**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

Efeitos da estratégia de descarregamento e inclusão dietética de silagem de milho no valor nutritivo de rações completas para vacas em lactação

Maximiliano Henrique de Oliveira Pasetti

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração: Ciência
Animal e Pastagens

**Piracicaba
2014**

Maximiliano Henrique de Oliveira Pasetti
Zootecnista

**Efeitos da estratégia de descarregamento e inclusão dietética de silagem de milho no
valor nutritivo de rações completas para vacas em lactação**

Orientador:
Prof. Dr. **LUIZ GUSTAVO NUSSIO**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração: Ciência
Animal e Pastagens

Piracicaba
2014

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP**

Pasetti, Maximiliano Henrique de Oliveira

Efeitos da estratégia de descarregamento e inclusão dietética de silagem de milho no valor nutritivo de rações completas para vacas em lactação / Maximiliano Henrique de Oliveira Pasetti. - - Piracicaba, 2014.

82 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2014.

1. Densidade 2. Descarregamento do silo 3. Desempenho animal 4. Relação forragem: concentrado 5. Silos horizontais I. Título

CDD 636.214
P287e

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

A minha avó Noeli e aos meus pais, **DEDICO**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por me proporcionar felicidade ao lado da minha família e amigos e por colocar sempre as oportunidades certas na minha vida.

A minha avó Noeli: essa luta não foi fácil e no meio dela, Deus te quis perto dele. Lembro-me das inúmeras ligações que eu te fiz e só você conseguia me confortar, tuas palavras me davam força para continuar. Mesmo não te sentindo fisicamente, te sinto viva, forte dentro do meu coração. Você sempre será a benção da minha vida, a pessoa que eu mais amo e que sempre vai estar do meu lado, obrigado pelos ensinamentos, pelo amor, por ter passado pela minha vida e ter me feito uma pessoa melhor. Durma bem, meu amor.

Aos meus pais Marisa e Ivanor e ao meu irmão Hermes, a distância é o preço que se paga, quando se busca o melhor. Obrigado pelo apoio incondicional, as palavras de incentivo quando tudo parecia desmoronar, por comemorarem comigo minhas vitórias e ajudar a me levantar nas minhas quedas, pela preocupação quando eu ficava doente (afinal, eu estava morando em São Paulo né, dona Marisa). Enfim, essa vitória também é de vocês. Amo vocês.

Ao meu orientador Professor Luiz Gustavo Nussio pelas oportunidades de crescimento, por me proporcionar momentos de desafios importantes, que me tornaram um profissional melhor.

Aos meus colegas do grupo de Qualidade e Conservação de Forragens (QCF), pela ajuda durante o experimento, pelas dicas durante a fase de laboratório e pelos bons momentos que passamos juntos. Em especial Paula, João Pedro, Janielen, Janaína, Álvaro e João Daniel.

Aos estagiários do grupo Bleine, Attilio, Rogério, Dheime, Patricia, Luana, Juliane, Fernando, Caroline, Bilau, Frentista, Julio, Gorétti, Carlos, Felipe e Evandro.

Aos meus amigos de Tapera e Chapecó, que mesmo de longe, torcem pelo meu sucesso: Jeremias, João Paulo, Gabriel, Fernando, Lucas, Daniel, Rafael, Vitor, Pati, Nessa, Rondonia, Renato, Horácio, Bruninho, Gilnei e Luan.

Aos meus amigos das Republicas Vira – Latas, Velho Jou e No-Talo pelos bons momentos vividos durante essa etapa da vida.

Aos meus amigos da Republica Aroeira: Lado B, Lósti, Yasmin, T-to, K-renti, μ-lâbi, A4, Maikou, Q-iço, Di 4, Frentista, Ciriema, Cin-d-rela, Rolifiude e Nu-Kibe por tudo que me proporcionaram durante esse tempo, foi uma segunda família que ganhei em Piracicaba e não tenho palavras para agradecer o quanto essa república foi importante para que essa vitória fosse conquistada.

Aos meus amigos da pós graduação: Marília, Jackeline, Cocó, Flávia, Murilo, Titaniq, Fábio, Paraíba, Pedro, Fernanda, Tati, Daiane, Marcelo, Cristiano, Paola, Camila, Glauber.

Aos funcionários do departamento de Zootecnia da ESALQ: Wagner, Neto, Emerson, Juscelino, Fernanda e César.

A nossa querida Taninha pela preocupação, pelo “bom dia, bem” acompanhado de um sorriso, obrigado por tudo Véia.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior (CAPES) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela concessão da bolsa de estudo e financiamento dos projetos de pesquisa.

A gloriosa Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” pelo espaço de crescimento profissional, pelas pessoas as quais acolhe, pela tradição de formar ótimos profissionais e por me colocar nas páginas de sua história, será sempre um ORGULHO.

"Não importa as dificuldades, as circunstâncias, as situações, de o seu melhor.
Não importa quantas vezes você fez o bem e não teve nada em troca, continue
fazendo sua parte"

Autor desconhecido

SUMÁRIO

RESUMO	11
ABSTRACT	13
LISTA DE TABELAS	15
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	17
1 INTRODUÇÃO	19
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
2.1 Qualidade da silagem de milho estocada em silos horizontais.....	21
2.2 Desabastecimento do silo e influxo de ar	22
2.3 Efeito da densidade sobre a qualidade da silagem de milho	25
2.4 Efeito da inclusão de forragem na dieta de ruminantes.....	29
3 OBJETIVOS E HIPÓTESE	37
3.1 Objetivos gerais	37
3.2 Objetivos específicos.....	37
3.3 Hipótese.....	37
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	39
4.1 Tratamentos	39
4.2 Amostras e variáveis analisadas na forragem fresca	40
4.3 Avaliações no silo.....	40
4. 4 Temperatura e pH	41
4. 5 Perfil microbiano da silagem.....	43
4. 6 Produtos de fermentação da silagem	43
4.7 Carboidratos solúveis	44
4. 8 Avaliação da densidade do silo	44
4.9 Estabilidade aeróbia.....	45
4. 10 Animais e instalações experimentais.....	46
4. 11 Rações experimentais e manejo alimentar.....	46
4. 12 Controle leiteiro e análises no leite.....	48
4. 14 Parâmetros sanguíneos	49
4. 15 Coeficiente de digestibilidade in vivo, peso vivo e escore de condição corporal	49
4. 16 Análise estatística	51
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
5.1 Composição bromatológica da silagem e das dietas experimentais	53
5.2 Produtos de fermentação e perfil microbiológico da silagem	57
5.3 Propriedades físicas da silagem.....	60
5.4 Temperatura e pH da silagem.....	62

5.5 Desempenho de animais.....	64
6 CONCLUSÕES	73
REFERÊNCIAS	75

RESUMO

Efeitos da estratégia de descarregamento e inclusão dietética de silagem de milho no valor nutritivo de rações completas para vacas em lactação

O objetivo deste experimento foi avaliar os efeitos de estratégia de descarregamento e inclusão dietética de silagem de milho no valor nutritivo de rações completas para vacas em lactação. O experimento foi realizado na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, em Piracicaba/SP. Vinte vacas de raça Holandesa, confinadas em sistema *tie-stall*, foram alocadas em cinco quadrados Latinos 4 x 4, num arranjo fatorial 2 x 2. Para compor os tratamentos, duas formas de descarregamento de silagem de milho estocada em silo tipo trincheira foram empregadas (silagem proveniente do topo ou silagem proveniente da base) e associadas a dois níveis de inclusão das silagens nas dietas (50% ou 60% da matéria seca). Os tratamentos foram: T50) silagem descarregada do topo do silo, com 50% de inclusão na MS da dieta; T60) silagem descarregada do topo do silo, com 60% de inclusão na MS da dieta; B50) silagem descarregada da base do silo, com 50% de inclusão na MS da dieta; e B60) silagem descarregada da base do silo, com 60% de inclusão na MS da dieta. Cada período experimental teve duração de 21 dias, sendo os primeiros 14 dias de adaptação e os últimos sete dias para coletas. Não foram observadas interações entre a inclusão de forragem e a estratégia de descarregamento do silo. A menor proporção de forragem na dieta resultou em maior consumo de matéria seca (CMS) e maior produção de leite. Ao contrário da expectativa, as dietas contendo silagem oriunda da base do silo resultaram em menor CMS e menor produção de leite, provavelmente pelas maiores concentrações de ácido acético e butírico encontradas nesta silagem. Assim, o tratamento T50 elevou a produção de leite em aproximadamente 2 kg/d comparativamente ao tratamento B60. Aumento de 1 kg/d no CMS representou aumento de 1,4 kg/d na produção leite, quando a inclusão de forragem foi reduzida de 60% para 50% da matéria seca. No entanto, quando os níveis de forragem foram maiores, os animais apresentaram maior eficiência alimentar. Em condições de bom manejo do painel e descarregamento das silagens, as diferenças entre as zonas do silo (topo e base) são menos importantes.

Palavras-chave: Densidade; Descarregamento do silo; Desempenho animal; Relação forragem: concentrado; Silos horizontais

ABSTRACT

Effects of feedout strategies and dietary forage inclusions of corn silage on nutritive value mixed ration to lactation cows

The aim of this experiment was evaluate the effects of feedout strategies and dietary forage inclusions of corn silage on nutritive value of total mixed rations to lactation cows. The experiment was carried out at College of Agriculture “Luiz de Queiroz” at Piracicaba/SP. Twenty Holstein cows were housed in a tie - stall barn and allocated in a randomly assigned to five replicated 4 x 4 Latin Square design, with 21 d-period, 14 – d to adaptation and the last 7 – d to collected the samples. To compose the treatments, two feedout strategies of corn silage stored in trench silo were employed (silage from the top and silage from the bottom) and the associated two silage levels in the diet (50% or 60% of dry matter). The treatments were: T50)feedout silage from the top, with 50% forage level; T60)feedout silage from the top, with 60% forage level; B50)feedout silage from the bottom, with 50% forage level; B60) feedout silage from the bottom, with 60% forage level. No observed interactions between feedout strategies and forage levels. A smaller proportion of forage in the diet resulted in higher dry matter intake (DMI) and higher milk production. Contrary to expectation, the diets containing silage from the bottom of the silo resulted in lower DMI and lower milk production, probably by higher concentrations of acetic and butyric acids found in this silage. Thus, treatment T50 increased milk production in approximately 2 kg / d compared to treatment B60. Increase of 1 kg / d in DMI, representing an increase of 1.4 kg / d in milk production, when the inclusion of forage was reduced from 60% to 50% dry matter. However, when levels were higher forage, the animals had greater feed efficiency. Under optimal management conditions, which result in well-preserved silages, the differences between the areas of the silo (top and bottom) are negligible.

Keywords: Animal performance; Density; Feedout silo; Forage: concentrate ratio; Horizontal silo

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Perdas durante o descarregamento e total de perdas de acordo com o tipo de silo e o teor de umidade da cultura (%).....	23
Tabela 2 - Influência de diferentes variáveis sobre a densidade da silagem	26
Tabela 3 - Valores recomendados de FDN e CNF para vacas leiteiras.....	31
Tabela 4 - Composição química bromatológica de plantas de milho destinadas a ensilagem .	34
Tabela 5 - Composição química da silagem descarregada de diferentes locais do silo	53
Tabela 6 - Composição bromatológica das rações experimentais e tamanho médio de partícula	57
Tabela 7 - Características fermentativas da silagem de milho sob diferentes estratégias de descarregamento	58
Tabela 8 - Propriedades físicas da silagem de milho sob diferentes estratégias de descarregamento	60
Tabela 9 - Desempenho e composição do leite de vacas alimentadas com silagem de milho sob diferentes estratégias de descarregamento e níveis de forragem	64
Tabela 10 - Nitrogênio ureico e contagem de células somáticas do leite de vacas alimentadas com silagem de milho sob diferentes estratégias de descarregamento e níveis de forragem.....	68
Tabela 11 - Digestibilidade dos nutrientes de vacas alimentadas com silagem de milho sob diferentes estratégias de descarregamento e níveis de forragem	69
Tabela 12 - Ganho de peso, escore de condição corporal e utilização de energia por vacas alimentadas com silagem de milho sob diferentes estratégias de descarregamento e níveis de forragem.....	70
Tabela 13 - Comportamento ingestivo de vacas alimentadas com silagem de milho sob diferentes estratégias de descarregamento e níveis de forragem	71
Tabela 14 - Índice de seleção vacas alimentadas com silagem de milho sob diferentes estratégias de descarregamento e níveis de forragem.....	72

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BAL	bactéria ácido láctica
CMS	consumo de matéria seca
CS	carboidratos solúveis
CNF	carboidrato não fibroso
EE	extrato etéreo
FDA	fibra insolúvel em detergente ácido
FDN	fibra insolúvel em detergente neutro
Kg.m ⁻³	quilograma por metro cúbico
MM	matéria mineral
MS	matéria seca
N-NH ₃	nitrogênio amoniacal
PB	proteína bruta

1 INTRODUÇÃO

O processo de conservação de uma planta forrageira visa preservar a qualidade nutricional da forragem que será utilizada para alimentação dos rebanhos, principalmente em épocas de escassez de alimentos a campo. A ensilagem trata-se de um processo de fermentação da forragem, na qual a anaerobiose é condição mais importante para se obter um ingrediente de qualidade. Nesse processo fermentativo, ocorre o crescimento de cepas microbianas e a formação de ácidos orgânicos oriundos da oxidação dos carboidratos solúveis (CS) presentes na planta, sendo que em condições normais, o ácido láctico é o produto final de fermentação em maior concentração e o composto mais importante para inibir o crescimento de microrganismos indesejáveis e preservar o substrato ensilado (McDONALD, 1991).

Em razão dos procedimentos de produção e conservação adotados, a silagem pode ter seu valor alimentício bastante alterado. Esses fatores são inerentes principalmente a estágio de maturação da planta, perdas de matéria seca durante a estocagem, compactação da massa ensilada, vedação e descarregamento do silo. Além disso, grande parte da silagem produzida é estocada em silos horizontais, os quais são mais propensos a penetração de ar, principalmente na parte superior e nas paredes (ASHBELL; LISKER, 1988), aonde é difícil realizar o processo de vedação adequadamente.

A compactação adequada da massa ensilada reduz a presença de oxigênio dentro do silo e consequentemente, a oxidação aeróbia, que é a grande responsável pelos processos de perda de matéria seca (MS). Os fatores que afetam a densidade da silagem ainda não são completamente entendidos, porém, existem alguns pontos importantes que os produtores podem controlar no momento da ensilagem para alcançar densidades mais altas (BOLSEN, 2002). Dessa forma, silagens com altas densidades favorecem o processo de conservação, principalmente quando a estratégia de vedação não é eficiente com a ocorrência de perdas nas laterais e topo do silo.

Quando a silagem é exposta ao oxigênio, durante a retirada da massa, microrganismos aeróbios colonizam a forragem provocando aumento da temperatura e deterioração e sabe-se que as populações de leveduras presentes, principalmente, no topo do silo, determinam a deterioração aeróbia (BERNARDES; AMARAL; NUSSIO, 2009). Dessa forma, acredita-se que a silagem retirada da parte superior do silo, tanto por ser mais exposta a intempéries ambientais quanto por vedação inadequada e menores densidades, pode ser de pior qualidade, quando comparada a silagem estocada em locais mais profundos do silo.

O valor alimentício da silagem pode ser alterado em função dos processos de ensilagem e após a abertura do silo, além disso, a variação no valor nutritivo das forragens é muito maior que em alimentos concentrado e por isso uma análise acurada e precisa para determinar a qualidade da silagem é necessária para a otimização do uso desse alimento na produção de ruminantes.

Os carboidratos compreendem entre 70% a 80% da dieta dos ruminantes e são fundamentais para o atendimento de exigências de energia, síntese de proteína microbiana, componentes do leite e manutenção da saúde do animal. O alto potencial de vacas em produzir altas quantidades de leite, levou alguns produtores a aumentar a quantidade de amido nas dietas, maximizando assim a produção (LECHARTIER et al., 2010). Por outro lado, a saúde dos ruminantes depende de boas concentrações mínimas de fibra que permitam manter a mastigação e motilidade do rúmen (NUSSIO et al., 2006). Além disso, a fibra é a fração de alimentos de digestão lenta ou indigestível que dependendo da sua concentração e digestibilidade, pode limitar o CMS e de energia digestível.

A silagem de milho é bastante utilizada na produção de bovinos leiteiros em função do seu alto rendimento em energia, facilidade de mecanização, armazenamento e bom valor nutricional. Uma forma encontrada de aumentar a densidade energética da dieta é regular a relação forragem: concentrado, no entanto, há muitos fatores envolvidos na substituição da forragem pelo concentrado (WEISS; SHOCKEY, 1991). Um dos problemas encontrados é a presença de altas quantidades de açúcares solúveis e amido em concentrados que deprimem a degradação da fibra dentro do rúmen, por causa da queda do pH ruminal, em função do acúmulo de ácidos. Vacas em lactação devem consumir diariamente quantidades suficientes de fibra para estimular a atividade de mastigação, manter o fluxo de saliva e ambiente ruminal favorável ao desenvolvimento dos microrganismos responsáveis pela digestão de carboidratos fibrosos. Rações com teores insuficientes em fibra reduzem o pH ruminal, diminuem o CMS, provocam queda na gordura do leite e aumentam os riscos de acidose (NUSSIO ET al., 2006). Desse modo, o objetivo desse trabalho foi avaliar o desempenho de vacas em lactação, alimentadas com silagem de milho em dois níveis na dieta e oriundas do topo ou da base do silo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Qualidade da silagem de milho estocada em silos horizontais

As perdas de MS da silagem são freqüentemente associadas com os sistemas de estocagem da forragem (HOLTER, 1983; HOLMES; MUCK, 1999), sendo que há relatos (Mc DONALD et al., 1991; RUPPEL, 1992) mostrando que as perdas podem chegar a 25% e são concentradas principalmente no teor de CS. Em relação ao teor ideal de MS de uma silagem em um silo horizontal, Holmes e Muck (2001) relatam que esse valor ainda não é definido para todas as situações e recomendam teores de MS entre 30% a 40%, mas que mesmo nessas circunstâncias, pode não haver conservação da forragem.

Teoricamente, os fatores responsáveis por menores teores de MS são associados à produção de efluentes, fermentação dominada por microrganismos indesejáveis e deterioração aeróbia. A produção de efluentes resulta em perdas do valor nutricional do alimento, pois os nutrientes se dissolvem, além disso, pode se tornar um problema ambiental, caso não for captado corretamente. Já a fermentação por *Clostridium* produz ácido butírico e aminas que não são palatáveis aos animais e diminuem a recuperação de MS do silo (HOLMES; MUCK, 2000). No entanto, raramente é encontrado ácido butírico na silagem de milho, pois, geralmente a forragem consegue atingir valores de pH em torno de 4, o qual inibe a fermentação clostridiana, diferente da silagem de alfafa e gramíneas, porém, quando a forragem for ensilada com valores de matéria seca acima de 30%, é possível inibir o aparecimento de clostrídios (BOLTON; HOLMES, 2006). Esses mesmos autores ainda explicam que condições ambientais como frio, pouca insolação e chuvas podem ajudar a reduzir o teor de CS da forrageira, desfavorecendo o abaixamento do pH e aumentando as chances da contaminação por organismos espoliadores.

O procedimento para o preenchimento de um silo horizontal é espalhar a forragem em camadas finas, de forma a empilhar na forma inclinada e utilizar tratores pesados para compactar a massa ensilada (HOLMES; MUCK, 2000), sendo que as forragens estocadas nos locais inferiores do silo, por sofrer ação maior de compactação, podem ser de melhor qualidade que a silagem estocada no topo. Ruppel et al. (1995), quantificaram práticas de manejo de silos horizontais associadas à estocagem de alfafa e gramíneas e observaram grande variação nas práticas relacionadas a tempo de enchimento, fechamento do silo e compactação, que vão de encontro a perdas de MS. Holmes e Muck (2000) ainda relatam que

a colheita da forragem com a umidade certa, diminuiu a quantidade de partículas leves que podem ser perdidas durante a estocagem, abrindo espaço para passagem de oxigênio.

Holmes e Muck (2000) relatam que, a parte superior do silo é submetida à menor efeito de compactação e que conseqüentemente, a massa ensilada no topo é de densidade menor quando comparado aos outros locais do silo. Ainda relatam que isso pode ser uma armadilha, pois, há bastante espaço entre as partículas da forragem para penetração de ar, sendo que esse oxigênio poderá ser usado tanto pelos microrganismos aeróbios como para respiração da planta e isso resulta em produção de calor dentro do silo. As perdas de qualidade tipicamente são consideradas maiores em silos horizontais por causa da grande área de exposição do painel ao oxigênio, vedação inadequada e as práticas durante a estocagem e descarregamento (BOLSEN et al., 1993; HARRISON; FRANSEN, 1991)

Nos silos horizontais, durante o período de estocagem, a deterioração da parte superior é formada logo abaixo da lona de cobertura. Durante o período de enchimento, o topo da massa da forragem é exposto ao ar e precipitação, com isso há contaminação da planta por microrganismos aeróbios, que provocam a deterioração da forragem ao longo da superfície (HOLMES; MUCK, 2000). Alcançar e manter a anaerobiose são o ponto crítico para o sucesso da ensilagem. Quando a cobertura é colocada sobre o silo de forma inadequada, ar e umidade entram afetando o processo de ensilagem e a qualidade da forragem durante a estocagem e descarregamento (BERNARDES et al., 2009).

2.2 Desabastecimento do silo e influxo de ar

No Brasil, a maior parte da silagem de milho produzida é armazenada em silos horizontais. No momento que o silo é aberto grandes quantidades de oxigênio começam a entrar pelos poros da massa ensilada, sendo que o principal efeito disso é a perda da anaerobiose, tornando a massa instável em função da perda de estabilidade (WEINBERG; ASHBELL, 2003). A face do silo e as áreas periféricas como as laterais e parte superiores são as mais prejudicadas, e isso ocorre em função de estratégias de compactação e vedação inadequadas, prejudicando a densidade dessa silagem (ASHBELL; LISKER, 1988). Dessa forma, os locais mais porosos do silo (áreas periféricas) são os mais prejudicados, pois os riscos de deterioração aeróbia são maiores.

Durante o desabastecimento do silo, o painel deve ser mantido liso e perpendicular ao chão, pois isso minimiza a área de exposição ao ar, sendo recomendada uma taxa de retirada

diária de 15 a 30 centímetros para evitar aquecimento e deterioração. No entanto, nos meses quentes e úmidos do ano em muitos países tropicais, se faz necessário a remoção de até 45 cm de silagem, principalmente quando se trabalha com grão úmido, planta inteira de milho, sorgo e outros cereais (BOLSEN; BOLSEN, 2004). Na tabela 1 são apresentadas as estimativas de perdas durante a retirada da silagem para alimentação dos animais em diferentes tipos de silo.

Tabela 1 - Perdas durante o descarregamento e total de perdas de acordo com o tipo de silo e o teor de umidade da cultura (%)

Tipo de silo	Umidade	Perdas no desabastecimento	Perdas totais*
Torre	80	1 - 5	21 - 26
	70	1 - 5	15 - 20
	65	1 - 5	13 - 19
Trincheira (não vedado)	70	0 - 3	27 - 37
	60	0 - 3	24 - 34
	50	0 - 3	30 - 43
Trincheira (vedado)	80	3 - 10	20 - 30
	70	3 - 10	16 - 23
	60	5 - 15	18 - 31
Superfície (não vedado)	80	3 - 10	34 - 44
	70	3 - 10	37 - 47
	60	5 - 15	45 - 58
Superfície (vedado)	80	3 - 10	21 - 31
	70	3 - 10	17 - 27
	60	5 - 15	21 - 34
Tubular (Bag)	80	1 - 5	12 - 17
	60 - 70	1 - 5	9 - 14
Fardo	60 - 70	1 - 5	15 - 20
	50 - 60	1 - 5	15 - 20

Adaptado de Muck e Holmes (2000)

*Perdas totais = abastecimento, infiltração de água, gases, perdas superficiais e desabastecimento

O contato com o oxigênio é inevitável durante algumas fases que compreendem o processo de ensilagem (abastecimento do silo, armazenamento e desabastecimento) (AMARAL, 2011). Pelo fato do silo não ser um ambiente hermético, durante o período de armazenamento, o ar penetra em seu interior, principalmente no topo e zonas laterais de contato com a parede, sendo que esse problema pode se agravar, sobretudo, durante o fornecimento da silagem para os animais (PITT; MUCK, 1993).

Durante o armazenamento e descarregamento da silagem, a deterioração ocorre devido a microrganismos aeróbios, que utilizam os nutrientes da silagem como fonte de crescimento. No processo de fermentação, bactérias facultativas e anaeróbias obrigatórias competem por

substrato (DRIEHUIS; OUDE-ELFERINK, 2000), sendo as bactérias ácido-láticas (BAL) os microrganismos mais importantes durante essa fase. Esses são microrganismos são desejáveis na silagem, pois, sua rota fermentativa homolática (conversão de uma molécula de glicose a duas de ácido lático) não proporciona perda de MS e energia, o que pode resultar em melhor desempenho animal, em função de um maior consumo de silagem. No entanto, altas concentrações de ácido lático, nem sempre conseguem manter uma fermentação desejável após a abertura do silo. Desse modo, as perdas durante o desabastecimento são influenciadas pela disponibilidade de nutrientes, temperatura ambiental (ASHBELL et al., 2002) e o tempo que essa silagem fica exposta ao O₂ (WEINBERG; ASHBELL, 2003). Se a estocagem da planta for rápida e a selagem eficiente, o oxigênio contido na forragem é rapidamente consumido pela respiração da planta e microrganismos aeróbios.

O método mais óbvio e efetivo para prevenir a deterioração aeróbia é assegurar que a silagem seja consumida pelos animais o mais rápido possível, além disso, o rápido descarregamento também limita a deterioração do painel do silo. O ideal é que o descarregamento seja conduzido sem perturbar as camadas do material remanescente no silo e por isso, planejar a retirada é bastante importante. Silos do tipo trincheira ou horizontais devem ser o mais longo e estreito possível para minimizar a área de superfície de silagem exposta ao ar.

Considerando que a exposição da silagem ao oxigênio é um problema a ser enfrentado, cabe ao produtor utilizar técnicas que reduzam o fenômeno de deterioração aeróbia para que o rebanho seja alimentado com silagem sem alterações de nutrientes. Bernardes (2014) recomenda sinalizar o painel, ao longo da retirada da silagem, repetindo essa marcação por duas ou três vezes até o uso completo do silo, tendo assim uma medida da quantidade de silagem removida. Caso ela seja superior a 30 cm diários, é sinal que o manejo está adequado, se a mesma, for inferior é necessário re-avaliar o dimensionamento da retirada para os próximos anos. Esse mesmo autor ainda relata que, tanto pH como a temperatura se mantiveram adequados quando o manejo do painel teve maior avanço, sendo explicado pelo fato que quanto maior a taxa de retirada, menor é o contato do oxigênio com a silagem.

Muck e Holmes (2000) avaliaram as taxas de perdas durante o descarregamento. Eles relatam que a quantidade de silagem retirada por dia influencia na quantidade de perdas. O exemplo citado é uma área de perda de 5 cm por dia, sendo que a necessidade de descarregamento fica entre 15 a 30%, dessa forma, cerca de 10% do que seria retirado no dia, é perdido em função da estratégia de descarregamento. Pitt e Muck (1993), também determinaram as perdas de MS em função da quantidade descarregada. Eles mostram que as

perdas de MS foram de 3% ao dia, quando retirado o recomendado de 15 cm por dia e as perdas foram de 35% quando a densidade foi de 232 kg MS⁻³, além disso, concluíram que as perdas de MS foram reduzidas, quando a densidade aumentou.

Pitt e Muck (1994) relatam que as perdas de MS têm relação com a porosidade da silagem, sendo que essa variável é relacionada inversamente com a densidade e matéria seca, dessa forma, os autores geraram curvas que associavam a perda de MS com densidade, taxa de descarregamento e conteúdo de MS. Os resultados do trabalho vão de encontro com os resultados publicados por Pitt e Muck (1993), aonde mostram que as perdas de MS são menores de 3% durante o descarregamento quando a densidade é maior que 232 kg MS⁻³ e a forragem é ensilada com menos de 40% de umidade. Eles ainda mostram que a porosidade deve ser inferior a 55% com taxas de remoção de 23 cm por dia, para diminuir as perdas.

Há uma crescente preocupação no controle da deterioração iniciada após a abertura do silo, pois estão associadas com perdas de grandes quantidades de nutrientes e diminuição de consumo, podendo chegar ao ponto de rejeição total do material fornecido. Nos casos em que o material deteriorado é processado junto a outros ingredientes, esta rejeição por parte do animal pode ser minimizada, no entanto, se consumida pelos animais podem proporcionar distúrbios fisiológicos ou morte, já que neste material podem estar presentes microorganismos e/ou substâncias tóxicas (McDONALD, 1991).

2.3 Efeito da densidade sobre a qualidade da silagem de milho

Um dos primeiros passos quando está se projetando um silo é determinar o volume de forragem que irá ser ensilado, sendo que a MS é determinante nesse processo, pois evita discrepâncias em função da alta umidade da planta (BOLTON et al., 2005). A parte superior da massa ensilada possui uma grande área exposta à penetração de ar e umidade, que é suportada por microrganismos aeróbios, que causam deterioração na face superior do silo (HOLMES; MUCK, 2000; BERNARDES et al., 2009). Holmes e Muck (2000) relatam que o enchimento em camadas, o preenchimento rápido, bons equipamentos de colheita, corte, transporte e a selagem desse silo, são variáveis importantes para formar uma massa de alta densidade, o que limita a penetração de oxigênio e umidade.

A densidade da massa da silagem é o fator que mais influência na qualidade da silagem (RUPPEL et al., 1995; CRAIG; ROTH, 2005). A obtenção de uma alta densidade dentro do silo é importante por duas principais razões: a densidade e a MS determinam a

porosidade da massa ensilada, e essa por sua vez define a velocidade pela qual o ar irá se mover dentro do silo, e esse parâmetro é importante, pois é possível saber qual será a quantidade de silagem desperdiçada (HOLMES; MUCK, 1999; SAVOIE et al., 2008). Nas silagens melhores compactadas, a porosidade é menor e com isso mais ar é pressionado para fora, o que reduz as perdas com MS e deterioração (HUTNIK, 2012). Na Tabela 2 são mostrados os fatores que influenciam na densidade da silagem e as referências.

Tabela 2 - Influência de diferentes variáveis sobre a densidade da silagem

Variáveis ¹	Referência
Profundidade do silo	Pitt, 1983; Muck & Holmes, 2000; D'Amours e Savoie, 2004; Visser, 2005.
Conteúdo de MS	Pitt & Muck, 1993; Ruppel et al, 1995; Bernier-Roy et al. 2001; Muck & Holmes (2000); Muck et al, 2004; Pitt, 1983.
Tamanho de partícula	Jhonson et al, 2002; Muck et al, 2004; Bernier-Roy et al. (2001).
Compactação	Messer & Hawkins, 1977a; Pitt 1983; Ruppel et al, 1995; Bernier-Roy et al. 2001; Muck & Holmes, 2000.
Peso do trator	Messer & Hawkins, 1977a; Messer & Hawkins, 1977b; Darby e Jofriet (1993); Ruppel et al, 1995; Muck & Holmes, 2000; Savoie et al, 2008.
Maturidade do grão	Jofinet e Zhao, 1990; MoGechan, 1990.
Espessura da Camada	Bernier-Roy et al. 2001; Muck & Holmes, 2000.

¹ Adaptado de Savoie et al. (2008) e Hutnik (2012)

A densidade também é importante para preservação do valor nutricional do alimento, pois, quanto maior for a contaminação, principalmente por leveduras, menor é a concentração de CS. Holmes e Muck (1999) mostram que a densidade ideal em um silo trincheira deve ultrapassar 225 kg/m³, pois esse valor pode minimizar a entrada de ar e diminuir a deterioração aeróbia. Dados de pesquisas apresentam valores médios de densidade entre 106 e 434 kg.m-3 em 168 silos no estado Wisconsin (EUA) (HOLMES; MUCK, 2000), mostrando que mesmo em países onde há um bom maquinário para ensilagem, nem sempre se consegue

alcançar boas densidades. Geralmente, altas densidades reduzem os custos da ensilagem, pois consegue aumentar a quantidade de forragem estocada e reduzem as perdas do topo do silo (HOLMES; MUCK, 1999, 2000; HUTNIK, 2012).

A dificuldade em prever a densidade da silagem está ligada a variações intrínsecas dentro do silo (AMOUR; SAVOIE, 2005). A densidade tende a aumentar do topo para base do silo, provavelmente em função da pressão colocada sobre a massa e o peso do trator (MUCK; HUNKE, 1995). A densidade também pode variar nas laterais, em função do espalhador ser mais largo que as rodas ou pelo fato do operador compactar menos perto das paredes por razões de segurança.

Ruppel et al. (1992, 1995) relatam que o peso do trator e o tempo para vedação do silo são os fatores mais importantes que afetam a densidade. O primeiro fator citado por esses autores diz respeito principalmente ao aumento do peso médio de compactação da massa, tanto pelo aumento do peso do trator, como pela substituição por tratores mais pesados. E depois disso, reduzir o tempo de estocagem, faz reduzir as perdas, principalmente às da superfície do silo.

Jhonson et al. (2002), relatam o impacto do tamanho de partícula e inoculação sobre a densidade da silagem. Os dados mostram que a densidade foi de 32 a 70 kg.m⁻³ maior (densidade média de 572 kg.m⁻³) do que o tratamento controle (densidade média de 546 kg.m⁻³). O trabalho ainda traz informações relativas ao efeito da maturidade da planta, sendo que, com o avanço da maturidade, são observadas menores densidades. Como conclusão desse trabalho, os autores relatam que, diminuindo o tamanho de partícula, a densidade aumenta. Em relação à maturidade do grão, eles explicam que a tendência de se obter menores densidades com o avançar da maturidade da planta está ligado ao teor de MS, que vai aumentando com o passar do tempo e torna a forragem mais grossa, dificultando a compactação.

O tamanho de partícula é tão importante que é necessário entender todo processo, desde o corte até o momento de oferecer essa forragem aos animais. Segundo Savoie et al., (1989), os procedimentos de colheita são mal definidos, e o tamanho da partícula varia conforme configurações da própria máquina, umidade e maturidade da planta. Variáveis como a regulação da picadora, o processo de descarregamento do silo e o sistema de fornecimento de alimento aos animais são responsáveis pela diminuição do tamanho médio de partícula (TMP) (HEIRICHS et al., 1999). A metodologia usada para avaliação do TMP vem da Universidade da Pensilvânia (EUA). O método é chamado de Penn State, sendo que o TMP ideal recomendado por esse método fica entre 8 e 19 mm. Partículas menores de 8mm têm área

superficial menor e, por conseguinte, o ataque microbiano no rúmen promove rápida fermentação, que pode tanto produzir mais energia para a vaca, quanto promover acidose ruminal (HEIRICHS et al., 1999). Em relação à qualidade da silagem, tamanhos de partícula maiores, podem dificultar a compactação, diminuindo a densidade, facilitando a penetração de oxigênio e aumentando as perdas. Em relação ao desempenho animal, TMP menores, diminuem o tempo de salivação e com isso há alteração do pH ruminal, relação acetato: propionato e pH, que está associado à porcentagem de gordura no leite.

Existem alguns trabalhos na literatura interessantes relacionados à densidade, pois se baseiam na medição da compactação da massa em diversas fazendas. Holmes e Muck (1999) contaram com a colaboração de 20 extensionistas no estado de Winconsin (EUA) aonde realizaram a medição da densidade de 160 silos horizontais contendo silagem de milho e alfafa. Foram realizadas medições em 87 silos contendo alfafa e 81 silos contendo milho planta inteiras. Para a silagem de alfafa foram encontrados valores de densidade em torno de $237,1 \text{ kg.m}^{-3}$ e para silagem de milho $232,09 \text{ kg.m}^{-3}$. Nesse trabalho os autores relatam que a densidade correlacionou-se positivamente com o peso médio do trator, o tempo para fechamento do silo e o teor da matéria seca.

Amours e Savoie (2005) coletaram dados de algumas fazendas no noroeste do Canadá. Os valores obtidos de densidade desses silos variaram entre 42 e 119 kg.m^{-3} , bastante abaixo dos valores recomendados por Holmes e Muck (1999). Essas avaliações foram correlacionadas com variáveis como colheita, umidade, tamanho de partícula, porcentagem de grãos, número de vagões por hora, capacidade de colheita de MS/hora, tratores, fechamento do silo e descarregamento. A capacidade média de colheita foi de 22 tMS/hora, a umidade ficou entre 56 e 77% e a porcentagem de grãos variou entre 17 e 50%. Esse trabalho mostra que a densidade do painel foi sempre menor que no resto do silo. Em geral, a densidade do painel foi 9% menor do que outros em uma profundidade de medição maior, mostrando que o descarregamento do silo, pode gerar efeitos sobre a densidade da massa.

Craig e Roth (2005) mostram que a densidade da silagem varia de acordo com o local do silo horizontal. De acordo com esses autores, diferentes densidades foram encontradas no topo, meio e base do silo. No topo do silo a densidade foi de 185 kg.m^{-3} , para a metade do silo foi de $214,7 \text{ kg.m}^{-3}$ e para a base do silo foi de $233,1 \text{ kg.m}^{-3}$, o que vai de encontro com os dados de Muck e Hunke (1995). Esses dados mostram que em função de uma maior penetração de ar entre as partículas, pode haver diferenças na qualidade da silagem entre topo e base, pelas densidades serem diferentes.

No Brasil, pouca importância se dá aos processos de perdas da silagem, como compactação inadequada, que irá resultar em baixas densidades ou no desabastecimento do silo, cuja consequência será a deterioração da silagem. A dificuldade em mensurar as perdas totais que ocorrem pelo manejo inadequado em propriedades rurais, e a não mensuração de perdas qualitativas em laboratório, resultam em falta de estímulo à percepção e a divulgação de resultados para economia de produção. Dificilmente, os produtores acreditam em perdas elevadas em função dos processos oxidativos provenientes do manejo inadequado do silo, pois só consideram como tal aquelas que são visíveis, o que subestima as reais perdas de silagem (AMARAL, 2011).

2.4 Efeito da inclusão de forragem na dieta de ruminantes

A produção animal, baseada no uso de pastagens e forragens conservadas, consiste em uma das alternativas mais competitivas e rentáveis de exploração da terra (REIS; DA SILVA, 2006). Os carboidratos compreendem entre 70% a 80% da dieta dos ruminantes e são fundamentais para o atendimento de exigências de energia, síntese de proteína microbiana, componentes do leite e manutenção da saúde do animal. A fibra é a fração de alimentos de digestão lenta ou indigestível que dependendo da sua concentração e digestibilidade, pode limitar o CMS e energia. Por outro lado, a saúde dos ruminantes depende de boas concentrações mínimas de fibra que permitam manter a mastigação e motilidade do rúmen (NUSSIO et al., 2006).

Em função da distribuição irregular de forragens ao longo do ano e a baixa qualidade forrageira das pastagens tropicais, normalmente no Brasil vem se utilizando a produção de ruminantes em confinamento. Isso exige um planejamento alimentar adequado no que diz respeito à produção de silagem e feno de qualidade para atender as exigências dos rebanhos (COSTA et al., 2006). Nos sistemas de produção de que visam altas produções, tem se dado preferência a volumosos de teores de fibra em detergente neutro (FDN) menores, uma vez que tendo sendo feita as necessidades fisiológicas de ruminação, ainda haja espaço físico para consumo de grãos, que possuem alta energia, proporcionando maior eficiência alimentar (SPADOTO et al., 1996).

Em termos nutricionais, a classificação dos carboidratos em fibrosos (CF) e não fibrosos (CNF) é a mais apropriada, pois, é baseada nas características nutritivas, ao invés de

composição química ou função exercida na planta (MERTENS, 1992). Nessa classificação, os CNF representam as frações degradadas rapidamente e inclui a pectina, amido e açúcares. Os CF são aqueles que ocupam espaço no trato digestório e exigem mastigação para redução do tamanho de partícula e passagem pelo trato e incluem a celulose e hemicelulose (NUSSIO et al., 2006). As rações para ruminantes apresentam duas fontes de carboidratos que promovem crescimento microbiano. Os carboidratos estruturais (CE) e os carboidratos não estruturais (CNE). Dentro dos CE enquadram-se a celulose, hemicelulose e a pectina e os CNE são os carboidratos que pertencem ao conteúdo celular da planta, como por exemplo, o amido. As rações a base de forragens, são ricas em celulose, com teores intermediários de CS e pobres em amido, e num ambiente como esse, bactérias celulolíticas e sacarolíticas são mais ativas (NUSSIO et al., 2006).

Independente do tipo de carboidrato, após sua ingestão, eles são digeridos pelos microrganismos a hexoses, pentoses e ácidos urônicos. A fermentação ruminal dos açúcares é a principal fonte de energia para formação de ATP que é utilizado para manutenção e crescimento dos microrganismos ruminais. As bactérias celulolíticas aderem-se a membrana externa da parede celular e começam a liberação de celulasas, a fim de hidrolisar a parede, sendo que essas enzimas são capazes de hidrolisar as ligações β 1-4 que compõem os feixes de celulose e hemicelulose. A conversão de celulose em glicose e posteriormente em piruvato é um processo complexo e desconhecido. No entanto, o piruvato produzido é rapidamente convertido aos principais ácidos graxos voláteis (AGV) (acetato, propionato e butirato), além de gerar CO₂, metano, calor e células microbianas (BERGMAN, 1990). Uma das grandes influências da relação entre forragem e concentrado é a relação entre as concentrações molares de AGV's no rúmen. Esses valores são mantidos estáveis com números próximos a 65: 25: 10 moles de acetato: propionato: butirato para rações a base de forragens e 50: 40: 10 para rações ricas em concentrado, respectivamente. O propionato é transformado pela gliconeogênese na maior fonte natural de glicose para ruminantes (HUNTINGTON, 1990), já o acetato e butirato são utilizados primeiramente como fonte de energia, sendo o acetato o principal substrato para a lipogênese (NUSSIO et al., 2006). O tipo de alimento fermentado é determinante no tipo de AGV produzido. Forragens mais digestíveis são associadas com menor produção de acetato e alta produção de propionato e butirato (THOMAS; ROOK, 1981). Ao fornecer amido, haverá alta concentração de propionato em relação a acetato e segundo Sutton (1981) o padrão de fermentação será dependente das fontes utilizadas, tipo de processamento, nível e frequência de alimentação de rações ricas em açúcares.

Na literatura, existem inúmeros trabalhos que demonstram a importância de uma boa relação forragem: concentrado (F: C) na dieta de ruminantes. A maioria deles explica que a concentração de ácidos no rúmen é superior com rações a base de concentrado. O principal problema associado a isso é o menor tempo de ingestão e ruminação, diminuindo a quantidade de saliva que chega ao rúmen (NUSSIO et al., 2006). Na Tabela 3 são mostradas as recomendações desses autores para concentrações de FDN e CNF para vacas em lactação.

Tabela 3 - Valores recomendados de FDN e CNF para vacas leiteiras

Classe	Recomendado (%MS)	
	FDN	CNF
Seca	60 – 65	20 – 25
Próximo a secagem	32 – 36	35 – 40
Lactação, kg/dia		
< 14	48	28 – 30
14 – 21	40	32 – 34
22 – 29	34	34 – 36
30 - 37	31	36 – 38
>80	28	38 – 40

Fonte: Adaptado de Hoover e Miller-Webster (1998).

Dietas como essas podem levar a uma acidose subaguda, pois um pH ruminal baixo diminui a eficácia digestiva, que por sua vez leva a quedas de consumo, produção, teor de gordura no leite, digestibilidade da fibra e outras doenças (PLAIZIER et al., 2008), embora não haja nenhuma convenção a respeito de valores que indiquem esse quadro, Beauchemin et al. (2003), relata que pH entre 5,6 e 5,8 caracterizam um animal em acidose. Em condições de pH abaixo de 6,0 a digestão da celulose é diminuída por inibição microbiana, pois as bactérias celulolíticas não atuam em níveis mais ácidos que esse. Isso ocasiona atraso na fixação à partícula do alimento, principalmente por causa da ausência de compostos que estimulam a fixação, como bicarbonato de sódio ou presença de inibidores da fixação, como amido solúvel (NUSSIO et al., 2006).

Hoover e Miller-Webster (1998) concluíram que a taxa excessiva de digestão do amido e o decréscimo do pH podem afetar negativamente o animal, por isso, os ruminantes, como herbívoros, necessitam de inclusões básicas de forragem em sua dieta, para manter a saúde ruminal e seu desempenho produtivo. Quantificar o FDN é o método que melhor separa os carboidratos estruturais dos não estruturais, sendo que o FDN mensura a maioria dos compostos químicos ligados a fibra. Em média o FDN é menos digestível que os CNE e sua concentração é correlacionado negativamente com a concentração energética da dieta. A

composição química do FDN (celulose, hemicelulose e lignina) afeta a digestibilidade dessa fração da forragem (NRC, 2001).

A quantidade máxima de FDN a ser incluída nas dietas é em função da energia líquida (EL) que é exigida pela vaca e uma quantidade mínima de CNE é requerida para uma boa fermentação ruminal. OTAN et al. (2008) relatam que a variação no desempenho dos ruminantes é mais relacionada ao consumo de alimentos que a digestibilidade da dieta ou a eficiência de converter energia digestível a energia metabolizável ou líquida. Em muitos casos, o FDN irá determinar a quantidade de EL necessária para o animal (NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC, 2001). Segundo Mertens (1992), geralmente a concentração de FDN não afeta o desempenho da vaca, se a dieta estiver adequada aos níveis de EL.

Lechartier et al. (2010), conduziram um trabalho na França aonde foram testados três relações F: C. As três relações F: C foram 20:80 35:65 e 50:50, sendo que, elas foram combinadas, com CNE de lenta e rápida degradação ruminal. Os tratamentos então foram compostos por: 1) 20% forragem e CNE de lenta degradação; 2) 20% de forragem e CNE de rápida degradação; 3) 35% de forragem e CNE de lenta degradação; 4) 35% de forragem e CNE de rápida degradação; 5) 50% de forragem e CNE de lenta degradação; 5) 50% de forragem e CNE de rápida degradação. Os teores de FDN das dietas variaram de 26,1 a 30,2 e de EL 1,68 a 1,75 mcal/kg. A forragem base foi silagem de milho, o concentrado de lenta degradação usado foi trigo e de rápida degradação, polpa cítrica. Como resultados, os autores observaram que o CMS aumentou quando a relação F: C diminuiu de 50:50 para 35:65. O concentrado de rápida degradação também diminuiu o consumo de nutrientes. O tempo de ingestão, ruminação e salivação também foram afetados pela diminuição da relação F: C, mas não observou-se isso em função do tipo de concentrado ingerido. O pH ruminal diminuiu, o lactato manteve-se alto e a proporção molar de propionato foi maior a de acetato conforme se diminuiu a relação F: C. Também, diminuindo a relação F: C foi observado aumento linear da produção de leite e proteína e uma queda na gordura do leite.

Homer et al. (1985) comparou feno de alfafa e capim em uma relação 50:50 entre forragem e concentrado e observou melhor desempenho dos animais comendo feno de alfafa. Macload et al. (1984) observou aumento linear no CMS e produção de leite em vacas primíparas quando as inclusões de forragem foram respectivamente 75%, 55% e 35%, além disso, Paulson (1990) relatou menor CMS e produção de leite em vacas recebendo 75% de forragem, quando comparadas aos animais recebendo 55% e 65%. Hansen et al. (1991) conduziram um ensaio de dois anos na Universidade de Minnesota (EUA) aonde tiveram por objetivo comparar o efeito da inclusão de 40%, 50% e 60% de forragem sobre o desempenho

de vacas em lactação, tendo como fonte de fibra feno de capim e alfafa, além disso, avaliar o efeito da suplementação de hidroximetionina análoga. Quando avaliado somente a fonte de forragem, a silagem de capim proporcionou maior CMS aos animais, sendo que essa interação provavelmente aconteceu em função de menores concentrações de FDN, e essa variação no consumo pode ser atribuída a diferentes taxas e extensões de degradação da parede celular vegetal (VARGA; HOOVER, 1983). As inclusões de concentrado afetaram o consumo de FDN e fibra em detergente ácido (FDA), mas não o CMS, sugerindo que o FDN não é um fator limitante do consumo. Em relação à inclusão da forragem, observou um aumento linear na produção de leite quando se aumentou a quantidade de concentrado na dieta, acompanhada de um aumento da concentração molar de ácido propiônico, o que também resultou em queda na gordura do leite.

O NRC (2001) comenta que dietas com menos de 25% de FDN total e menos de 16% de FDN na dieta, provocam queda na gordura do leite. Utilizando silagem de milho, com uma concentração de 24% de FDN, proporcionou menor teor de gordura no leite que dietas contendo silagem de milho com 29 a 35% de FDN e ainda relata que a silagem de milho tem digestibilidade e FDN similar a de alfafa, assumindo que o tamanho de partícula seja adequado.

Huhtanen et al. (2002), comentam que a regulação do consumo em ruminantes envolve muitos fatores relacionados ao animal e a dieta e por isso apresentam um modelo que envolve a MS da silagem e o consumo. Esse modelo estima os efeitos das características da silagem (MS e fermentação) e outros fatores dietéticos como a suplementação com concentrado e o consumo, sendo que esse modelo foi aprimorado (HUHTANEN et al., 2007) e inclui variáveis como a espécie da forrageira e teores de FDN. Huhtanen et al. (2008) avaliaram o efeito do concentrado sobre o consumo de silagem. O efeito da suplementação do concentrado foi curvilíneo, tendo o valor de P como uma tendência quadrática. Segundo esses autores, o aumento da suplementação com concentrado afetou o consumo de silagem, aumentou a produção de leite e a energia metabolizável das vacas.

Segundo Belyea et al. (1974), a silagem de milho é bastante utilizada na produção de bovinos leiteiros em função do seu alto rendimento em energia, facilidade de mecanização, armazenamento e bom valor nutricional. Vários aspectos contribuem para que o milho seja uma das forrageiras mais utilizadas para produção de silagem, como a alta produção de MS no momento da colheita, menor capacidade de tamponamento, além de adequada fermentação microbiana (ZOPOLLATTO; SARTURI, 2009). O ótimo valor nutritivo do milho é caracterizado pela alta digestibilidade e densidade energética. Atualmente, modernos híbridos

de milho têm alcançado pontos de colheita precoces com alta concentração de amido, que é um dos objetivos dos criadores. No entanto, observa-se baixa digestibilidade da parede celular e um pequeno efeito sobre a digestibilidade da matéria orgânica (GIVENS; DEAVILLE, 2001). Os dados referentes à composição químico bromatológica de plantas de milho destinadas a ensilagem com dados levantados de diversos trabalhos da literatura são apresentados na tabela 4.

Tabela 4 - Composição química bromatológica de plantas de milho destinadas a ensilagem

Referências	MS ¹	EE ¹	PB ¹	FDN ¹	Amido ¹	DIVMS ¹
	%					
Russel et al (1992)	34,8 – 51,4	-	6,9 – 7,6	43 – 50	-	71,9 – 74,8
Tomas et al (2001)	36,9 – 41,3	-	7,7 – 9,6	40 – 42	15 – 18,3	77,8 – 79,9
Ballard et al (2001)	27,3 – 33,7	3,5 – 3,6	6,6 – 6,8	41 – 45	12,6 – 14	73,7 – 79,2
Lewis et al (2004)	28 – 42	-	7,1 – 8,4	39 – 46	11 – 22	82,5 – 90,7
Kung et al (2008)	33,7	-	7,1	42,91	29,74	

¹MS= matéria seca; EE=extrato etéreo; PB=proteína bruta; FDN=fibra em detergente neutro; DIIMS=digestibilidade in vitro da matéria seca
 Fonte: Adaptado de Zopollato e Sarturi (2009)

Belyea et al. (1974) citam alguns trabalhos (TYRREL et al., 1965; TRIMBERG et al., 1972; HOLTER et al., 1973) a respeito da utilização da silagem de milho para vacas leiteiras. Como se percebe são trabalhos antigos da literatura que reportam que o CMS e produção de leite são iguais aos proporcionados pela utilização de feno, mas a grande preocupação seria o uso contínuo dessa silagem em função do alto conteúdo energético, que poderia estar causando algum tipo de distúrbio. No entanto, a grande importância desses trabalhos é a utilização de diferentes fontes de forragens e seu efeito sobre o desempenho. Belyea et al. (1974) forneceram silagem de milho junto com silagem de alfafa e feno a vacas leiteiras. A silagem pura foi fornecida *ad libitum*, porém quando combinada com outra fonte de forragem, sua ingestão foi limitada a 18,2 kg/dia, sendo que a silagem e o feno de capim também eram *ad libitum*. A inclusão de concentrado foi limitada a 14,2 kg/dia, dependendo do estágio de lactação dos animais. Eles concluíram que tanto a silagem pura como combinada, proporcionou o mesmo CMS e produção de leite, no entanto, a silagem de milho é pobre em proteína e minerais e requer uma suplementação. A combinação de silagem de milho com

silagem de alfafa, como a base de forragem pode reduzir a quantidade de proteína a ser incluída na dieta e uniformizar a ingestão de nutrientes.

Costa et al. (2002) avaliaram o valor nutritivo da silagem de milho, feno de aveia e grãos de cereais secos e ensilados para bovinos de corte, sendo a relação F: C fixada em 40:60. Houve interação entre o período de vida dos animais e os alimentos volumosos e concentrados, mostrando a importância desses alimentos no ganho de peso dos animais. A silagem de milho proporcionou maior ganho de peso, no início e fim do período experimental. Savastano (2000) atribui isso a mecanismos fisiológicos e destaca que alterações no crescimento parecem ser passíveis de manipulação, com finalidade de se obter maior eficiência no processo de terminação de bovinos jovens.

Dhiman e Satter (1997) testaram diferentes proporções de silagem de milho (SM) e alfafa (SA) em uma inclusão de 50% de forragem para vacas em lactação no início e fim da lactação. Foram testados três tratamentos: 1) silagem de alfafa; 2) silagem de alfafa + 1/3 de silagem de milho; 3) silagem de alfafa + 2/3 de silagem de milho em cada estágio de lactação. No tratamento 1, a SA compreendia 50% da inclusão, no tratamento 2 a AS compreendia 33% e SM 17%, já no tratamento 3, a inclusão de AS foi de 17% e SM de 33%. A média de CMS foi similar em todos os tratamentos e estágios de lactação. As vacas alimentadas com 1/3 de silagem de milho apresentaram melhores produções de leite, assim como maior rendimento de gordura no leite.

Vacas em lactação devem consumir diariamente quantidades mínimas de fibra para estimular a atividade de mastigação, manter o fluxo de saliva e um ambiente ruminal favorável ao desenvolvimento dos microrganismos responsáveis pela digestão de carboidratos fibrosos. Rações com teores insuficientes em fibra reduzem o pH ruminal, diminui o consumo de matéria seca, queda na gordura do leite e aumentam os riscos com acidose. Como observado ao longo dessa revisão, os fatores que afetam a concentração de fibra nas rações incluem o tipo de carboidrato (estrutural e não fibroso), tamanho de partícula e a porcentagem de fibra, oriundo da forragem. No Brasil não existem estudos planejados que validam as propostas de teores de FDN na dieta de vacas em lactação (NUSSIO et al., 2006). Além disso, avaliar os efeitos do correto manejo do silo, aliado a inclusões de forragem na dieta parece um desafio, frente aos inúmeros fatores inerentes a população de microrganismos da forrageira, fermentação dentro do silo e metabolismo do animal, que podem proporcionar maior desempenho. Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi avaliar o desempenho de vacas em lactação alimentadas sob diferentes estratégias de descarregamento do silo e o valor nutritivo de silagens de milho, quando oferecidas em diferentes inclusões para vacas em lactação.

3 OBJETIVOS E HIPÓTESE

3.1 Objetivos gerais

Determinar a influência das estratégias de descarregamento e níveis dietéticos de inclusão de forragem em dietas completas sobre o desempenho de vacas em lactação.

3.2 Objetivos específicos

Avaliar o efeito do manejo do painel do silo sobre a qualidade química e nutricional de silagens de milho, descarregadas do topo e da base do silo;

Avaliar o efeito das estratégias de descarregamento e níveis de inclusão de forragem sobre o desempenho de vacas em lactação.

3.3 Hipótese

Silagens de milho estocadas em silos horizontais podem ter seu valor nutritivo alterado em função de condições impostas no momento da ensilagem, além disso, a anaerobiose é a principal condição para que o processo fermentativo seja efetivo. Após a abertura do silo, tal condição é perdida e os processos de perdas de nutrientes podem acarretar danos aos animais. Da mesma forma, inclusões insuficientes de forragem, podem causar alterações sobre o desempenho dos animais, pois sabe-se que vacas em lactação devem consumir quantidades mínimas diárias de fibra para estimular a atividade de mastigação, manter fluxo de saliva e ambiente ruminal favorável ao desenvolvimento de microrganismos responsáveis pela digestão de carboidratos fibrosos.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, em Piracicaba – SP (“22°42’17” S; 47°37’16” W). A semeadura do híbrido Dow AgroSciences® 2B688HR foi realizada em dezembro de 2011 pelo sistema de plantio direto, com 80 cm de espaçamento entre linhas, 65 mil sementes/ha e estande de 54 a 55 mil plantas. Foram aplicados 400 kg/ha de 8-20-20, mais zinco e boro de micronutrientes como adubação de semeadura, mais uma adubação de cobertura de 300 kg/ha de 30-00-10. Realizou-se o corte quando a planta atingiu 35% de umidade de MS, utilizando-se colhedora de duas linhas acoplada ao trator (Mentamit®, Cajuru, Brasil). A colhedora foi ajustada para corte de tamanho teórico de 10 mm. A planta de milho picada foi transportada e descarregada em um silo experimental do tipo horizontal com cerca de 3,5 m de base menor, com cerca de 4,5 m de base maior, aproximadamente 20 m de comprimento e 4 m de altura. O silo foi escavado em área de declive, sendo o piso todo de alvenaria e a parede não revestida na totalidade. Para compactação da massa, utilizou-se o tempo semelhante ao colheita da forragem, utilizando tratores com peso superior a 40% da massa de forragem descarregada no silo a cada hora. Após o enchimento, procedeu-se a vedação, utilizando filme plástico de polietileno, dupla face, com 200 µm de espessura, recoberta por uma camada de 10 cm de bagaço de cana. A operação de ensilagem ocorreu entre os dias 12/03 a 15/03/2012. Sacos de náilon (0,15x1,00 m) contendo seixos rolados foram colocados sobre a lona e bagaço de cana para garantir a aderência do filme a massa de forragem. Após aproximadamente 220 dias de armazenamento, o silo foi aberto e o experimento de lactação foi iniciado.

4.1 Tratamentos

Foram realizadas avaliações no silo horizontal para determinar o valor nutritivo da silagem e os tratamentos do experimento para avaliar o desempenho de vacas em lactação consistiram em:

- **T50:** Silagem de milho descarregada do topo do silo com a inclusão de 50% de MS de forragem;

- **T60:** Silagem de milho descarregada do topo do silo com a inclusão de 60% de MS de forragem;
- **B50:** Silagem de milho descarregada da base do silo com a inclusão de 50% de MS de forragem;
- **B60:** Silagem de milho descarregada da base do silo com a inclusão de 60% de MS de forragem.

4.2 Amostragens e variáveis analisadas na forragem fresca

Durante a ensilagem, realizou-se amostragem da forragem fresca, estas foram desidratadas em estufa de ventilação forçada a 55 a 60°C por 72 horas, para obtenção dos valores de matéria seca (DA SILVA, 1998).

4.3 Avaliações no silo

Após aproximadamente 220 dias de armazenamento, o silo foi aberto e as avaliações seguiram o cronograma do período experimental com os animais. Diariamente, uma fatia de aproximadamente 15 cm de silagem foi retirada manualmente de todo o painel, sendo primeiramente removida a parte superior (0 a 2 m) até o meio do silo (topo) e após, procedia-se o descarregamento da silagem remanescente da metade inferior (2,1 a 4 m) do silo (base). Durante o descarregamento, não foi detectado a presença de forragem visualmente deteriorada, por isso, nenhuma coleta foi realizada para avaliação dessa variável.

Ao longo das 12 semanas do período experimental foram realizadas quatro avaliações do painel do silo (novembro a janeiro), sempre após o descarregamento da silagem para alimentação dos animais no período da manhã, com intervalos de 21 dias entre avaliações. Também foram coletadas amostras de silagem para determinação das concentrações de produtos de fermentação. Para se estimar a composição bromatológica das frações não voláteis da silagem, utilizou-se o método de espectroscopia de reflectância de infravermelho proximal (NIRS) (BERZAGUI; COZZI; ANDRIGUETTO, 1997; COZZOLINO; ACOSTA; GARCIA, 2001). As amostras secas e moídas a 1 mm foram escaneadas para obtenção dos espectros utilizando o equipamento NIRS 5000 (NIRSystem[®], Silver Spring, MD, USA)

acoplado a um microcomputador equipado com software WinISI II, versão 6.2 (Infrasoft International, PA). Das amostras escaneadas foram obtidas estimativas dos teores de proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), nitrogênio indisponível em detergente neutro (NIDN), hemicelulose e amido.

Foram amostradas duas regiões do silo (Figura 1): a) porção do topo (T), imediatamente a camada superior até o meio do silo e porção da base (B), imediatamente ao meio do silo, até o chão.

Figura 1 - Regiões do painel amostradas durante as avaliações do silo e utilizadas para os tratamentos durante o período experimental

4. 4 Temperatura e pH

Logo após a retirada da silagem, termômetros de bulbo foram posicionados na face frontal do silo (Figura 2), com profundidade de 20 cm e dispostos na largura de 0,50; 100; 150; 200 e 250 cm a partir da lateral e na altura 0; 5; 10; 15; 20; 50; 75 e 150 cm a partir do topo até o centro do silo para avaliação da termografia do painel do topo do silo. Em seguida, os termômetros foram posicionados novamente na face frontal do silo com profundidade de 20 cm dispostos na largura postos na largura de 0,50; 100; 150; 200 e 250 cm a partir da lateral e na altura 0; 5; 10; 15; 20; 50; 75 e 150 cm a partir do centro até a base do silo para avaliação da termografia do painel da base do silo.

Figura 2 - Representação esquemática dos pontos de coleta de temperatura tanto no topo como na base do silo, unidade em centímetros (cm)

Para avaliação do pH da silagem, foram coletadas amostras na face frontal do silo (Figura3), dispostos na largura 50; 100; 150; 200 e 250 cm a partir da lateral e na altura 0; 15; 30; 50; 100 e 150 cm a partir do topo até o centro do silo, para avaliação do pH do painel do topo do silo. Após isso, foram coletadas amostras na face frontal do silo, dispostos na largura 0,50; 100; 150; 200 e 250 cm a partir da lateral e na altura 0; 15; 30; 50; 100 e 150 cm a partir do centro até a base do silo, para avaliação do pH do painel da base do silo. As amostras foram levadas para laboratório, deixadas em suspensão em água destilada por um minuto e submetidas a análise de pH utilizando um pHmetro (Digimed® DM 22). Todas as coletas foram realizadas no lado esquerdo do silo, de forma a reduzir o numero de pontos amostrados, em função do tamanho do painel do silo.

Figura 3 - Representação esquemática dos pontos de coleta de amostras para determinação do pH, tanto no topo como na base do silo, unidade em centímetros (cm)

A partir das leituras de temperatura e pH, foram gerados mapas do painel, com auxílio do software Surfer 11.0 (Golden Software), sendo que a média de todos os períodos de avaliação foi tomada para geração das imagens.

4. 5 Perfil microbiano da silagem

Foram coletadas duas amostras compostas (topo e base) de silagem a cada 21 dias para contagem da população de leveduras, fungos filamentosos e bactérias lácticas (BAL). Para contagem de microrganismos, foram pesados 25 g de silagem fresca em sacos plásticos, juntamente com 225 ml de solução salina (2,25 g NaCl; 105 g de KCl; 0,9 g CaCl₂.dihidratado e 0,05 g NaHCO₃) e homogeneizada durante quatro minutos em velocidade de 150 rpm por meio do equipamento Lab-BlendStomacher 400 (Steward Laboratory, London). A partir dos extratos filtrados em gaze foram realizadas as demais diluições (10^{-2} a 10^{-6}) e o plaqueamento em meio seletivo (Petrifilm 3M® AC e YM). Após o plaqueamento os filmes foram armazenados em incubadora (BOD) com temperatura controlada, sendo que para BAL adotou-se 32°C por 48 horas enquanto que para o crescimento de leveduras utilizou-se 23°C por 72 horas. As contagens de microrganismos foram expressas em unidades formadoras de colônia por grama de silagem e convertidos em logaritmo na base 10.

O plaqueamento utilizando Petrifilm 3M® foi realizado com a finalidade de facilitar a condução das análises e diminuir a contaminação típica das placas convencionais, em função de dificuldades no preparo de meios de cultivo e maior exposição ao ambiente quando foram utilizados protocolos convencionais. A metodologia para contagem de bactérias e leveduras utilizando Petrifilm 3M® não apresenta diferenças em relação ao método convencional em placas e meio de cultivo líquido proposto por Knight et al (1997); Beuchat et al (1998) e Sant'ana e Azeredo, 2005.

4. 6 Produtos de fermentação da silagem

Os teores de alcoóis, ésteres, ácidos graxos voláteis e acetona foram determinados em cromatógrafo gasoso com detector de massas (GC-MS) (GC-MS QP 2010 plus, Shimadzu®, Kyoto, Japan) usando coluna capilar (Stabil wax Restek®, Bellefonte, USA, 60m, 25 mm Ø,

0,25 μm , cross bond carbowax polyethyleneglycol) e parâmetros analíticos conforme recomendação do fabricante. O teor de nitrogênio amoniacal (N-NH_3) foi determinado por colorimetria, com base na metodologia proposta por Chaney Marbach (1962), adaptada para amostras de silagens. A metodologia é baseada na reação da amônia presente na silagem com solução de hipoclorito e fenol, utilizando como catalisador o nitroprussiatodiidratado, levando a formação do idonofenol, sendo que a concentração de amônia é proporcional a concentração de idonofenol. A leitura das amostras foi realizada em leitor de microplacas Asys® Expert Plus, com absorvância de 550 nm. A concentração de ácido láctico foi determinada pelo método colorimétrico proposto por Pryce (1969). A leitura das amostras foi realizada em espectrofotômetro Janway 6305, com absorvância de 565 nm.

4.7 Carboidratos solúveis

A concentração de CS foi determinada em extrato alcoólico, pelo método fenol – sulfúrico (HALL, 2000). Para obtenção do extrato alcoólico foi tomado amostra de $0,500 \pm 0,02$ g seca e moída em peneira de 1 mm em balões do tipo Erlenmeyer, a qual foi adicionada 100 ± 2 mL de solução alcoólica (solução etanol 80%). A boca dos balões foi vedada e foram submetidas à agitação constante durante 4 horas. Após a agitação os extratos foram filtrados em papel filtro qualitativo e armazenados em tubos para microcentrifuga de 2,0 mL a -20°C . A leitura das amostras foi realizada em espectrofotômetro Janway 6305, com absorvância de 490 nm.

4.8 Avaliação da densidade do silo

A densidade do silo foi determinada segundo Jobim et al. (2007), retirando-se um cubo de silagem com auxílio de moto-serra e tomando todas as dimensões com auxílio de régua, sendo que a partir dessas, é que foi calculado o volume do cubo. A massa retirada foi quantificada e o valor de massa específica do silo foi determinado pela fórmula:

$$D = \frac{m}{V}$$

Aonde: D= densidade; m = massa; V= volume.

Figura4 - Representação esquemática dos pontos de retirada das amostras de silagem para obtenção dos valores de massa específica

4.9 Estabilidade aeróbia

Durante os períodos de avaliação, aproximadamente 3 kg de silagem do topo e 3 kg de silagem da base foram colocados sem compactação em um balde plástico sem tampa, os quais foram mantidos em um ambiente protegido, a temperatura ambiente, por 240 horas (10 dias). No centro geométrico dos baldes foram colocados sensores de temperatura associados a um sistema informatizado e eletrônico de aquisição de dados (Chiplog[®], IMPAC, USA), programados para tomada de temperatura da massa em intervalos constantes de 10 minutos. Para determinação da estabilidade aeróbia utilizando os dados de temperatura, foram estudadas as seguintes variáveis: Tmax: temperatura máxima alcançada; TT max: tempo para alcançar a temperatura máxima; T média: temperatura média; TmaxA: temperatura máxima da silagem, descontando-se a temperatura ambiente; Tquebra: tempo necessário para a temperatura da silagem atingir 2°C acima da temperatura ambiente (KUNG Jr., 2000).

Com base no conjunto de dados gerados pelos sensores eletrônicos foi possível obter o valor entre a diferença da temperatura da silagem e a temperatura ambiente ao longo do período experimental, possibilitando determinar o acumulo total de temperatura em cada balde. Essa variável foi obtida por meio da diferença entre a temperatura do volumoso e do ambiente registrada nos intervalos de tempo determinados e, para fins de comparação entre

topo e base, foi calculada na primeira metade do ensaio (1º ao 5º dia) e no período total (1º ao 10º dia).

4. 10 Animais e instalações experimentais

O ensaio de desempenho foi realizado utilizando 20 vacas da raça Holandesa (peso vivo médio de 668 kg) com produção média de 33 kg litros de leite por dia com média de 200 dias de lactação ao início do experimento. Os animais foram mantidos em sistema de confinamento *tie-stall* com cocho individual e bebedouro comum a cada duas vacas. As instalações continham sistema de arrefecimento com micro pulverizadores e ventiladores. A ordenha dos animais foi realizada duas vezes ao dia (6:00h e 17:00h). Após a ordenha, os animais permaneciam em área de descanso pelo período de 30 minutos à uma hora. Catorze dias antes do início de cada período de avaliação, os animais foram adaptados as dietas experimentais e as coletas foram realizadas do 15º ao 21º dia do período, sendo que foram realizados quatro períodos de coleta, totalizando 12 semanas de experimento.

4. 11 Rações experimentais e manejo alimentar

Os tratamentos foram constituídos de rações contendo silagens de milho retiradas do topo e da base do silo, sendo formuladas de acordo com o NRC (2001), visando produção de 35 kg de leite por dia. Os ingredientes concentrados utilizados na ração foram: milho moído fino, farelo de soja, polpa cítrica peletizada, caroço de algodão e núcleo mineral.

A alimentação foi fornecida *ad libitum*, duas vezes ao dia, sendo permitidas sobras de 10% do fornecido. A quantidade de alimento fornecida e as sobras foram quantificadas diariamente, sendo que, semanalmente os teores de MS dos ingredientes foram ajustados. A distribuição da ração foi realizada durante o tempo em que os animais permaneciam em ordenha (06:00 e 17:00) na forma de ração completa.

Os ingredientes volumosos e os concentrados de cada tratamento foram quantificados em balança eletrônica e misturados em um vagão autopropelido (Calan Super Data, American Calan, USA) durante cinco minutos. Após esse período, a ração foi descarregada, respeitando a quantidade necessária para cada animal e distribuída em cochos individuais. As amostragens de ingredientes volumosos e concentrados ofertado para cada tratamento foram realizadas nos

dias 15, 17 e 19 de cada período experimental, gerando amostra composta por ingrediente em cada período experimental. Amostras de sobras individuais foram coletadas da mesma forma que as amostras ofertadas, porém no 16º, 18º e 20º dia de cada período experimental.

As amostras de ingredientes volumosos, concentrados e sobras foram analisadas no Laboratório de Bromatologia do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP). As amostras foram desidratadas em estufa de ventilação forçada, com temperatura de 55 a 60°C durante 72 horas. Em seguida, foram moídas em moinho de faca até atingirem o tamanho inferior a 1 mm e logo após foram acondicionadas em embalagens de plástico identificadas até o momento da análise.

A estimativa da composição bromatológica da silagem foi realizada baseada no método de espectroscopia de reflectância de infravermelho proximal (NIRS) (BERZAGUI; COZZI; ANDRIGUETTO, 1997; COZZOLINO; ACOSTA; GARCIA, 2001), conforme descrita no item 3.3. A composição bromatológica dos ingredientes concentrados e das sobras foi determinada na forma de química líquida para os teores de proteína bruta, fibra em detergente neutro e extrato etéreo. A partir das amostras secas e moídas determinou-se o teor de matéria seca (MS) e matéria mineral (MM), conforme a Association of Official Agricultural Chemists (AOAC, 1990)

A concentração de fibra em detergente neutro (FDN) foi determinada com base nas recomendações propostas pela ANKOM® Fiber Analyser (ANKOM Technology Corporation, Faipor, NY) e descrito por Holden (1999), sendo utilizado sulfato de sódio e amilase termoestável. O teor de extrato etéreo (EE) foi determinado por meio da extração a quente com éter de petróleo em um extrator Soxhlet, durante 5 horas. O teor de proteína bruta (PB) foi determinado pelo método de Dumas, que consiste na combustão das amostras na presença de óxido cúprico (catalisador) e oxigênio. O nitrogênio presente nas amostras é convertido a NO_2 , que sofre redução a N_2 . A determinação do nitrogênio é realizada por condutividade térmica. Utilizou-se o equipamento autoanalisador de nitrogênio (LECO FP-528), seguindo os métodos descritos por Wiles, Gray e Kissling (1998).

O tamanho médio de partícula da silagem, rações e sobras foi determinado com base na estratificação por meio do método “Penn State Size Separator” (LAMMERS; BUCKMASTER; HEINRICHS, 1996). O tamanho médio de partículas foi estimado por meio da ponderação da proporção de retenção do material em cada peneira.

A proporção de material retido em cada uma das peneiras para a ração ofertada e sobras serviu de base para o cálculo do índice de seleção, que foi calculado com base no consumo observado de cada fração retida em cada peneira expresso como porcentagem do

consumo predito (% da matéria natural). Valores indicaram recusa (<100%), ingestão preferencial (> 100%) e ausência de seleção (=100%) (LEONARDI; ARMENTANO, 2003).

4. 12 Controle leiteiro e análises no leite

A produção de leite foi mensurada diariamente, sendo que as amostras individuais foram coletadas para determinação laboratorial nos últimos sete dias de cada período experimental, em duas ordenhas consecutivas, respeitando o espaço entre quatro ordenhas. O leite coletado foi acondicionado em um tubo plástico contendo bromopol Broad Spectrum Microtabs® II (D&F Control Systems®, Inc., Califórnia – USA) para posterior quantificação dos constituintes do leite.

As amostras coletadas foram encaminhadas no mesmo dia da coleta para o Laboratório de Análise do Leite, da Clínica do Leite do Departamento de Zootecnia da USP/ESALQ. As concentrações de gordura, proteína, lactose, caseína e sólidos totais foram determinadas por leitura de absorção infravermelha utilizando o equipamento Bentley 2000® e a contagem de células somáticas foi realizada pelo método de citometria fluxométrica utilizando o equipamento Somacount 300®. As concentrações de nitrogênio ureico (NU) do leite foram realizadas utilizando o equipamento ChemSpeck 150®, por método enzimático e espectrofotométrico de trans-reflectância. A produção de leite corrigida para 3,5% de gordura (LC 3,5% G) foi calculada a partir da fórmula (TYRREL; REID, 1965):

$$LC3,5\%G = (0,432 + 0,1625 \times \% \text{ de gordura}) \times \text{produção de leite (kg)}.$$

4. 13 Comportamento ingestivo dos animais

Durante as semanas de avaliação descritas anteriormente, foi avaliado o comportamento ingestivo dos animais. As avaliações foram realizadas de maneira individual para cada animal, durante 24 horas, com observações visuais realizadas a cada 10 minutos. Foram determinados os tempos gastos com ingestão, ruminação, ingestão de água e ócio em minutos/hora do dia. O tempo despendido em cada atividade foi calculado multiplicando-se o número total de observações por dez.

A atividade de mastigação foi obtida pelo somatório das atividades de ingestão e ruminação. As atividades de ingestão, ruminação e mastigação foram também expressas em minutos/kg MS consumida e minutos/kg FDN consumido.

4. 14 Parâmetros sanguíneos

Ao longo do período de avaliação, os vasos coccígeos medianos foram puncionados e o sangue coletado, imediatamente duas horas após o fornecimento da ração matinal, em tubos de vácuo contendo heparina sódica. O plasma foi separado por centrifugação e submetido a análise de glicose no Laboratório de Metabolismo Animal da ESALQ/USP. Foi utilizado o kit enzimático Glicose HK Liquiform (LABTEST Diagnostica S.A, Lagoa Santa, Mg, Brasil) por espectrofotometria de ponto final, utilizando-se o filtro de absorbância de 505 nm em Sistema Automático para Bioquímica – Modelo SBA – 200 (CELM, Barueri, SP).

4. 15 Coeficiente de digestibilidade in vivo, peso vivo e escore de condição corporal

A digestibilidade aparente no trato total foi determinada por meio de marcador interno. O método utilizado para avaliar a digestibilidade dos nutrientes foi o de FDN indigestível (FDNi)(KRIZSAN; HUHTANEN, 2013). Amostras dos ingredientes individuais e fezes secas e moídas a 1 mm foram colocadas em sacos para análise de fibra tipo ANKOM[®] Fiber Analyser, selados e incubados em uma vaca Holandesa canulada durante 288 horas. Esse animal ficou todo período de incubação recebendo a mesma dieta e ao final do período as amostras foram retiradas, imersas em gelo para paralisação da atividade enzimática e lavadas em água gelada limpa para retirada das sujidades. Após esse procedimento, as sacolas foram levadas ao Laboratório de Bromatologia do Departamento de Zootecnia da ESALQ/USP, aonde foram submetidas a análise de fibra em detergente neutro, seguindo recomendações propostas pela ANKOM[®] Fiber Analyser (ANKOM Technology Corporation, Faiport, NY) e descrito por Holden (1999), sendo utilizado sulfito de sódio e amilase termoestável. A concentração de FDN indigestível foi calculada segundo Krizsan e Huhtanen (2013).

A concentração de nutrientes digestíveis totais (NDT) foi estimada segundo a equação do NRC (2001):

$$\text{NDT}(\%) = (\text{PB digestível}) + (\text{FDN digestível}) + (\text{CNF digestível}) + (\text{EE digestível} \times 2,25)/100;$$

A concentração de energia líquida da dieta foi calculada conforme equações do NRC (2001):

$$\text{ED}(\text{Mcal/kg}) = [(\text{CNF digestível}/100) \times 4,2 + (\text{FDN digestível}/100) \times 4,2 + (\text{PB digestível}/100) \times 5,6 + (\text{EE digestível}/100) \times 9,4 - 0,3]$$

$$\text{EM}(\text{Mcal/kg}) = 1,01 \times \text{ED} - 0,45$$

$$\text{EL}_L(\text{Mcal/kg}) = \text{EM} \times 0,703 - 0,19$$

Onde:

ED= Energia digestível;

EM= Energia metabolizável;

EL_L = Energia líquida de lactação.

O consumo de energia líquida da dieta foi calculado segundo o NRC (2001):

$$\text{ConsEL}_L(\text{Mcal/dia}) = \text{EL}_L \times \text{CMS}$$

A energia líquida de manutenção foi estimada seguindo o NRC (2001):

$$\text{EL}_m(\text{Mcal/d}) = 0,080 \times \text{PV}^{0,75}$$

A excreção de energia líquida no leite foi calculada como(NRC, 2001):

$$\text{EL}_{\text{Leite}}(\text{Mcal/d}) = \text{Prod. leite (kg/d)} \times [(0,0929 \times \% \text{gordura}) + (0,0547 \times \% \text{proteína}) + (0,0395 \times \% \text{lactose})]$$

Logo, o balanço de EL_L foi calculado como:

$$\text{Balanço EL}_L(\text{Mcal/d}) = \text{ConEL}_L - \text{EL}_m - \text{EL}_{\text{leite}}$$

O ganho de peso médio diário foi calculado como:

$$\text{GMD} = (\text{PV final} - \text{PV inicial}) / 21 \text{ dias}$$

E a variação do escore de condição corporal em cada período:

$$\text{Var ECC} = (\text{ECC final} - \text{ECC inicial})$$

4.16 Análise estatística

O delineamento experimental utilizado para as avaliações nos animais foi o quadrado Latino 4 x 4 em arranjo fatorial 2 x 2. Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância, com o procedimento MIXED do SAS (2003), utilizando-se o seguinte modelo:

$$y_{ijkl} = \mu + Q_i + V(Q)_{j(i)} + P_k + L_l + F_m + LF_{lm} + \varepsilon_{ijklm};$$

onde:

μ = média geral;

Q_i = efeito de Quadrado Latino ($i = 1$ a 5);

$V(Q)_{j(i)}$ = efeito aleatório de vaca dentro de Quadrado Latino ($j = 1$ a 20);

P_k = efeito de período ($k = 1$ a 4);

L_l = efeito de local do silo ($l = \text{topo ou base}$);

F_m = efeito da proporção de forragem ($m = 50\%$ ou 60% da MS);

LF_{lm} = efeito da interação entre local do silo e proporção de forragem;

ε_{ijklm} = resíduo.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes à qualidade da forragem são apresentados de forma descritiva, para caracterização da silagem de milho, pois durante o experimento foi utilizado apenas um silo horizontal, não havendo repetição para comparação entre as variáveis estudadas. Dessa forma, para inferir se a variabilidade dos dados relativos a qualidade da silagem de milho descarregada do topo e da base do silo, teriam relevância, optou-se pelo critério de 2,5 vezes o erro padrão da média.

5.1 Composição bromatológica da silagem e das dietas experimentais

Na Tabela 5 são apresentadas as variáveis relacionadas ao valor nutritivo da silagem, segundo o local de amostragem. Os valores médios encontrados foram: 37,47% de matéria seca, 7,74% de proteína bruta, 52,28% de fibra insolúvel em detergente neutro, 27,36% de fibra insolúvel em detergente ácido, 2,66% de nitrogênio insolúvel em detergente ácido, 19,31% de hemicelulose, 24,85% de amido, 3,3% de extrato etéreo e 2,56% de matéria mineral.

Tabela 5 - Composição química da silagem descarregada de diferentes locais do silo

Item ¹	Tratamentos		
	Topo	Base	EPM
MS	38,91	36,03	0,31
PB, % da MS	7,74	7,75	0,12
FDN, % da MS	51,86	52,7	0,55
FDA, % da MS	27,45	27,28	1,44
N-FDA, % da MS	2,8	2,52	0,81
Hemi, % da MS	20,19	18,44	0,27
Amido, % da MS	23,94	25,76	0,91
EE, % da MS	3,31	3,3	0,12
MM, % da MS	2,71	2,41	0,99
CS, % MS	1,15	0,99	0,26

¹MS= matéria seca; PB= proteína bruta; FDN= fibra insolúvel em detergente neutro; FDA= fibra insolúvel em detergente ácido; N-FDA= nitrogênio insolúvel em detergente ácido; HEMI= hemicelulose; EE= extrato etéreo; MM= material mineral; CS= carboidratos solúveis

Silagens com alto teor de umidade fermentam mais rapidamente que aquelas de baixa umidade, devido a disponibilidade de água metabólica para o crescimento microbiano. Assim, silagens com maiores teores de umidade, conseguem estabilizar a massa ensilada, mais rapidamente (KUNG, 2013). Observou-se variabilidade (EPM= 0,31) na matéria seca entre as amostras de silagem de milho do topo e da base do silo (38,91% vs. 36,03%, respectivamente), permitindo inferir que os teores de matéria seca da silagem descarregada do topo do silo, são maiores que a silagem removida da base. Diferenças entre o topo e a base devem-se, provavelmente, a fermentação heterolática com produção de dióxido de carbono na base do silo, sendo que do ponto de vista de preservação de matéria seca, esse tipo de fermentação é indesejável, em contrapartida, o ácido acético decorrente da atividade de bactérias heteroláticas tem propriedades que inibem o crescimento de leveduras. De fato, a silagem localizada no topo do silo, geralmente, é de pior qualidade que a silagem estocada nas partes mais profundas do silo. Conforme apresentado na tabela 7, as amostras de silagem coletadas na base do silo apresentaram maiores concentrações de ácido acético, provavelmente, a fermentação heterolática mais intensa, levou ao maior consumo de nutrientes, diminuindo a concentração de matéria seca da silagem. Ao contrário, a silagem estocada no topo do silo, apresentou menores concentrações de ácido acético e os teores de matéria seca se conservaram maiores, que podem explicar o motivo pelo qual a fermentação não foi tão intensa e o efeito de preservação da silagem menor.

Os valores de proteína bruta, tanto no topo como na base, foram superiores aos encontrados por Valadares Filho et al. (2006), no entanto, Velho et al. (2007) encontraram valores médios de 8% de proteína bruta, em um experimento avaliando a qualidade da silagem de milho sobre alta e baixa densidade. Lynch et al. (2012) obteve média de 7,45% de proteína bruta em silagens de milho planta inteira. Queiroz et al. (2012) encontraram valores de 10,4% de proteína bruta em silagem de milho sem aditivos e 10,1% em silagens aditivadas com *Lactobacillus buchneri*, dessa forma, os valores encontrados no presente estudo, ficam dentro do esperado para silagem de milho. O baixo teor de proteína bruta pode ser atribuído a enzimas da planta (McDONALD, 1991), que atuam no início do processo de ensilagem, e realizam processo notável de proteólise, até sua inativação em função do abaixamento do pH ou também pela ação de bactérias do gênero *Clostridium*, que são microrganismos proteolíticos e ativos em anaerobiose (McDONALD, 1991).

Em relação aos componentes da parede celular da silagem de milho, foram observadas maiores diferenças nos teores de FDN e de hemicelulose entre as silagens descarregadas do topo e a base do silo. Os valores de FDN são equivalentes aos encontrados por Valadares

Filho et al. (2006) e Velho et al. (2007), os quais encontraram valores médios de 52,48% de FDN na matéria seca. No entanto, DeVries et al. (2007), fornecendo dietas de alta forragem para vacas em lactação e Arriola et al. (2011), avaliando a inoculação de aditivos microbiológicos encontraram valores na magnitude de 42,7% e 45,6% de FDN na matéria seca, respectivamente, ilustrando a boa qualidade das forragens, quando comparado aos trabalhos nacionais. Com base nos resultados encontrados, não é possível inferir se variabilidade nos dados de FDN, no entanto, a maior compactação pode favorecer a fermentação homolática, com menor utilização de CS, para produção de ácido lático (VELHO et al., 2007), sendo a base do silo, o local com maior possibilidade de tal fato ocorrer. Maiores valores de FDN poderiam ser esperados, pois com o desaparecimento dos compostos solúveis durante a fermentação, há aumento dos teores de FDN e hemicelulose. No entanto, os valores de hemicelulose, estão abaixo dos encontrados na literatura, principalmente na base, a que poderia ser explicado pela possível solubilização desse composto no processo de fermentação (McDONALD, 1991).

Os teores de nitrogênio em detergente ácido (NIDA) e fibra em detergente ácido (FDA) não apresentaram diferenças de magnitude numérica elevada entre as silagens de topo e base. De maneira geral, o NRC (2001), recomenda concentrações em torno de 28,1% de FDA na matéria seca para silagem de milho ensilada com concentrações de matéria seca entre 32 – 38%, sendo que os valores apresentados nesse trabalho vão de encontro com o descrito nas tabelas de composição de alimentos. Não foram observadas diferenças expressivas em todos os compostos da parede celular avaliados. O processo fermentativo gera perdas causadas pelo consumo de açúcares solúveis, onde esses componentes das plantas geram ácidos e nas rotas metabólicas, há formação de gases, com perdas para o meio ambiente (McDONALD, 1991). Dessa forma, espera-se no processo de ensilagem, concentrações maiores de FDN e FDA em relação à forragem original, pelo simples fato da proporcionalidade entre os nutrientes.

À medida que aumenta a maturidade da planta, a digestibilidade do amido diminui, pois há presença de maior concentração de endosperma vítreo (MARTIN et al., 2008). No presente estudo, apesar da elevada matéria seca, observou-se teores médios de amido, sendo a base do silo, o local do silo com maior conservação desse nutriente. Tabbaco et al. (2011), conduziram um experimento avaliando as perdas nutritivas da silagem com e sem aditivos de milho quando expostas ao ar e encontraram valores de 32,9% de amido na silagem logo após a abertura e teores de 29,5% após 14 dias de exposição da silagem ao oxigênio, resultados esses da forragem não aditivada. Bispo (2013) estudou o efeito da cobertura do silo sobre a

qualidade da silagem de milho e encontrou valores de amido consistentes com esse trabalho, quando a cobertura foi com lona de polietileno dupla face, coberta com 10 cm de bagaço, a mesma utilizada nesse estudo. Johnson et al. (2002) mostraram em seu trabalho avaliando a maturidade da planta de milho ensilada em três estágios diferentes, sob diferentes formas de colheita, que os teores de amido em silagens ensiladas com 31,1% de matéria e na picagem correta, apresentam 28,7% de amido na matéria seca

Durante o processo de ensilagem, ocorre a fermentação anaeróbia dos açúcares solúveis, que servem como fonte de energia para o crescimento dos microrganismos e tem como produtos finais os ácidos orgânicos. Desse modo, é esperada a redução do teor de CS da silagem, em comparação a forragem fresca. Os valores de CS no presente trabalho vão de encontro ao estudo realizado por Arriola et al. (2012), que encontraram valores médios de CS de 0,95% e 0,96% da matéria seca, quando a forragem foi ensilada com 77% e 65% de umidade. Arriola, Kim e Adesogan (2011) obtiveram valor de CS de 1,22% da MS para silagens de milho ensiladas com 35,8% de matéria seca, enquanto que Bispo, (2013) obteve média de CS de 1,29% da matéria seca para silagem de milho com cobertura de lona de polietileno dupla face, com cobertura de 10 cm de bagaço. Os teores de extrato etéreo e matéria mineral também não apresentaram variabilidade para as silagens descarregadas do topo e da base do silo, sendo que os valores recomendados para esses compostos na silagem de milho são 3,2% e 4,3% na matéria seca, respectivamente.

Na Tabela 6 são apresentados os valores referente à composição química das dietas ofertadas aos animais durante o período experimental e o tamanho médio de partícula (TMP) da silagem. Como observado, as dietas experimentais são bastante similares entre si, diferindo somente em função da relação forragem: concentrado, objeto do presente estudo, seguindo as recomendações do NRC (2001) para vacas em lactação. Para realização do experimento, optou-se pelo uso de premix concentrado composto por milho, farelo de soja e um núcleo mineral, de forma, a facilitar a pesagem dos ingredientes para mistura com a silagem. Antes do início do experimento, foi realizada a análise do teor de proteína bruta desse concentrado e foi observado que esse composto encontrava-se abaixo do exigido para as dietas com 60% de forragem, dessa forma, optou-se por adicionar farelo de soja a essas dietas, de forma a garantir dietas isoprotéicas.

Tabela 6 - Composição bromatológica das rações experimentais e tamanho médio de partícula

Item ¹	Tratamentos ²			
	T 50	T 60	B 50	B 60
Silagem, %	48,57	58,85	48,86	59,03
Caroço de algodão, %	5,18	5,18	5,17	5,15
Concentrado ³ , %	32,39	26,13	32,18	26,01
Polpa cítrica, %	13,86	6,00	13,79	5,98
Farelo de soja ⁴ , %		3,84		3,83
Composição química				
PB, % MS	16,93	16,88	16,87	16,83
FDN, % MS	35,52	36,03	38,67	39,22
EE, MS%	3,89	3,88	3,95	3,94
MM, % MS	6,96	6,79	5,98	5,79
CNF, % MS	36,70	36,42	34,53	34,22
Estratificação de partículas				
19 - 38 mm, %	21,07	20,29	20,11	20,16
8 - 19 mm, %	31,45	33,09	29,80	29,05
< 8 mm, %	48,92	46,19	49,87	48,26
TMP, mm ⁵	23,57	18,07	20,05	19,20

¹PB= proteína bruta; FDN= fibra insolúvel em detergente neutro; EE= extrato etéreo; MM= matéria mineral; CNF= carboidrato não fibroso; TMP= tamanho médio de partícula. ²T50= silagem descarregada do topo do silo com 50% de inclusão de forragem na dieta; T60= silagem descarregada do topo do silo com 60% de inclusão de forragem na dieta; B50= silagem descarregada da base do silo com 50% de inclusão de forragem na dieta; B60= silagem descarregada da base do silo com 60% de inclusão de forragem na dieta. ³Milho moído, farelo de soja e sal mineral. ⁴Utilizado somente nas dietas com 60% de forragem

5.2 Produtos de fermentação e perfil microbiológico da silagem

As variáveis relacionadas com as características fermentativas da silagem em função do local de amostragem são apresentadas na Tabela 7. Embora se saiba que o etanol tem efeito antimicrobiano, as concentrações normalmente encontradas em silagens não tem apresentado efeito preservativo (NISHINO, 2011). Na formação do etanol, primeiramente o piruvato é formado a partir da glicose e na sequência é descarboxilado em acetaldeído, que é reduzido a etanol (McDONALD, 1991). No presente trabalho, não foi possível inferir que as concentrações de etanol no topo do silo foram maiores que na base, no entanto, tal fato, poderia ser explicado pela atividade mais intensa de leveduras, em função da maior infiltração de oxigênio, levando em consideração que, a densidade nas zonas de topo do silo, geralmente, é menor que na parte inferior e representa um bom indicativo para observação de silagem

deteriorada ou de menor qualidade. Weiß et al. (2009) relata valores mínimos de etanol entre 0,9 e 64 g/kg de matéria seca.

Tabela 7 - Características fermentativas da silagem de milho sob diferentes estratégias de descarregamento

Item ¹	Topo	Base	EPM ²
N-NH ₃ , % N	6,9	7,16	0,17
Ácido lático, %	2,27	2,28	0,49
Ácido acético, %	2,13	2,53	0,09
Etanol, %	0,87	0,79	0,14
1-propanol, %	0,80	0,82	0,14
1,2-propanodiol, %	0,75	0,78	0,09
Ácido propiônico, %	0,72	0,74	0,15
2,3-butanodiol, mg/kg MS	1146	1139	210,69
Ácido butírico, mg/kg MS	148	109	40,04
Lactato de etila, mg/kg MS	118	96	28,03
Acetato de etila, mg/kg MS	86	82	6,57
2-butanol, mg/kg MS	76	87	24,63
Acooliso-propílico, mg/kg MS	59	52	22,86
Acetato de propila, mg/kg MS	35	35	7,04
Ácido iso-valérico, mg/kg MS	15	14	2,01
Ácido valérico, mg/kg MS	10	10	1,59
Acetona, mg/kg MS	9,7	11	3,41

¹N-NH₃= nitrogênio amoniacal; N= nitrogênio; ²EPM= erro padrão da média

Segundo Kung Jr. e Stokes (2001) os teores médios de ácido lático, ácido acético, ácido propiônico e ácido butírico em silagens bem preservadas são na ordem de 4 a 7%, 1% a 3%, <1% e 0%, respectivamente. Sob condições normais, o ácido lático produzido por bactérias homofermentativas e heterofermentativas é o produto final da fermentação em maior abundância dentro do silo e que irá preservar a forragem. Na fermentação homolática, ocorre apenas a produção de ácido lático, sendo que as bactérias conseguem obter 2 ATP por hexose oxidada, além de gerar calor (McDONALD, 1991).

Sob condições aeróbicas, no início do processo de ensilagem, a população de enterobactérias presente na planta, compete com BAL por carboidratos e produzem grande quantidade de acetato, no entanto, são inibidas em função do abaixamento do pH da forragem, pelo aumento da produção de ácido lático. Segundo Oude Elferink et al. (2001), bactérias ácido acéticas também são encontradas em silagem de milho, sob condições aeróbicas, sendo o gênero *Acetobacter*, encontrado em maior abundância. Elas oxidam etanol a ácido acético, entretanto na ausência de etanol, são capazes de assimilar ácido lático e ácido acético, com

produção de dióxido de carbono e água (SPOELSTRA et al 1988). Bactérias do complexo *Lactobacillus brevis-buchneri* não fermentam anaerobicamente a glicose a etanol na ausência da enzima acetaldeído desidrogenase, assim, a glicose vai ser fermentada até acetato, desde que esteja presente um hidrogênio receptor (ex. frutose sendo reduzida a manitol). Nessa rota, a redução de dois mols de frutose para dois mols de manitol, é acompanhada com a oxidação de um mol de glicose para um mol de lactato, acetato ou CO₂ (McDONALD, 1991). No entanto, segundo Oude Elferink et al. (2001), a rota preferencial desses microrganismos é o uso de dois moles de ácido láctico para produção de um mol de ácido acético e um mol de 1,2 – propanodiol. Embora, a silagem de milho do presente experimento, não estava aditivada com aditivos microbianos, as condições de compactação e anaerobiose da base do silo, pareceram favorecer o desenvolvimento de cepas de *L. buchneri*, sendo essa suposição suportada pelas concentrações mais elevadas de ácido acético nas silagens removidas da base do silo. Na literatura são encontrados trabalhos que demonstram a concentração de ácido acético em silagens de milho. Amaral (2011) encontrou a concentração média de 2,59% da matéria seca, Bispo, (2013) obteve 4,45% da matéria seca no topo central e 4,24% do topo lateral do silo, Queiroz et al. (2013), no tratamento controle de seu trabalho testando a eficiência de aditivos microbianos, encontraram concentração de 1,10% da matéria seca de ácido acético. No presente trabalho, a variabilidade encontrada (EPM= 0,09) nas amostras de ácido acético das silagens de milho estudadas (tabela 7) permite inferir que amostras da base do silo, em geral, apresentam teores superiores aos das silagens do topo do silo. O principal efeito do ácido acético sobre a qualidade da silagem é combater a população de leveduras que atuam na silagem após a abertura do silo, provocando a deterioração, principalmente nas laterais e topo do silo, por ter maior influxo de ar e menor compactação, desse modo, o ácido acético se torna um importante antimicrobiano da silagem.

A degradação da proteína da planta durante a ensilagem é inevitável e resulta em alterações dos constituintes nitrogenados da planta, reduzindo o teor de proteína bruta quando comparado a forragem original. Os valores propostos por Kung Jr. (2001b) para concentração de nitrogênio amoniacal em silagens de milho são de 5 a 7% do nitrogênio total, sendo que os valores encontrados nesse trabalho são adequados para o recomendado e não é observada, variabilidade entre os dados obtidos entre o topo e a base do silo.

Em relação à contagem de microrganismos na silagem, não ocorreu variação entre as populações de BAL entre topo e base (6,98 log₁₀ ufc/g e 7,12 log₁₀ ufc/g, respectivamente). Segundo Muck, Pitt e Leibensperger. (1991) o crescimento das BAL ocorre entre a primeira e quarta semana de fermentação e ao final desse período o pH, tende em ficar em torno 3,8 a

4,2, sendo que esse pH é responsável pela inibição do crescimento das BAL e também a falta de substrato. Bispo (2013) trabalhando com estratégias de vedação em silos horizontais encontrou valores médio de 5,63 log10ufc/g, quando utilizou bagaço de cana como estratégia de vedação da silagem de milho. Amaral (2011) encontrou populações que variam de 5,29 log10 ufc/g no centro do silo, até 5,90 log10 ufc/g nas regiões periféricas.

As contagens de leveduras foram muito baixas, a ponto de não ocorrer formação de células nas placas de petrifilm. Não há explicação razoável para ocorrência, contudo, não é raro em experimentos dessa natureza deparar-se com o não crescimento microbiano em placas, mesmo que a população microbiana ali esteja efetivamente estabelecida.

5.3 Propriedades físicas da silagem

As variáveis referentes às propriedades físicas da silagem são apresentadas na Tabela 8. Segundo Jobim et al. (2007) a densidade é o fator determinante na qualidade final do volumoso, e entre vários fatores, é determinada pelo tamanho médio de corte aplicado a planta forrageira.

Tabela 8 - Propriedades físicas da silagem de milho sob diferentes estratégias de descarregamento

Item ¹	Topo	Base	EPM ²
Densidade, kg.m ⁻³	783,05	883,08	61,27
Porosidade	0,31	0,22	0,05
TMP, mm	20,22	21,9	1,39

¹TMP= tamanho médio de partícula; ²EPM= erro padrão da média

Para Muck, Savoie e Holmes (2004), altas densidades se relacionam - se positivamente com silagens bem preservadas, pelo fato de manter o ambiente em melhores condições de anaerobiose, evitando a deterioração. Ruppel (1992) relacionou perdas em matéria seca em função da densidade aplicada no silo e mostra que valores de densidade de 160,2 kg.m⁻³, as perdas de matéria seca chegam a 20,2%, no entanto, quando densidades em torno de 352,40 kg.m⁻³ são alcançadas, as perdas são reduzidas para 10% de matéria seca. Craig e Roth (2005) observaram densidade média de 185 kg.m⁻³, 214,7 kg.m⁻³ e 233,1 kg/m⁻³, para o topo, meio e base do silo respectivamente. Wilkinson e Daviest (2013) relatam que a média da densidade

aumenta de 173 kg.m^{-3} no topo, para 214 kg.m^{-3} no meio do silo e 229 kg.m^{-3} na base. Holmes e Muck (1999) recomendam um mínimo de densidade de 225 kg.m^{-3} , pois esse valor pode minimizar a entrada de ar e diminuir a deterioração aeróbia. Nesse sentido, os valores de densidade nesse trabalho, são bastante elevados, ficando acima dos encontrados na literatura, sendo que a base obteve valores expressivamente maiores que o topo e refletem uma silagem bastante preservada.

A densidade e a MS determinam a porosidade da massa ensilada, e essa por sua vez define a velocidade pela qual o ar irá se mover dentro do silo, e esse parâmetro é importante, pois é possível saber qual será a quantidade de silagem desperdiçada (HOLMES; MUCK, 1999; SAVOIE et al., 2008). A redução da densidade reflete em altos valores de porosidade, pois o oxigênio penetra mais rapidamente na massa, quando o silo é aberto. Holmes e Bolsen (2009), encontraram valores de 0,1 a 0,7 de porosidade para silagem de milho, assim como observado nesse trabalho, os valores de porosidade entre o topo e a base do silo apresentaram variabilidade. Levando em consideração, que a densidade tem relação direta com a taxa de penetração de ar dentro do silo, e essa, como demonstrado, é mais alta na base do silo, espera-se que valores de porosidade nesse local do silo, também sejam melhores que no topo, assim como demonstrado no presente estudo.

A picagem correta da forragem no campo é importante, pois aumenta a disponibilidade de substrato para fermentação microbiana, contribui efetivamente para compactação da massa, em função da melhor acomodação das partículas e diminui as taxas de oxigênio dentro do silo. Em relação ao desempenho animal, o tamanho ideal de partícula, facilita a apreensão, a digestibilidade da fibra e melhora a fermentação ruminal (TAF AJ et al., 2007). No presente experimento os tamanhos médio de partícula não apresentaram variação entre as silagens removidas do topo e da base do silo, provavelmente devido ao corte e picagem uniformes da forragem. Heinrichs et al. (1999), mostraram que a redução do tamanho de partícula diminui o tempo de salivacão e consequentemente o pH ruminal, além disso, está relacionado à menor relação acetato:propionato, que está associado à porcentagem de gordura do leite. Para esses mesmos autores, menores tamanhos de partícula podem ser atribuídos a colheita e picagem, aos processos de descarregamento do silo, a mistura da ração total e o oferecimento no cocho. Segundo as conclusões de Johnson et al. (2002), quando o tamanho da partícula diminui, a densidade tende a aumentar, com isso menos oxigênio tende a entrar na massa e menor será a exposição da forragem ao oxigênio durante o descarregamento, acarretando em ganhos com a estabilidade aeróbia.

5.4 Temperatura e pH da silagem

A Figura 5 a ilustra o mapa termográfico do painel do silo, em função do local de amostragem. A média de temperatura encontrada no topo do silo foi de 31° C, enquanto na base foi de 28°C. Segundo Weinberg et al. (2001), durante os estágios iniciais da fermentação, quando ainda há presença de ar residual entre as partículas da forragem, a temperatura pode chegar aos 40°C, efeito causado pela respiração da planta e atividade de microrganismos aeróbios. Outras situações de aumento de temperatura acontecem quando a massa ensilada é exposta ao ar em função de uma vedação inefficiente e durante o descarregamento do silo. A explicação para aumento da temperatura da silagem se da pela presença de oxigênio dentro do silo, que estimula os microrganismos espoliadores que utilizam os nutrientes da silagem para seu crescimento (ASHBELL; LISKER, 1988), sendo o ácido láctico e CS os principais substratos utilizados. A oxidação desses nutrientes resulta na produção de dióxido de carbono e água, com elevação do pH e temperatura. Essa oxidação está associada com aumento da temperatura e pode ser indicativo de deterioração dentro do silo (BORREANI; TABACCO, 2009).

Figura 5 - a) temperatura do painel

b) pH do painel

Weinberg et al. (2001), citam trabalhos antigos (McDONALD et al., 1966; MUCK; DICKERSON, 1988) aonde mostram que durante a ensilagem elevadas temperatura (42° C)

resultaram em mudança de fermentação láctica, para uma fermentação por clostrídios, aumentando as perdas. Os autores do segundo trabalho mostram que temperaturas de estocagem entre 15 e 35° C, aumentam o processo de proteólise e elevam as concentrações de amônia na silagem. Pode se considerar silagem deteriorada, quando no mínimo 10% do painel apresenta temperatura superior a 10°C em relação à temperatura da região central do silo, ou quando apresenta fungos visíveis nas camadas periféricas próximas as paredes laterais (BORREANI; TABACCO, 2009). Observando a figura de termografia do painel, é possível concluir, que segundo as definições desses autores, não foram encontrados pontos de deterioração da silagem. Ao relacionar a concentração de acetato com os locais de maior temperatura do silo, é possível observar, que no topo, aonde as temperaturas são mais elevadas, a concentração do ácido orgânico também foi menor, no entanto, não foi observado elevação nos teores de amônia no topo.

A figura 5 b ilustra o mapa de pH do silo, em função do local de amostragem. O valor médio de pH no topo foi de 3,93 e na base de 3,86. As BAL estão presentes nas forragens e são prioritárias no processo de conservação, em virtude da produção de ácido láctico, que rapidamente abaixa o pH a níveis inibitórios para atividade microbiana, mantendo o alimento conservado (McDONALD, 1991). Em condições de aerobiose, leveduras são os microrganismos que primariamente metabolizam ácido láctico para seu crescimento e valores elevados de pH também são associados à silagem deterioradas. Sob condições aeróbias, leveduras consomem ácidos orgânicos como ácido láctico e ácido acético, possibilitando o incremento do pH pela baixa concentração desses compostos na silagem. Mesmo sob condições de anaerobiose estabelecida, se a população de bactérias lácticas não produzirem altas quantidades de ácidos, é possível observar a proliferação de microrganismos deterioradores, principalmente clostrídios, que vivem em condições de anaerobiose, mas em pH mais elevado (McDONALD, 1991). Relacionando valores de temperatura e pH, Weinberg et al. (2001), mostraram que a silagem com elevadas temperaturas, também possuem pH maior. No presente trabalho, foi possível observar, que no topo do silo há elevação tanto de pH, como temperatura, mas que na base, há áreas com aumentos maiores de pH, no entanto, segundo McDonald (1991), uma silagem bem preservada, apresenta valores de pH perto de 3,8, assim como encontrado nesse experimento.

5.5 Desempenho de animais

As variáveis relacionadas ao consumo de matéria seca, produção e composição do leite são apresentadas na Tabela 9. O consumo de matéria seca e a produção de leite apresentaram diferenças ($P < 0,01$) entre as variáveis local de descarregamento do silo e níveis de inclusão de forragem, sendo que o consumo e produção foram maiores para os animais que consumiram silagem de milho retirada do topo do silo e quando a relação forragem:concentrado foi 50: 50, no entanto, não foram observadas interações entre as variáveis. Os outros fatores testados não apresentaram diferença significativa. Em relação ao local de descarregamento, o esperado é que a base do silo pudesse de alguma forma proporcionar melhor desempenho aos animais, pois, em função de ser um local de maior densidade, consequentemente, a silagem parece ser de melhor qualidade.

Tabela 9 - Desempenho e composição do leite de vacas alimentadas com silagem de milho sob diferentes estratégias de descarregamento e níveis de forragem

Item ¹	Topo		Base		EPM ²	P ³		
	50%	60%	50%	60%		L	F:C	L x F:C
CMS, kg/d ⁻¹	23,20	22,50	22,20	21,20	0,91	<0,01	<0,01	0,82
Produção de leite, kg/d ⁻¹	31,60	31,00	30,80	29,50	3,63	<0,01	0,04	0,38
Gordura, %	3,54	3,53	3,58	3,67	0,13	0,16	0,50	0,44
Gordura, kg/d ⁻¹	1,10	1,07	1,09	1,07	0,12	0,81	0,34	0,70
Proteína, %	3,32	3,30	3,34	3,35	0,08	0,17	0,83	0,43
Proteína, kg/d ⁻¹	1,03	1,01	1,01	0,97	0,11	<0,01	0,40	0,55
Caseína, %	2,54	2,53	2,58	2,58	0,08	0,11	0,90	0,90
Lactose, %	4,52	4,53	4,48	4,48	0,08	0,13	0,89	0,99
Sólidos totais, %	12,30	12,30	12,40	12,50	0,16	0,22	0,58	0,43
EL _{leite} /CMS, Mcal/kg MS	0,93	0,97	0,95	0,97	0,10	0,37	<0,01	0,83

¹CMS= consumo de matéria seca; EL leite/CMS= energia líquida do leite sobre o consumo de matéria seca;

²EPM= erro padrão da média; ³L= local de descarregamento do silo; F:C= relação forragem:concentrado; L x F:C= interação local de descarregamento do silo x relação forragem:concentrado

Santos e Kung Jr. (2011), relataram que os motivos pelos quais silagens deterioradas diminuem o consumo ainda não são bem entendidos, mas acredita-se que as leveduras podem afetar os microrganismos ruminais ou produzir produtos finais que afetam a fermentação, além disso, mofo ou bolores podem produzir micotoxinas, que podem causar severos problemas aos animais. Quando os animais são alimentados com silagem deteriorada, é

observada depressão no consumo e desempenho. Fornecendo menos de 5% de silagem estragada na matéria seca, já é possível observar redução no consumo e digestibilidade dos nutrientes no rúmen, além disso, as vacas ficam mais susceptíveis a distúrbios metabólicos como deslocamento de abomaso e problemas com casco. Da mesma forma, fornecendo silagem deteriorada para animais crescimento, podem haver riscos de sua eficiência reprodutiva ser comprometida (BROADWATER, 2004).

Durante o experimento, não foi observado silagem deteriorada ao longo do painel, além disso, as concentrações de FDN no topo e base são insignificantes para explicar diferenças no CMS. No entanto, pode se inferir que ganhos na digestibilidade nas dietas contendo 50% de forragem e taxas de degradação ruminal maiores, levando em consideração a menor inclusão de forragem, podem ter contribuído para o maior CMS e produção de leite. Hoffman e Ocker (1997) com o objetivo de quantificar as perdas na produção de leite, submeteram um grupos de 18 vacas à ingestão de silagem deteriorada por 14 dias, esses animais produziram 3,2 kg/dia de leite a menos que os animais alimentados com forragem de boa qualidade. Junges et al. (2012) não encontraram diferenças significativa no desempenho de vacas em lactação alimentadas com silagem de milho retirada do topo e da base do silo, mostrando que sob ótimas condições de compactação e vedação, é possível manter o desempenho dos animais.

O presente trabalho mostra uma nova proposta a cerca da origem da silagem em relação ao local do silo, que pode proporcionar melhores desempenhos aos animais. Como observado, os animais que foram alimentados com a parte superior do silo, foram aqueles, que melhor consumiram a dieta e conseqüentemente, apresentaram maior produção de leite. Aos confrontar os dados de produtos finais de fermentação (tabela 7), também se observa menores concentrações de ácido butírico e ácido acético na parte superior do silo.

A fermentação por clostrídios produz ácido butírico e aminas que não são palatáveis aos animais e são responsáveis pela menor recuperação de MS do silo (HOLMES; MUCK, 2000). No entanto, as concentrações de ácido butírico encontradas na silagem de milho são baixas.

Assim como já discutido anteriormente no item 4.2, o ácido acético é produzido via população de enterobactérias no início do processo de abaixamento de pH, por bactérias ácido acéticas ou pela rota heterolática de bactérias como *L. buchneri*. No entanto, trabalhos como Hutchinson e Wilkins (1971), aonde foi utilizada silagem de azevém com doses crescentes de ácido acético (2%, 5% e 8,8% da MS) e fornecidas a ovinos adultos, não foram observadas diferenças no consumo de matéria seca, porém, o ácido acético alterou o padrão de ingestão

ao longo do dia, sendo que a ingestão foi maior de 16 a 20 horas após o oferecimento da ração e menor nas primeiras quatro horas. Daniel et al. (2013) suplementando ácido acético e etanol, observaram maiores teores de gordura no leite (3,69%), quando comparado ao tratamento controle (3,55%) e ao tratamento com etanol (3,43%). No entanto, não é sabido ainda qual o comportamento desse produto quando o silo é aberto e sujeito ao procedimento de retirada da silagem.

Hoover e Miller-Webster (1998) concluíram que a taxa excessiva de digestão do amido e o decréscimo do pH podem afetar negativamente o animal. Nussio, Campos e Lima (2006) relatam que vacas em lactação devem consumir diariamente quantidades mínimas de fibra para estimular a mastigação, manter fluxo de saliva e manter um ambiente ruminal favorável ao desenvolvimento de microrganismos que digerem carboidratos fibrosos. A inclusão de forragem na dieta das vacas em lactação também foi responsável por alterações no CMS e produção de leite.

Fornecer aos animais silagem do topo do silo, com 50% de forragem na dieta, mostrou ser a melhor estratégia de alimentação entre as variáveis avaliadas. Lechartier et al. (2010), testando três diferentes inclusões de silagem de milho para vacas em lactação, perceberam que diminuindo a relação forragem: concentrado, também ocorreu aumento linear na produção de leite. Weiss e Shockey (1991) forneceram dietas com 80%, 60% e 40% de inclusão e testaram duas fontes de forragem diferentes, silagem de capim e alfafa. As vacas alimentadas com 80% de forragem na dieta produziram menos leite que os animais dos outros tratamentos, além disso, a silagem de capim teve melhor digestibilidade que a silagem de alfafa, o qual minimizou o efeito das altas concentrações de fibra da gramínea. Huhtanen et al. (2008) avaliaram o efeito do concentrado sobre o consumo de silagem e mostraram que o aumento da suplementação com concentrado afetou o consumo de silagem de forma negativa, aumentou a produção de leite e a energia metabolizável das vacas.

Em relação aos constituintes do leite, foi observada diferença ($P < 0,01$) para a produção de proteína no leite, quando os animais consumiram silagem descarregada do topo do silo. De todos os fatores dietéticos que influenciam na síntese de proteína no leite, a energia certamente é o mais importante, sendo a alteração da relação F: C a forma mais comum de se modificar o teor de energia em dietas de vacas leiteiras. Outra maneira de se atingir esse objetivo, seria pela utilização de forragens com mais digestíveis, ou aumentando a degradabilidade ruminal das fontes de carboidratos não fibrosos. Como observado, o teor de proteína das dietas é o mesmo, e sabe-se que alterações na proteína do leite está diretamente ligado a relação proteína: energia da dieta. É observado na Tabela 11, que o consumo de

energia líquida foi maior nas silagens retiradas do topo do silo. Pensando no aspecto ligado a forragem, observa-se que a concentração de ácido propiônico, não apresenta variação entre as silagens do topo e da base do silo (0,80% e 0,82%, respectivamente). No entanto, como já comentando anteriormente, ocorreu diferença no consumo de MS entre as silagens de milho descarregadas do topo e da base do silo, sendo o consumo do topo um a dois quilogramas maior que a base, aumentando o suporte energético no rúmen. Junges et al. (2012), não observaram alteração em nenhum parâmetro do leite, quando alimentou as vacas com o topo e base do silo. No entanto, no presente trabalho, os animais que consumiram a porção superior do silo conseguiram aumentar a produção de proteína no leite. Broderick et al. (1985), utilizando silagem de milho e alfafa, observou redução da produção de proteína no leite quando forneceu silagem de milho, com inclusão de 80% na dietas das vacas. Weiss e Shockey (1991), também não observaram nenhum efeito sobre a proteína do leite quando testaram diferentes fontes de forragem para vacas leiteiras. Pode-se concluir que aumentos na produção de proteína do leite, estão ligados a um metabolismo energético eficiente, que nesse trabalho, pode ser explicado pelo maior consumo de energia líquida, proporcionado pelo consumo de nutrientes e produtos de fermentação da silagem e pela melhor digestibilidade da dieta.

Ao contrário do que se esperava a relação F: C, não alterou o teor da gordura do leite entre os tratamentos. Segundo Ashes et al. (1997), a qualidade e composição da gordura do leite são influenciadas pela quantidade e qualidade da fibra, relação F: C, local e degradação dos carboidratos não estruturais, principalmente o amido. De acordo com o NRC (2001), as rações devem ter no mínimo 25% de FDN total e 16% de FDN oriundo de forragens, sendo esse valor considerável ideal para efetividade da fibra, que irá manter o teor de gordura no leite. Os autores também afirmam que quando a relação FDN: amido degradável está abaixo de 1, o padrão de fermentação torna-se ácido, com maior produção de propionato, o que pode levar a alterações na gordura do leite. No presente experimento, a ausência de diferença estatística com relação à gordura do leite (tabela 9) entre os tratamentos poderia ser explicado pelo aumento na produção de propionato, que eleva os níveis de insulina circulante, a partir de estímulo da gliconeogênese, o que poderia resultar numa escassez de precursores para síntese de gordura no leite (KENNELLY, 1997), levando em consideração, que a silagem de milho, possui boas concentrações de substratos para tal fato.

Na Tabela 10 são apresentados os dados referentes ao nitrogênio ureico do leite e contagem de células somáticas (CCS). Não foi encontrada diferença para a CCS entre os tratamentos, no entanto, o nitrogênio ureico, apresentou diferença ($P < 0,01$) significativa.

Tabela 10 - Nitrogênio ureico e contagem de células somáticas do leite de vacas alimentadas com silagem de milho sob diferentes estratégias de descarregamento e níveis de forragem

Item ¹	Topo		Base		EPM ²	P ³		
	50%	60%	50%	60%		L	F:C	L x F:C
NU, mg/dL	14,9	15,8	14,7	15,5	1,23	0,38	<0,01	0,73
CCS, ×1000/mL	134	131	152	134	28,0	-	-	-
Log CCS	1,96	1,98	2,07	1,98	0,10	0,14	0,35	0,20

¹NU= nitrogênio ureico; CCS= contagem de células somáticas; ²EPM= erro padrão da média; ³L= local de descarregamento do silo; F:C= relação forragem:concentrado; L x F:C= interação local de descarregamento do silo x relação forragem: concentrado

Diferenças significativas foram associadas à relação forragem:concentrado, aonde as dietas contendo 60% de forragem, proporcionaram maior teor de nitrogênio ureico no leite. O nitrogênio absorvido pelo sangue da vaca resulta da difusão de amônia pela parede ruminal, transporte de aminoácidos e peptídeos do intestino delgado. A amônia é tóxica para vaca e rapidamente é convertida em amônia no fígado. Um dos caminhos no nitrogênio ureico do sangue é a excreção no leite. Altas concentrações de nitrogênio ureico são atribuídas a desbalanços nutricionais, como, excesso de proteína degradada no rúmen, desequilíbrio entre carboidratos e excesso de proteína não degradada no rúmen (BRODERICK; CLAYTON, 1997). Os valores obtidos no presente estudo, estão dentro da amplitude de 8,5 a 16 mg/dL, que é considerada normal (KOHN et al., 2002).

Os dados relativos à digestibilidade dos nutrientes estão na Tabela 11. A variáveis relacionadas à digestibilidade da matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo e material mineral apresentaram diferença ($P<0,01$) significativa entre os itens avaliados. No presente trabalho, alterações na digestibilidade da matéria seca e da proteína foram atribuídas à relação forragem: concentrado das dietas. Ao contrário, quando os níveis de forragem e concentrado forem equivalentes, observou-se maiores valores, não apresentando influencia do local de descarregamento do silo. Os menores valores observados foram nas dietas contendo 60% de forragem na dieta, independente do local de descarregamento do silo.

Tabela 11 - Digestibilidade dos nutrientes de vacas alimentadas com silagem de milho sob diferentes estratégias de descarregamento e níveis de forragem

Item ¹	Topo		Base		EPM ²	P ³		
	50%	60%	50%	60%		L	F:C	L x F:C
Dig MS, %	69,30	67,65	69,04	67,70	0,64	0,86	<0,01	0,79
Dig PB, %	73,00	69,38	70,49	69,88	1,00	0,29	<0,01	0,12
Dig FDN, %	44,86	47,52	46,09	46,88	1,43	0,82	0,20	0,49
Dig EE, %	91,34	88,86	88,26	84,23	1,47	<0,01	0,04	0,47
Dig CNF, %	94,38	93,53	95,55	94,50	0,77	0,171	0,222	0,897
NDT, %	70,93	70,31	71,01	70,46	0,62	0,84	0,29	0,95
EL _L dieta, Mcal/kg	1,52	1,49	1,52	1,50	0,02	0,93	0,24	0,84

¹Dig= digestibilidade; MS= matéria seca; PB= proteína bruta; FDN= fibra insolúvel em detergente neutro; CNF= carboidratos não fibrosos; EE= extrato etéreo; MM= material mineral; NDT= nutrientes digestíveis totais; EL_L= energia líquida da dieta; ²EPM= erro padrão da média; ³L= local de descarregamento do silo; F:C= relação forragem:concentrado; L x F:C= interação local de descarregamento do silo x relação forragem: concentrado

Os valores referentes à digestibilidade da matéria seca e proteína apresentaram diferenças entre as inclusões de forragem utilizadas, e o extrato etéreo foi atribuído ao local de descarregamento do silo. A partir desses resultados é que pode ser explicado o aumento da produção de leite dos animais do tratamento que ingeriu silagem do topo do silo, com 50% de inclusão na dieta. O teor de MM das silagens do topo do silo (tabela 5) são maiores numericamente que os da base do silo e está de acordo o relato de Bolsen (1997) aonde mostra que a concentração de cinzas pode se elevar, quando há perdas de matéria seca, no entanto, o topo do silo, apresentou elevados teores de matéria seca. Segundo esse mesmo autor, esse fato só pode ser observado quando há intensa deterioração aeróbia, como visto nos mapas de pH e temperatura, a silagem apresentou baixa deterioração.

Os dados referentes a ganho de peso, escore de condição corporal e do metabolismo energético são mostrados na Tabela 12. Houve diferença ($P<0,01$) apenas para o consumo de energia líquida e energia líquida de lactação. A energia líquida representa a parte da energia do alimento que é retida na forma de produto útil, tal como energia retida nos tecidos, leite e feto e pode ainda ser utilizada para produzir calor, ou seja, é o melhor indicador biológico da eficiência produtiva da vaca (NGWERUME; MAO, 1991). Yan et al. (2006), observou melhor eficiência para vacas holandesas consumindo menores quantidades de forragem em relação ao concentrado. No presente estudo, o tratamento topo 50% apresentou melhores resultados para consumo de energia líquida, assim como melhores resultados em desempenho. É possível inferir que, o topo do silo, assim como maiores inclusões de concentrado na dieta, foram responsáveis pelo aumento da eficiência de produção das vacas.

Tabela 12 - Ganho de peso, escore de condição corporal e utilização de energia por vacas alimentadas com silagem de milho sob diferentes estratégias de descarregamento e níveis de forragem

Item ¹	Topo		Base		EPM ²	P ³		
	50%	60%	50%	60%		L	F:C	L x F:C
Varição de PV, kg/d	0,70	0,60	0,72	0,36	0,19	0,57	0,25	0,49
Varição de ECC, /21 d	0,15	0,10	0,12	0,10	0,12	0,61	0,39	0,67
Consumo EL _L , Mcal/d	35,29	33,31	33,56	31,74	0,73	<0,01	<0,01	0,90
EL manutenção, Mcal/d	11,05	11,06	11,06	11,06	0,27	0,88	0,90	0,75
EL _{leite} , Mcal/d	21,79	21,21	21,21	20,63	0,69	0,67	<0,01	0,99
Balanço EL _L , Mcal/d	1,48	0,33	1,06	0,09	0,94	0,64	0,13	0,90
EL _{leite} /ConsEL _L , %	61,7	64,8	63,5	64,6	2,53	0,58	0,12	0,46

¹PV= peso vivo; ECC= escore de condição corporal; ConsEL_L= consumo de energia líquida; ²EPM= erro padrão da média; ³L= local de descarregamento do silo; F:C= relação forragem:concentrado; L x F:C= interação local de descarregamento do silo x relação forragem: concentrado

A energia líquida de lactação se refere à quantidade de energia excretada no leite e para sua determinação geralmente se leva em conta a produção e composição do leite e os valores energéticos de proteína, gordura e lactose. Yan et al. (2006), com o objetivo de avaliar a participação das frações de energia no desempenho de vacas holandesas e norueguesas, forneceram dietas com baixa e alta relação forragem:concentrado aos animais. Os dois genótipos foram superiores em excretar mais energia no leite, quando foi fornecida maior quantidade de concentrado as suas dietas. Tovar-Luna et al. (2010) testaram a inclusão de 40 e 80% de feno de alfafa na dieta de cabras alpinas em lactação e observaram melhoria no desempenho e maior excreção de energia no leite quando os animais receberam menores inclusões de forragem na dieta. Segundo o NRC (2001), os níveis de forragem podem afetar diversos aspectos relacionados ao metabolismo energético dos animais. No presente trabalho, a maior excreção de energia no leite, foi alcançada, quando os níveis de forragem da dieta, se equivaleram à quantidade de concentrado, não tendo efeito do topo ou base do silo, sobre esse parâmetro.

Os dados do comportamento ingestivo são apresentados na Tabela 13. A ingestão expressa em minutos e tempo gasto para mastigação pela quantidade de FDN ingerido apresentaram diferença ($P<0,01$) significativa. As outras variáveis avaliadas foram ruminação, mastigação e o consumo de matéria seca por minuto de mastigação, sendo que os tratamentos não apresentaram diferença estatística. Durante a avaliação, a atividade de ingestão foi estatisticamente maior para os animais que ingeriram a silagem retirada base do silo, apresentando em média 213 minutos a mais de ingestão.

Tabela 13 - Comportamento ingestivo de vacas alimentadas com silagem de milho sob diferentes estratégias de descarregamento e níveis de forragem

Item ¹	Topo		Base		EPM ²	P ³		
	50%	60%	50%	60%		L	F:C	L x F:C
Ingestão, min	189	195	218	208	15,0	<0,01	0,79	0,30
Ruminação, min	474	517	492	507	18,1	0,79	0,06	0,34
Mastigação, min	663	712	710	714	23,4	0,14	0,11	0,18
Mastigação/CMS, min/kg	28,9	32,3	31,9	33,7	1,29	0,03	0,01	0,45
Mastigação/CFDN, min/kg	8,24	8,66	7,99	8,3	0,15	0,02	<0,01	0,66

¹CMS= consumo de matéria seca; CFDN= consumo de fibra insolúvel em detergente neutro; ²EPM= erro padrão da média; ³L= local de descarregamento do silo; F:C= relação forragem:concentrado; L x F:C= interação local de descarregamento do silo x relação forragem: concentrado

Vacas leiteiras em condições de pastejo tem hábito de colher à forragem de quatro a nove horas por dia, já vacas confinadas alteram esse comportamento, de forma, a diminuir esse tempo para três a cinco horas por dia, distribuídos em seis a dez refeições, que podem ser distribuídas ao longo do dia, porém, os maiores consumos acontecem após a oferta dos alimentos frescos (DEVRIES et al., 2003). Segundo Krause e Oetzel. (2006), as práticas relacionadas às estratégias de fornecimento da dieta aos animais, podem incidir em maiores taxas de distúrbios metabólicos, como acidose, pois à medida que aumenta o número de refeições, o animal consome maiores quantidades de alimentos, porém a taxa de secreção de saliva é reduzida. Como já observado, os animais que ingeriram a silagem do topo do silo foram os que apresentaram os melhores desempenhos, no entanto, o resultado do comportamento ingestivo, segue menor tempo de ingestão nas silagens de topo. O maior tempo de mastigação por unidade de FDN consumido foi obtido quando da inclusão de forragem em 60% da MS, no entanto, a digestibilidade dessas dietas foi inferior as dietas contendo 50% de forragem. DeVries et al. (2007) realizaram um estudo avaliando o comportamento ingestivo de vacas em lactação alimentadas com as mesmos níveis de inclusão de forragem utilizando nesse experimento (50% vs. 60%). Concluíram que os animais que foram alimentados com dietas de baixa forragem, foram os que apresentaram melhores desempenhos, aliados a menores taxas de ingestão.

Os dados referentes ao índice de seleção são apresentados na Tabela 14. A peneira com diâmetro de 19 mm apresentou diferença (<0,01) em relação à taxa de inclusão de forragem na dieta, sendo que os demais tratamentos, não foi observado nenhum efeito.

Tabela 14 - Índice de seleção vacas alimentadas com silagem de milho sob diferentes estratégias de descarregamento e níveis de forragem

Peneira	Topo		Base		EPM ¹	P ²		
	50%	60%	50%	60%		L	F:C	L × F:C
19 mm	80,81	87,14	82,85	90,01	2,08	0,24	<0,01	0,84
8 mm	98,8	98,03	97,71	97,90	0,79	0,44	0,72	0,54
Fundo	102,87	103,87	103,23	102,09	0,69	0,31	0,92	0,13

¹EPM= erro padrão da média; ²L= local de descarregamento do silo; F:C= relação forragem:concentrado; L x F:C= interação local de descarregamento do silo x relação forragem: concentrado

É prática comum em fazendas leiteiras, o fornecimento de dietas na forma de ração total, sendo essa uma ótima forma de oferecer aos animais os alimentos de forma balanceada, no entanto, esse manejo favorece maior seletividade de inúmeros componentes da ração, sendo que as vacas tem preferido a fração dos alimentos concentrados da ração, do que partículas longas, proveniente da forragem. Segundo Leonardi et al. (2005), os bovinos tem preferência por partículas menores (diâmetro médio inferior a 19 mm), sendo que uma das preocupações quando a ração é fornecida na forma de dieta total, é o consumo seletivo, principalmente de grãos. Nesse trabalho, os animais recusaram partículas maiores, quando o fornecimento de volumoso na dieta foi maior (60%), sendo que as outras dietas, não apresentaram diferença entre os tratamentos. DeVries et al. (2007) forneceu dietas com 50 e 60% de volumoso para vacas leiteiras e mostrou que as vacas alimentadas com baixa forragem, apresenta seleção contra partículas grandes e animais alimentados com níveis mais altos de forragem, tendem a ter esse mesmo comportamento.

6 CONCLUSÕES

A baixa relação forragem: concentrado promoveu maior consumo de matéria seca e produção de leite. Por outro lado, é provável que a maior concentração de ácido acético na base do silo induziu à menor consumo de matéria seca e menor produção de leite comparativamente ao tratamento topo. O consumo de um quilograma a mais de matéria seca, representou um aumento de 1,4 kg de leite quando a inclusão de forragem foi reduzida de 60% para 50% da matéria seca em vacas em lactação. A eficiência energética indicada como EL/CMS, também melhorou significativamente. Em silagens bem preservadas, diferenças entre as zonas de topo e base são desprezíveis, devido às boas condições de compactação e vedação.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, R.C. **Estratégias de controle da deterioração aeróbia em silagem de milho e seu valor alimentício para vacas em lactação**. 2011. 175 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.
- ARRIOLA, K.G.; KIM, S.C.; STAPLES, C.R.; ADESOGAN, T.P. Effect of applying bacterial inoculants containing different types of bacteria to corn silage on the performance of dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 94, n. 4, p. 3973-3979, 2011.
- _____. Stay-green ranking and maturity of corn hybrids: 2. Effects on the performance of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 95, n. 9, p. 975-985, 2012.
- ASHBELL, G.; LISKER, N. Aerobic deterioration in maize silage stored in a bunker silos under farm conditions in a subtropical climate. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 45, p. 307-315, 1988.’
- ASHBELL, G.; WEINBERG, Z.G.; HEN, Y.; FYLIA, I. The effects of the temperature on the aerobic stability of wheat and corn silages. **Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology**, Waukegan, v.28, p. 261-263, 2002.
- ASHES, J.R.; GULATI, S.K.; SCOTT, T.W. Potential to alter milk fat through nutrition. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 80, p. 2204–2212, 1997.
- BEAUCHEMIN, K.A.; COLOMBATTO, D.; MORGAVI, D.P.; YANG, W.Z. Use of exogenous fibrolytic enzymes to improve feed utilization by ruminants. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, p. 37-47, 2003.
- BELYEA, R.L.; COPPOCK, C.E.; MERRILL, W.G.; SLACK, S.T. Effects of silage based diets on feed intake, milk production, and body weight of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 58, p. 1328–1335, 1974.
- BERNARDES, T.F. **Calcule a taxa de retirada da silagem**. Disponível em: <<http://www.milkpoint.com.br/radar-tecnico/conservacao-de-forragens/calcule-a-taxa-de-retirada-de-silagem-88790n.aspx>>. Acesso em: 23 out. 2014.
- BERNARDES, T.F.; AMARAL, R.C.; NUSSIO, L.G. Sealing strategies to control top losses in horizontal silos. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FORAGE QUALITY AND CONSERVATION, 3. 2009, São Pedro. **Proceedings...** São Pedro: FEALQ, 2009. p. 209-224.
- BERNIER-ROY, Y.; TREMBLAY, Y.; POMERLEAU, P.; SAVOIE P. **Compaction and density of forage in bunker silos**. St. Joseph: ASAE, 2001. 14 p. (ASAE Paper, 01-1089).
- BISPO, A.W. **Qualidade de silagens de milho confeccionadas com diferentes filmes de vedação e desempenho produtivo de vacas em lactação**. 2013. 105 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.
- BOLSEN, K.K. Issues of top spoilage losses in horizontal silos. In: SILAGE: FIELD TO THE FEEDBUNK, 1., 1997, Hershey. **Proceedings...** Hershey: NRAES, 1997. p. 251–304.

BOLSEN, K.K.; BOLSEN, R.E. **The Silage triangle and important practices in managing bunker, trench, and drive-over pile silos.** Disponível em: [http://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/crop8037](http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/crop8037). Acesso em: 22.out.2014.

BOLSEN, K.K.; DICKERSON, J.T.; BRENT, B.E.; SONON Jr., R.N.; DALKE, B.S.; LIN, C.J.;BOYER Jr., J.E. Rate and extent of top spoilage in horizontal silos. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.76, p. 2940-2962, 1993.

BOLTON, K.; HOLMES, B.J. **Management of bunker silos and silage piles.** Disponível em: <<http://fyi.uwex.edu/forage/files/2014/01/mgmt-bunkers-piles-bjh2.pdf>>. Acesso em: 01maio2014.

BORREANI, G.; TABACCO, E. Temperature measurements of large scale silo face to asses aerobic deterioration of corn silage on farm. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FORAGE QUALITY AND CONSERVATION,3, 2009, São Pedro. **Proceedings...** São Pedro: FEALQ, 2009. p. 175–187.

BROADWATER, N. Preventing corn silage shrinkage and spoilage. **Written for Dairy Star**, v. 6, n. 14, p. 1-3, 2004.

BRODERICK, G.A. Alfalfa silage or hay versus corn silage as the sole forage for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 62, p. 3261–3271, 1985.

BRODERICK, G.A.; CLAYTON, M.K.A statistical evaluation of animal and nutritional factors influencing concentration of milk urea nitrogen. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 80, p. 2964–2971, 1997.

COSTA, C.; ARRIGONI, M.B.; SILVEIRA, A.C. Desempenho de bovinos super precoces alimentados com silagem de milho ou feno de aveia e grãos de milho ensilados ou secos. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n.4, p. 1175-1183, 2002.

CRAIG, P.H.; ROTH, G. **Penn state university bunker silo density study summary report 2004-2005.** Dauphin, Pennsylvania State University, p. 1-9, 2005.

D'AMOURS, L.; SAVOIE, P. **Density profile of corn silage in bunker silos.** St. Joseph: ASAE, 2004. p. 221–228. (Paper, 041136).

DANIEL, J.L.P. **Contribuição da fração volátil no valor nutricional de silagens.** 2011. 162 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

DANIEL, J.L.P.; WEIß, K.; CUSTÓDIO, L.; SÁ NETO, A; SANTOS, M.C; ZOPOLLATTO, M.;NUSSIO, L.G. Occurrence of volatile organic compounds in sugarcane silages. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 185, p. 101–105, 2013.

DEVRIES, T.J.; BEAUCHEMIN, T.A.; VON KEYSERLINGK, T.A.G. Dietary forage concentration affects the feed sorting behavior of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 90, n. 8, p. 5572-5579, 2007.

DEVRIES, T.J.;VON KEYSERLINGK, M.A.G.;BEAUCHEMIN, K.A. Diurnal feeding pattern of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 86, p. 4079-4082, 2003.

DHIMAN, T.R.; SATTER, L.D. Yield response of dairy cows fed different proportions of alfalfa silage and corn silage. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 80, n. 9, p. 2069–2082, 1997.

DRIEHUIS, F.; OUDE ELFERINK, S.J.W.H. The impact of the quality of silage on animal health and food safety: a review. **Veterinary Quarterly**, Sidney, v. 22, p. 212–217, 2000.

HANSEN, W.P.; OTTERBY, D.E.; LINN, J.G.; DONKER, J.D. Influence of forage type, ratio of forage to concentrate, and methionine hydroxy analog on performance of dairy cows. **Journal of Animal Science**, v. 74, p. 1361–1368, 1991.

HEINRICHS, A.J.; BUCKMASTER, D.R.; LAMMERS, B.P. Processing, mixing and particle size reduction of forages for dairy cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 77, p. 180–186, 1999.

HOFFMAN, P.C.; OCKER, S.M. Quantification of milk yield losses associated with feeding aerobically unstable high moisture corn. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, p. 234, 1997.

HOLDEN, L.A. Comparison of methods of in vitro dry matter digestibility for ten feeds. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 82, n. 8, p. 1791–1794, 1999.

HOLMES, B.J.; MUCK, R.E. **Factors affecting bunker silo densities**. Disponível em: <<http://www.uwex.edu/ces/crops/uwforage/storage.htm>>. Acesso em: 05.fev. 2014.

HOOVER, W.H.; MILLER-WEBSTER, T.K. Role of sugar and starch in ruminal fermentation. In: TRI-STATE DAIRY NUTRITION CONFERENCE, 1, 1988, Wayne, 1988. **Proceedings...** Wayne: 3, p. 1, M. L. Eastridge, 1998.

HORNA, J.L.; BUSH, L.J.; TALIAFM, A.C. Comparative nutritional value of Eastern gamagrass and alfalfa hay for dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 68, p. 2015–2026, 1985.

HUHTANEN, P.; RINNE, M.; NOUSIAINEN, J. Evaluation of the factors affecting silage intake of dairy cows: a revision of the relative silage dry-matter intake index. **The Animal Consortium**, Cambridge, v. 1, p. 758–770, 2007.

_____. Evaluation of concentrate factors affecting silage intake of dairy cows: a development of the relative total diet intake index. **The Animal Consortium**, Cambridge, v. 2, p. 942–953, 2008.

HUHTANEN, P.; KHALILI, H.; NOUSIAINEN, J.I.; RINNE, M.; JAAKKOLA, S.; HEIKKILA, T.; NOUSIAINEN, J. Prediction of the relative intake potential of grass silage by dairy cows. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 73, p. 111–130, 2002.

HUTCHINSON, K.J.; WILKINS, R.J. The voluntary intake of silage by sheep. II. The effects of acetate on silage intake. **The Journal of Agriculture Science**, London, v. 77, p. 539–543, 1971.

HUTNIK, E.; KOBIELAK, S. Density of the silage stored in horizontal silos. **Acta Agrophysica**, Lublin, v. 19, n.3, p. 539–549, 2012.

JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G.; REIS, R.A.; SCHIMITD, P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade de forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, p. 101-119, 2007. Suplemento especial.

JOHNSON, L.M.; HARRISON, J.H.; DAVIDSON, D.; MAHANNA, W.C.; SHINNERS, K.J.; LINDER, D. Corn silage management: effects on maturity, inoculation, and mechanical processing on pack density and aerobic stability. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.85, p. 434-444, 2002.

JUNGES, D.; BISPO, A.W.; CUSTÓDIO, L.; KLEINSHMITT, J.R.; DANIEL, J.L.P.; ZOPOLATTO, M.; NUSSIO, L.G. Feedout strategy does not affect animal performance under optimal silage management. In: NORDIC FEED SCIENCE CONFERENCE, 3., 2012, Uppsala. **Proceedings...** Uppsala: SLU Repro, 2012. p. 117-120.

KENNELLY, J.J. Producing milk with 2,5% fat – the biology and health implications for dairy cows. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.60, p. 161-180, 1996.

KOHN, R.A.; KALSCHER, K.F.; RUSSEK-COHEN, E. Evaluation models to estimate urinary and expected milk urea nitrogen. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.85, p. 225-233, 2002.

KRIZSAN, S.J.; HUHTANEN P. Effect of diet composition and incubation time on feed indigestible NDF concentration in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 95, p. 1715-1726, 2013.

KUNG JR., L. Aditivos microbianos e químicos para silagem: Efeitos na fermentação e resposta animal. In: WORKSHOP SOBRE MILHO PARA SILAGEM, 2., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001a. p. 53-74.

_____. **Silage fermentation and additives**: direct fed microbial, enzyme and forage additive compendium. Minnetonka: Miller Publ., 2001b.

KUNG JR., L.; STROKES, M.R. **Analyzing silages for fermentation end products**. 2001. Disponível em: http://canr.udel.edu/anfs/faculty/kung/articles/analyzing_silages_for_fermentati.htm. Acesso em: 15maio2014.

LECHARTIER, C.; PEYRAUD, J.L. The effects of forage proportion and rapidly degradable dry matter from concentrate on ruminal digestion in dairy cows fed corn silage-based diets with fixed neutral detergent fiber and starch contents. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.96, p. 666-681, 2010.

LYNCH, J.P.; O'KIELY, P.; WATERS, S.M.; DOYLE, E.M. Conservation characteristics of corn ears and stover ensiled with the addition of MTD-1, 30114, or 11A44. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 95, n. 9, p. 2070-2080, 2012.

MACLEOD, G.K.; GRIEVE, D.G.; MCHWAN, I.; SMITH, G.C. Effect of varying protein and energy densities in complete rations fed to cows in first lactation. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 67, p. 1421 – 1429, 1984.

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

MERTENS, D.R. Nonstructural and structural carbohydrates. In: VAN HORN, H.; WILCOX, C.J. (Ed.). **Large dairy herd management's**. Champaign: American Dairy Science Association, 1992.p. 219.

MESSER, H.J.M.; HAWKINS, J.C.The influence of the moisture content of chop length forage maize on silage bulk density and the pressure on bunker silo walls. **Journal of Agriculture and Engineering Research**, Pavia, v. 22, p. 175-182, 1977.

MUCK, R.E.; HOLMES, B.J. Factors affecting bunker silo densities. In: INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, 12., 1999, Uppsala. **Proceedings...** Uppsala: SLU Repro,1999. p. 278–279.

_____. Factors affecting bunker silo densities. **Applied Engineering in Agriculture**, St. Joseph, v.16, p. 613-619, 2000.

MUCK, R.E.; PITT, R.; LEIBENSPERGER, R.Y.A model of aerobic fungal growth in silage. 1. Microbial characteristics. **Grass and Forage Science**, Oxford, v.46, n.6, p. 283-290, 2001.

MUCK, R.E.; SAVOIE, P.; HOLMES, B.J. laboratory assessment of bunker silo density part: alfalfa and grass. **Applied Engineering in Agriculture**, St. Joseph, v. 20, n. 2, p. 157–164, 2004.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle**.7th ed. Washington: National Academy of Sciences, 2001.401 p.

NGWERUME, F.; MAO, L. Estimation of residual energy intake for lactating cow using an animal model. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 75, p. 2283-2287, 1991.

NISHINO, N. Aerobic stability and instability caused by bacteria. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FORAGE QUALITY AND CONSERVATION,3., 2011, São Pedro. **Proceedings...**São Pedro: FEALQ, 2011.p. 127-141.

NUSSIO, L.G.; CAMPOS, F.P.; LIMA, M.L.M. Metabolismo de carboidratos estruturais. In: BERCHIELLI, T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, 2006. p. 183-228.

OUDE ELEFERINK, S.J.W.H.; DRIEHUIS, F.; BECKER, P.M.; GOTTSCHAL, J.C.; FABER, F.; SPOELSTRA, S.F. The presence of acetobacter sp. in ensiled forage crops and ensiled industrial byproducts. **Mededelingen van the Faculteit, Land Bouwkundigeen ToegepasteBiologische Wetenschappen**,Gent, v. 66, p. 427-430, 2001.

OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; KROONEMAN, J.; GOTTSCHAL, J.C.; SPOELSTRA, S.F.;FABER, F.; DRIEHUIS, F. Anaerobic conversion of lactic acid to acetic acid and 1,2-propanediol by *Lactobacillus buchneri*. **Applied Environmental Microbiology**, Washington, v. 67, p. 125–132, 2001.

PAULSON, J.C.J. **Effect of forage source and level on milk production and composition**. Thesis (PhD in Philosophy), p. 198 - University of Minnesota, St. Paul, 1990.

PITT, R.E. Mathematical prediction of density and temperature of ensiled forage. **Transactions of American Society of Agricultural and Biological Engineers**, St. Joseph, v. 26, p. 1522-1527, 1983.

PITT, R.E.; MUCK, R.E. A diffusion model of aerobic deterioration at the exposed face of bunker silos. **Journal of Agricultural Engineering Research**, St. Joseph, v.55 p. 11-26, 1993.

_____. **Aerobic deterioration in corn silage relative to the silo face**. St. Joseph: ASAE, 1994. p. 735–743.

PLAIZIER, J.C.; KRAUSE, D.O.; GOZHO, G.N.; MCBRIDE, B.W. Subacute ruminal acidosis in dairy cows: the physiological causes, incidence and consequences. **Veterinary Journal**, London, v. 176, p. 21-31, 2008.

QUEIROZ, O.C.M.; ARRIOLA, K.G.; DANIEL, J.L.P.; ADESOGAN, A.T. Effects of 8 chemical and bacterial additives on the quality of corn silage. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 96, n. 4, p. 5836–5843, 2013.

RUPPEL, K.A. **Effect of bunker silo management on hay crop nutrient management**. 1992. Thesis (M.S.in Philosophy) - Cornell University, Ithaca, 1992.

RUPPEL, K.A.; PITT, R.E.; CHASE, L.E.; GALTON, D.M. Bunker silo management and its relationship to forage preservation on dairy farms. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.78, p. 141-153, 1995.

SANTOS, M.C.; KUNG JR., L. Effects of spoiled silages on animal performance. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FORAGE QUALITY AND CONSERVATION. 3., 2011, São Pedro. **Proceedings...** São Pedro: FEALQ, 2011. p. 307-318.

SAVOIE, P.; D'AMOURS, L. Density profile on herbage silage in bunker silos. **Journal of Canadian Biosystems Engineering**, Winnipeg, v. 50, p. 357-365, 2008.

SAVOIE, P.; TREMBLAY, D.; THERIAULT, R.; WAUTHY, J.M.; VIGNEAULT, C. Forage chopping energy vs. length of cut. **Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers**, St. Joseph, v.32, p. 437-442, 1989.

SPADOTTO, A.J.; SILVEIRA, A.C.; FURLAN, L. R.; ARRIGONI, M.B.; COSTA, C.; OLIVEIRA, H.N.; PARRE, C. Avaliação da silagem de milho das variedades grânifera e forrageira no desempenho de bovinos das raças Nelore e Canchim em regime de confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.25, n. 1, p.1-12, 1996.

SPOELSTRA, S.F.; COURTIN, M.G.; VAN BEERS, J.A.C. Acetic acid bacteria can initiate aerobic deterioration of whole crop maize silage. **Journal of Agricultural Science**, Nottingham, v. 111, p. 127–132, 1988.

TABACCO, E.; RIGHI, F.; QUARANTELLI, A.; BORREANI, G. Dry matter and nutritional losses during aerobic deterioration of corn and sorghum silages as influenced by different lactic acid bacteria inoculate. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 94, n. 11, p. 1409–1419, 2011.

TAF AJ, M.; ZABELI, Q. BAES, C.H.; STEINGAS, S.; DROCHNER, W. A meta-analysis examining effects of particle size of total mixed rations on intake, rumen digestion and milk production in high-yielding dairy cows in early lactation. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 138, p. 137–161, 2007.

TYRREL, H.F.; REID, T. Prediction of the energy value of cow's milk. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 48, n. 9, p. 1215–1223, 1965.

THOMAS, P.C.; ROOK, J.A.F. Manipulation of rumen fermentation. In: HARESIGN, W.; COLE, D.J.A. (Ed.). **Recent developments in ruminant nutrition**. London: Butterworths, 1981. p. 157.

TOVAR-LUNA, I.; PUCHALA, R.; SAHLU, T.; FREETLY, H.C.; GOETSCH, A.L. Effects of stage of lactation and level of feed intake on energy utilization by Alpine dairy goats. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 93, p. 4829–4837, 2010.

VALADARES FILHO, S.C.; MAGALHÃES, K.A.; ROCHA JUNIOR, V.R. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos: CQBAL 2.0**. 2.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; Suprema Gráfica, 2006. 329p.

VARGA, G.A.; HOOVER, W.H. Rate and extent of neutral detergent fiber degradation of feedstuffs in site. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 66, p. 2109, 1983.

VELHO, J.P.; MUHLBACH, P.R.F.; NORBERNG, J.L.; VELHO, I.M.P.H.; GENRO, T.C.M.; KESSLER, J.D. Composição bromatológica de silagens de milho produzidas com diferentes densidades de compactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 1532-1538, 2007.

VISSER, B. Forage density and fermentation variation: a survey of bunkers, piles and bags across Minnesota and Wisconsin dairy farms. In: FOUR-STATE DAIRY NUTRITION AND MANAGEMENT CONFERENCE, 4., 2005, Ames. **Proceedings...** Ames: Midwest Plan Service, 2005. p. 233 - 240.

WEIß, K.; KALZENDORF, C.; ZITTLAU, J.; AUERBACH, H. Novel results on the occurrence of volatile compounds in maize silages. In: INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE PROCEEDINGS, 15., 2009, Madison. **Proceedings...** Madison: 2009. p. 33-34.

WEINBERG, Z.G.; ASHBELL, G. Engineering aspects of ensiling. **Biochemical Engineering Journal**, Manchester, v.13, p. 181–188, 2003.

WEINBERG, Z.G.; SZAKACS, G.; ASHBELL, G.; HEN, Y. The effect of temperature on the ensiling process of corn and wheat. **Journal of Applied Microbiology**, Malden, v. 90, p. 561-566, 2001.

WEISS, W.P.; SHOCKEY, W.L. Value of orchard grass and alfalfa silages fed with varying amounts of concentrates to dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 73, p. 1933–1943, 1991.

WILES, P.G.; GRAY, I.K.; KISSLING, R.C. Routine analysis of protein by Kjeldahl and Dumas methods: review and inter laboratory study using dairy products. **Journal of the AOAC International**, Gaithersburg, v. 81, p. 620-632, 1998.

WILLIAMS, A.G.; HOXEY, R.P.; LOWE, J.F. Changes in temperature and silo gas composition during ensiling, storage and feeding-out grass silage. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 52, p. 176–189, 1997.

YAN, T.; MAYNE, C.S.; KEADY, W.J.; AGNEW, R.E. Effects of dairy cow genotype with two planes of nutrition on energy partitioning between milk and body tissue. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 89, p. 1031–1042, 2006.

ZOPOLLATTO, M.; SARTURI, J.O. Optimization of the animal production system based on the selection of corn cultivars for silage. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FORAGE QUALITY AND CONSERVATION, 1., 2009, São Pedro. **Proceedings...** Piracicaba: FEALQ, 2009. p. 91-108.