diluído em 250 ml de água destilada. Neste material foi realizada a titulação para pH 3,0, com ácido clorídrico (0,1 N) e, posteriormente foi titulado com hidróxido de sódio (0,1 N) para pH 6,0. A determinação da CT é então expressa em meq de NaOH requerida para elevar o pH de 100 g de massa seca de 4,0 para 6,0.

A determinação do potencial hidrogeniônico (pH) foi realizada segundo os procedimentos descritos por Wilson e Wilkins (1972), que preconizam a extração do suco de silagem fresca com o auxílio de uma prensa hidráulica e, posteriormente, aferição com potenciômetro.

O ácido láctico e butírico foram determinados segundo a metodologia descrita por Erwin *et al.* (1961), os quais determinaram que uma amostra de silagem fosse prensada para extração do suco. Este material foi fixado com ácido fórmico na proporção de 0,2 ml para cada 1,0 ml de suco de silagem. Esta solução foi então congelada para posterior determinação dos AOs, por cromatografia gasosa. Outra parte do suco extraído pela prensa da silagem foi destinada a determinação do nitrogênio amoniacal (NA) por destilação com

óxido de magnésio (AOAC, 1995).

A composição bromatológica foi analisada no Laboratório de Nutrição Animal (LNA) do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM. As amostras de silagem foram pesadas frescas, secas em estufa ventiladas ($55\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5$) por 72 a 96 horas e, posteriormente pesadas para determinação da matéria seca ao ar (ASA). Este material foi moído em moinho de faca, primeiramente com peneira de 5 mm e depois com peneira de 1 mm. Foram determinados os seguintes teores na análise bromatológica: matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e matéria mineral (AOAC, 1995), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) segundo Van Soest (1967).

Os resultados obtidos no presente estudo foram analisados utilizando pacote estatístico SAS (SAS, 2004), sendo decompostos os efeitos de interação quando foi pertinente. Para a tomada de dados foi adotado um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 tratamentos (com e sem farelo de crambe) x 3 épocas de utilização (início, meio e final de utilização do silagem), com três repetições no tempo, segundo o modelo:

$$y_{ijk} = \mu + t_i + \alpha_j + \beta_k + \tau\alpha\beta_{ijk} + \varepsilon_{ijk}, \text{ em que:}$$

y_{ijk} = valor da variável no tratamento i, na época j, no tempo k;

μ = média geral;

α_i = efeito do i-ésimo tratamento;

α_j = efeito da j-ésima época de utilização;

β_k = efeito da k-ésima repetição no tempo;

$\tau\alpha\beta_{ijk}$ = efeito da interação do i-ésimo tratamento, j-ésima época de utilização e k-ésima repetição no tempo;

ε_{ijk} = erro aleatório

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância no programa de análises estatísticas SAS, utilizando o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos tratamentos avaliados (silagem mista de sorgo + capim-colonião com e sem inclusão do farelo de crambe como aditivo), verificou-se diferença estatística ($P < 0,05$) para as variáveis: potencial hidrogênio (pH); atividade da água (Aw); condutividade elétrica (CE); nitrogênio amoniacal (N-NH₃); e ácidos láctico e butírico. Para as diferentes épocas de utilização da silagem (início, meio e fim), houve efeito ($P < 0,05$) para as variáveis: Aw e ácido láctico. Já para os valores de pH, CE, N-NH₃ e ácido butírico não observou-se diferença ($P > 0,05$) para época de utilização da silagem. Não houve interação ($P > 0,05$) entre as silagens estudadas e a época de utilização da silagem para nenhuma das características estudadas (Tabela 3).

Tabela 3: Potencial hidrogênio (pH), atividade da água (Aw), condutividade elétrica (CE) (S/cm), nitrogênio amoniacal (N-NH₃) (%NT), ácido láctico (mg % na MS) e ácido butírico (mg% na MS), de silagens com e sem adição de farelo de crambe e diferentes épocas de utilização

Fator	Tratamento	pH	Aw	CE	N-NH ₃	Ác. Láctico	Ác. Butírico
Silagem	S+C	3,79B	0,962A	0,98B	9,35B	9,01A	1,25A
	S+C+FC	4,18A	0,955B	1,56A	10,64A	7,71B	0,55B
Época	Início	3,99a	0,965a	1,27a	10,65a	7,86b	1,08a
	Meio	3,95a	0,953b	1,26a	9,19a	9,79a	0,85a
	Fim	4,01a	0,958ab	1,28a	10,14a	7,43b	0,77a
CV (%)		1,69	0,65	5,31	12,32	12,95	66,09

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas relacionados ao fator silagem e letras minúsculas relacionadas ao fator época.

O potencial hidrogeniônico (pH) da silagem com adição de farelo de crambe foi superior ao valor do tratamento controle. Segundo Van Soest (1994), a relação carboidrato:proteína influencia diretamente os teores de pH de uma silagem. Este fato pode explicar o maior valor de pH da silagem com adição do coproduto, já que o teor de proteína da silagem foi incrementado pelo alto percentual de nitrogênio encontrado no farelo de crambe (Tabela 1), resultando assim em redução da relação carboidrato:proteína. Outra provável explicação para tal resposta está baseada na maior capacidade tampão encontrada na silagem com aditivo em relação à silagem controle, proporcionando maior resistência à redução do pH na silagem com inclusão do farelo de crambe (Tabela 2). A presença do capim-colonião que se caracteriza por maior capacidade tampão em relação ao sorgo, não

prejudicou a redução do pH. Vale ressaltar que todas as silagens apresentaram valores abaixo do limite superior da faixa de pH (4,2), a partir do qual poder-se-ia ter comprometimento na estabilização do processo fermentativo e redução na qualidade das silagens (McDonald, 1981). Assim, a inclusão de farelo de crambe na ensilagem não comprometeu o pH final da silagem.

Para as épocas de utilização da silagem, não foi observado efeito ($P < 0,05$) para a variável pH, sendo encontrado um valor médio de 3,98, o que pode ser explicado pelo manejo eficiente de confecção e retirada da silagem dos silos. Estes resultados enfatizaram que as silagens obtiveram um adequado processo fermentativo até alcançarem a estabilização, amenizando dessa forma, o desenvolvimento de bactérias do gênero *Clostridium* que poderiam causar excessiva fermentação butíricas e, consequente deterioração da silagem, com perdas importantes de nutrientes (principalmente proteína e energia).

A atividade da água (A_w) da silagem controle apresentou valor superior em comparação à silagem com aditivo. Este resultado pode ser explicado pelo maior teor de matéria seca da silagem com adição do farelo de crambe, (Jobim *et al.*, 2007) avaliaram esta característica e relataram que o aumento no teor de MS de silagens de gramíneas acarreta menor atividade da água. Em silagens de materiais emurchecidos, ou seja, com teor de MS elevado, a baixa atividade microbiana torna-se evidente devido à baixa concentração de ácidos orgânicos e, consequentemente, pH mais elevado (Jobim *et al.*, 2007), o que também foi observado nesse trabalho.

O maior valor de A_w indica que a ação de microrganismos pode ser intensificada, tendo em vista que a digestão microbiana dos nutrientes ocorre no meio extracelular, sendo a água um veículo importante para este processo de hidrólise. Também, Garcia (2004) relatou que o desenvolvimento de bactérias e fungos está restrito a valores superiores a 0,78 de A_w . McDonald *et al.* (1991) reportaram que o crescimento de bactérias do gênero *Clostridium* é inibido com teor de A_w inferior a 0,93, enquanto que as bactérias formadoras de ácido lático são menos sensíveis a estes valores.

Como os resultados observados neste trabalho foram sempre superiores ao valor recomendado para inibição do gênero *Clostridium*, possivelmente essas bactérias, atuaram de forma efetiva no processo fermentativo, haja vista o elevado teor de ácido butírico encontrado nas silagens. Bernardes (2003) reportou que a fermentação promovida por

bactérias do gênero *Clostridium* são caracterizadas por perdas importantes de fontes proteicas, alto teor de ácido butírico e baixa concentração de ácido lático, o que pode resultar em silagem de baixa qualidade. Contudo, vale ressaltar que quando abertos os silos, foram observadas boas características sensoriais nas silagens, dentre as quais, coloração, textura e aroma. Percebeu-se uma coloração amarela esverdeada, sem umidade em demasia para a silagem controle e uma coloração mais escura para a silagem com adição do coproduto. O cheiro foi avaliado como avinagrado para a silagem controle e doce agradável para a silagem com aditivo. Nenhum dos silos analisados apresentou odor forte de vinagre, característico de fermentação acética, ou odores desagradáveis e penetrantes, característicos de fermentação butírica, que são indicativos da degradação proteica (VILELA, 1989).

Para as épocas de utilização do silo, a Aw foi maior no início de utilização frente às demais, não sendo observada diferença ($P>0,05$) entre as épocas intermediária e final. Esta resposta pode estar relacionada à perda de umidade em função dos períodos de utilização. Assim, no início de utilização da silagem a condição de armazenamento apresentou-se hermeticamente fechado, o que garantiu um teor de umidade mais elevado. Já com a abertura diária do silo para retirada de silagem para alimentação do gado, é possível que este fato tenha proporcionado perda de umidade na massa ensilada, o que culminou em incremento de matéria seca e, conseqüentemente, menor Aw.

Na silagem com o aditivo foi observada maior condutividade elétrica (CE) em relação à silagem controle, representando um aumento de 45,7% em comparação à média das duas silagens. Os resultados observados nesse estudo sugerem a hipótese que o farelo de crumbe contém alta concentração de íons dissociados em sua composição, o que acarretou em maior teor de matéria mineral na silagem com aditivo (7,37%), fato este que tende a elevar a quantidade de nutrientes iônicos do alimento. Outra explicação seria o maior teor de matéria seca da silagem com aditivo, fato este corroborado pelo trabalho de Castro *et al.* (2001) que observou aumento significativo no valor da CE quando promoveram emurchecimento para a elevação do teor de MS de 25% para 65%, em silagens de Tifton (*Cynodon dactylon* spp.). Estes autores reportaram que o aumento de MS promoveu maior lise celular, o que proporcionaria maior concentração de íons dissociados na silagem. Segundo Jobim *et al.* (2007), a CE está relacionada com a presença de íons dissociados na água presente no meio, capaz de conduzir corrente elétrica. Desta forma, quanto maior for a quantidade de íons dissolvidos na amostra, maior será o valor de CE.

O teor de N amoniacal (N-NH_3) foi mais alto para a silagem com adição do coproduto em relação à silagem controle, possivelmente pelo alto teor de proteína bruta encontrado no farelo de crambe (Tabela 1), além do elevado teor de matéria seca obtido com o aditivo na silagem (Tabela 3). Segundo Van Soest (1994), o baixo teor de nitrogênio amoniacal na silagem, inferior a 10% do nitrogênio total, indica que o processo de fermentação não resultou em hidrólise excessiva da proteína em amônia. O teor médio de N-NH_3 para as silagens nas épocas de utilização da silagem foi de 9,99%.

Nas silagens avaliadas observaram-se teores de N-NH_3 abaixo do limite máximo de 12% reportado por McDonald (1981) para serem classificadas como silagens de boa qualidade. O nitrogênio amoniacal indica a quantidade de proteína degradada durante a fase de fermentação da silagem, ou a ocorrência de um aquecimento excessivo da massa no silo por reações de Maillard (PIGURINA, 1991). Assim, ressalta-se que os teores de nitrogênio amoniacal, obtidos nos dois tratamentos encontraram-se ao redor das faixas recomendadas pelos autores para caracterização de silagens de boa qualidade.

Observou-se teor de ácido láctico da silagem controle valor mais elevado em relação a silagem com adição do farelo de crambe. Esta diferença de 1,3 mg% de ácido láctico na MS para as duas silagens resultou no menor valor de pH da silagem controle, já que a presença deste ácido está ligada a queda no pH. Além do pH, o teor de matéria seca e a maior capacidade tamponante da silagem com o aditivo, são causas potenciais para explicar os resultados encontrados. O ácido láctico é um produto resultante de fermentação que sofre influência de diversos fatores, tais como: teor de MS, CHOS, condições de anaerobiose, microflora predominante, capacidade tamponante da forrageira e os produtos originados pela fermentação (EVANGELISTA E LIMA, 2001). Vale ressaltar que os níveis de ácido láctico observados neste trabalho caracterizam os tratamentos como silagem de boa qualidade, de acordo com a classificação feita por Evangelista e Lima (2001), os quais classificaram uma silagem de boa qualidade com concentração de ácido láctico superior a 5 mg% na MS.

Para as épocas de utilização da silagem, o teor de ácido láctico foi maior no meio do período de utilização do silo diferindo estatisticamente do início e do fim de utilização.

O teor de ácido butírico foi maior para a silagem controle em relação a silagem com adição de farelo de crambe. O crescimento de bactérias do gênero *Clostridium* na massa ensilada é indesejável, pois produz ácido butírico e amônia através da fermentação de

açúcares, ácidos orgânicos e proteínas, sendo indesejável seu crescimento, pois, eles consomem ácido láctico aumentando assim o pH e reduzindo o valor nutritivo da silagem devido à proteólise (McDonald et al., 1991). Apesar dos valores de N-NH₃, pH e ácido láctico observados neste trabalho terem corroborado com a citação de McDonald et. al., (1991), o valor de ácido butírico observado não seguiu a mesma resposta, pois se esperava que o teor deste ácido fosse maior na silagem com adição do coproduto.

A presença do ácido butírico está ligada a grandes perdas de MS e energia, que são resultantes principalmente da ação dos clostrídios. Estes se multiplicam quando encontram ambiente propício, como baixo teor de MS, baixo CHOS e alta capacidade tamponante da forragem. O desejável é que as silagens apresentem menor quantidade de ácido butírico possível. A classificação feita por Evangelista e Lima (2001) caracteriza uma silagem de boa qualidade quando os valores de ácido butírico estão situados entre 0,1 e 0,2 mg% na MS. Assim, na avaliação deste parâmetro, os dois tratamentos não resultaram em silagem de boa qualidade. Contudo, deve ser destacado que a inclusão do farelo de crambe promoveu um teor de ácido butírico 44% inferior ao tratamento controle.

Para as épocas de utilização da silagem não houve diferença ($P>0,05$), sendo a média de 0,99 mg% na MS encontrada entre os tratamentos (início, meio e fim).

Verificou-se diferença ($P<0,05$) no teor de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) para os tratamentos com e sem inclusão de farelo de crambe. Já para o fator tempo de utilização da silagem, só foi verificado diferença ($P<0,05$) para a variável FDN (Tabela 4).

Tabela 4: Composição bromatológica dos tratamentos e das épocas de utilização da silagem

Fator	Tratamento	MS	MM	PB	FDN	FDA
Silagem	S+C	29,00B	6,46B	4,54B	64,89A	33,04A
	S+C+FC	30,95A	7,37A	11,79A	61,18B	31,21B
Época	Início	30,59a	6,89a	8,02a	62,43b	32,05a
	Meio	29,39a	6,96a	8,20a	61,70b	31,73a
	Fim	29,94a	6,89a	8,26a	64,97a	32,60a
CV (%)		3,11	3,96	6,35	2,49	2,6

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas relacionados ao fator silagem e letras minúsculas relacionadas ao fator época.

A inclusão de 10% de farelo de crambe na matéria natural da silagem elevou 1,95% da MS da silagem em relação ao tratamento controle. Neste caso, pode-se afirmar que o teor elevado de matéria seca do farelo de crambe (91,75%) tenha proporcionado elevação no teor

de MS da silagem. Vale ressaltar que o teor de matéria seca da forragem do tratamento com inclusão do farelo de crambe era inferior ao tratamento controle, evidenciando assim, maior incremento de matéria seca. O teor de matéria seca da silagem não foi alterado pelo tempo de utilização da silagem, apresentando média de 29,97%. O uso do farelo de crambe foi eficiente em absorver a umidade da silagem, podendo ser recomendado como aditivo absorvente. Ferrari Jr. & Lavezzo (2001) adicionaram farelo de mandioca na ensilagem do capim-elefante (18,7%MS) e verificaram incrementos de aproximadamente 0,45% da MS da silagem para cada unidade de farelo adicionada.

O teor de matéria mineral (MM) da silagem com aditivo se apresentou elevado em relação à silagem controle. Isto ocorreu devido ao alto teor de matéria mineral do farelo de crambe (Tabela 1). Para as épocas de utilização do silo não foi observada diferença ($P>0,05$), sendo a média entre o início, meio e fim de utilização igual a 6,91%.

O teor de proteína bruta foi elevado em 7,25 pontos percentuais com a adição do farelo de crambe. O aumento expressivo de PB ocorreu devido ao alto teor de PB presente no farelo de crambe (32,26% PB) quando comparado ao material a ser ensilado (6,95% PB). Em alguns trabalhos foi observado que a inclusão de aditivos absorventes tais como polpa cítrica e casca de café, na silagem de capim, tem influenciado pouco no teor de PB deste alimento (RODRIGUES et al., 2005; FARIA et al., 2007). Entretanto, os aditivos utilizados nos trabalhos citados apresentaram em sua composição teor de PB próximo ao da massa ensilada (8 a 10%), diferentemente do ocorrido neste estudo, onde o teor de PB do farelo de crambe foi 4,64 vezes superior à composição proteica da massa a ser ensilada. Para as épocas de utilização da silagem não foi observado efeito entre tratamentos ($P>0,05$), sendo a média de PB para o início, meio e fim de 8,16%.

A elevação no teor de proteína bruta obtida neste estudo representa um importante aporte proteico na dieta de ruminantes, de forma a reduzir a utilização de alimentos proteicos, que constituem parte preponderante dos custos com a nutrição animal. Embora experimentos avaliando tanto o consumo de matéria seca como o desempenho animal não tenham sido encontrados na literatura, os resultados observados neste trabalho sugerem que a inclusão do farelo de crambe como aditivo de silagem pode constituir uma forma importante para reduzir o custo com a alimentação e, conseqüentemente, o custo total de produção.

O teor de fibra em detergente neutro (FDN) na silagem sem adição do farelo de

crambe foi superior (64,89%) em relação à silagem com o aditivo (61,18%). O menor teor de FDN na composição do farelo de crambe (Tabela 1) promoveu redução deste valor na silagem com adição deste coproduto. Isto está relacionado ao efeito de diluição para este parâmetro, já que o coproduto apresenta valores inferiores de FDN comparado com as forrageiras ensiladas. Os valores de FDN encontrados nesse trabalho se mostram superiores aos encontrados na literatura para a silagem de sorgo (Corrêa (1996) de 46,35% a 57,77% (sorgo com estágio de grão pastoso- farináceo); Bernardino (1996) de 48,44% a 57,61% e Resende (2001) de 44,8% a 60,4%). O maior teor de FDN pode ser atribuído à inclusão do capim-colonião na silagem.

Quanto ao teor de fibra em detergente ácido (FDA) foi observada resposta semelhante à relatada para a variável FDN, onde a adição de farelo de crambe acarretou redução nos teores de FDA. Esta resposta também está relacionada ao menor teor de FDA (Tabela 1) presente no coproduto utilizado como aditivo. Os resultados do presente estudo se mostram semelhantes aos encontrados na literatura para silagem de sorgo (Corrêa (1996) (26,45% a 33,29%); Araújo (2002), que apresentou média de 35,75% (sorgo estágio farináceo); Bernardino (1996), de 28,07% a 31,61% e Resende (2001), de 26,50% a 40,60%).

Com relação à FDN e FDA, Detmann *et al.* (2004) ressaltam que a observação desses teores nas silagens é de fundamental importância para o conhecimento do valor nutritivo desses alimentos para ruminantes, pois esses teores são indicativos da quantidade de fibra presente na forragem, estando a FDN relacionada com a quantidade de fibra que há no volumoso, e a FDA, à quantidade de fibra menos digestível. Deste modo, quanto menor os seus valores, melhor será a qualidade da silagem produzida e maior será o consumo de matéria seca.

O decréscimo nos teores de FDN e FDA, em função da inclusão do farelo de crambe na silagem mista de sorgo e capim, sugere que possa haver incremento na ingestão de matéria seca do alimento, uma vez que há uma correlação negativa entre a fração fibrosa do alimento e o consumo de matéria seca (MERTENS *et al.*, 1992). Todavia, para dar suporte a esta hipótese, seria necessário determinar também o teor de energia total da dieta, assim como, a presença de fatores antinutricionais (exemplo: saponinas, taninos e demais compostos) presente na composição do farelo de crambe. Ávila *et al.* (2003) observaram resultados semelhantes, avaliando a inclusão de farelo de trigo em silagem de capim-tanzânia, com evidente redução na quantidade da porção fibrosa, tanto FDN quanto FDA, e

elevação do teor de matéria seca e proteico.

Por fim, a adição de 10% de farelo de crambe da matéria verde na ensilagem de sorgo e capim-colonião proporcionou alterações no perfil fermentativo da silagem, porém diante de todas as recomendações de classificação de silagem (McDonald, 1981; Van Soest, 1994; Evangelista e Lima, 2001; McDonald *et al.* (1991), não propiciou a queda de qualidade. Além disso, a composição bromatológica foi alterada, levando a maiores teores de matéria seca e proteína bruta, além da diminuição do teor de fibra do volumoso, proporcionando assim possível aumento do consumo de nutrientes vindos da silagem. Em relação às épocas de utilização da silagem, para as características fermentativas, todas apresentaram valores que caracterizam a silagem como de boa qualidade, evidenciando assim o correto manejo de retirada do silo. E para a composição bromatológica, como as características fermentativas não apresentaram quantidades expressivas de perdas, também se manteve estável durante o período de utilização da silagem.

CONCLUSÃO

O farelo de crambe pode ser adicionado na proporção de 10% da matéria verde na ensilagem mista de sorgo e capim-colonião.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, V.L. Momento de colheita de três genótipos de sorgo para produção de silagem. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 47p. **Dissertação** (Mestrado em Zootecnia), 2002.
- ÁVILA, C.L.S., J.C. PINTO, E.R. EVANGELISTA, E.R. MORAIS E V.B. TAVARES. Perfil de fermentação das silagens de capim-tanzânia com aditivos teores matéria seca e proteína bruta. In: **XL Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Anais...**Santa Maria - RS. UFSM, 2003.
- BERNARDINO, M.L. A. Avaliação nutricional de silagens de híbridos de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench.] de porte médio com diferentes teores de tanino e suculência no colmo. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 87p. **Dissertação** (Mestrado em Zootecnia), 1996.
- 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. **Dissertação** (Mestrado em Zootecnia) Universidade Estadual Paulista. 1180p. Jaboticabal, 2003.
- CASTRO, F.G.; NUSSIO, L.G.; SIMAS, J.M.C. et al. Parâmetros físico-químicos da silagem de Tifton-85 (*Cynodon* sp) sob efeito do pré-emurchecimento e de inoculante bacteriano-enzimático. In: **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**. 38, Piracicaba, 2001. **Anais**. FEALQ, p.270-272, 2001.
- COAN, R. M.; VIEIRA, P. F.; SILVEIRA, R. N. et al. Inoculante Enzimático-Bacteriano, Composição Química e Parâmetros Fermentativos das Silagens dos Capins Tanzânia e Mombaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.2, p.416-424, 2005.
- CORRÊA, C. E. S. Qualidade da silagem de três híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) em diferentes estádios de maturação. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 121p. **Dissertação** (Mestrado em Zootecnia), 1996.
- CUMMINS, D.G. Yield and quality changes with maturity of silage type sorghum fodder. **Agronomy Journal**, 73(3):988-990, 1981.
- DETMANN, E. et al. Validação de equações preditivas da fração indigestível da fibra em detergente neutro em gramíneas tropicais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1866-1875, 2004.
- ERWIN, E.S.; MARCO, G.J.; EMERY, E.M. Volatile fatty acid analyses of blood and rumen fluid by gas chromatography. **Journal of Dairy Science**, v.44, n.9, p.1768-1771, 1961.
- EVANGELISTA, A. R. & LIMA, J. A. Utilização de silagem de girassol na alimentação

animal. P. 177-217. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS (2001 – Maringá). **Anais...** – Maringá: UEM/CCA/DZO, 319p., 2001.

FARIA, D.J.G.; GARCIA, R.; PEREIRA, O.G.; FONSECA, D.M.; MELLO, R.; RIGUEIRA, J.P.S. Composição químico-bromatológica da silagem de capim-elefante com níveis de casca de café. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.2, p. 301-308, 2007.

FERRARI JUNIOR, E. & LAVEZZO, W. Qualidade da silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Scum.) emurdecido ou acrescido de farelo de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, p. 1424-1431, 2001.

FUNDAÇÃO MS. Crambe (*Crambe abyssinica*) – cultivar FMS Brilhante: uma boa alternativa para produção de biodiesel. **Boletim Informativo**. 2010.

GARCIA, D.M. Análise de atividade de água em alimentos armazenados no interior de granjas avícolas. **Acta Scientiae Veterinariae**, v.32, n.3, p.251-252, 2004.

GREENHILL, W.L. Plant juice in relation to silage fermentation. **Journal of the British Grassland Society**, v.19, p.336-339, 1964.

JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G.; REIS, A.R. et al. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, supl, p.101-119, 2007.

KÖPPEN, W. Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra. **Fundo de Cultura Econômica**. México. 479p. 1948.

KRAUS, T.J.; KOEGER, R.G.; STRAUB, R.J. et al. Leachate conductivity as an index for quantifying level of forage conditioning. In: **Asae Annual International Meeting**, 1997, Minneapolis: ASAE, 12p., 1997.

LACERDA, M.J.R. et al. Determinação da matéria seca de forrageiras pelos métodos de microondas e convencional. **Bioscience Journal**, v.25, n.3, p.185-190, 2009.

LAMMERS, B.P.; BUCKMASTER, D.R.; HEINRICH, A.J. A simple method for the analysis of particle size of forage and total mixed rations. **Journal of Dairy Science**, v.79, p.922-928, 1996.

LUSK, J.W., KARAU, P.K., BALOGU, D.O. et al. Brow mibrid sorghum or corn silage for milk production. **Journal of Dairy Science**, v. 67, n8, p.1739-1744, 1984.

MARI, L.J.; NUSSIO, L.G. O método Penn State Particle Size Separator para a predição do tamanho de partículas de silagens. 2002. Disponível em: <<http://www.beefpoint.com.br/bn/radarestecnicos>>.

McDONALD, P. **The biocheminstry of silage**. New York: Ed. John Wiley, 226p., 1981.

McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The biochemistry of silage**. 2.ed. Merlow: Chalcomb Publications, 340p., 1991.

MERTENS, D.R. Analysis of fiber in feeds and its uses in feed evaluation and ration formulation. In: Simpósio internacional de ruminantes, reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia, Lavras. **Anais...** Lavras: **Sociedade Brasileira de Zootecnia**, p.1-2, 1992.

NEUMANN, M. Caracterização agrônômica quantitativa e qualitativa da planta, qualidade de silagem e análise econômica em sistema de terminação de novilhos confinados com silagem de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench). 208 f. **Dissertação** (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2001.

RESENDE, J. A. Características agrônômicas, químicas e degradabilidade ruminal da silagem de cultivares de sorgo. Lavras: UFLA, 53p. **Dissertação** (Mestrado em Zootecnia), 2001.

SÁ, C.R.L.; NEIVA, J.N.M.; GONÇALVES, J.S. et al. Composição bromatológica e características fermentativas de silagens de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) com níveis crescentes de adição do subproduto da Manga (*Mangifera indica* L.). **Revista Ciência Agronômica**, v.38, n.2, p.199-203, 2007.

SANTOS, M.V.F.; GÓMEZ CASTRO, A.G.; PEREA, J.M. et al. Fatores que afetam o valor nutritivo da silagens de forrageiras tropicais. **Archivos de Zootecnia**, v. 59 (R), p. 25-43, 2010.

SAS INSTITUTE. Statistical analyses sistem: user guide: Cary Stat. Verson 9.1. 2009.

OFFICIAL Methods of Analysis of AOAC International. 16 ed. Arlington: **International**, 1995.

PIGURINA, F. Factores que afectan em valor nutritivo y La calidad de fermentation de ensilajes. In: Paturas y producción animal de áreas organadeira intensiva. Montevideo: **Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria**, (Serie Tecnica, 15), p. 77-92, 1991.

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

RODRIGUES, P.H.M.; BORGATTI, L.M.O.; GOMES, R.P.; MEYER, P.M. Efeito da Adição de Níveis Crescentes de Polpa Cítrica sobre a Qualidade Fermentativa e o Valor Nutritivo da Silagem de Capim-Ellefante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.4, p.1138-1145, 2005.

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

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

VILELA, D. Aditivo na ensilagem. Coronel Pacheco: **EMBRAPA/CNPGL**, 1989. 32p. (Circular técnica, 21).

WHITE, J.S., BOLSEN, K.K., POSLER, G. et al. Forage sorghum dry matter disappearance as influenced by plant part proportion. **Animal Feed Science Technology**, v.33 (3/4), p. 313-322, 1991.

WILSON, R.F.; WILKINS, R.J. The ensilage of autumn-sown rye. **Journal of British Grassland Society**, v.27, p.35-41, 1972.

WOOLFORD, M.K. **The silage fermentation**. New York: Marcel Dekker, 350p. 1984.

4. CAPÍTULO II

4.1 DESEMPENHO DE VACAS EM LACTAÇÃO ALIMENTADAS COM SILAGEM MISTA DE SORGO E CAPIM-COLONIÃO COM ADIÇÃO DO FARELO DE CRAMBE

RESUMO

Objetivou-se determinar o consumo de matéria seca, o consumo de nutrientes, a produção e a qualidade do leite de vacas mestiças Holandês/Zebu alimentadas com silagem mista de sorgo e capim-colonião, com e sem adição de farelo de crambe. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental do Moura, pertencente à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), localizada no Município de Curvelo, Minas Gerais. Como tratamentos foram produzidas silagens em dois silos trincheira, um com silagem de sorgo e capim-colonião e outro com silagem de sorgo, capim-colonião e farelo de crambe. Para o consumo de matéria seca, nutrientes, produção e qualidade de leite, foi utilizado delineamento em Change-Over com efeitos para os tratamentos. A dieta com adição de farelo de crambe promoveu elevação do consumo de matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta e carboidratos não fibrosos. A produtividade dos animais foi elevada em 4,3%, sem alteração na composição do leite.

Palavras-chave: bovinocultura de leite, consumo de proteína bruta, consumo de silagem, suplementação volumosa

**PERFORMANCE OF MILKING COWS FED MIXED SILAGE OF SORGHUM
AND COLONIÃO GRASS (*PANICUM MAXIMUM* JACQ.) PLUS *CRAMBE*
ABYSSINICA MEAL**

ABSTRACT

The objective was to determine the dry matter intake, nutrient consumption, production and milk quality of Holstein-Zebu crossbred cows fed mixed sorghum silage and grass colonião with and without addition of crambe meal. The experiment was conducted at the Fazenda Experimental do Moura, belongs to the Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), located in the municipality of Curvelo, Minas Gerais. The treatment consist in mixed *Sorghum bicolor* and *Panicum maximum* silage, and mixed *Sorghum bicolor*, *Panicum maximum* and 10% crambe meal silage. The dry matter intake, nutrient intake, milk production and quality were evaluated by Change-Over design treatments effects. A meal *Crambe abyssinica* addition provided an increase in crude protein and non-fiber carbohydrates intakes. It was observed an increase of 4.3% in milk yield, with no changes in milk composition.

Keywords: crude protein intake, dairy cattle, roughage supplementation, silage intake

INTRODUÇÃO

A alimentação é um fator muito importante para o sucesso na atividade leiteira. Além de representar o maior custo na produção de leite, a alimentação se torna um fator direto nos índices zootécnicos de uma propriedade. Visando à obtenção de melhores desempenhos econômicos na pecuária leiteira, atualmente tem-se enfatizado a utilização de volumosos alternativos e coprodutos na alimentação de bovinos (COSTA *et al.*, 2005).

O biodiesel é fabricado através de transesterificação, na qual a glicerina é separada da gordura ou óleo vegetal. O processo gera produtos como: ésteres (o nome químico do biodiesel) e glicerina (produto valorizado no mercado de sabões); além de coprodutos (torta, farelo etc.) que podem constituir outras fontes de renda importantes para os produtores (Abdalla *et al.*, 2008). Entre esses coprodutos se encontra o farelo de crambe, que possui características interessantes para alimentação dos animais, como alto teor de matéria seca e proteína bruta.

A adição do farelo de crambe na ensilagem funciona como aditivo absorvente de umidade, elevando o teor de matéria seca do material ensilado, o que torna o ambiente menos favorável ao desenvolvimento das leveduras e contribui para menores perdas por efluentes (lixiviação de nutrientes), além de incrementar o valor nutritivo da silagem, com maiores teores de proteína bruta e NDT, reduzindo os custos de produção e diminuindo possíveis impactos ambientais causados pelo lançamento deste no ambiente. Acredita-se, ainda, que a inclusão do farelo de crambe influencie positivamente o perfil fermentativo da silagem, promovendo assim, melhoria na qualidade deste alimento, o que consequentemente, poderá refletir em melhor rentabilidade do sistema de produção leiteiro.

A alimentação dos animais visa fornecer os nutrientes capazes de manter e assegurar as exigências de manutenção e o nível de produção pretendido. A energia, proteína, vitaminas e minerais, presentes na matéria seca, são essenciais para manutenção e produção animal (crescimento, engorda, gestação e lactação) (SILVA e LEÃO, 1979).

A qualidade da forragem é o fator de maior influência sobre consumo dos animais, afetando diretamente o desempenho animal. O consumo é afetado pelos fatores inerentes ao animal e a forragem, com ênfase na aceitabilidade e na seleção (VAN SOEST, 1994). Assim, a ingestão de matéria seca é um dos fatores determinantes do desempenho animal, sendo o ponto inicial para a ingestão de nutrientes, principalmente de energia e proteína,

necessários para o atendimento das exigências de manutenção e produção (NOLLER *et al.*, 1997). O consumo de MS, além de determinar a quantidade de nutrientes disponíveis na dieta para manutenção e produção de um animal (NRC, 2001), é importante na formulação de dietas para evitar erros no fornecimento de nutrientes, que poderiam causar efeitos adversos à nutrição dos animais e/ou onerar os custos.

A qualidade da forragem é uma expressão utilizada como referência ao valor nutritivo da massa de forragem em interação com o consumo e com o potencial de desempenho do animal e, em geral, a resposta do animal à silagem é dependente do padrão de fermentação, que por sua vez afeta a forma, a concentração e a ingestão dos nutrientes (JOBIM *et al.*, 2007).

Objetivou-se avaliar a adição de farelo de crambe na silagem mista de sorgo e capim-colonião para produção de leite, bem como a viabilidade econômica da inclusão deste aditivo

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental do Moura, pertencente a Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), localizada no Município de Curvelo, Minas Gerais (18°44'52,03" de latitude Sul e 44°26'53,56" de longitude Oeste). De acordo com a classificação de Köppen (1948), o clima na região é do tipo Aw, tropical de savana, com temperatura média anual de 22°C, precipitação média anual de 1.300 mm e estações, chuvosa no verão e seca no inverno, bem definidas.

O sorgo cultivar Volumax (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) foi semeado em uma área de aproximadamente 11 ha no dia 15 de outubro de 2012, seguindo recomendações específicas de manejo e fertilidade adequadas para esta cultura, e nas entrelinhas deste plantio se desenvolveu o capim-colonião, já existente na área. A fim de avaliar a composição botânica para determinar a participação de cada forrageira na área cultivada, foram realizadas coletas de 20 amostras no interior da plantação antes do corte das forrageiras para a ensilagem. Estas amostras foram colhidas aleatoriamente, de modo a representar toda a área de cultivo, com o auxílio de armação de ferro com dimensão de 1m², sendo efetuado o corte rente ao solo. Posteriormente, as amostras foram pesadas e separadas em subamostras de sorgo e capim-colonião. Estas foram pesadas separadamente e, então, foi determinada a relação sorgo: capim da área de cultivo. Deste procedimento obteve-se uma relação média de 60 : 40 para sorgo e capim, respectivamente.

O teor de matéria seca do sorgo foi monitorado seguindo a metodologia em micro-ondas conforme Lacerda *et al.* (2009). O sorgo foi colhido antecipadamente, antes da maturação das panículas, para evitar o ataque dos pássaros. Assim, a colheita foi realizada quando as plantas apresentaram um teor médio de 28% de matéria seca, quando o grão apresenta-se no ponto leitoso-pastoso, procedendo assim a inclusão de 10% de farelo de crumbe objetivando-se alcançar 35% de matéria seca da massa ensilada. A colheita do sorgo e do capim-colonião para produção da silagem controle foi feita 15 dias após, com as plantas apresentando teor de matéria seca por volta de 30%. A composição bromatológica do sorgo + capim-colonião e do farelo de crumbe antes da ensilagem e a proporção de panícula, folhas, colmo e material morto estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1. Composição bromatológica dos tratamentos antes da ensilagem

Composição Bromatológica	Sorgo + Capim +		
	Sorgo + Capim	Farelo de Crambe	Farelo Crambe
MS	30,7	34,9	91,7
MM	5,6	5,7	6,3
MO	94,4	94,2	93,4
PB	6,9	13,0	36,3
EE	2,5	2,5	2,5
FDA	38,0	35,9	16,7
FDN	64,0	60,4	28,0

MS= Matéria Seca (%); MM= Matéria Mineral (% na matéria seca); MO= Matéria Orgânica (% na matéria seca); PB= Proteína Bruta (% na matéria seca); EE= Extrato Etéreo (% na matéria seca); FDA= Fibra em Detergente Ácido (% na matéria seca); FDN= Fibra em Detergente Neutro (% na matéria seca).

A massa de forragem foi pesada em cada carroto e com base nestes valores, a quantidade do farelo de crambe foi calculada para perfazer a inclusão de 10% da matéria natural. A inclusão do farelo de crambe na massa ensilada foi feita manualmente e a mistura feita com o auxílio de enxadas e ancinhos. A forragem foi ensilada em dois silos do tipo trincheira com aproximadamente 100 toneladas de matéria verde, sendo um para ensilagem do tratamento com adição do farelo de crambe e outro para o tratamento controle (sem adição). As respectivas massas forrageiras foram então acondicionadas em camadas no interior de cada silo, compactadas (com o auxílio de um trator) e, posteriormente, os silos foram vedados com lonas plásticas dupla face. Após o fechamento dos silos, uma cobertura de terra foi sobreposta com intuito de proteger a lona contra as intempéries climáticas e animais.

Para a avaliação do desempenho animal foram utilizadas oito vacas leiteiras mestiças Holandês/Zebu, distribuídas em dois grupos de quatro animais. Os animais foram selecionados o mais uniformemente possível dentro do plantel da fazenda, respeitando assim, a produção de leite, o grau de sangue, o peso corporal, e o estágio de lactação (após o pico e antes do terço final da lactação) (Tabela 2). Os animais escolhidos foram devidamente tratados contra endo e ectoparasitas.

Tabela 2. Características das vacas lactantes utilizadas no experimento

Componente	Lote 1			Lote 2		
	Media	DP	CV	Media	DP	CV
DEL	62,25	36,55	58,72	56,5	40,42	71,54
PV (Kg)	473,00	34,73	7,34	467,75	103,31	22,09
PL (Kg)	20,40	3,47	17,01	18,45	1,89	10,23

DEL= Dias em Lactação; DP= Desvio Padrão; CV= Coeficiente de Variação; PV= Peso Vivo; PL= Produção de Leite

Os animais foram alojados em instalação coberta, com baias individualizadas contendo cocho e bebedouro, com piso tipo borrachão, sendo manejados em dois tratos diários (manhã e tarde). Além da instalação principal, os animais tiveram acesso limitado a um curral de manejo (área de descanso), de aproximadamente 100 m², com piso de terra e sem cobertura, onde tiveram à disposição água e sal mineral *ad libitum*. Os animais permaneceram na área de descanso em dois momentos do dia: (1) após o trato da manhã até a ordenha da tarde; e (2) após o trato da tarde até a ordenha da manhã do dia seguinte. Para amenizar os efeitos da radiação solar direta nos animais foram colocados sombrites (telas de polipropileno) para proporcionar maior conforto térmico na área de descanso.

As vacas foram ordenhadas duas vezes ao dia (7 e 14 h), utilizando ordenhadeira mecânica com medidores de leite automáticos para quantificar a produção diária dos animais. Após a ordenha matinal (8 h), os animais foram encaminhados para as suas respectivas baias, onde tiveram acesso às dietas experimentais. O tempo de permanência das vacas nas baias foi de 5 horas e, após este período, os animais foram encaminhados à área de descanso até a ordenha vespertina, permanecendo, portanto, 1 hora neste local (13 - 14 h). Após a ordenha vespertina (15 h) as vacas voltavam para as suas baias onde recebiam o complemento diário da dieta experimental, permanecendo por mais cinco horas na instalação principal. No final deste período, os animais foram novamente encaminhados para a área de descanso onde permaneceriam até o dia seguinte (20 - 7 h). As baias foram limpas duas vezes por dia, após a retirada dos animais da instalação principal, e a área de descanso foi raspada em dias alternados.

A dieta experimental foi constituída de silagem mista de sorgo e capim-colonião (controle) e silagem mista de sorgo e capim-colonião + farelo de crumbe, como volumoso, o qual foi ofertado segundo avaliação prévia do consumo no período pré-experimental de 20 dias, para cada animal. Após a abertura dos silos, durante o período pré-experimental, amostras de cada uma das silagens experimentais foram submetidas à análise bromatológica

básica para determinação do valor nutricional destes alimentos. Com base nestes resultados, foram formulados dois concentrados para que as dietas totais fossem isoproteicas e isoenergéticas (Tabela 3).

Tabela 3. Composição das dietas experimentais

Nutrientes	S+C		S+C+FC	
	Volumoso	Concentrado	Volumoso	Concentrado
MS	28,35	88,65	30,67	88,20
MM	6,40	8,04	7,09	6,71
EE	2,01	2,26	2,36	2,40
PB	4,22	28,63	9,70	22,37
FDN	69,34	12,28	65,21	11,50
FDA	36,19	7,72	33,57	6,37
LIG	4,31	1,31	4,98	1,26
NDT	50,25	55,34	52,57	56,17

MS= Matéria Seca (%); MM= Matéria Mineral (% na matéria seca); MO= Matéria Orgânica (% na matéria seca); PB= Proteína Bruta (% na matéria seca); EE= Extrato Etéreo (% na matéria seca); FDA= Fibra em Detergente Ácido (% na matéria seca); FDN= Fibra em Detergente Neutro (% na matéria seca); LIG= Lignina; NDT= Nutrientes Digestíveis Totais.

Os ingredientes utilizados para a formulação dos concentrados foram: milho moído, farelo de soja, ureia e mistura comercial de sal mineral vitamínico. Os custos dos concentrados utilizados nas dietas foram levantados na média de preços de mercado para os insumos na cidade de Curvelo-MG (Tabela 4).

Tabela 4. Custo e proporção dos ingredientes do concentrado

Ingrediente (%)	S+C	S+C+FC
Milho	52,5	63,1
Soja	42,8	32,2
Ureia	1,5	1,5
Mistura Mineral Comercial	3,2	3,2
Total	100	100
Custo R\$/kg	1,34	1,20

O arraçãoamento foi conduzido de acordo com a produção de leite de cada vaca em função da produtividade média obtida no subperíodo anterior, perfazendo 1 kg de concentrado para cada 2,73 litros de leite produzidos. O concentrado foi ofertado quatro vezes por dia, sendo 1 kg ofertado em cada uma das ordenhas, para não alterar a rotina dos animais na fazenda, e o restante do recomendado parcelado nos dois tratos, sendo este misturado no cocho junto ao volumoso.

Foram avaliados o consumo de matéria seca, a produção de leite e o peso corporal dos animais. Em cada subperíodo (15 dias) foram adotados 10 dias de adaptação e 5 dias de coleta. Nos períodos de coleta, a dieta total oferecida e suas respectivas sobras (manhã e tarde) foram computadas, de forma individualizada, para a determinação do consumo de matéria seca por vaca por dia. Durante cada período de coleta, amostras diárias das sobras de cada animal (aproximadamente 20%) e da dieta fornecida foram pesadas, acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas a -20°C e, posteriormente, foram processadas e avaliadas.

A composição bromatológica foi analisada no Laboratório de Nutrição Animal (LNA) do Departamento de Zootecnia da UFVJM. As amostras de silagem foram pesadas frescas, secas em estufa ventilada ($55^{\circ}\text{C} \pm 5$) por 72 a 96 horas e, posteriormente pesadas para determinação da matéria seca ao ar (ASA). Este material foi moído em moinho de faca, primeiramente com peneira de 5 mm e depois com peneira de 1 mm. Foram determinados os seguintes teores na análise bromatológica: matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e matéria mineral (MM), segundo AOAC (1995), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (LIG), segundo Van Soest (1967).

Os carboidratos totais (CT) foram estimados segundo Sniffen *et al.* (1992): “ $\text{CT} = 100 - (\% \text{PB} + \% \text{EE} + \% \text{Cinzas})$ ”. Na estimativa dos carboidratos não fibrosos (CNF), foi usada a equação preconizada por Weiss (1999): “ $\text{CNF} = 100 - (\% \text{FDNcp} + \% \text{PB} + \% \text{EE} + \% \text{Cinzas})$ ”. O teor de nutrientes digestíveis totais (NDT) foi estimado a partir da equação de regressão descrita por Capelle *et al.* (2001), para alimentos volumosos: “ $\text{NDT} = 99,39 - 0,7641 \times \text{FDN}$ ”. Já para o alimento concentrado, o NDT foi calculado a partir da equação de regressão descrita por Capelle *et al.* (2001), para alimentos concentrados: “ $\text{NDT} = 60,04 - 0,6083 \times \text{FDA}$ ”.

Ao final de cada subperíodo foi feita a avaliação do peso corporal, em função dos tratamentos, por meio da pesagem dos animais. A produção de leite individual, durante os cinco dias de coleta, foi mensurada diariamente por meio de copos coletores acoplados no sistema da ordenha adotado na fazenda.

Para análise do leite foi feita coleta na ordenha da manhã e da tarde, sendo as amostras acondicionadas em frascos contendo o conservante Bronopol®, na proporção de 2/3 do coletor pela manhã e 1/3 restante à tarde. Imediatamente após a coleta das amostras, as mesmas foram acondicionadas em caixas térmicas contendo gelo reciclável e foram

transportadas para o Laboratório de Análise da Qualidade do Leite da Escola de Veterinária da UFMG, onde foram submetidas às análises laboratoriais. As amostras de leite foram analisadas no equipamento eletrônico BENTLEY 2300, sendo determinados os teores de gordura, proteína, lactose, sólidos totais e extrato seco desengordurado (BENTLEY, 1995). A correção do leite para 4% de gordura (LCG 4%) foi realizada segundo o NRC (1989), empregando-se a equação: $LCG\ 4\% = (0,4 \times \text{kg leite}) + (15 \times \text{kg de gordura do leite})$.

A eficiência alimentar foi calculada para cada vaca, dividindo-se a produção média de leite pela ingestão média de matéria seca (Valadares Filho *et al.*, 2006). Da mesma forma, procedeu-se ao cálculo da eficiência de N, dividindo-se o N-total médio do leite pela ingestão média de N-total da dieta (BRODERICK, 2003).

O experimento teve duração de 120 dias, sendo os animais distribuídos em um delineamento experimental do tipo change-over, sendo dois tratamentos (T1 – silagem mista de sorgo e capim-colonião e T2 – silagem mista de sorgo e capim-colonião + farelo de crambe), com 4 repetições (animais). Cada período experimental teve duração de 30 dias, sendo desmembrado em dois subperíodos de 15 dias cada. Foi preconizado um período pré-experimental de aproximadamente quinze dias, para adaptação dos animais à rotina experimental. Para avaliação da produção de leite e consumo de matéria seca, foi utilizado o delineamento em change-over com efeitos dos períodos (KAPS e LAMBERSON, 2009). Para avaliação do desempenho animal foi utilizado o modelo:

$$y_{ijkl} = \mu + \tau_i + \beta_k + AN(\beta)_{jk} + Pl + \varepsilon_{ijkl}$$

onde:

y_{ijkl} = observação do j-ésimo animal, no i-ésimo tratamento, na k-ésima ordem e l-ésimo período;

μ = média geral;

τ_i = efeito fixo do i-ésimo tratamento;

β_k = efeito da k-ésima ordem de aplicação dos tratamentos;

$AN(\beta)_{jk}$ = efeito aleatório do j-ésimo animal dentro da k-ésima ordem;

Pl = efeito do l-ésimo período;

ε_{ijkl} = erro aleatório.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância no programa de análises estatísticas SISVAR v. 5.3, quando significativo, para a separação das medias, usou-se teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi observado efeito significativo de tratamento ($P < 0,05$) para os consumos de matéria seca (kg/dia e %PV), matéria orgânica (CMO), proteína bruta (CPB) e carboidratos não fibrosos (CCNF). Já efeitos dos tratamentos sobre os consumos de matéria mineral (CMM), fibra em detergente neutro (CFDN), fibra em detergente ácido (CFDA), carboidratos totais (CCT), lignina (CLIG) e os nutrientes digestíveis totais calculados (CNDT calc) não foram significativos ($P > 0,05$). Os dados estão relacionados na Tabela 5.

Tabela 5. Consumos de matéria seca (kg/dia e % do peso vivo), de nutrientes e componentes fibrosos em dietas com silagem mista sorgo e capim-colonião com a inclusão de farelo de crambe.

Nutriente	Silagem S+C	Silagem S+C+FC	CV	Média
CMS ₁ (kg/dia)	17,24 B	17,99 A	3,75	17,61
CMS ₂ (%PV)	3,41 B	3,57 A	4,09	3,49
CMO (kg/dia)	16,04 B	16,74 A	3,70	16,39
CMM (kg/dia)	1,20 A	1,25 A	4,83	1,22
CEE (kg/dia)	0,36 A	0,44 A	4,34	0,39
CPB (kg/dia)	2,23 B	2,49 A	7,38	2,36
CNDTcalc (kg/dia)	11,02 A	11,45 A	3,80	11,23
CCT (kg/dia)	13,44 A	13,81 A	3,46	13,63
CCNF (kg/dia)	5,14 B	5,54 A	3,58	5,34
CFDN (kg/dia)	8,31 A	8,28 A	3,87	8,29
CFDA (kg/dia)	4,52 A	4,35 A	4,21	4,43
CLIG (kg/dia)	0,61 A	0,62 A	4,59	0,62

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

O consumo de matéria seca, expresso nas diferentes formas (CMS₁ e CMS₂), diferiu entre as dietas (Tabela 5). O incremento de 4,26% no consumo de matéria seca foi atribuído à elevação no teor de matéria seca da silagem com adição do farelo de crambe, não afetando assim a aceitabilidade da dieta por parte dos animais. Os resultados observados para o CMS₂ corroboraram com o CMS₁, se apresentando 4,58% maior para a silagem com adição do coproduto. Os valores observados nesse trabalho para CMS₁ e CMS₂ podem inferir que as silagens podem ser consideradas de boa qualidade, já que o consumo é o principal fator que implica essa caracterização.

O consumo é um componente que exerce papel de maior importância na nutrição dos animais, uma vez que determinará o nível de nutriente ingerido e, conseqüentemente, o desempenho dos nutrientes (BERCHIELLI *et al.*, 2011). Em geral, a resposta do animal à 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). Dessa forma, a inclusão do farelo de crambe na ensilagem proporcionou maior aporte de nutrientes aos animais. O uso do farelo de crambe na produção animal e principalmente na ensilagem, por suas características bromatológicas e de consumo, incrementou o valor nutricional da silagem.

Segundo as equações NRC, modificadas por De Freitas *et al.* (2006), os valores preditos, respeitando as especificidades dos animais no presente estudo, para o CMS (NRC 1989 e 2001) foram 16,69 e 17,01 kg/animal/dia. Estes valores corroboram com os resultados obtidos neste estudo, indicando que o CMS dos animais não foi restringido e, tão pouco, influenciado por algum tratamento.

Quanto ao consumo de matéria mineral (CMM) apresentou média de 1,22 kg/animal/dia para as duas dietas representando aproximadamente 6,93% da média do consumo total de matéria seca. A inclusão do farelo de crambe na ensilagem acarretou pequeno acréscimo (0,69%) de MM em relação ao tratamento controle (Tabela 3). Todavia, a maior participação do farelo de soja no concentrado para balanceamento das dietas no tratamento controle culminou em acréscimo de 1,33% de MM deste alimento. Vale ressaltar que os cálculos de consumo de matéria mineral não incluem o mineral fornecido a vontade aos animais na área de lazer.

Para o consumo de matéria orgânica (CMO) o resultado observado foi 4,27% superior para o tratamento contendo farelo de crambe. A diferença observada para a variável CMS₁ aliada ao igual CMM promoveram este resultado, já que o consumo de matéria orgânica é calculado pela diferença entre esses consumos.

Wanderley *et al.* (2002) relataram CMO de vacas holandesas com 60 dias de lactação, peso médio de 590 kg e produção diária de 27 kg, foi de 19,69 kg/animal/dia alimentadas com silagem de sorgo. Os resultados encontrados na literatura, apesar de ligeiramente superiores, não destoaram em relação aos encontrados nesse trabalho, uma vez que os animais utilizados nesta pesquisa apresentaram peso corporal médio inferior (470 kg) ao dos experimentos comparados.

O consumo de extrato etéreo (CEE) também não diferiu para os dois tratamentos, sendo encontrado o valor médio de 0,39 kg/animal/dia. Vale ressaltar que por mais que o crambe seja uma planta oleaginosa, a forma de extração (através de solvente) em que o farelo de crambe é originado, diminui consideravelmente o teor de extrato etéreo do

coproduto, o que gera um produto com baixo teor de lipídio. Assim, o baixo teor de lipídio e a pequena quantidade de inclusão (10%) não foram suficientes para incrementar significativamente o teor de extrato etéreo na silagem com inclusão deste coproduto e, portanto, tão pouco influenciou a variável CEE. No mesmo trabalho de Wanderley *et al.* (2002) citado anteriormente, o consumo de extrato etéreo apresentou valores próximos (0,36 kg/animal/dia). Entretanto o CEE apresentado por Martins *et al.* (2011) se mostrou acima do presente experimento (0,90 kg/animal/dia), possivelmente pelo maior teor de extrato etéreo da silagem de sorgo (5,25 %MS).

O consumo de proteína bruta (CPB) foi superior na dieta com inclusão do farelo de crambe (2,49 kg/animal/dia) em relação ao tratamento controle (2,23 kg/animal/dia). É provável que esta resposta esteja relacionada ao alto teor de proteína bruta contido neste coproduto (32,26% de PB), o que resultou em incremento efetivo no teor de proteína bruta da silagem com a inclusão do farelo de crambe (5,48% de PB) em comparação a silagem do tratamento controle (Tabela 3). Neste contexto, como o CMS não diferiu entre as dietas experimentais, o alto teor de PB do farelo de crambe acarretou maior CPB para o tratamento com adição deste coproduto.

A dieta com adição do farelo de crambe proporcionou incremento na ingestão de 0,260 kg/animal/dia de proteína bruta. Segundo o NRC (1989), para a produção de 1 litro de leite com 4,0% de gordura é necessário consumo de proteína bruta de 0,090 kg/animal/dia. Extrapolando essa recomendação para o presente trabalho, o excedente de proteína consumida no tratamento com adição do farelo de crambe poderia proporcionar um incremento de aproximadamente 2,9 litros de leite a mais por animal/dia, desde que o teor de energia da dieta e o potencial genético não seja limitante.

Nascimento *et al.* (2008) encontraram valores elevados de CPB (3,54 kg/animal/dia para silagem de sorgo), utilizando animais com maiores produções diárias (30,6 kg), peso vivo (635,5 kg) e consumo de matéria seca (22,98 kg/animal/dia), o que podem explicar o fato. Corroborando com os resultados citados acima, no trabalho de Martins *et al.* (2011) também foi observado elevado consumo de proteína bruta (3,11 kg/animal/dia), possivelmente em função do maior teor de proteína bruta encontrado na silagem de sorgo (10,82 %MS). Utilizando as equações de exigências descritas por De Freitas *et al.*, (2006), os requerimentos de proteína bruta para as vacas usadas neste trabalho são de 2,35

kg/animal/dia. Assim a dieta controle não atendeu as exigências deste nutriente com déficit de 120 gramas e a dieta com adição do farelo de crumbe ultrapassou em 140 gramas.

O consumo de proteína bruta permite o desenvolvimento dos microrganismos ruminais, sobretudo daqueles agentes que digerem fibra, podendo assim favorecer aumento do consumo, taxa de passagem e melhor aproveitamento dos nutrientes (Pereira et al., 2005a; Broderick, 2003). O teor de PB pode afetar o crescimento microbiano, assim como a eficiência de utilização da amônia pelos microrganismos para a síntese microbiana depende, entre outros fatores, principalmente de energia no rúmen. Portanto, otimizando-se a síntese de proteína microbiana no rúmen tem-se uma melhor fermentação ruminal, que por sua vez, tem efeitos positivos no consumo de alimentos (Santos, 2006).

O consumo de nutrientes digestíveis totais (CNDT) não diferiu ($P>0,05$) entre os tratamentos estudados, sendo encontrado um valor médio de 11,23 kg/animal/dia. Os resultados apresentados para o CNDT no presente trabalho foram superiores ao observado em trabalho de Martins *et al.* (2011), os quais reportaram um valor médio de 9,94 kg/animal/dia com silagem de sorgo. Neste caso é possível que o elevado estágio de lactação dos animais usados por estes autores (180 dias) tenha acarretado redução nas exigências nutricionais dos animais, em especial na demanda energética, o que ajuda a explicar a diferença no CNDT entre os dois estudos.

Segundo equações descritas por De Freitas *et al.* (2006), os requerimentos de NDT para as vacas usadas neste trabalho são de 11,63 kg/animal/dia. Assim as dietas proporcionaram valores próximos às exigências de consumo de nutrientes digestíveis totais.

Com relação às variáveis consumo de carboidratos totais (CCT) e consumo de carboidrato fibroso (CCF) foram encontrados valores médios de 13,63 e 8,29 kg/animal/dia, respectivamente. Já para o consumo de carboidrato não fibroso (CCNF) foi observado incremento de 0,40 kg de CNF/animal/dia no tratamento com adição de farelo de crumbe. Embora pequeno (cerca de 7,5% da média entre tratamentos), o acréscimo no CCNF demonstra a maior participação de carboidratos rapidamente digestíveis na dieta disponíveis para a microbiota ruminal. Este fato influencia positivamente a ação das bactérias ruminais, tendo em vista que o maior aporte de energia prontamente disponível poderá otimizar o desenvolvimento bacteriano e, conseqüentemente, resultar em maiores produções de ácidos graxos voláteis e proteína bacteriana.

Os resultados apresentados por Wanderley *et al.* (2002) se mostraram maiores que os encontrados neste trabalho, com média de 7,13 kg/animal/dia.

Quanto à avaliação dos componentes fibrosos das dietas experimentais, os consumos de fibra em detergente neutro (CFDN), fibra em detergente ácido (CFDA) e lignina (CLIG) não apresentaram diferenças ($P>0,05$). Estas respostas enfatizam a similaridade entre as dietas experimentais, o que indica que o farelo de crambe pode ser utilizado como aditivo no processo de ensilagem, até o nível de 10% na matéria natural, sem acarretar prejuízos à ingestão de alimentos e, conseqüentemente, ao desempenho animal. No presente estudo, a média do CFDN correspondeu a 46,97% da média do CMS total, o que evidencia adequado aporte de fibra na dieta. Se considerado que a maior porção desta fibra foi advinda das silagens, o qual apresenta alta efetividade em função do tamanho de partícula deste alimento (1,8 a 4,0cm), pode-se supor que as condições para uma adequada digestão fermentativa foram atendidas neste estudo. Adicionalmente, não foi observado nenhum quadro de diarreia crônica nos animais em função das dietas avaliadas, o que sugere que os animais receberam teores de fibra adequados ao longo dos períodos de avaliações.

A lignina constitui elemento chave que limita a digestibilidade da FDN, mas a ligação cruzada entre lignina os polissacarídeos da parede celular (notadamente hemicelulose) e o ácido ferúlico são pré-requisitos para a ocorrência deste efeito (JUNG & ALLEN, 1995). Assim, a composição da lignina influencia seu impacto sobre a digestibilidade e consumo, indicando a necessidade de discriminação qualitativa para sua utilização mais eficaz em modelos de predição de digestão e consumo. Segundo Van Soest (1994), a fração lignina exerce maior efeito sobre a digestibilidade do que sobre o consumo. Dessa forma, se pode especular que as duas dietas podem ter tido os mesmos coeficientes de digestibilidades.

O tratamento com adição do farelo de crambe influenciou ($P<0,05$) positivamente a produção de leite e a produção de leite corrigida para 4% de gordura, todavia não houve efeito ($P>0,05$) para as variáveis relacionadas à qualidade (composição) do leite entre os tratamentos estudados (Tabela 6). As médias de produção de leite (PL) (kg/dia), produção de leite corrigida para 4% de gordura (LCG 4%) (kg/dia), % Gordura, % Proteína, % Lactose, % Sólidos e % Extrato Seco Desengordurado (ESD) para os dois tratamentos, estão dispostas na tabela 6.

Tabela 6. Médias para a produção de leite e análises de qualidade do leite

	Silagem S+C	Silagem S+C+FC	CV	Média
PL kg/dia	21,20 B	22,14 A	7,86	21,7
LCG 4% kg/dia	22,15 B	22,80 A	9,43	22,47
% Gordura	4,30 A	4,20 A	16,64	4,25
% Proteína	3,32 A	3,25 A	1,80	3,28
% Lactose	4,35 A	4,39 A	5,36	4,37
% Sólidos	12,97 A	12,99 A	3,73	12,98
% ESD	8,72 A	8,70 A	2,50	8,71

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

A produção de leite foi maior para os animais alimentados com a dieta à base de silagem adicionada com farelo de crambe em relação ao tratamento controle. O incremento de 0,94 kg de leite/animal/dia proporcionado pelo tratamento com adição do coproduto na ensilagem representou acréscimo de 4,3% na produtividade total dos animais. O consumo de proteína bruta e CNF podem ter sido responsáveis pela formação do propionato no rúmen (GRIINARI *et al.*, 1997), que é substrato para produção de glicose no fígado. A glicose por sua vez é precursora da síntese de lactose, a qual promove um potencial osmótico na glândula mamária, favorecendo o transporte de água para o interior do lúmen alveolar, principal fator responsável pelo aumento da produção de leite (LORENA *et al.*, 2013). Assim, os animais que receberam a dieta contendo o coproduto podem ter recebido maior aporte de nutrientes, o que foi confirmado pelos CPB e CCNF.

Seguindo os valores de produção de leite, os valores de LCG 4% também foram elevados para o tratamento de silagem com aditivo em relação ao tratamento controle. Por mais que o teor de gordura tenha variado 0,1 pontos percentuais da dieta controle para a dieta com aditivo, a elevação da produtividade da mesma diluiu esse efeito.

Os resultados para as análises de composição do leite não apresentaram diferenças para os dois tratamentos. Os teores de gordura, proteína, lactose, sólidos e ESD tiveram médias de 4,25%; 3,28%; 4,37%; 12,98% e 8,71% respectivamente. Nascimento *et al.* (2008) obtiveram valores de % de gordura e proteína de 4,31% e 2,97% respectivamente para silagem de sorgo granífero e 4,56% e 3,05% para silagem de sorgo sacarino. Desta forma, a inclusão do farelo de crambe na ensilagem não afetou a qualidade do leite, o que representa um bom resultado, se tratando de um coproduto pouco conhecido para alimentação animal, apresentando resultados de composição de leite que não destoam dos dados de leite produzido com alimentos tradicionalmente utilizados. Além disso, a composição do leite é uma variável econômica na atividade leiteira, já que o mercado lácteo

remunera o produtor pela qualidade do leite.

Um ponto importante observado foi a eficiência alimentar, ou seja, a relação entre a quantidade de leite produzido e o consumo de matéria seca, que variou de 1,20 a 1,26 kg de leite para cada kg de MS ingerida para a dieta controle e com adição de farelo de crambe, respectivamente (Tabela 7). Este fator é influenciado tanto pelo fator animal (genética, tamanho corporal), como pelos fatores relacionados à dieta (digestibilidade, composição nutricional). Como os animais foram separados em grupos homogêneos e as dietas não apresentarem diferenças nos consumos e nos teores de fibra e lignina, o maior consumo de PB, NDT e CNF, pode ter proporcionado à dieta contendo o farelo de crambe maior eficiência de alimentar. Vale ressaltar que os resultados de eficiência alimentar obtidos nesse experimento encontram-se no intervalo médio (1,38 e 1,16) descrito por Pereira *et al.* (2005 a, b) para vacas nos terços inicial e médio da lactação, respectivamente.

Tabela 7: Eficiência de utilização do N e alimentar das dietas.

Variável	S+C	S+C+FC
Eficiência Alimentar (kg leite/CMS)	1,20	1,26
Eficiência Utilização do N (N total leite/Consumo N dieta)	0,31	0,29

Os limites de conversão do nitrogênio alimentar para nitrogênio no leite não são claramente definidos. Na tentativa para estabelecer essa eficiência de conversão, foram avaliados 334 tratamentos, provenientes de 62 pesquisas, sendo determinado valor médio de 0,270. São diversos os fatores que afetam a eficiência de utilização de N. Entre eles, destacam-se o cruzamento, a ordem de lactação, o estágio de lactação, o conteúdo de proteína do leite, a fonte de carboidratos e a quantidade e qualidade da proteína dietética (Chase, 2003).

Os resultados obtidos nesse experimento (0,31 e 0,29) (Tabela 7) para eficiência de utilização de nitrogênio foram próximos aos de 0,25 e 0,27 relatados por Pereira *et al.* (2005 a, b) para vacas alimentadas com dietas à base de farelo de soja, fubá de milho e silagem de milho nos terços inicial e médio da lactação, respectivamente. A silagem de milho é considerada de melhor qualidade, portanto, de acordo com esses resultados a silagem mista de sorgo, capim-colonião e farelo de crambe pode ser considerada de boa qualidade nutricional.

CONCLUSÃO

O farelo de crambe na proporção de 10% da matéria natural pode ser utilizado como aditivo absorvente de umidade na silagem mista de sorgo e capim-colonião, agregando qualidade nutricional e proporcionando aumento de produtividade dos animais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDALLA, A.L.; FILHO, J.C.S.; GODOI, A.R.; et al. Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, supl. especial, p. 260-268, 2008.
- BENTLEY INSTRUMENTS. **BENTLEY 2000 Operator's Manual**. Chaska, 77p. 1995.
- BERCHIELLI, T.T.; VEGA GARCIA, A.; OLIVEIRA, S.G. Principais técnicas de avaliação aplicadas em estudo de nutrição. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Eds). **Nutrição de Ruminantes**. 2.ed. Jaboticabal: Funep, p.565-600, 2011.
- BRODERICK, G.A. Effects of varying dietary protein and energy levels on the production of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.86, n.4, p.1370-1381, 2003.
- CAPPELLE, E.R.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C.; CECON, P.R. Estimativas do valor energético a partir de características químicas e bromatológicas dos alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, p. 1837-1856, 2001.
- CHASE, L.E. Nitrogen utilization in dairy cows - what are the limits of efficiency? In: CORNELL PROCEEDINGS CONFERENCE, 1., 2003, Ithaca. **Proceedings...** Ithaca: Cornell University, p.233-244, 2003.
- COELHO DA SILVA, J.F.; LEÃO, M.I. **Fundamentos de nutrição dos ruminantes**. Piracicaba: Livroceres, 380p., 1979.
- COSTA, M.G.; CAMPOS, J.M.S; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D.; MENDONÇA, S.S.; SOUZA, D.P.; TEIXEIRA, M.P. Desempenho Produtivo de Vacas Leiteiras Alimentadas com Diferentes Proporções de Cana-de-Açúcar e Concentrado ou Silagem de Milho na Dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, (supl.), p.2437-2445, 2005.
- DE FREITAS, J.A.; LANA, R.P.; MAGALHÃES, A.L.R. et al. Predição e validação do desempenho de vacas de leite nas condições brasileiras. **Archivos Latinoamericanos de Produccion Animal**. v. 14 (4): 128-134. 2006.
- FERREIRA, D. Programa de análises estatísticas (Statistical Analysis Software) e planejamento de Experimentos-SISVAR 5.3. **Universidade Federal de Lavras**, 2010.
- GRIINARI, J.M.; MCGUIRE, M.A.; DWYER, D.A. et al. The role of insulin in the regulation of milk protein synthesis in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.80, p.2361-2371, 1997.
- JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G.; REIS, A.R.; SCHMIDT, P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, supl,

p.101-119, 2007.

JUNG, H.G.; ALLEN, S. Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. **Journal of Animal Science**, v.73, p.2774-2790, 1995.

KAPS, M., & LAMBERSON, W. R. **Biostatistics for animal science**. CABI. 2009.

KÖPPEN, W. Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra. **Fundo de Cultura Econômica**. México. 479p. 1948.

LACERDA, M.J.R. et al. Determinação da matéria seca de forrageiras pelos métodos de microondas e convencional. **Bioscience Journal**, v.25, n.3, p.185-190, 2009.

LORENA, V.M.I.; LANA, R.P.; SILVA, J.C.P.M. et. al. Desempenho de vacas mestiças em função de suplementação energética e proteica em dietas a base de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v.3, n.1, p.117-127, 2013.

MARTINS, S.C.S.G.; ROCHA JÚNIOR, V.R.; CALDEIRA, L.A. et al. Consumo, digestibilidade, produção de leite e análise econômica de dietas com diferentes volumosos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.12, n.3, p.691-708, 2011.

NASCIMENTO, W.G.; PRADO, I.N.; JOBIM, C.C. et al. Valor alimentício das silagens de milho e de sorgo e sua influência no desempenho de vacas leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.5, p.896-904, 2008.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 6.ed. Washington, DC: Academic Press, 224p., 2001.

NOLLER, C.H., NASCIMENTO JR., D., QUEIROZ, D.S. Determinando as exigências nutricionais de animais em pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 13., 1996, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba, SP: **FEALQ**, p.319-351, 1997.

PEREIRA, M.L.A.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D. et al. Consumo, digestibilidade aparente total, produção e composição do leite em vacas no terço médio da lactação alimentadas com níveis crescentes de proteína bruta no concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.3, p.1040-1050, 2005a.

PEREIRA, M.L.A.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D. et al. Consumo, digestibilidade aparente total, produção e composição do leite em vacas no terço inicial da lactação alimentadas com níveis crescentes de proteína bruta no concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.3, p.1029-1039, 2005b.

SANTOS, F.A.P. Metabolismo de proteínas. In: Berchielli, T.T.; Pires, A.V.; Oliveira, S.G. (Eds). **Nutrição de Ruminantes**. FAPESP: Jaboticabal, SP. p.255-286. 2006.

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluation cattle diets. 2. Carbohydrates and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3562-3577, 1992.

OFFICIAL Methods of Analysis of AOAC International. 16 ed. Arlington: **International**, 1995.

VALADARES FILHO, S.C.; MORAES, E.H.B.K.; DETMANN, E. et al. Perspectivas do uso de indicadores para estimar o consumo individual de bovinos alimentados em grupo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: **Sociedade Brasileira de Zootecnia**, p.291-322, 2006.

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

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

WANDERLEY, W. L., FERREIRA, M. A., ANDRADE, D. K. B. et al. Palma forrageira (*Opuntia fícus idica* Mill) em substituição à silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) na alimentação de vacas leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.273-281, 2002.

WEISS, W.P. Energy prediction equations for ruminant feeds. In: CORNELL NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURERS, 61., 1999, Ithaca. Proceedings... Ithaca: **Cornell University**, p.176-185, 1999.