



FUNDAÇÃO
ARAUCÁRIA



ISBN 978-85-63633-09-5



Organizadores
Clóves Cabreira Jobim
Ulysses Cecato
Marcos Weber do Canto
Ferenc Istvan Bankuti

ANÁIS DO V SIMPÓSIO: PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS



ISBN 978-85-63633-09-5



Anais do V SIMPÓSIO: PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS



Clóves Cabreira Jobim
Ulysses Cecato
Marcos Weber do Canto
Ferenc Istvan Bankuti
Organizadores

Anais do
V SIMPÓSIO:
PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS

Clóves Cabreira Jobim
Ulysses Cecato
Marcos Weber do Canto
Ferenc Istvan Bankuti

Anais do
V SIMPÓSIO:
PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS



Maringá, PR
2014

Copyright © 2014 para os autores

Todos os direitos reservados. Proibida a reprodução, mesmo parcial, por qualquer processo mecânico, eletrônico, reprográfico etc., sem a autorização, por escrito, dos autores.

Todos os direitos reservados desta edição 2014 para Nova Sthampa Gráfica e Editora

O conteúdo dos capítulos, assim como as tabelas, figuras e fotos são de inteira responsabilidade do(s) autor(es).

Revisão textual e gramatical: Responsabilidade dos respectivos autores.

Normalização textual e de referências: Responsabilidade dos respectivos autores.

Projeto gráfico/diagramação: Marcia Lang

Imagens/fotografias: fornecidas pelos autores

Capa - arte final: Marcia Lang

Fonte: Goudy Old Style

Tiragem - versão impressa: 350 Exemplares

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá - PR., Brasil)

S612 Simposio : Produção e Utilização de Forragens
Conservadas (5. : 2014 : Maringá, PR)
Anais do V Simpósio: Produção e Utilização de
Forragens Conservadas / organizadores Clóves Cabreira
Jobim, Ulysses Cecato, Marcos Weber do Canto, Ferenc
Istvan Bankuti. - Maringá, PR : UEM/CCA/DZO, 2014.
285 p.
ISBN 978-85-63633-09-5
1. Forragens conservadas - Produção e utilização.
2. Silagem - Custo benefício. 3. Máquinas para
conservação de forragens. 4. Gramíneas e cereais -
Silagem. 5. Qualidade higiênica sanitária. 6. Impacto
da tecnologia de ensilagem - Silagem. I. Jobim,
Clóves Cabreira. II. Cecato, Ulysses. III. Canto,
Marcos Weber do. IV. Bankuti, Ferenc Istvan.
V. Universidade Estadual de Maringá. Centro de
Ciências Agrárias. Departamento de Zootecnia.
VI. Título.
CDD 21. ed.636.086

PROMOÇÃO

Departamento de Zootecnia - UEM
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UEM - PPZ
GESF - Grupo de Estudos em Silagem e Feno (UEM 0102)

Apoio

CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CAPES - Coordenação de Pessoal de Nível Superior
Lallemand Animal Nutrition



Gráfica e Editora

Av. São Domingos, 1269 - Maringá-Paraná - Fone/Fax: |44| 3302 4411 - E-mail: nova@sthampa.com.br

SUMÁRIO

IMPACTO DAS ESTRUTURAS DE ESTOCAGEM SOBRE O MANEJO E A QUALIDADE DA SILAGEM

Thiago Fernandes Bernardes9

ALTERAÇÕES NA QUALIDADE DA SILAGEM DE MILHO DURANTE O ARMAZENAMENTO

João Luiz Pratti Daniel, Daniel Junges, Luiz Gustavo Nussio23

MÁQUINAS PARA A COLHEITA E CONSERVAÇÃO DE FORRAGENS

Walter Boller37

CULTURA DE SORGO: POTENCIAL DOS MATERIAIS DISPONÍVEIS PARA PRODUÇÃO DE SILAGEM DE QUALIDADE

Mikael Neumann, Danúbia Nogueira Figueira, Valter Harry Bumbieris Junior,
Cloves Cabreira Jobim89

AVANÇOS TECNOLÓGICOS NA PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE SILAGEM DE CANA-DE-AÇÚCAR

Gustavo Rezende Siqueira, Naiara Caixeta da Silva, Andressa Fernanda Campos,
Flávio Dutra de Resende117

PRÁTICAS NA ENSILAGEM VERSUS QUALIDADE HIGIÊNICA SANITÁRIA DA SILAGEM

Odilon Gomes Pereira, Thiago Carvalho da Silva, Eliana Santos Leandro,
Karina Guimaraes Ribeiro157

POTENCIAL DE SUBPRODUTOS DA AGROINDÚSTRIA PARA ENSILAGEM.

Valter Harry Bumbieris Junior, Fernando Luiz Massaro Junior,
Danielle Fernandes Bandeira, Filipe Alexandre Boscaro de Castro,
Marco Aurélio Alves de Freitas Barbosa, Clóves Cabreira Jobim211

USO ESTRATÉGICO DE ADITIVOS EM SILAGENS:
QUANDO USAR E COMO USAR.

Patrick Schmidt, Camilla Maciel de Souza, Bleine Conceição Bach 243

IMPACTO DA TECNOLOGIA DE ENSILAGEM NO VALOR
NUTRICIONAL DA SILAGEM E NA RESPOSTA ANIMAL.

Igor Quirrenbach de Carvalho, Clóves Cabreira Jobim..... 265

PREFÁCIO

Esta publicação contém os textos referentes às palestras apresentadas na **5ª edição do Simpósio Sobre Produção e Utilização de Forragens Conservadas**. No Brasil, o uso de forragens conservadas tem apresentado crescimento contínuo nas últimas décadas, independente do sistema de exploração animal em que é utilizado. Questões relativas a condições climáticas, planejamento forrageiro, avanços na indústria de máquinas para colheita e processamento de forragens, gerenciamento buscando eficiência dos sistemas de produção de ruminantes, são pontos que têm contribuído para esse crescimento. Embora a produção de silagem e de feno seja uma técnica milenar, a cada ano a pesquisa tem mostrado avanços tecnológicos consideráveis. Esses avanços no campo da conservação de forragens podem contribuir para a eficiência do uso de silagem e de feno, resultando em maior retorno ao produtor. Assim, a cada três anos, reunimos pesquisadores de renome, com objetivo de apresentar ao setor produtivo, estudantes, profissionais e pesquisadores os principais avanços em temas de grande relevância na área de forragens conservadas.

Os Editores.

IMPACTO DAS ESTRUTURAS DE ESTOCAGEM SOBRE O MANEJO E A QUALIDADE DA SILAGEM

Thiago Fernandes Bernardes¹

1. INTRODUÇÃO

Para que uma silagem seja produzida e utilizada de maneira adequada, de forma que a mesma possa reter os nutrientes provenientes da planta ou dos grãos, e ainda possuir segurança alimentar do ponto de vista de proliferação de microrganismos indesejáveis, várias etapas são exigidas, o que faz da ensilagem um processo de alto custo e risco. Desse modo, a produção de silagem de elevada qualidade requer de maneira contundente uma gestão precisa dos diversos estágios pelos quais ela passa.

A gestão dos processos deve se iniciar no campo, momento em que se decidem os aspectos ligados à escolha da cultivar e aspectos agrônômicos, passando pelo ponto de colheita da cultura, necessidade ou não de emurchecimento, necessidade de colhedoras e/ou outros equipamentos, transporte da forragem do campo até as estruturas de estocagem, abastecimento e compactação, vedação e fornecimento da silagem. Portanto, é extremamente importante que todas as etapas sejam bem planejadas, precisamente sincronizadas e meticulosamente geridas.

As inovações tecnológicas na área de manejo da silagem se iniciaram no século 19 (Wilkinson et al., 2003). Desde então, houve importantes desenvolvimentos, inclusive nas estruturas de estocagem (Bernardes e Chizzotti, 2012). Essas inovações tiveram um grande impacto na alimentação de ruminantes. Contudo, o investimento em pesquisa nesta área ainda é considerado tímido frente às outras questões que envolvem a ensilagem.

¹ Núcleo de Forragicultura, Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Lavras.
E-mail: thiagobernardes@dzo.ufla.br

O texto a seguir descreverá aspectos sobre a gestão acerca das estruturas de estocagem, bem como sobre o impacto destas nas perdas físicas e nutricionais em silagens.

2. ESTRUTURAS ASSOCIADAS À ESTOCAGEM DA SILAGEM – SILOS

Silos são considerados as estruturas onde a forragem é fermentada para se tornar silagem, onde a qual é estocada até ser utilizada na alimentação dos animais. Essas instalações devem proteger a silagem do ingresso da água e do ar (O_2) para que a deterioração da massa seja evitada. Existem vários tipos de silos, os quais são selecionados pelo produtor por questões econômicas, de flexibilidade, perdas geradas, riscos de acidentes e por conveniência (este último caso se refere a estrutura já existente na propriedade). Em termos de capital inicial investido há uma enorme variação que vai desde um silo torre (elevado custo) até o silo superfície (baixo custo). O tamanho de cada silo vai variar com a quantidade de forragem que está sendo estocada e com a quantidade de animais que deverão ser alimentados.

2.1 Silo Trincheira

Silos trincheira, em geral, são estruturas horizontais de concreto com a presença de paredes nas laterais, podendo possuir ou não parede ao fundo. Um levantamento recente realizado junto a 260 fazendas leiteiras no Brasil mostrou que este silo é mais utilizado (Bernardes e Do Rêgo, 2014). Nos países da América do Norte e da Europa é comum a construção de trincheiras de alvenaria pela compra de paredes pré-fabricadas ou construídas diretamente na propriedade. A trincheira deve ter concreto de excelente qualidade, pois o efluente produzido pelas silagens durante a estocagem potencializa a corrosão do mesmo. A trincheira pode ser construída sem o uso de alvenaria, permanecendo em contato direto com o solo, geralmente escavada no declive natural do solo da propriedade. Contudo, deve-se evitar

o contato da silagem com a terra para que o alimento não seja contaminado. Para este fim podem ser usadas lonas plásticas, inclusive reaproveitadas de anos anteriores, para revestir as paredes laterais do silo.

O abastecimento de silos trincheira é feito com as unidades transportadoras (vagões; caminhões) e a distribuição e compactação da massa são realizadas com tratores, os quais devem permanecer constantemente sobre a massa. Durante a distribuição da forragem é importante que camadas de até 20 cm sejam formadas para a posterior compactação, pois quanto maior a camada distribuída, maior será a resistência da forragem em ser compactada (Muck e Holmes, 2000). O abastecimento de silos trincheira deve ocorrer o mais rápido possível, a fim de que a massa fique menos exposta ao O_2 . Em silos trincheira, a densidade da massa pode alcançar valores próximos a 700 kg/m^3 , mas a mesma pode variar em função das características físicas da cultura, conteúdo de umidade e operações realizadas pelos equipamentos que realizam a colheita e a compressão da massa (Muck e Holmes, 2000). Durante o abastecimento é importante que a forragem seja acomodada até a altura das paredes, deixando de causar o que chamamos de “abastecimento excessivo”. Toda a porção de silagem que está acima das paredes fica propensa à deterioração aeróbia pela carência de compactação. Além deste fato, ao ultrapassar o limite das paredes o produtor estará aumentando a área do painel, o que levará há uma menor taxa de desabastecimento e maior chance da silagem sofrer deterioração aeróbia durante o fornecimento (Bernardes e Adesogan, 2012). Após o abastecimento, a massa deve ser vedada com um filme plástico de alta qualidade para que a entrada de O_2 e água sejam inibidas.

As perdas em silos trincheira, em geral, são maiores que em silos torre (Muck et al., 2009), pois o ar pode penetrar pelas paredes e, principalmente, pelo plástico que está sendo utilizado na vedação. As perdas no topo, especialmente próximo as paredes são maiores que a da massa localizada no centro. Na zona central são registradas perdas de MS entre 3-10%, quando comparado ao topo onde os valores podem alcançar até 70% (Ashbell e Kashanchi, 1987), o que obriga o descarte destas porções.

Dicas de segurança: Durante o abastecimento, os veículos que

realizam a compactação devem transitar próximo as paredes com atenção para se evitar o capotamento. Ainda durante o abastecimento e desabastecimento do silo, vários equipamentos estão operando simultaneamente. Assim, é importante que haja comunicação entre eles para que colisões sejam evitadas. Durante o desabastecimento ou amostragem da massa é comum ocorrer avalanches em silos de grande escala, o que pode causar injúrias.

2.2 Silo Superfície

Silo superfície consiste em um amontoado de forragem picada, o qual é compactado sobre o terreno sem a presença de paredes. Filmes plásticos podem ser posicionados sob a massa para a proteção do alimento do contato direto com o terreno. Devido à ausência de paredes, estes silos são altamente dependentes do uso de plásticos. Para que a vedação ocorra de maneira satisfatória é importante que o filme plástico esteja bem preso nas laterais. Esta operação pode ser alcançada com êxito quando se utiliza sacos de areia ou até mesmo terra para que ocorra a junção entre lona e a massa de silagem. As perdas em silos superfície podem ser altas, portanto maior atenção deve ser dada ao dimensionamento (relação altura: largura) e compactação da massa. Cerca de 10-40% de MS podem ser perdidos se a massa não for devidamente compactada (Por exemplo: $< 500 \text{ kg/m}^3$). Contudo, é importante ressaltar que silo superfície não é sinônimo de elevadas perdas. Em alguns casos, silo trincheira mal manejado pode promover maiores perdas que silos superfície com gestão adequada.

2.3 Abastecimento, compactação e vedação em silos trincheira e superfície

A velocidade de abastecimento e a densidade da forragem no momento do fechamento do silo determinam a quantidade de O_2 residual na massa ensilada, influenciando na qualidade final do produto, nas perdas durante a fermentação e desabastecimento do silo. Dentre os fatores que afetam a densidade da massa em silos horizontais (trincheira e superfície)

destacam-se a altura do silo, o teor de matéria seca (MS) da forragem, o tamanho de partícula, a altura da camada distribuída no silo durante o enchimento, o peso do veículo e a pressão que este exerce e o tempo de compactação (Muck e Holmes, 2000).

A densidade da massa vegetal no silo é determinante da qualidade final da silagem, pois aliada ao teor de MS da forragem indicam a porosidade do alimento, que condiciona a taxa de movimentação do ar e, conseqüentemente, o potencial de deterioração durante o armazenamento do silo (Holmes, 2009). A porosidade pode ser definida como o número de poros entre as partículas sólidas de um material. Os poros podem ser preenchidos com gases e/ou água nas silagens. Para que os gases se movam na massa é necessário que os poros sejam contínuos. Desse modo, eliminar poros significa não contribuir para o fluxo de gás na massa. Em silagens, a porosidade da massa é muito influenciada pela densidade de matéria verde quando comparado as variações na concentração de MS da cultura. Com relação à densidade de MS, quanto mais a forragem se torna seca, maior será a densidade de MS, contudo a porosidade também irá se elevar. Desse modo, Holmes (2009) recomendou que a densidade de matéria verde de uma silagem deve atingir 700 kg/m^3 e a porosidade deve ser de 0,4 em silos horizontais. Para alcançar tais objetivos, a MS da cultura deve estar entre 30 a 40% e as demais ações que cercam a compactação devem ser eficientes, acima disso a atenção deve ser redobrada para que a forragem atinja a densidade e porosidade desejada.

A distribuição das cargas durante o abastecimento de forragem nos silos trincheira e superfície deve ser de forma organizada de modo que à espessura da camada não dificulte a compactação. Estudos têm demonstrado que a camada descarregada em silos horizontais deve estar entre 15 a 20 cm (Muck et al., 2003), sendo que a utilização de lâminas (frontais e traseiras) nos veículos que efetuam a compactação facilita este processo. Deve-se observar um intervalo de descarregamento das cargas de forragem que chegam para dedicar mais tempo à pressão de compactação à massa, já que altas densidades estão correlacionadas positivamente com o tempo de compactação. Muck e Holmes (2000) avaliando os fatores que alteram a

densidade em silos trincheira recomendaram que o tempo de compactação deve ser de 1 a 4 min/t de forragem ou 1 a 1,2 vezes o turno de colheita, ou seja, assumindo que a jornada de trabalho possa durar 10 horas/dia, o tempo de compactação deve ser de 10 a 12 horas/dia. Ruppel et al. (1995) avaliaram o manejo da produção de silagens de milho e de alfafa em 12 fazendas nos Estados Unidos e encontraram que o peso do veículo e a taxa de compactação, dentre os parâmetros avaliados, foram os que melhores se correlacionaram com as variações nas densidades das silagens. Dentro desta linha de raciocínio, é possível que altas densidades sejam alcançadas conhecendo-se a quantidade de forragem que é compactada por hora e o peso do equipamento que exerce a pressão, ou seja, o equipamento de compactação deve apresentar peso igual ou superior a 40% da massa de forragem que chega ao silo por hora de trabalho efetiva (Ruppel, 1997).

Quanto à vedação de silos horizontais, o material mais utilizado é o filme plástico (comumente chamado de lona). O plástico possui duas funções, as quais são proteger a silagem da água e do O_2 atmosférico. Vários estudos indicaram a importância da proteção da silagem do O_2 por meio do plástico. Bolsen et al. (1993) mostraram que as perdas de MS no topo de silos comerciais sem vedação alcançaram 80%, contudo os valores foram consideravelmente reduzidos quando a vedação com plástico foi aplicada (as perdas foram de 7% em silagens de alfafa e por volta de 22% em silagens de milho e sorgo). A espessura do filme plástico e o cuidado com que este é preso a massa e ao silo desempenham um papel importante no processo de vedação (Ashbell e Weinberg, 1992). Savoie (1988) desenvolveu um modelo, o qual prediz o custo efetivo da espessura baseado no custo do plástico e na expectativa de perdas ao longo do tempo. Este modelo indicou que se a silagem for estocada por 3-4 meses, um filme de 100 micras seria suficiente para protegê-la, porém, se a armazenagem durar um ano ou mais é recomendado que filmes de 200 micras sejam usados. Contudo, ressalta-se que os plásticos produzidos no Brasil são, em geral, de qualidade insatisfatória, fazendo com que a aplicação do modelo de Savoie não possa ser aplicado para as nossas condições.

Desde a década de 50, quando os filmes plásticos começaram

a ser utilizados na vedação de silos, algum desenvolvimento tecnológico ocorreu. No início, o principal polímero usado na confecção de plásticos para silagem foi o cloreto de polivinila (PVC) (Larrabee e Sprague, 1957). Contudo, rapidamente foi substituído pelo polietileno (PE), o qual é até os dias de hoje o polímero mais usado devido ao seu custo e facilidade de manipulação dentro da indústria. Pesquisas recentes postularam que o etileno vinil álcool (EVOH) associado ao PE promovem alta barreira ao O_2 , protegendo a silagem do ingresso do ar, com consequentemente diminuição das perdas físicas e nutricionais. Bernardes et al. (2012) mostraram que a característica do filme plástico que mais influencia na deterioração aeróbia da massa é a permeabilidade ao O_2 , ou seja, quanto menos permeável o filme, menores serão as perdas.

Nos últimos anos, tem havido uma atenção especial às questões ambientais que cercam a agropecuária. A comunidade tem se atentado ao uso de plásticos na agricultura. Silos trincheira usam cerca de 0,3 kg de plástico/t de MS de silagem estocada; por outro lado os tipo bag e os fardos revestidos (serão discutidos posteriormente) gastam em torno de 1,8 e 2-3,6 kg/t de MS, respectivamente. Baseado neste problema, várias tecnologias têm sido criadas, tais como: filmes comestíveis (a base de amido, proteína ou óleo vegetal) e filmes biodegradáveis (a base de polímeros de ácido láctico). Contudo, até este momento, essas alternativas têm sido melhores que a não cobertura do silo, porém bem inferiores em termos de redução de perdas quando comparadas aos filmes plásticos.

Em algumas propriedades pode ser observado o uso de cobertura sobre a lona plástica. Essa prática ajuda a evitar a deterioração aeróbia e diminui as perdas de MS no topo de silos horizontais (Bernardes e Adesogan, 2012). Materiais que promovem peso sobre a lona como cascalho, terra e pneus promovem uma maior compactação das áreas periféricas, diminuindo a porosidade destas áreas, o que vai ser benéfico durante o período de utilização a silagem, ajudando a manter sua estabilidade aeróbia. Cobrir a lona também auxilia na diminuição da temperatura nas regiões periféricas dos silos, reduzindo assim a contagem de microrganismos indesejados e a permeabilidade da lona ao O_2 . Uma vez que quanto maior a temperatura,

maior a permeabilidade da lona plástica. Para isso outros materiais, além dos já citados, podem ser usados como bagaço de cana (Bernardes et al., 2009).

2.4 Silo Tubular Horizontal - Bag

A silagem estocada em bags é produzida com máquinas que empacotam a forragem ou grãos em tubos plásticos horizontais. Os silos bag possuem diversos tamanhos, podendo variar de 1,2 a 3,6 m de diâmetro e 30, 60 ou 90 m de comprimento, sendo que a dimensão de 1,8 por 60 m é a mais comum no nosso país.

O silo bag apresenta os seguintes aspectos positivos como estrutura para estocar a silagem: a) A anaerobiose é rapidamente alcançada pelo fato da forragem picada sair do vagão forrageiro e ser colocada e compactada diretamente no bag. A fermentação inicia-se velozmente, reduzindo as perdas pela menor respiração da massa e crescimento de microrganismos aeróbios, b) Flexibilidade quanto ao local de confecção do silo: O silo bag pode ser confeccionado no local onde possa facilitar a logística de máquinas e mão de obra dentro da fazenda. É importante que o terreno seja plano e limpo, de modo que facilite o trabalho no momento da confecção do bag e evitar furos acidentais no plástico, c) É permitido o uso de glebas com histórico agrônomo diferenciado, ou seja, a propriedade pode destinar glebas com diferentes históricos agrônomo para cada silo, permitindo uma uniformidade maior entre os volumosos, facilitando o manejo alimentar dos animais, d) Variabilidade na capacidade de estocagem: Como o mercado possui diferentes dimensões de bags é possível confeccionar silos de vários tamanhos, e) Menor uso de plástico: A quantidade de plástico utilizada para estocar uma tonelada de silagem é menor em silo bag quando comparado ao silo-fardo revestido por filme plástico (próximo tópico a ser abordado) e f) Menor exposição do painel ao O_2 atmosférico: A etapa de abertura do silo é uma das mais críticas para o processo de ensilagem, pois a massa de silagem entra em contato direto com ar. Como o painel do bag é de pequena dimensão, quando comparado a um silo trincheira, por exemplo, menores perdas por deterioração aeróbia podem ocorrer devido ao menor fluxo de

ar que entra na massa de silagem.

Contudo, esse tipo de estrutura de estocagem apresenta dois aspectos que podem ser considerados como negativos: o investimento inicial em equipamentos e a lentidão no tocante ao desabastecimento do silo. A lentidão no desabastecimento tem sido uma barreira porque grandes rebanhos necessitam de rapidez durante a mistura da dieta e fornecimento desta aos animais. Máquinas com a função de desabastecer e misturar os ingredientes ficam impossibilitadas de serem utilizadas nesta estrutura de estocagem. Desse modo, na grande maioria das fazendas a retirada da silagem tem que ser feita manualmente, o que pode dificultar a logística de alimentação dos rebanhos.

O silo bag é bastante atrativo para pequenos volumes de silagem, principalmente quando esta é direcionada aos animais de alta exigência nutricional, sendo a silagem de grãos úmidos de cereais uma interessante estratégia para ser estocada nesse tipo de silo. Como a aquisição da embuidora se torna um problema inicial, a terceirização dos serviços e o aluguel do equipamento podem ser uma saída para os produtores que não desejam realizar a compra da máquina.

2.5 Silo-Fardo Revestido por Filme Plástico - Bola

Este silo é constituído por um fardo envolto com filme plástico, o qual pode ser oval ou retangular. Esta tecnologia vem ganhando popularidade em vários países pelo mundo devido a sua flexibilidade de confecção e uso, principalmente em áreas produtoras de feno. A presença do plástico produz condições anaeróbias ao fardo, conduzindo a uma fermentação láctica como ocorre em outros tipos de silo. No passado, a fermentação dos fardos era comprometida devido ao elevado tamanho de partícula da forragem. Recentemente, alguns modelos de enfardadoras possuem um dispositivo de corte, o qual é localizado após o dispositivo de recolhimento da forragem e antes da câmara enfardadora, o que tem melhorado a qualidade da fermentação (Borreani e Tabacco, 2006). Os fardos devem ser confeccionados com elevada concentração de MS (acima de 40%), pois quanto

menor a umidade da forragem no momento do embalamento maior será a densidade da massa e menor o número, o peso de fardos e quantidade de plástico utilizado para o revestimento (Tabacco e Borreani, 2004), conforme pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1. Influência do grau de desidratação das plantas de alfafa sobre a densidade, número e peso de fardos e quantidade de plástico utilizado para o revestimento.

Variável	Concentração de MS (%)			
	20	30	40	50
Peso do fardo 1,2 m diâmetro (kg)	790	704	679	621
Densidade (kg MS/m ³)	116	155	199	228
Plástico (kg/t MS)	9,3	6,9	5,4	4,7
Nº fardos/t MS	6,3	4,7	3,7	3,2
Nº fardos/ha (produção 6 t MS)	38	28	22	19

Fonte: Tabacco e Borreani (2004)

Após o enfardamento, a plastificadora, por meio de uma mesa giratória (presente em alguns modelos) que tenciona o filme plástico, aplica de 6-8 camadas do mesmo, com 50% de sobreposição entre duas sucessivas camadas. Os plásticos utilizados na confecção dos fardos, em geral, possuem 0,5 m de largura, 25 micras de espessura e estiram até 50% do seu comprimento original. Silagens produzidas em fardos têm de 6-8 vezes a área de contato com o filme quando comparado às que são confeccionadas em trincheiras. Cerca de 40-50% do volume do fardo está localizado nos 15 cm periféricos, o que torna estas silagens mais susceptíveis à deterioração aeróbia e a proliferação de fungos (O'Kiely et al., 2002). Um dos grandes problemas associado ao uso de fardos revestidos é o elevado descarte de plástico no ambiente.

A confecção de fardos contendo a dieta total tem sido encarada como nova tendência. No Japão, esta prática vem se tornando cada vez mais difundida entre os produtores (Wang e Nishino, 2008). Em Israel, fardos com a dieta total, pesando entre 600-700 kg, são bem preservados quando estocados em fazendas, ao ar livre, por um período de cinco meses durante a primavera e verão (Weinberg et al., 2011).

2.6 Silo Torre

Silos torre são estruturas verticais de várias dimensões, as quais são construídas em concreto ou aço. As paredes deste silo, independente do seu tipo, devem suportar a pressão exercida pela massa que está sendo estocada. Na atualidade, os silos torre são abastecidos por equipamentos que bombeiam a forragem picada até o topo, onde esta é distribuída ao longo do silo por gravidade. Essas estruturas podem ser desabastecidas pelo topo ou pela base. Quando o desabastecimento ocorre pelo topo, a operação é feita por equipamentos instalados dentro do silo, os quais giram em torno da massa promovendo a "raspagem" e, posteriormente, lançam o alimento por meio de um orifício existente no topo até um vagão forrageiro. O ingresso de ar pelas paredes de silos torre não é considerado um problema, contudo deve-se atentar a entrada de O₂ no topo. Para que isso não ocorra, algumas estruturas possuem uma espécie de respirador. É importante ressaltar que a densidade da massa varia consideravelmente entre o topo e a base neste tipo de silo, podendo alcançar valores próximos a 400 kg/m³ e 1000 kg/m³, respectivamente (Savoie e Jofriet, 2003). Altas densidades podem resultar na produção de efluentes, o qual causa perdas e poluição ambiental. Além disso, a elevada acidez do efluente pode causar corrosão das paredes do silo, sejam elas de concreto ou aço. A quantidade de efluente produzida irá depender das dimensões do silo, como altura e diâmetro e da concentração de MS da cultura. Portanto, para se evitar a produção de efluente em silos torre o correto é ensilar a cultura com MS mais alta (> 35%) quando comparado aos silos trincheira.

Quando estiver utilizando silos torre algumas medidas de segurança devem ser tomadas, tais como: As escadas que dão acesso ao topo devem ser envoltas por uma gaiola para que quedas sejam evitadas; no interior do silo é comum o acúmulo de gases tóxicos, tais como dióxido de carbono e dióxido de nitrogênio, o que obriga a pessoa que tiver acesso ao silo a usar máscaras com cilindro de O₂.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao optar pela(s) estrutura(s) de estocagem analise os aspectos positivos e negativos apresentados, adequando-os sempre as características da propriedade, pois as deficiências de infraestrutura e de mão de obra podem comprometer o processo de ensilagem. Atenção também deve ser dada a(s) cultura(s) que fará(ão) parte do plano alimentar dos animais, pois alguns silos não comportam a estocagem de determinada(s) espécie(s) por questões técnicas ou econômicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASHBELL, G., KASHANCHI, Y. In silo losses from wheat ensiled in bunker silos in a subtropical climate. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 40, n. 2, p. 95-103, 1987.
- ASHBELL, G., WEINBERG, Z.G. Top silage losses in horizontal silos. *Canadian Agricultural Engineering*, v. 34, n.2, p.171-175, 1992
- BERNARDES, T. F., ADESOGAN, A.T. Aerobic deterioration of silages in warm climates. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DE PASTAGEM, 6., 2012, Viçosa. *Proceeding...* Viçosa: UFV, DZO, 2012. p. 249-268.
- 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, 1., 2009, São Pedro. *Proceedings...* Piracicaba: FEALQ, 2009. p. 209-224.
- BERNARDES, T.F., DO RÊGO, A.C. Study on the practices of silage production and utilization on Brazilian dairy farms. *Journal of Dairy Science*, v.97, p. 1852-1861, 2014.
- BERNARDES, T.F., CHIZZOTTI, F.H.M. Technological innovations in silage production and utilization. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, Salvador, v.13, p.629-641, 2012.
- BERNARDES, T. F., NUSSIO, L. G., AMARAL, R. C. Top spoilage losses in maize silage sealed with plastic films with different permeabilities to oxygen. *Grass and Forage Science*, v.67, p.34-42, 2012.
- BOLSEN, K. K. et al. Rate and extent of top spoilage losses in horizontal silos. *Journal of Dairy Science*, v.76, n.10, p. 2940-2962, 1993.
- BORREANI, G., TABACCO, E. The effect of a baler chopping system on fermentation and losses of wrapped big bales of alfalfa. *Agronomy Journal*, v.98, n.1, p.1-7, January 2006.
- HOLMES, B. Software applications for sizing silos to maximize silage quality. In: International Symposium of Forage Quality and Conservation, 2009, Piracicaba. *Proceedings...* Piracicaba, SP-Brasil: University of Sao Paulo, 2009. P. 189-208.
- LARRABEE, W. L., SPRAGUE, M. A. Preservation of forage nutrients as silage in gas-tight enclosures of polyvinyl chloride plastic. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v.40, n.7, p. 800-809, July 1957.
- MUCK, R.E. BRODERICK, G.A. BRINK, G.E. Effects of silo type on silage quality and losses. In: INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, 15., 2009, Madison. *Proceedings...* Madison, USA: U.S. Dairy Forage Research Center, USDA-Agricultural Research Service, 2009. p. 275-276.
- MUCK, R.E., HOLMES, B.J. Factors affecting bunker silo densities. *Applied Engineering in Agriculture*, v.16, n.6, p.613-619, 2000.
- MUCK, R.E., HOLMES, B.J. Bag silo densities and losses. *Transactions of the ASABE*, v.49, p.1277-1284, 2006.
- MUCK, R.E., MOSER, L.E., PITT, R.E. Postharvest factors affecting ensiling. In: BUXTON, D.R., MUCK, R.E., HARRISON, J.H. *Silage Science and Technology*, Agronomy monograph 42. Madison, WI, USA: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society America, 2003. cap.6, p.251-304.

O'KIELY, P. FORRISTAL, D.P., BRADLY, K., McNAMARA, K.M., LENEHAM, J.J., FULLER, H., WHELAN, J. Improved technologies for baled silage. **Beef Production Series**, Grange Research Centre, Dunsany, Co. Meath, Ireland, n.50, p.128, 2002.

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**, v.78, n.1, p.141-153, 1995.

RUPPEL, K. A. Economics of silage management practices: What can I do to improve the bottom line of my ensiling business. In: *Silage: Field to Feedbunk*, Hershey, Pennsylvania. **Proceedings...** Hershey, Pennsylvania, 1997. p. 125-136.

SAVOIE, P. Optimization of plastic covers for stack silos. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.41, n.2, p.65-73, 1988.

SAVOIE, P., JOFRIET, J.C. Silage storage. In: BUXTON, D.R., MUCK, R.E., HARRISON, J.H. **Silage Science and Technology**, Agronomy monograph 42. Madison, WI, USA: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society America, 2003. cap.9, p.405-469.

TABACCO, E., BORREANI, G. Rotoballe fasciate: migliorare la qualità e ridurre le perdite. **Professione Allevatore**. v.21, p.22-24, 2004.

WANG, F., NISHINO, N. Resistance to aerobic deterioration of total mixed ration silage: effect of ration formulation, air infiltration and storage period on fermentation characteristics and aerobic stability. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.88, p.133-140, 2008.

WEINBERG, Z.G. CHEN, Y., MIRON, D., RAVIV, Y., NAHIM, E., BLOCH, A., YOSEF, E., NIKBAHAT, M., MIRON, J. Preservation of total mixed rations for dairy cows in bales wrapped with polyethylene stretch film - a commercial scale experiment. **Animal Feed Science and Technology**, v. 164, p.125-129, 2011.

ALTERAÇÕES NA QUALIDADE DE SILAGENS DE MILHO DURANTE O ARMAZENAMENTO

João L. P. Daniel¹
Daniel Junges²
Luiz Gustavo Nussio³

1. INTRODUÇÃO

Forragens conservadas são usadas na maior parte das empresas pecuárias do país. Dentre elas, silagens são as mais frequentes. A obtenção de silagens de qualidade alta é dependente de fatores como: colheita de plantas com maturidade adequada, velocidade de colheita, picagem, compactação, vedação do silo e manejo de retirada da silagem. Logo, silagens com alto valor nutritivo, livre de patógenos e toxinas e com estabilidade aeróbia adequada somente são passíveis de serem obtidas se todos os pontos críticos supracitados forem executados com sucesso, culminando em redução de perdas de matéria seca (MS) e aumento de eficiência produtiva.

É de conhecimento comum que o valor nutritivo de silagens é, tipicamente, menor do que aquele da cultura fresca que a deu origem (McDonald et al., 1991; Pahlow et al., 2003). Entretanto, pesquisas recentes com silagens de milho e com grãos de milho com alta umidade reportaram aumento de digestibilidade da MS quando as silagens são armazenadas por períodos longos (Hoffman et al., 2011; Der Bedrosian et al., 2012; Junges et al., 2013a). Além disso, vários fazendeiros e técnicos de campo têm observado maior quantidade de grãos inteiros nas fezes (Allen, 1998; Stock et al., 1991) e queda na produção de leite (Kung, 2013) quando as vacas passam a receber silagens “novas”, ou seja, silagens fermentadas por períodos curtos. Provavelmente isto ocorre porque o aporte total de energia

¹ Departamento de Zootecnia, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP. jldaniel@usp.br
² nussio@usp.br
³ danieljunges@gmail.com

líquida consumida pelos animais diminui quando a silagem “nova” passa a compor a dieta, devido a menor digestibilidade desta silagem comparativamente à silagem produzida no ano anterior. Ao contrário de vacas com menor produção de leite, que podem compensar baixa digestibilidade da dieta com aumento de consumo; vacas de alta produção apresentam queda de desempenho quando a digestibilidade da dieta diminui. Em animais de alto desempenho o consumo de matéria seca é normalmente regulado por enchimento ruminal (Mertens, 1994; Allen, 2000).

Embora o abaixamento e a estabilização do pH de silagens ocorram entre 3 e 7 dias, períodos entre 21 e 30 dias têm sido amplamente divulgados como adequados para a estabilização da fermentação (Kung, 2013). Não obstante, vários trabalhos corroboram que a fermentação prossegue além de 3 a 7 dias, com aumentos significativos nas concentrações de produtos de fermentação (Bolsen et al., 1992). Por exemplo, Der Bedrosian et al. (2012), Young et al. (2012) e Junges et al. (2013b) verificaram elevação nos teores de $N-NH_3$ ao longo do armazenamento de silagens de milho. Em silagens, amônia é considerada produto de deaminação de aminoácidos (McDonald et al., 1991; Pahlow et al., 2003). Como a atividade da maior parte das proteases provenientes de células vegetais é inativada pelo abaixamento de pH (Heron et al., 1989), o aumento na concentração de $N-NH_3$ sugere proteólise microbiana, incluindo quebra da fração proteica constituinte do endosperma do grão. A matriz proteica que envolve os grânulos de amido em grãos de milho é composta primariamente de prolaminas e representa fator inibitório à digestão de amido (Hoffman et al., 2011). No mesmo sentido, Newbold et al. (2006) reportaram aumento na degradabilidade ruminal do amido de silagens de milho armazenadas por 60 a 300 dias (53,2 vs. 69,0%, respectivamente). Der Bedrosian et al. (2012) verificaram aumentos de 10,5 unidades percentuais na digestibilidade do amido após 360 dias de armazenamento, enquanto Hallada et al. (2008) verificaram incremento de 4,6 unidades percentuais na digestibilidade do amido de silagens de milho armazenadas por 330 dias.

A partir dos fatos expostos anteriormente, surgem as seguintes questões: Quanto tempo o silo deve ser mantido fechado antes que a silagem

seja fornecida aos animais, com vistas ao aumento de digestibilidade? Há alteração de estabilidade aeróbia com o tempo de armazenamento? Para responder estas perguntas, realizou-se meta-análise de dados publicados na literatura, descrita nos tópicos a seguir.

2. VALOR NUTRITIVO DE SILAGENS DE MILHO AO LONGO DA ESTOCAGEM

Fibra e amido são as principais fontes de nutrientes constituintes de plantas de milho (Allen et al., 2003). Consequentemente, ganhos importantes em digestibilidade ao longo da estocagem devem se dar, obrigatoriamente, por alterações nestas frações. Para determinar a influência do tempo de estocagem na digestibilidade da fração fibra em detergente neutro (FDN), foram compiladas 64 médias de tratamentos, provenientes de 6 publicações (Pinto et al., 2007; Hallada et al., 2008; Der Bedrosian et al., 2012; Young et al., 2012; Weinberg et al., 2013; CVAS, 2013). O banco de dados foi analisado usando o procedimento Mixed do SAS e o modelo incluiu efeito aleatório de experimento, efeito linear de tempo e efeito quadrático de tempo (St-Pierre, 2001). Quando não significativo, o efeito quadrático de tempo foi suprimido do modelo. Valores discrepantes (*outliers*) foram identificados e excluídos do conjunto de dados quando os valores absolutos dos resíduos Studentizados excederam 3 (Sauvant et al., 2008).

A partir da meta-análise observa-se que a digestibilidade da fração FDN diminui ao longo do armazenamento (Figura 1). Enquanto as alterações na fração lignina são insignificantes (Morrison, 1979), a hemicelulose é parcialmente solubilizada (Yahaya et al., 2001; Der Bedrosian et al., 2012). Então, por efeito de diluição, a perda de porções da parede celular com maior digestibilidade culmina em menor digestibilidade do restante da fibra que permanece inalterada.

Ao contrário dos resultados encontrados na presente meta-análise, Hallada et al. (2008) reportaram aumento na digestibilidade *in situ* de NDF de aproximadamente 1,2 unidades percentuais ao mês, ao longo de 330

dias de ensilagem. Porém, os achados de Hallada et al. (2008) são exceção na literatura e parece não haver explicação plausível para tal. Embora o número de trabalhos que reportaram os efeitos da estocagem na digestibilidade da parede celular de silagens de milho seja modesto, é de consenso para a maior parte dos autores que as alterações causadas pelo tempo de armazenamento são negativas e pequenas (Cone et al., 2008; Snyder, 2011; Der Bedrosian et al., 2012).

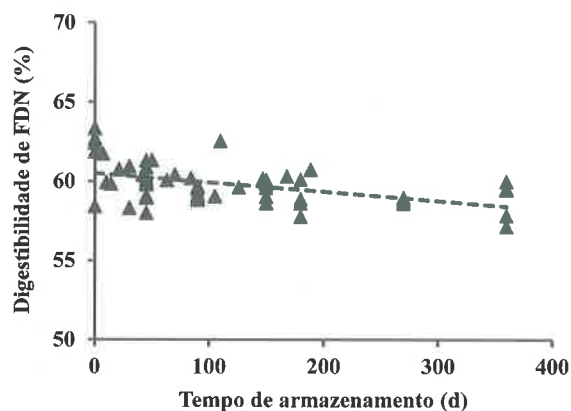


Figura 1 - Efeito do tempo de armazenamento (t) na digestibilidade *in vitro* -30h de FDN (DigFDN), incluindo efeito aleatório de experimento. $\text{DigFDN} = 60,51 - 0,0059 \times t$; $P < 0,01$; $R^2 = 0,22$; RQME = 1,13.

Para determinar a influência do tempo de estocagem na digestibilidade da fração amido, foram compiladas 76 médias de tratamentos, provenientes de 6 publicações (Newbold et al., 2006; Hallada et al., 2008; Snyder, 2011; Der Bedrosian et al., 2012; Young et al., 2012; CVAS, 2013). Primeiramente, os dados foram analisados conforme descrito para a digestibilidade da fração FDN. Como o modelo incluindo efeito quadrático de tempo foi significativo ($P < 0,01$), outros dois modelos também foram testados: (1) regressão segmentada com primeiro segmento linear seguido de platô (*broken-lineL*, P) e (2) regressão segmentada com primeiro segmento linear seguido de seguimento linear (*broken-lineL*, L). Estes modelos foram testados com o objetivo de se estabelecer recomendação prática (Robbins et al., 2006) para tempo mínimo de estocagem de silagens de milho. Os

ajustes dos modelos foram comparados pelo coeficiente de determinação (R^2) e pela raiz quadrada do quadrado médio do erro (RQME).

Dentre os modelos testados, a regressão *broken-lineL* apresentou melhor ajuste, com maior R^2 e menor RQME. Então, a digestibilidade da fração amido aumentou 0,31 unidades percentuais por dia, até 28 dias de armazenamento e, após esta fase, a taxa de incremento de digestibilidade caiu 10 vezes para aproximadamente 0,03 unidades percentuais por dia (Figura 2).

Enquanto o valor inicial de digestibilidade do amido obtido na meta-análise pode ser considerado baixo (64%), deve-se ressaltar que estes valores foram obtidos por incubação *in vitro* durante 7 h e o tempo curto de exposição do substrato à digestão pode ter favorecido o desaparecimento de grânulos de amido prontamente digestíveis, encontrados em silagens estocadas por mais tempo. De qualquer maneira, apesar da digestibilidade do amido aumentar continuamente, os maiores benefícios ocorrem no primeiro mês de fermentação. Portanto, com vistas aos ganhos de digestibilidade da fração amido, recomenda-se estocar a silagem por no mínimo 1 mês.

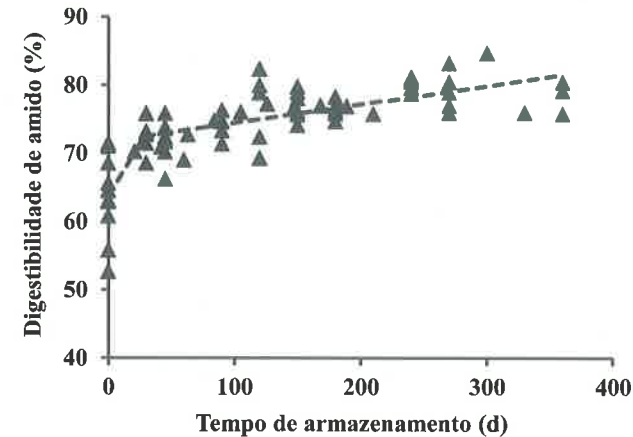


Figura 2 - Efeito do tempo de armazenamento (t) na digestibilidade *in vitro* -7 h de amido (DigAmido), incluindo efeito aleatório de experimento. Se $t < 28,4$, então $\text{DigAmido} = 63,7 + 0,31 \times t$; se $t \geq 28,4$, $\text{DigAmido} = 72,5 + 0,028 \times (t - 28,4)$; $P < 0,01$; $R^2 = 0,68$; RQME = 2,80.

Coincidentemente, a resposta obtida no estudo publicado por Junges et al. (2013a) foi semelhante àquela encontrada nesta meta-análise. Os maiores ganhos na digestibilidade da MS ocorreram no primeiro mês de armazenamento. Visto que a digestibilidade da fração FDN diminuiu ao longo do tempo (Figura 1), a principal razão para os ganhos de digestibilidade da MS ao longo da estocagem é o aumento de digestibilidade da fração amido (Figura 2).

Considerando as dinâmicas de alterações nas digestibilidades das frações amido e FDN de forma conjunta, podemos inferir que a forma da curva de digestibilidade da MS seria similar àquela encontrada para digestibilidade do amido, ou seja, os maiores ganhos em digestibilidade ocorreriam no primeiro mês de fermentação. A hidrólise da matriz proteica que circunda os grânulos de amido no endosperma dos grãos (Buchanan et al., 2000) é a explicação plausível para maior acessibilidade do amido para digestão (Stock et al., 1991; Hoffman et al., 2011).

Ao contrário de culturas pobres em amido e ricas em proteína (ex. alfafa, azevém, capins tropicais), a ocorrência de proteólise pode ser considerada desejável em silagens de milho e de grãos de milho com alta umidade. Em silagens de grãos úmidos ou planta inteira de milho, as concentrações de proteína solúvel e amônia apresentam correlação positiva com a digestibilidade da fração amido (Der Bedrosian et al., 2012; Kung, 2013). Além disso, pesquisas recentes têm apontado o potencial de proteases exógenas para manipular a digestibilidade do amido de silagens de milho (Young et al., 2012; Windle et al., 2013).

3. EFEITO DO TEMPO DE ARMAZENAMENTO NA ESTABILIDADE AERÓBIA DE SILAGENS DE MILHO

No tópico anterior, pôde-se observar o aumento de digestibilidade de silagens de milho armazenadas por períodos longos. Entretanto, além da digestibilidade dos nutrientes, alterações na estabilidade aeróbia poderiam contribuir de forma indireta para o maior valor nutritivo das silagens

estocadas por mais tempo. Para determinar a influência do tempo de armazenamento na estabilidade aeróbia de silagens de milho, foram compiladas 69 médias de tratamentos, provenientes de 8 publicações (Driehuis et al., 1999; Nishino et al., 2004; Kleinschmit e Kung, 2006; Schöndorfer et al., 2011; Bayatkouhsar et al., 2012; Custódio et al., 2012; Junges et al., 2013b; Sá Neto et al., 2013). A análise dos dados foi similar àquela descrita para a digestibilidade da fração amido no tópico anterior.

Dentre os modelos testados, a regressão *broken-line*_{L,P} (primeiro segmento linear seguido de platô) apresentou melhor ajuste (maior R^2 e menor RQME). Então, a estabilidade aeróbia aumentou 0,4 hora por dia até 110 dias de armazenamento, quando estabilizou (Figura 3). Portanto, para que a estabilidade aeróbia seja maximizada, recomenda-se estocar a silagem por no mínimo 3 - 4 meses.

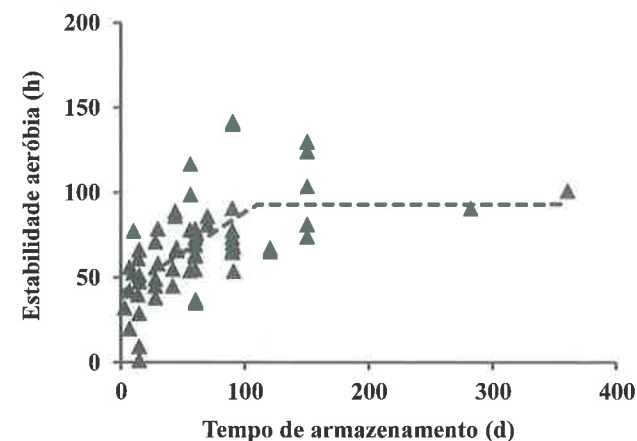


Figura 3 - Efeito do tempo de armazenamento (t) na estabilidade aeróbia (EA), incluindo efeito aleatório de experimento. Se $t < 110,1$, então, $EA = 93,1 - 0,41 \times (110,1 - t)$; se $t \geq 110,1$, $EA = 93,1$; $P < 0,01$; $R^2 = 0,35$; $RMSE = 12,9$.

Mudanças observadas nas concentrações de produtos de fermentação após várias semanas de fermentação sugerem que a atividade microbiana persiste mesmo quando o pH da silagem encontra-se baixo (Kleinschmit e Kung, 2006). Por exemplo, algumas cepas de *Lactobacillus buchneri* continuam metabolicamente ativas por longos períodos de tempo (Schmidt et

al., 2009) e têm capacidade de converter açúcares e ácido láctico em ácido acético e 1,2-propanodiol (Oude-Elferink et al., 2001). Adiante, o 1,2-propanodiol pode ser convertido em propanol e ácido propiônico por cepas de *L. diolivorans* (Krooneman et al., 2002). Como resultado, obtêm-se silagens com pH ligeiramente superiores, menores concentrações de ácido láctico e açúcares e maiores conteúdos de ácidos orgânicos fracos, comparativamente às silagens estocadas por períodos curtos (Der Bedrosian et al., 2012). Ácidos orgânicos fracos são agentes antifúngicos potentes, capazes de melhorar a estabilidade aeróbia de silagens (Moon et al., 1983; Kleinschmit et al., 2005).

Outro fato observado ao longo do armazenamento é a diminuição da população de leveduras (Kleinschmit e Kung, 2006). A exposição prolongada aos produtos de fermentação com ação antifúngica, num meio anaeróbio e ácido, é uma razão possível para a queda nas contagens de leveduras ao longo da fermentação de silagens bem preservadas (Figura 4).

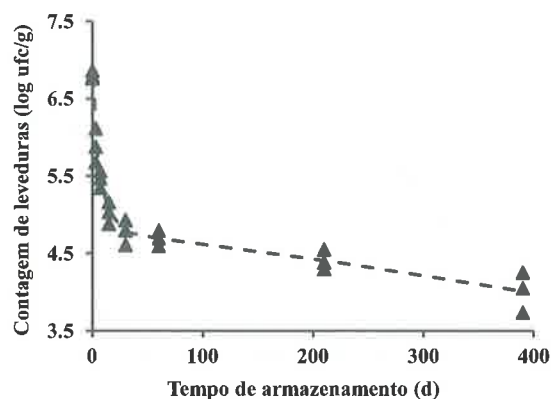


Figura 4 - Efeito do tempo de armazenamento na contagem de leveduras em silagens de milho (Junges et al., dados não publicados).

CONSIDERAÇÕES

Silagens com valor nutritivo elevado, livre de patógenos e toxinas e com estabilidade aeróbia adequada só são obtidas se todas as etapas do

processo de ensilagem forem executadas com critério. Recomendações tradicionais têm sugerido que silagens de milho devem ser fermentadas por aproximadamente 3 semanas antes de serem fornecidas aos animais. Entretanto, pesquisas recentes sugerem mudanças no valor nutritivo de silagens estocadas por mais tempo. Com base na presente meta-análise, silagens de milho devem ser estocadas por no mínimo 1 mês, visando ganhos em digestibilidade, mas se o objetivo for maximizar estabilidade aeróbia e digestibilidade, o silo deve ser mantido fechado por 3-4 meses.

O maior investimento em estruturas de armazenamento e estoque de forragens deve ser avaliado durante a tomada de decisão em relação ao tempo de armazenamento. Por exemplo, se ao invés de 3 semanas, o produtor decidir esperar 4 meses (16 semanas) antes de iniciar o fornecimento aos animais, o estoque de forragem deverá ser 24%⁴ maior.

Ignorar boas práticas de conservação deve mitigar o potencial de ganho em valor nutritivo, que possivelmente será sobreposto por maiores perdas de nutrientes, culminado em elevação dos custos de produção da forragem e de produtos gerados pelos animais (ex. leite e carne). Quanto maior o tempo de estocagem, maior a exposição do silo a intempéries climáticas (ex. raios UV) e, conseqüentemente, maiores as chances de infiltração de ar na massa ensilada. A adoção de estratégias de vedação com eficiência elevada e o uso de aditivos que melhorem a estabilidade aeróbia devem ser considerados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, M.S.; COORS, J.G.; ROTH, G.W. Corn silage. In: *Silage Science and Technology*, D. Buxton, R. Muck, J. Harrison, eds. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America, Madison, WI. p. 547-608, 2003.

⁴ Considerando que o ano tem 52 semanas ($365 \div 7$), o estoque de forragens tradicionalmente adotado pelo produtor deve atender 55 semanas ($55 = 52 + 3$ semanas de fermentação). Caso a silagem passe a ser armazenada por 16 semanas, haverá necessidade extra de forragem para 13 semanas adicionais ($13 = 16 - 3$). Então, $13 \div 55 = 0,236 = 24\%$.

ALLEN, M. Strategies to maximize feed intake and milk yield in early lactation. In: **Proceedings...** Western Canadian Dairy Seminar. Red Deer, AB. 10-13 Mar. 1998. Department Agricultural Food, and Nutritional Science, University of Alberta, Edmonton, AB, Canada, p. 45-55, 1998.

ALLEN, M.S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 83, n. 7, p. 1598-1624, 2000.

BAYATKOUHSAR J.; TAHMASBI A.M.; NASERIAN A.A. Effects of microbial inoculant on composition, aerobic stability, in situ ruminal degradability and *in vitro* gas production of corn silage. **International Journal of AgriScience** v. 2, n. 9, p. 774-786, 2012.

BOLSEN, K.K.; LIN, C.; BRENT, B.E.; FEYERHERM, A.M.; URBAN, J.E.; AIMUTIS, W.R. Effect of silage additives on the microbial succession and fermentation process of alfalfa and corn silage. **Journal of Dairy Science**, v. 75, n. 11, p. 3066-3083, 1992.

BUCHANAN, B.B.; GRUISSEM, W.; JONES, R.L. Biochemistry and Molecular Biology of Plants. **American Society of Plant Biologists**, Rockville, MD. 2000.

CONE, J.W.; VAN GELDER, A.H.; VAN SCHOTEN, H.A.; GROTEN, J.A.M. Effects of chop length and ensiling period of forage maize on *in vitro* rumen fermentation characteristics. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, v. 55, n. 2, p. 155-166, 2008.

CUSTÓDIO L.; JUNGES, D.; BISPO, A.W.; MORAES, J.M.M.; SÁ NETO, A.; ZOPOLLATTO, M.; NUSSIO, L.G. Tempo de armazenamento afeta a estabilidade aeróbia de silagens de milho. **Anais...** 49a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Brasília - DF, 23 a 26 de Julho de 2012.

DER BEDROSIAN, M.C.; NESTOR, K.E.; KUNG, Jr. L. The effects of hybrid, maturity and length of storage on the composition and nutritive value of corn silage. **Journal of Dairy Science**, v. 95, n. 9, p. 5115-5126, 2012.

DRIEHUIS, F.; OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; SPOLESTRA, S.F. Anaerobic lactic acid degradation during ensilage of whole crop maize inoculated with *Lactobacillus buchneri* inhibits yeast growth and improves aerobic stability. **Journal of Applied Microbiology**, v. 87, n. 4, p. 583-594, 1999.

HALLADA, C.M.; SAPIENZA, D. A.; TAYSOM, D. Effect of length of time ensiled on dry matter, starch and fiber digestibility in whole plant corn silage. **Journal of Dairy Science**. v. 91, E-Suppl.:30. Abstr. 2008.

HERON, S.J.E.; EDWARDS, R.A.; PHILLIPS, P. Effect of pH on the activity of ryegrass *Lolium multiflorum* proteases. **Journal Science of Food and Agriculture**, v. 46, n. 3, p. 267-277, 1989.

HOFFMAN, P.C.; ESSER, N.M.; SHAVER, R.D.; COBLENTZ, W.K.; SCOTT, M.P.; BODNAR, A.L.; SCHMIDT, R.J.; CHARLEY, R.C. Influence of ensiling time and inoculation on alteration of the starch-protein matrix in high-moisture corn. **Journal of Dairy Science**, v. 94, n. 5, p. 2465-2474, 2011.

JUNGES, D.; BISPO, A.W.; KLEINSHMITT, C.; LIMA, J.R.; DANIEL, J.L.P.; NUSSIO, L.G. Fitting non-linear regression to maize silage degradability across the storage period. In: **15th International Conference on Forage Conservation**, High Tatras, Slovak Republic, p. 89-90, 2013a.

JUNGES, D.; SCHMIDT, P.; NOVINSKI, C.O.; DANIEL, J.L.P. Additive containing homo and heterolactic bacteria on the fermentation quality of maize silage. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 35, n. 4, p. 371-377, 2013b.

KLEINSCHMIT, D. H.; KUNG, Jr. L. The effects of *Lactobacillus buchneri* 40788 and *Pediococcus pentosaceus* R1094 on the fermentation of corn silage. **Journal of Dairy Science**, v. 89, n. 10, p. 3999-4004, 2006.

KLEINSCHMIT, D.H.; SCHMIDT, R.J.; KUNG, Jr. L. The effects of various antifungal additives on the fermentation and aerobic stability of corn silage. **Journal of Dairy Science** v. 88, n. 6, p. 2130-2139, 2005.

KROONEMAN, J.; FABER, F.; ALDERKAMP, A.C.; OUDE ELFERINK, S.J.H.W.; DRIEHUIS, F.; CLEENWERCK, I.; SWINGS, J.; GOTTSCHAL, J.C.; VANCANNEYT, M. *Lactobacillus diolivorans* sp. nov., a 1,2-propanediol-degrading bacterium isolated from aerobically stable maize silage. **International Journal of Systematic Evolutionary Microbiology**, v. 52, p. 639-646, 2002.

KUNG, Jr. L. The effects of length of storage on the nutritive value and aerobic stability of silages. In: DANIEL, J.L.P.; SANTOS, M.C.; USSIO, L.G. (eds.). **III Int. Symp. Forage Quality and Conservation**, July 22-23, Campinas, Brazil, p. 7-19, 2013.

CVAS. The Corn Silage "Fermometer". Cumberland Valley Analytical Services - Tech Notes. Março, 2013. Disponível em: <<http://www.foragelab.com/Media/The%20corn%20Silage%20Fermometer6.0.pdf>>.

MCDONALD, P.; HENDERSON, N.; HERON, S. **The biochemistry of silage**, 2nded. Chalcombe Publications, Marlow, 1991.

MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. In: FAHEY Jr. G. C.; COLLINS, M.; MERTENS, D.R.; MOSER, L.E. (Eds.), *Forage Quality, Evaluation and Utilization*. **American Society of Agronomy**, Madison, WI, p. 450-493, 1994.

MOON, N.J. Inhibition of the growth of acid tolerant yeasts by acetate, lactate and their synergistic mixtures. **Journal of Applied Bacteriology**, v. 55, n. 3, p. 453-460, 1983.

MORRISON, I.M. Changes in the cell wall components of laboratory silages and the effect of various additives on these changes. **The Journal of Agricultural Science**, v. 93, n. 3, p. 581-586, 1979.

NEWBOLD, J. R.; LEWIS, E. A.; LAVRIJSEN, J.; BRAND, H. J.; VEDDER, H.; J. BAKKER, J. 2006. Effect of storage time on ruminal starch degradability in corn silage. **Journal of Dairy Science**, v. 89 (Suppl. 1):190. Abstr, 2006.

NISHINO, N.; WADA, H.; YOSHIDA, M.; SHIOTA, H. Microbial counts, fermentation products, and aerobic stability of whole crop corn and a total mixed ration ensiled with and without inoculation of *Lactobacillus casei* or *Lactobacillus buchneri*. **Journal of Dairy Science**, v. 87, n.8, p. 2563-2570, 2004.

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 and Environmental Microbiology**, v. 67, n. 1 p.125-132, 2001.

PAHLOW, G.; MUCK, R.E.; DRIEHUIS, F.; OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; SPOELSTRA, S.F. Microbiology of ensiling. In: BUXTON, D. R.; MUCK, R. E.; HARRISON, J. H. (Eds.), **Silage science and technology**. Madison, ASA CSSA SSSA, p. 31-94, 2003.

PINTO, A. P.; MIZUBUTI, I. Y.; RIBEIRO, E. L. A.; FEY, R.; PALUMBO, G. R.; ALVES, T. C. Avaliação da silagem de bagaço de laranja e silagem de milho em diferentes períodos de armazenamento. **ActaScientiarum. Animal Sciences**, v. 29, n. 4 p. 371-377, 2007.

ROBBINS, K. R.; SAXTON, A. M.; SOUTHERN, L. L. Estimation of nutrient requirements using broken-line regression analysis. **Journal of Animal Science**, v. 84, n.13 p.155-165, 2006.

SÁ NETO, A.; ZOPOLLATTO, M.; BISPO, A.W.; JUNGES, D.; DANIEL, J.L.P.; SANTOS, M.C.; NUSSIO, L.G. *Lactobacillus buchneri* and storage periods affect the fermentation profile. In **Proceedings of the 22nd International Grasslands Congress**, Sydney, Australia, p. 788-799, 2013.

SAUVANT, D.; SCHMIDELY, P.; DAUDIN, J. J.; ST-PIERRE, N. R. 2008. Meta-analyses of experimental data in animal nutrition. **Animal** v.2, p.1203-1214, 2008.

SCHMIDT, R. J.; HU, W.; MILLS, J. A.; KUNG, Jr. L. The development of lactic acid bacteria and *Lactobacillus buchneri* and their effects on the fermentation of alfalfa silage. **Journal of Dairy Science**, v.92, n. 10, p.5005-5010, 2009.

SCHÖNDORFER, K.; ARAGÓN, A. Y.; CHECOLI, M.; GRUBER, A.; SCHATZMAYR, G. Stability enhancing effects of *Lactobacillus brevis* on maize silages. In: ZOPOLLATTO, M., DANIEL, J.L.P., NUSSIO, L.G., SÁ NETO, A. (eds.). **II International Symposium on Forage Quality and Conservation**, São Pedro/SP. Summary 23. 2011.

SNYDER, T. Corn silage: hybrid type, ensiling time affect feed value. http://www.progressivedairy.com/index.php?option=com_content&view=article&id=7274:corn-silage-hybrid-type-time-in-silo-affect-feeding-value&catid=46:feed-and-nutrition&Itemid=72, 2011.

STOCK, R. A.; SINDT, M. H.; CLEALE, R. M.; BRITTON, R. A. High-moisture corn utilization in finishing cattle. *Journal of Animal Science*, v. 69, n. 4, p.1645-1656, 1991.

ST-PIERRE, N. R. Integrating quantitative findings from multiple studies using mixed model methodology. *Journal of Dairy Science*, v. 84, n. 4, p. 741-755, 2001.

WEINBERG, Z. G.; CHEN, Y. Effects of storage period on the composition of whole crop wheat and corn silages. *Animal Feed Science and Technology*, v. 185, n. 3-4, 196-200, 2013.

WINDLE, M.; MERRILL, C.; ROSA, L.; AGARUSSI, M.; SAVAGE, R.; ASAY, C.; WALKER, N.; KUNG Jr. L. The effect of an exogenous protease on the fermentation and nutritive value of corn silage. *Journal of Dairy Science*, 96 (Suppl. 1): 313. Abstr.2013 ou 2012.

YAHAYA, M. S.; KIMURA, A.; HARAI, J.; NGUYEN, H. V.; KAWAI, M.; TAKAHASHI, J.; MATSUOKA, S. Effect of length of ensiling on silo degradation and digestibility of structural carbohydrates of lucerne and orchardgrass. *Animal Feed Science and Technology*, v. 92, n. 3-4, p. 141-148, 2001.

YOUNG, K. M.; LIM, J. M.; DER BEDROSIAN, M. C.; KUNG, Jr. L. Effect of exogenous protease enzymes on the fermentation and nutritive value of corn silage. *Journal of Dairy Science*, v. 95 n. 11, p. 6687-6694, 2012.

MÁQUINAS PARA A COLHEITA E CONSERVAÇÃO DE FORRAGENS

Walter Boller¹

1. INTRODUÇÃO

A conservação de forragens pode ser comparada a uma poupança, uma vez que permite estocar os excessos de alimento produzido em épocas que a produção excede a demanda, para utilizá-los em períodos de escassez. Outro aspecto da conservação de forragens diz respeito a colheita de plantas com elevado valor nutritivo e níveis de produtividade por unidade de área, em uma época definida do ano, conservando-as de modo a poder oferecê-las aos animais durante o ano todo ou em períodos de escassez.

Para conservar forragens, são utilizados basicamente três processos, conhecidos como fenação, empastilhamento e ensilagem. As primeiras duas modalidades consistem no corte das plantas, redução do teor de água até aproximadamente 15 a 20 %, recolhendo-se o material e submetendo-o a prensagem ou extrusão, originando, respectivamente fardos ou pastilhas, com vistas a reduzir o volume ocupado durante o armazenamento e facilitar o manuseio. A ensilagem, por sua vez, consiste na conservação de forragens via fermentação anaeróbica, o que é obtido através do corte e da fragmentação da massa vegetal e da sua compactação no interior de silos, de modo a expulsar o máximo de oxigênio. Existem duas modalidades principais para produção de silagem: a) corte direto, onde as plantas são cortadas no momento em que apresentam o maior acúmulo de nutrientes por unidade de área cultivada, o que também coincide com a teor de água adequado para facilitar o processo de ensilagem (ex.: milho) e b) corte indireto, adotado quando, no momento de maior acúmulo de nutrientes as plantas forrageiras

¹ Eng.-Agr. Dr., Prof. Titular do Curso de Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo. - e-mail: boller@upf.br

ainda contém excesso de água para serem ensiladas. Neste caso, procede-se o corte no momento em que é possível obter a maior quantidade de nutrientes por unidade de área e submete-se o material à perda de água no campo, para posteriormente, recolher o material e fragmentá-lo de modo a possibilitar a adequada ensilagem (ex.: silagem pré-murchada ou pré-secada a partir de culturas de inverno).

Seja qual for o processo de conservação de forragens adotado na propriedade, existem opções que consistem na utilização de ferramentas manuais e trabalho braçal até máquinas altamente tecnificadas, equipadas com robotização, eletrônica embarcada e sistemas de agricultura de precisão. Assim, a colheita, a conservação, o manuseio e a distribuição de forragens conservadas aos animais pode ser puramente manual, totalmente mecanizada e automatizada em algumas etapas, assim como pode ser mista, com etapas mais mecanizadas e outras menos, dependendo do tamanho das propriedades e do valor da produção obtida com a utilização destas forragens.

2. MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS PARA FENAÇÃO

A fenação consiste em corte, revolvimento, secagem, enleiramento, recolhimento, transporte e armazenamento de plantas forrageiras de alto valor nutritivo, para futura utilização como volumoso para ruminantes. Este conjunto de operações deve ser sincronizado e, para obter feno de qualidade adequada, é importante que o processo de secagem seja o mais rápido possível (de preferência que o material possa ser armazenado no mesmo dia do corte). É justamente na secagem que reside um dos pontos fracos da fenação, uma vez que depende da radiação solar. Feno submetido ao corte em épocas chuvosas corre o risco de não secar em um dia, comprometendo seriamente a sua qualidade até o momento de alcançar o teor de água ideal para armazenagem (15 a 20 %). Material armazenado com umidade superior corre o risco de desenvolver mofo, perdendo a qualidade como forragem e até mesmo pode entrar em auto combustão, provocando acidentes de proporções consideráveis.

2.1 Equipamentos para pequenas propriedades

Em pequenas propriedades, o feno pode ser confeccionado totalmente através da utilização de ferramentas manuais, ou através da combinação destas com máquinas de tração animal ou de tração motorizada.

2.1.1 Corte

O corte é realizado com uma ferramenta denominada alfange ou gadanho (Figura 1). Esta ferramenta é composta por uma lâmina de aço, de comprimento aproximado de 0,60 m, fixada a um cabo de madeira, medindo em torno de 1,60 m, formando um "L". No cabo são inseridos dois manípulos, através dos quais o operador movimenta a lâmina rente ao terreno ou levemente suspensa, descrevendo semi-círculos e cortando a forragem a ser fenada. A altura do corte é controlada pelo operador, sendo difícil manter a uniformidade. O corte deve ser realizado pela manhã, porém deve-se aguardar a evaporação do orvalho, sob pena de retardar ainda mais a secagem da forragem. O corte também pode ser efetuado através de segadoras de tração animal (Figura 2). Estas máquinas são constituídas por uma barra de corte com navalhas alternativas e dedos, acionadas pelo rodado de sustentação, através de uma transmissão que pode ser ligada ou desligada pelo operador que acompanha a operação sentado. A máquina possui um pedal para o levantamento momentâneo da barra de corte, quando há necessidade de contornar obstáculos e de alavancas que possibilitam o deslocamento com a barra suspensa. A barra permite a regulagem da altura do corte, entre quatro e oito centímetros, ou mais em casos especiais. Para tracionar a máquina são necessários dois cavalos ou uma junta de bois, sendo os cavalos preferidos devido a maior velocidade. Este equipamento também pode ser tracionado por micro-tratores.



Figura 1 - Alfange ou gadanho, utilizado para corte manual de forragem para fenação

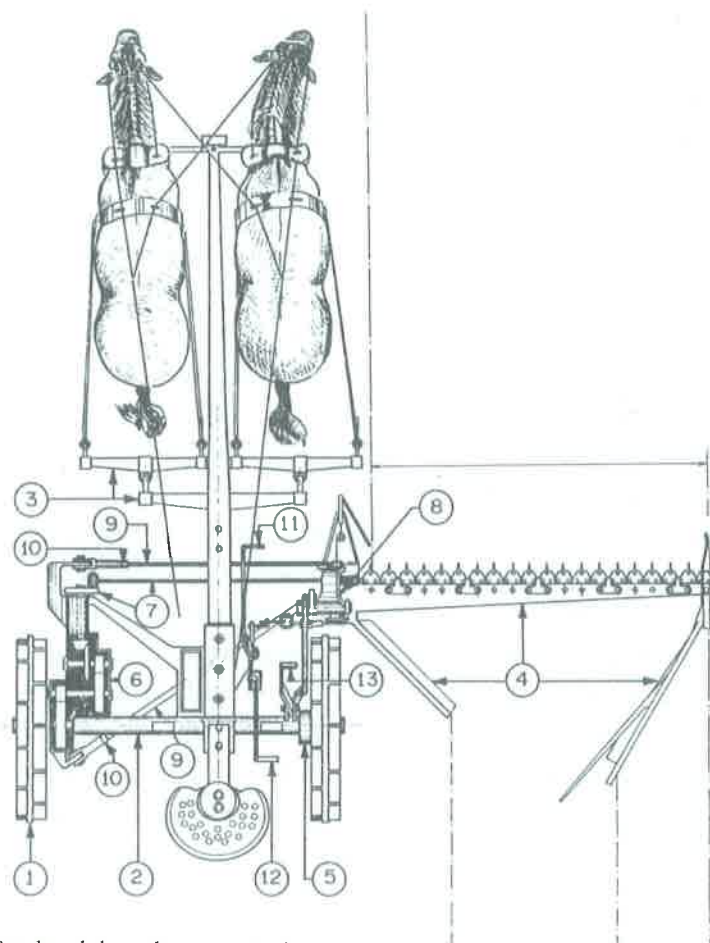


Figura 2 - Segadora de barra de tração animal.

FONTE: BERLIJN et al., 1982

2.1.2 Revolvimento

Durante a secagem, a forragem cortada deve ser revolvida várias vezes e esparramada uniformemente sobre a superfície do terreno, com o auxílio de um garfo ou "forcado". Este instrumento é composto de um cabo de madeira de 1,60 a 1,80 m de comprimento e de uma extremidade de aço, com três ou quatro pontas (Figura 3). A extremidade do garfo é posicionada horizontalmente e introduzida sob a camada de forragem, suspendendo-a e deixando cair sucessivamente, de modo a inverter a posição das plantas e favorecer a perda de água. Plantas como a alfafa, que perdem as folhas com muita facilidade, devem ser menos revolvidas e a operação deve ser mais cuidadosa, uma vez que a perda das folhas representa perda sensível de qualidade do feno produzido.



Figura 3 - Garfos ou forcados com três ou quatro pontas, utilizados em fenação manual

2.1.3 Enleiramento

Após um dia de secagem, caso a forragem esteja em condições de umidade adequadas para o armazenamento, procede-se ao enleiramento. Esta operação também deve ser realizada, caso a forragem necessite de mais um período de secagem, pois reduz a superfície exposta ao contato com o orvalho, diminuindo o tempo para a perda de água necessária. Para realizar o enleiramento, utiliza-se um ancinho ou rastelo, geralmente confeccionado de madeira. Este apresenta um cabo medindo 2,0 a 2,5 m de comprimento

e na extremidade frontal um “pente” de dentes de madeira, abrangendo de 0,60 a 0,80 m de largura. Os dentes, com diâmetro de 1,5 cm e comprimento de 15 cm, são encaixados em uma barra de madeira, espaçados em 5 cm. Esta peça é parafusada á extremidade do cabo, formando um “T”, sendo ainda utilizados dois arames estabilizadores para manter o ângulo reto (Figura 4). Em operação, os dentes do rastelo formam um ângulo entre 150 e 180 graus com a superfície do solo. Ao ser tracionado, o ancinho acumula o feno sobre os dentes e ao ser empurrado, descarrega o material. Esta operação sendo realizada sucessivamente, lado a lado, origina uma leira, que pode ser aumentada, aumentando-se a distância de tração do ancinho, ou tracionando-o várias vezes até levantar a leira a uma altura considerável (aproximadamente 0,5 m).

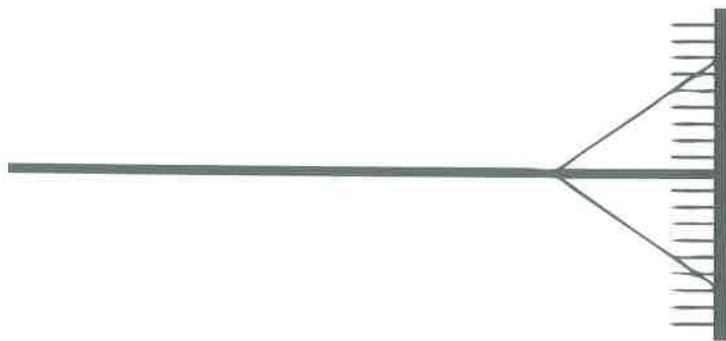


Figura 4 - Ancinho manual ou rastelo, utilizado para enteirar feno.

2.1.4 Recolhimento, transporte e descarregamento

Uma vez atingido o teor de umidade adequado, o feno deve ser recolhido para ser armazenado corretamente e manter as suas propriedades nutricionais. O transporte pode ser efetuado mediante a utilização de carroças de tração animal ou carretas agrícolas de tração mecânica. Para carregar o feno, após o seu enleiramento, utiliza-se o garfo ou forcado, depositando o material primeiramente nos quatro cantos do veículo e posteriormente na parte central da área de carregamento, sempre compactando a forragem

através de pisoteio. O material não recolhido pelos garfos pode ainda ser recuperado com o auxílio do ancinho. Uma carga de feno pode alcançar de dois a três metros de altura, desde que bem iniciada e compactada. O transporte de cargas altas requer velocidades de traslado mais baixas, para evitar o seu descarregamento acidental e em local indesejado. O descarregamento do feno no local de armazenamento é feito com o auxílio de garfos ou forcados e também utilizando ancinhos.

2.1.5 Armazenamento

Para manter as suas qualidades nutricionais, o feno necessita ser armazenado em local abrigado da chuva. Este local pode ser um galpão rústico, desde que atenda a premissa de não permitir que o feno venha a ser molhado pela chuva, ou uma meda, construída ao ar livre. Para armazenar o feno em galpão, este pode ou não ser enfardado, através de uma enfardadora manual estacionária. Este equipamento funciona como uma prensa e, ao compactar a forragem, permite diminuir o espaço necessário para armazenar o feno e facilitar o manuseio do mesmo, uma vez que resulta em fardos de formato prismático. O feno armazenado sem enfardar deve ser compactado através de pisoteio humano, de modo a diminuir o seu volume. Quando não há condições de armazenar o feno em galpão, pode-se optar por medas (Figura 5). Uma meda consta de um mastro com altura de 4,0 a 5,0 m, em torno do qual se deposita e compacta (pisoteio humano) o feno em camadas aproximadamente circulares. Quando a meda está concluída, seu perfil aproxima-se a uma parábola, com a curvatura voltada para cima. No topo deve ser colocada uma lona plástica ou outro material impermeável e nas paredes deve-se orientar os talos do feno na vertical, com o auxílio de garfos. Isto permite que a água da chuva escorra e não penetre na massa de feno contida na meda, deteriorando apenas uma pequena camada externa. Em redor da base da meda, convém abrir um dreno ou sulco com 15 a 20 cm de profundidade e largura de 20 cm, para evitar que a água da chuva venha a infiltrar-se na base da meda deteriorando o feno.

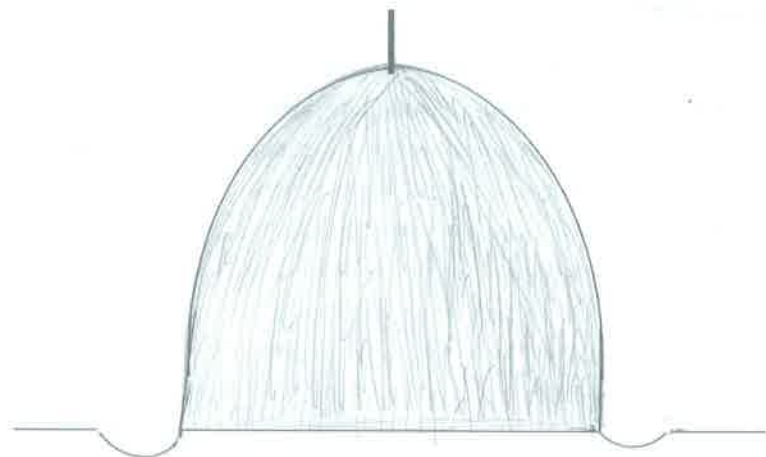


Figura 5 - Meda para armazenar feno ao ar livre.

2.1.6 Utilização do feno

Feno armazenado em galpão, geralmente encontra-se mais próximo do local de consumo e facilita o fornecimento aos animais. No caso de fardos o manuseio é facilitado sobremaneira, enquanto que feno armazenado solto e compactado através de pisoteio humano requer o auxílio de um garfo ou forcado ou de um rastelo para ser retirado da "pilha". Por sua vez, feno armazenado em medas, requer cuidados adicionais na retirada. Deve-se retirar o feno em camadas ao redor da meda, sem desequilibrá-la, sob pena de quebrar o mastro e provocar o desmoronamento da meda, podendo o feno ser perdido em caso de chuva imediata. O auxílio de um carrinho de mão ou outro tipo de carrinho pode ser importante para minimizar o esforço das pessoas envolvidas no processo e agilizar a distribuição do feno aos animais.

2.2. Máquinas e equipamentos para propriedades mecanizadas

Em propriedades que dispõem de mecanização intensiva, a fenação pode ser totalmente mecanizada ou apresentar operações mecanizadas conjugadas com operações manuais. A gama de máquinas disponíveis no

mercado abrange alternativas para diversos tamanhos de áreas, variando desde equipamentos montados em micro-tratores ou tratores pequenos e médios até os autopropelidos, que apresentam elevada capacidade de trabalho por unidade de tempo. Neste texto serão descritas máquinas montadas (acopladas) a tratores e quando tratar-se de outro tipo de máquina, será chamada atenção para o fato.

2.2.1 Corte

As máquinas utilizadas para o corte da forragem destinada a fenação denominam-se segadoras (Figura 6). De acordo com o tipo de ferramenta ativa, as segadoras podem ser classificadas em segadoras de barras (utilizam navalhas alternativas e dedos) ou segadoras rotativas (promovem o corte através de lâminas montadas na superfície de um disco ou tambor giratórios).

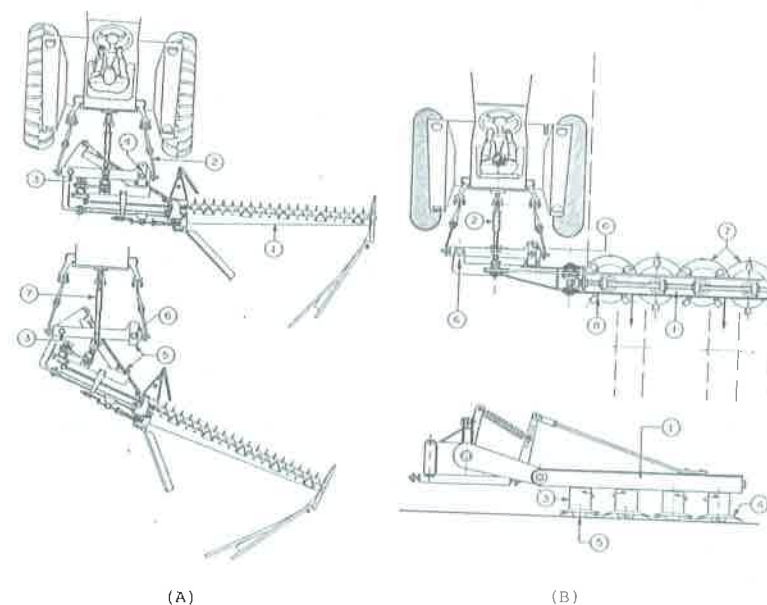


Figura 6 - Segadoras de tração mecânica, montadas a um trator. (A) segadora de barras (B) segadora rotativa de eixos verticais (tambores).

FONTE: BERLIJN et al., 1982.

- a) **Segadora de barra:** Estas máquinas cortam a forragem a semelhança de uma tesoura (duas lâminas cortantes paralelas, sendo uma denominada contra-faca, fixada nos dedos, e outra móvel, montada em uma barra alternativa, constituindo a navalha propriamente dita). A barra de corte mede entre 1,40 e 1,80 m e apresenta dois patins nas extremidades, através dos quais desliza sobre o solo. Seu corte é "limpo", não prejudicando o rebrote das plantas, pois as partes remanescentes não são danificadas. A potência de acionamento requerida é muito baixa, concorrendo para um baixo consumo de energia por unidade de área cortada. Outra vantagem é o baixo custo de aquisição quando comparadas com as demais segadoras. Como desvantagem principal, apresenta-se a elevada suscetibilidade ao acúmulo de material na frente da barra, caracterizando o "embuchamento" da mesma e dificultando o seu trabalho, especialmente quando o material a ser ceifado encontra-se acamado ou emaranhado. O acúmulo de terra, material vegetal seco ou material já cortado na frente dos dedos da barra obriga o operador a parar o trabalho, descer do trator e limpar a barra, causando atraso considerável. Velocidade de deslocamento insuficiente também causa embuchamento da barra, uma vez que o material cortado cai para frente prendendo-se entre os dedos e causando o arraste. Visando diminuir este problema operacional, na extremidade direita da barra é montada uma espécie de defletor com a finalidade de abrir um caminho por onde deve deslocar-se o rodado do trator na próxima passada e o patim de apoio interno da barra, sem acumular material já cortado. A navalha alternativa é acionada pela tomada de potência (tdp) do trator, a 540 rpm, originando uma frequência de aproximadamente 700 ciclos por minuto. Para um corte eficiente da forragem, os dedos da barra devem estar perfeitamente alinhados e a folga horizontal e vertical da navalha não deve exceder 0,2 mm (na prática isso representa a espessura de um cartão postal). Para a regulagem da altura de corte, a barra é posicionada mais ou menos horizontalmente com o terreno, através do braço telescópico do terceiro ponto do sistema de levantamento hidráulico do trator,

ou de dispositivos adicionais da própria máquina. Ao levantar-se a ponta dos dedos, diminui a probabilidade de acúmulo de material na frente da barra e aumenta a altura de corte e vice-versa. A barra acompanha livremente as oscilações da superfície do terreno, sendo o seu peso parcialmente suportado através de molas e, quando há necessidade de suspendê-la, um sistema de alavancas conjugado com um cabo de aço, montado entre a máquina e o trator promove o seu levantamento, em combinação com o sistema de levante hidráulico do trator. No caso de encontrar algum obstáculo, a barra dispõe de um mecanismo de destravamento controlado por uma mola com pressão ajustável. Antes de continuar a operação, há necessidade de desligar a tdp e promover o reposicionamento da barra, em caso de desengate por obstáculo. Material muito grosseiro, assim como a presença de pedras na superfície do solo podem ocasionar avarias na barra de corte, nos dedos e na navalha, comprometendo a qualidade do corte e o desempenho da máquina. A altura de corte é regulada através do braço do terceiro ponto (luva telescópica) do trator, sendo que aumentando-se o comprimento deste, a ponta dos dedos por onde oscila a navalha alternativa é posicionada com maior altura do solo, aumentando a altura de corte e vice-versa. Na Europa encontram-se em uso segadoras de barras com navalhas alternativas duplas. Neste caso, não são utilizados dedos, as duas navalhas são mais robustas do que as convencionais e deslocam-se uma em relação à outra, promovendo efeito de auto-limpeza na frente da barra. Como desvantagem, este tipo de barra apresenta custo mais elevado e maiores exigências em manutenção do que a barra convencional.

- b) **Segadoras rotativas:** as segadoras rotativas podem ser de dois tipos: eixos horizontais ou eixos verticais. As máquinas de eixos horizontais são semelhantes aos picadores de palha (Tritton) e no Brasil são mais utilizadas para corte de material vegetal destinado a cobertura do solo em sistemas de manejo conservacionista ou mesmo para a limpeza de áreas sob pastagens. As segadoras de eixos verticais podem ser de dis-

cos, que são acionados por baixo, montados lado a lado a uma barra de corte, ou de tambores, acionados de cima para baixo. Ambos os tipos de máquinas promovem o corte através do impacto de lâminas montadas na periferia de um disco que gira em alta velocidade (70 a 90 m/s). Teoricamente, este princípio de corte pode causar prejuízo ao rebrote das plantas forrageiras, embora haja pesquisas comprovando o contrário. A grande vantagem das segadoras rotativas reside na sua elevada capacidade de corte de forragem, mesmo que esta se encontre acamada ou emaranhada (a velocidade de deslocamento teórica ou de projeto pode chegar aos 20 km/h, embora na prática fique limitada entre 10 e 15 km/h, de acordo com as condições do terreno). Estas segadoras também apresentam um tipo de suspensão, que auxilia no seu deslizamento sobre o terreno, copiando o micro-relevo. A largura de corte das segadoras rotativas disponíveis no mercado nacional varia de 0,5 m até aproximadamente 2,0 m. Para maior largura de corte, fabricantes da Europa oferecem máquinas para montagem ao acoplamento frontal do trator, enquanto que outra vai acoplada na parte traseira. As segadoras rotativas requerem maior potência de acionamento e apresentam custo inicial mais elevado quando comparadas com as segadoras de barra. A sua manutenção requer cuidados adicionais, uma vez que possuem uma série de engrenagens na constituição das transmissões entre os discos ou tambores. A parte ativa das segadoras rotativas também acompanha as irregularidades do terreno e a regulação da altura de corte baseia-se no aumento ou na retração do braço do terceiro ponto, desde que a máquina seja montada (acoplada) ao trator através do sistema de levante hidráulico de três pontos.

- c) **Segadoras-condicionadoras:** Para acelerar a perda de água após o corte das forragens, as segadoras podem ser conjugadas com dispositivos denominados condicionadoras, quando passam a denominar-se segadoras-condicionadoras. Estes complementos podem exercer ação de amassamento da forragem, ou raspagem da cerosidade que recobre

as plantas e com isso facilitar a evaporação da água contida na forragem ceifada. No mercado brasileiro encontra-se um modelo de segadora-condicionadora que utiliza uma barra de corte com dedos e navalha alternativa, um molinete auxiliar para evitar o acúmulo de material na frente da barra de corte e um par de rolos condicionadores onde um é de metal e o outro de borracha. Esta máquina é tracionada pela barra de tração do trator e acionada pela tdp. A altura de corte é ajustada através de cilindros hidráulicos de controle remoto, que promovem a aproximação ou o afastamento vertical da barra de corte em relação ao solo. A pressão exercida pelos dois rolos condicionadores sobre a forragem pode ser regulada, através do tensionamento de molas. Experimento conduzido na FAMV, com aveia preta (8 t/ha de matéria seca), demonstrou que utilizando a segadora condicionadora, a secagem da forragem demorou um dia menos do que onde a forragem somente foi cortada. Ao mesmo tempo, verificou-se que não houve diferenças significativas na qualidade da forragem entre os dois sistemas de corte, atestando que o amassamento da forragem não causou perdas de nutrientes. A tendência mundial é para o uso de condicionadoras com efeito de raspagem (dedos) para o condicionamento de gramíneas e outras forrageiras perenes e de condicionadoras de rolos para trevos, alfafa e leguminosas em geral (Figura 7). Estes dispositivos podem ser rotores com dentes radiais flexíveis, martelos móveis ou martelos fixos, em combinação ou não com superfícies corrugadas. O custo das segadoras-condicionadoras é sensivelmente mais elevado do que das demais, porém o benefício da menor probabilidade de perda de feno pela ação da chuva pode justificar a sua aquisição, especialmente quando se trata de forragem de elevado valor nutricional. Um experimento comparando o desempenho de uma segadora-condicionadora com rolos de borracha com outra equipada com mecanismo de dedos metálicos, conduzido com aveia branca (8587 kg.ha⁻¹ de matéria seca), na Argentina, mostrou que no momento de enfardar, o teor de umidade da forragem condicionada pelo primeiro equipamento apresentava-se 3% inferior ao obtido com o segundo equipamento

(SILVESTRINI, 1998). No entanto, o resultado não concordou com os relatos de outros autores, citados por este pesquisador.

Quanto à manutenção das segadoras, deve-se considerar cuidados como afiamento dos órgãos ativos (ferramentas cortantes), ajuste de folgas nas navalhas, lubrificação das articulações, tensionamento de correias, verificação do nível e trocas periódicas do óleo lubrificante em caixas de transmissão. Após o seu uso, deve-se proceder a uma perfeita limpeza, retirando partes vegetais e terra que se acumulam próximo aos elementos cortantes, lavando estas partes e secando-as antes de aspergir um óleo lubrificante para protegê-las contra a corrosão. Armazenar as máquinas ao abrigo da chuva e da radiação solar também concorre para prolongar a vida útil de seus componentes.

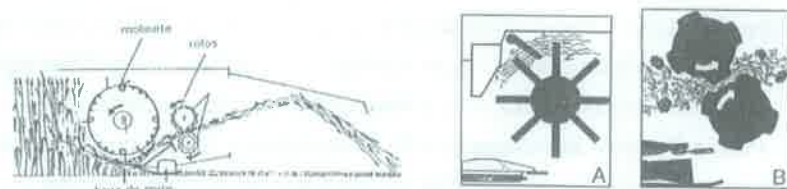


Figura 7 - Segadora-condicionadora (corte longitudinal). (A) condicionadora de dedos flexíveis para plantas de folhas estreitas e (B) condicionadora de rolos, para leguminosas.

FONTE: SILVEIRA, 1997 e KUHN (s.d.).

Na Tabela 1, são apresentadas algumas informações comparativas entre diferentes modelos de segadoras, dando uma idéia da velocidade de operação, da capacidade de trabalho e das necessidades de potência de acionamento requeridas.

Tabela 1 - Dados comparativos entre diferentes modelos de segadoras.

Características	Barra de corte		Rotativas	
	Navalha simples	Navalha dupla	Eixo vertical	Eixo horizontal
Velocidade da ferramenta cortante	675 - 950 ciclos / min	675 - 800 ciclos / min	1500 - 3500 rpm	1500 - 3500 rpm
Velocidade de avanço (km/h)	4 - 7	6 - 12	10 - 16	8 - 10
Capacidade de trabalho (ha/h)	0,3 - 1	0,4 - 2	1 - 2	0,8 - 1,6
Potência de acionamento (kW)	4 - 10	3 - 6	20 - 32	25 - 38

FONTE: ORTIZ-CANAIVATE, 1984.

2.2.2 Revolvimento e enleiramento

Após o corte das plantas forrageiras e a secagem da camada superficial, deve-se revolver e distribuir uniformemente sobre o terreno a massa vegetal cortada, para uniformizar e acelerar a perda de água em toda a camada. Esta operação é realizada com o auxílio de ancinhos mecânicos, os quais podem ser rotativos (rotores acionados pela tdp do trator), de barras transversais (conjunto de barras acionado pela tdp do trator), ou de rodas dentadas verticais (tracionado na barra de tração do trator). Para evitar a contaminação com terra, a forragem cortada não condicionada deve ser revolvida operando a velocidades entre 6 e 7 km/h, ao passo que para revolver forragem condicionada recomenda-se não ultrapassar 5 a 6 km/h. A largura útil recomendável para um ancinho é de duas a três vezes a largura da segadora utilizada no processo.

A forragem ceifada e seca, pronta para ser recolhida e enfardada, deve ser enleirada. Para tanto, utiliza-se um ancinho enleirador, que pode ou não ser o mesmo utilizado para esparramamento, bastando algumas regulagens e adaptações.

- a) **Ancinho rotativo:** O ancinho rotativo pode ser utilizado para esparramar, assim como para enleirar forragem. Consta de pares de rotores, nos quais encontram-se de seis a oito braços articulados, cujas extremidades são ligadas a dentes duplos combinados com molas. O giro do rotor imprime um movimento aos braços do ancinho, de tal

forma que as extremidades dos dedos descrevem um círculo sobre o terreno, quando a máquina está parada (os dois rotores giram à mesma velocidade, porém com sentidos de giro opostos). Deslocando-se a máquina em funcionamento, o giro dos rotores ocasiona um efeito de alimentação central, impulsionando a forragem para trás (Figura 8). Cada par de rotores é apoiado sobre duas rodas reguladoras da altura de trabalho dos dentes do rotor, que permite a adaptação da máquina às irregularidades do terreno. Para esparramar ou revolver a forragem, os braços são mantidos em posição aproximadamente horizontal em relação ao rotor, ficando os dentes na vertical. A parte frontal da máquina opera mais próxima do solo, captando a forragem e impulsionando-a para trás, onde fica fora do alcance dos dentes. Esta regulagem é obtida através do desnivelamento (inclinação) do rotor em relação ao chassi da máquina. O efeito de aeração da forragem é acentuado com este tipo de ancinho, cuja largura de trabalho pode variar de 1,6 m a 4,8 m. Para reduzir perdas no revolvimento de forragem muito seca ou frágil (material como alfafa que, após seco, perde folhas com facilidade), a máquina deve ser operada com velocidade da tdp do trator abaixo de 540 rpm. Considerando que a velocidade recomendada para esta operação é de 5 a 7 km/h, estima-se que a capacidade de trabalho de um ancinho com dois rotores (largura de 1,60 m) varia de 0,6 a 1,0 ha/h. A utilização do ancinho rotativo para enleirar a forragem seca, requer as seguintes alterações ou regulagens: colocação de "placas defletoras" na parte traseira, posicionamento do rotor aproximadamente em nível (menor inclinação para frente), giro dos braços em relação ao rotor, posicionando-os praticamente na vertical, de modo que os dentes operem na horizontal (varredura paralela à superfície do solo) e alteração da regulagem de altura nas rodas de apoio. Uma máquina com dois rotores apresenta-se descentralizada em relação ao trator, o que permite o deslocamento de leiras ou a junção de duas ou mais leiras em uma só, sem que o rodado do trator transite sobre a leira já formada. Cabe destacar que o manuseio de forragem frágil ou demasiado seca com este tipo de ancinho pode

ocasionar perdas consideráveis.

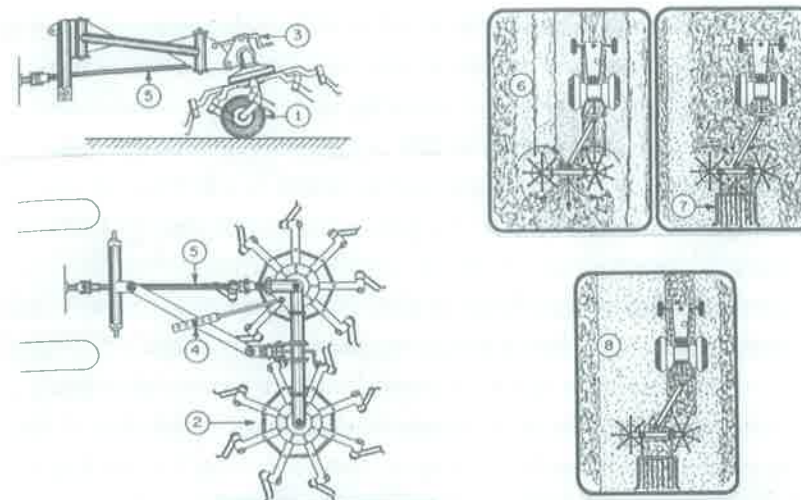


Figura 8 - Ancinho rotativo de alimentação central.

FONTE: BERLIJN et. al., 1982.

- b) **Ancinho de barras transversais:** Este ancinho consta de um chassi traçado ou montado ao trator através do sistema de engate de três pontos, que sustenta uma espécie de molinete com três, quatro ou cinco barras transversais. As barras transversais medem de 1,60 m a 1,80 m e apresentam inclinação com a direção de deslocamento da máquina de 40° a 45° (Figura 9). Nas barras transversais são montados dentes flexíveis verticais (semelhantes aos dedos de um molinete de colhedora de grãos). O giro do molinete faz com que as barras transversais com seus dedos verticais aproximem-se do solo, de cima para baixo e posteriormente desloquem-se para a esquerda (efeito de varredura lateral), posteriormente a afastar-se novamente do solo, de baixo para cima. Este movimento das barras, combinado com o deslocamento da máquina para frente, ocasiona o "enrolamento" de uma camada de forragem, formando uma leira. Existem regulagens específicas para obter o revolvimento de forragem e o esparramamento

de leiras, porém dependem do modelo de fabricação. Alguns modelos ajustam a função do ancinho alterando o sentido de giro e o ângulo de inclinação das barras em relação a direção de deslocamento, enquanto que outros apenas permitem a retirada de parte dos dedos verticais para revolvimento ou movimentação de leiras. O acionamento do molinete que movimenta as barras pode ser através das rodas de sustentação da máquina ou da tdp do trator. A velocidade de giro do molinete varia de 80 a 100 rpm para enleiramento, até 150 a 170 rpm para esparramamento ou movimentação de leiras. Deve-se regular a altura dos dentes em relação ao solo, de modo a não tocar o solo, mas sem deixar de recolher a forragem. No caso da existência de pedras, os dedos devem ser mantidos mais elevados e recomenda-se inclinar a máquina de modo que a parte traseira das barras fique mais elevada que a dianteira, possibilitando que as pedras fiquem fora das leiras. O efeito do impacto das ferramentas ativas do ancinho sobre a forragem é menor do que aquele verificado nos ancinhos rotativos, podendo ocasionar menores perdas em forragens frágeis.

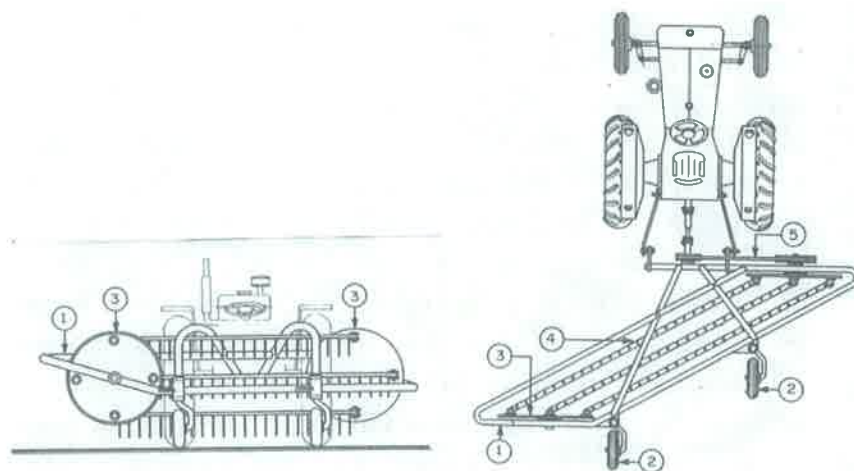


Figura 9 - Ancinho de barras transversais.

FONTE: BERLIJN et. al., 1982.

- c) **Ancinho de rodas dentadas verticais:** Trata-se de um chassi tubular, em forma de "J", tracionado pelo trator, ao qual são montadas rodas ou discos com dentes flexíveis, medindo aproximadamente 1,30 m de diâmetro (Figura 10). As rodas dentadas apresentam giro livre sobre os seus eixos e a sua projeção vertical sobre o plano de sustentação horizontal forma um ângulo que varia de 30° (esparramar forragem) até 45° ou mais (enleirar feno seco). Cada par de rodas é montado nas extremidades de um "sub-chassi" em formato de "J", posicionado horizontalmente. Variando a posição e a angulação do sub-chassi e do chassi, em relação a direção de deslocamento da máquina, pode-se obter diferentes funções do ancinho, como enleirar material esparramado, revolver material ou movimentar leiras sem juntar as mesmas (Figura 10). Os discos ou rodas dentadas giram pela ação do solo sobre os seus dentes, de modo que a sua velocidade depende da velocidade de deslocamento do conjunto trator/ancinho (pode chegar a 10 km/h) e do ângulo das rodas dentadas com a direção de deslocamento. Cada par de rodas dentadas gira apoiando-se sobre o solo, copiando eventuais irregularidades do terreno e movimentando a forragem com suavidade (importante no caso de forragens frágeis de leguminosas). Como desvantagens são citadas a dificuldade de manusear camadas muito espessas de forragem, o vento pode causar enrolamento da forragem nos discos, dificultando o trabalho. Ainda, apresenta limitações para esparramar leiras já formadas, a não ser que sejam de pequena espessura (como as resultantes da ação de algumas segadoras).

A manutenção dos ancinhos depende essencialmente do seu modelo de construção, porém alguns cuidados como limpeza e lubrificação das articulações e demais partes móveis são recomendáveis. Revisões periódicas do estado dos dentes e molas que atuam diretamente em contato com a forragem a ser manuseada previnem surpresas na hora do trabalho da máquina e devem ser feitas ao final de cada período de utilização. O armazenamento dos ancinhos ao abrigo da chuva e da radiação solar também é recomendável para evitar corrosões e outros danos aos componentes.

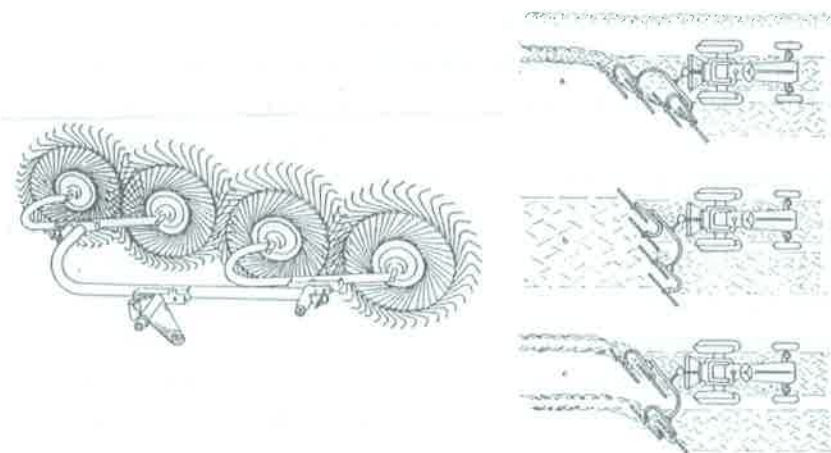


Figura 10 - Ancinho de rodas dentadas verticais e suas diferentes formas de montagem.

FONTE: BERLIJN et. al., 1982.

2.2.3 Recolhimento, enfardamento, empastilhamento e armazenamento

A forragem com adequado teor de água (17 a 20%), é denominada feno e deve ser recolhida para o adequado armazenamento. Para isto, o material, previamente enleirado, pode ser recolhido através de reboques forrageiros equipados com cabeçotes de recolhimento (molinetes recolhedores tipo pick-up), cujos dedos retráteis juntam as leiras de baixo para cima e encaminham a forragem para o interior do depósito da máquina (carreta) que irá transportá-lo até o local de armazenamento (fenil). Neste local, diferentes equipamentos como garfos suspensos por talhas, elevadores de correias transportadoras ou elevadores pneumáticos podem elevar o feno até o local de armazenamento. O feno pode ainda, ser transportado e armazenado inteiro ou transportado inteiro e armazenado picado (quando se utiliza um elevador pneumático). Outro processo, ainda pouco utilizado, é o empastilhamento, onde o feno seco é recolhido por uma máquina e submetido a elevadas pressões, através de uma extrusora, formando cubos ou "pastilhas", cujo manuseio assemelha-se ao de grãos.

No Brasil, a preferência tem sido pela armazenagem de feno enfardado, o que requer menor mão de obra, evita em grande parte as perdas de folhas de forragens frágeis, diminui a exposição aos agentes atmosféricos e, especialmente reduz a necessidade de espaço para armazenagem do feno entre a metade até um quarto do que seria necessário para forragem não enfardada.

As máquinas utilizadas para a confecção dos fardos são denominadas enfardadoras e podem ser classificadas em convencionais ou prensas-enfardadoras, que produzem fardos prismáticos com dimensões de 40 a 60 cm de largura x 30 a 40 cm de altura x 50 cm - 130 cm de comprimento, ou rotoenfardadoras, que produzem fardos cilíndricos com largura de 1,50 m a 1,70 m e diâmetro de 1,60 m a 1,80 m (ORTIZ-CAÑAVATE, 1984). Este autor classifica as prensas-enfardadoras em baixa pressão, média pressão e alta pressão (Tabela 2). As enfardadoras podem ser utilizadas para enfardar restos de culturas (palhas) para diversas finalidades como, por exemplo, alimentar animais, servir de cama para animais confinados, ou para fins energéticos em secadores ou mesmo em centrais termelétricas. Na Tabela 2 são apresentadas algumas características comparativas entre diferentes modelos de enfardadoras.

Tabela 2 - Características de diferentes tipos de enfardadoras

Característica	Prensa-enfardadora			Enfardadora de fardos Redondos
	Baixa pressão	Média pressão	Alta pressão	
Canal:				
Largura (cm)	65-100	40-50	40-60	150-170
Altura (cm)	30-35	30-40	35-45	160-180
Densidade do fardo (kg/m ³)	50-75	75-120	100-200	130-160 (feno) 85-100 (palha)
Velocidade (km/h)	4-8	2-7	2-7	4-7
Capacidade trab. (ha/h)	1-2	1,5-2	1,5-2	2-3
Produção média (t/h)	3-6	4-6	6-9	4-12
Peso por fardo (kg)	6-10	10-20	20-40	400-700 (feno) 250-450 (palha)
Potência na tdp (kW)	20-25	25-35	35-40	35-45

FONTE: ORTIZ-CAÑAVATE, 1984.

Obs.: No mercado brasileiro de máquinas agrícolas é oferecida uma roto-enfardadora que produz fardos cilíndricos com dimensões pequenas (60 cm x 65 cm) e peso de 20 a 35 kg, própria para pequenos estabelecimentos. Segundo informações do fabricante, esta máquina requer potência de acionamento mínima de 11 kW e os fardos são enrolados por meio de um sistema atador de tela (rede).

- a) Prensa-enfardadora: É a máquina mais comum, porém devido a complexidade e as exigências de manutenção de alguns dos seus mecanismos, vem sendo substituída por outros modelos. Para um melhor entendimento do funcionamento desta máquina, ela será subdividida em mecanismos, que operam integrados, segundo funções específicas de cada um (Figura 11). Todos os mecanismos estão montados sobre um chassi robusto apoiado sobre rodas, sendo a máquina tracionada pela barra de tração e acionada pela tdp do trator. O primeiro mecanismo que entra em contato com o feno é o mecanismo recolhedor, composto por um molinete de dedos retráteis (pick-up). Os dedos retráteis giram em sentido oposto ao avanço dos rodados da máquina, elevam a leira de feno, introduzindo-a no mecanismo de alimentação do canal da prensa. A regulagem mais importante no mecanismo recolhedor é a altura dos dedos do pick-up em relação ao solo. Esta altura pode ser controlada por meio de "rodas calibradoras" que acompanham o terreno, através de um sistema de catracas acionadas por meio de uma corda ou por meio de cilindro hidráulico de controle remoto. Deve-se manter os dedos suficientemente baixos para evitar perdas de feno, porém não tão baixos ao ponto de recolher material estranho como terra e pedras. O mecanismo de alimentação situa-se acima do mecanismo recolhedor, conduz o feno até o canal da prensa e pode ser composto por um transportador helicoidal em combinação com garfos que se deslocam lateralmente ou somente por um par de garfos. Os garfos introduzem a forragem no canal da prensa, através de uma janela lateral deste, no momento em que o êmbolo está próximo do seu máximo curso para frente (ponto morto inferior), retirando-se imediatamente da região, no momento em que o êmbolo é deslocado

para trás (comprimindo o feno). Pode haver regulagens específicas nos garfos alimentadores, conforme o comprimento e o volume da forragem. Pequenos volumes de feno e forragem curta requerem que os garfos sejam posicionados mais baixos e vice-versa. Ainda, nos órgãos de alimentação, existe um parafuso fusível que rompe em caso de sobrecarga por excesso de forragem, por regulagem inadequada dos garfos ou no caso do recolhimento de material estranho, protegendo os demais componentes da máquina. O mecanismo de compressão do feno é responsável pela compactação da forragem e pela forma do fardo resultante. Estas operações são realizadas através de um êmbolo que se desloca ao longo do canal da prensa, que apresenta diferentes dimensões, dependendo do tipo de enfardadora. Nas enfardadoras de baixa pressão, o canal da prensa apresenta uma secção retangular medindo de 25 a 40 cm de altura e 55 a 110 cm de largura. Já, nas máquinas de média pressão e de alta pressão, o canal da prensa mede de 40 a 60 cm de largura e 30 a 40 cm de altura, ao passo que o seu comprimento varia de 2,0 a 3,0 m.

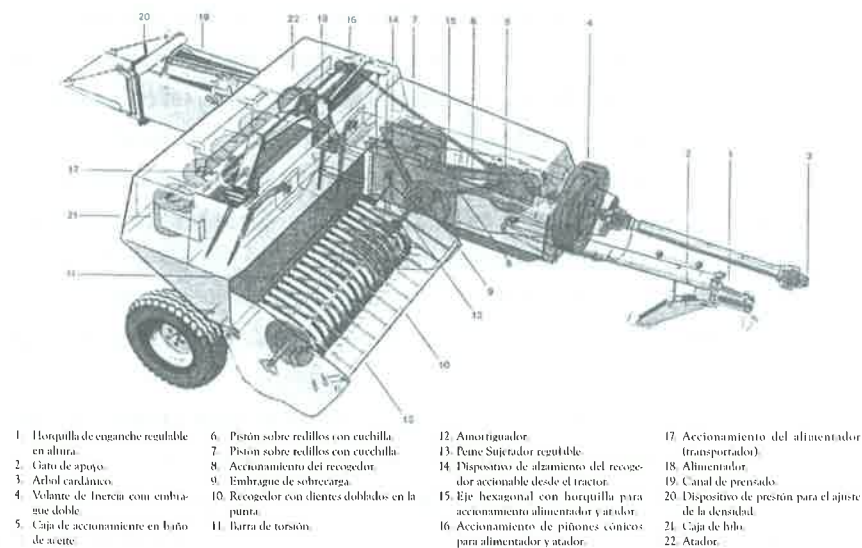


Figura 11 - Prensa-enfardadora de alta pressão.

FONTE: ORTIZ-CAÑAVATE, 1984.

O êmbolo desloca-se horizontalmente ao longo do canal da prensa, apoiado sobre guias de aço, com frequência de 65 a 100 ciclos por minuto. O acionamento do êmbolo é a operação que mais consome potência e depende de uma biela ligada a um volante, através de um eixo excêntrico. No caso de sobrecarga do êmbolo, ocorre o deslizamento de uma embreagem de segurança ou o rompimento de um pino fusível junto ao volante da enfardadora, evitando danos em componentes como a biela, o êmbolo ou o próprio canal da prensa. Na parte inferior do canal da prensa, na região de compressão do feno, existem duas aberturas longitudinais que permitem, a subida das agulhas do mecanismo nosador, no momento em que o fardo deve ser amarrado. Para conformar as paredes laterais do fardo, o êmbolo dispõe de uma lâmina que corta o material ao cruzar com uma contra-faca fixa localizada na parede vertical da janela de entrada de feno do canal da prensa. A compressão do feno ocorre pela resistência ao deslocamento dos fardos já amarrados, na saída do canal da prensa e, pelo afunilamento da saída do canal da prensa, que pode ser regulado através da alteração da tensão de molas localizadas na parte posterior da enfardadora. O mecanismo de amarração é o responsável pela amarração dos fardos com fios de sisal e é composto por agulhas, nosador, órgãos de acionamento, transmissão e estrela medidora do comprimento dos fardos. Os rolos de sisal são mantidos em um compartimento ao lado do canal da prensa e as extremidades de cada fio são presas no mecanismo nosador, passando pelos orifícios localizados nas pontas das agulhas, mantidas abaixo do canal da prensa. O deslocamento do feno no interior do canal, para trás, é medido pela estrela medidora do comprimento do fardo e quando o comprimento estabelecido através de regulagem é alcançado, automaticamente as agulhas portando os fios de sisal são deslocadas para cima e o mecanismo nosador é acionado amarrando o fardo e cortando o fio, voltando as agulhas para a sua posição original. Esta operação é considerada a parte mais crítica do funcionamento de uma prensa-enfardadora, sendo levada a cabo num intervalo de tempo muito curto, enquanto o êmbolo se desloca

para frente. A quantidade de engrenagens, alavancas, molas e outros elementos envolvidos na operação do nosador torna-o o ponto fraco destas máquinas, necessitando, muitas vezes de assistência técnica especializada, treinada pelo fabricante. Recentemente, importadores de máquinas agrícolas vem oferecendo no mercado brasileiro modelos de prensas-enfardadoras de alta pressão, conhecidas como "Big-Baler" que produzem fardos prismáticos com dimensões de 120 cm x 90 cm x 230 cm, com densidade de 180 kgf/m³. Essas máquinas apresentam capacidade de enfardamento de forragem entre 2,0 e 3,0 hectares por hora e requerem potência de acionamento no motor do trator da ordem de 140 a 200 cv, dependendo do modelo da máquina e do material a ser enfardado. Os fardos produzidos pelas enfardadoras "Big-Baler" devem ser manuseados através de ferramentas especiais, operadas por meio de tratores e facilitam a mecanização do processo de transporte, armazenagem e alimentação dos animais. Os fardos produzidos pelas enfardadoras convencionais necessitam ser transportados o mais breve possível para um local de armazenamento, onde fiquem abrigados da chuva, sob pena do feno perder qualidade. O reumedecimento dos fardos no local de armazenamento pode causar fermentações e proliferação de microorganismos, levando a sua deterioração e até mesmo causando a autocombustão do feno.

- b) Rotoenfardadora ou enfardadora de fardos cilíndricos ou redondos: Estas máquinas facilitam a mecanização integral do processo de fenação, desde o corte da forragem até a distribuição do feno aos animais, o que não é plenamente atingido pelo sistema de transporte de feno com reboques autocarregadores e armazenamento a granel ou pelo enfardamento com a utilização de prensas-enfardadoras. Além disso as enfardadoras de fardos cilíndricos oportunizam uma redução no tempo da operação de enfardamento de 25 a 50 % em relação às prensas-enfardadoras, podendo-se recolher os fardos produzidos até duas ou três semanas após o enfardamento, sem prejuízo para a qualidade da forragem armazenada. As rotoenfardadoras são tracionadas

pela barra de tração e acionadas pela tdp do trator e possuem menor número de mecanismos do que as enfardadoras convencionais, sendo a sua manutenção também mais simples. O mecanismo recolhedor de feno é semelhante ao das enfardadoras convencionais, constituído por um molinete com dedos retráteis, apoiado sobre rodas calibradoras. Para um adequado funcionamento das enfardadoras cilíndricas (alimentação uniforme e formação de fardos aproximadamente cilíndricos) é necessário que as leiras de feno apresentem a mesma largura do mecanismo recolhedor (varia entre 1,20 e 1,80m). Pela ação do mecanismo recolhedor, o feno é deslocado do solo até o mecanismo transportador inferior, onde a camada de forragem é encaminhada até o transportador superior, que apresenta sentido de giro oposto e tem a função de enrolar a camada, como se fosse um tapete. Nas enfardadoras de câmara variável (Figura 12), o transportador superior é composto por uma série de correias planas paralelas ou por um par de correntes interligadas por barras tubulares muito próximas umas das outras, tensionadas por molas que se situam nas paredes laterais da máquina.

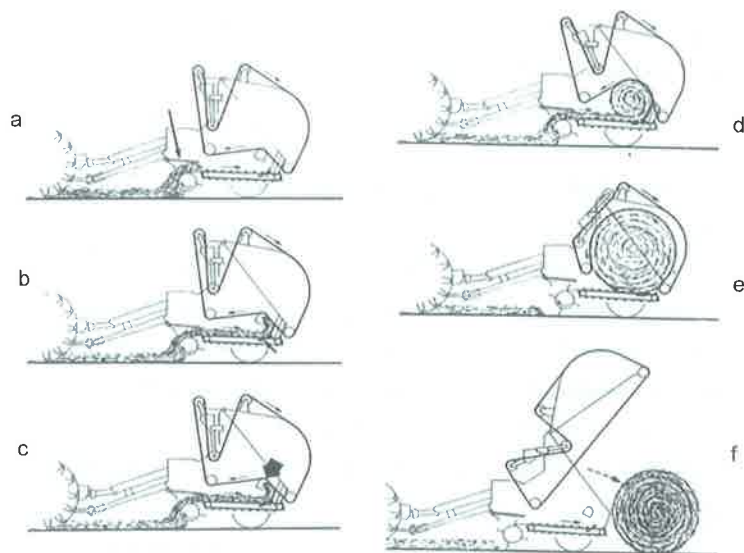


Figura 12 - Rotoenfardadora de câmara variável.

FONTE: ORTIZ-CAÑAVATE, 1984.

À medida que o fardo vai sendo enrolado, aumenta a tensão das correias ou das correntes com barras transversais sobre a forragem, até que o diâmetro do fardo alcance o tamanho máximo possível, o que é indicado por uma seta que aponta para uma marca em um quadrante. Neste momento, o operador deve parar o trator e proceder ao amarrio do fardo. Nas enfardadoras de câmara fixa, a forragem é transportada para o interior de uma câmara circundada por cilindros ou rolos com diâmetro aproximado de 25 cm. Estes cilindros giram sobre seus próprios eixos, fazendo com que a massa de feno adquira um movimento rotativo no interior da câmara. À medida que aumenta o volume de feno no interior da câmara, o formato vai se aproximando do cilíndrico, sendo que as camadas externas apresentam-se mais adensadas do que as internas. Quando a pressão dos cilindros sobre o fardo atinge um nível definido como adequado através da regulagem da máquina, esta dispara um alarme alertando o operador para a necessidade de parar o trator e proceder ao amarrio do fardo. Para ambos os modelos de máquinas, o amarrio do fardo requer que o trator pare e a tdp continue funcionando a 540 rpm. Através de um cordão ou de uma alavanca, o operador do trator comanda o deslocamento de um fio de sisal que é enrolado ao longo do fardo inteiro e posteriormente cortado com o auxílio de uma navalha apropriada. Como alternativa ao fio de sisal, existe uma tela de material sintético, que envolve e dá firmeza ao fardo e ajuda a proteger contra a umidade do ambiente. Para extrair o fardo do interior da máquina, há necessidade de desligar a tdp do trator e acionar os cilindros hidráulicos de controle remoto que elevam uma espécie de comporta até que a abertura seja suficiente para dar passagem ao fardo, que é deslocado para fora da máquina através do transportador inferior, tão logo a tdp seja acionada novamente. Os fardos cilíndricos pesam de 400 a 700 kg, quando são de feno e de 250 a 400 kg quando são de palha e o seu manuseio e transporte requer ferramentas especiais (espécie de garfos) montadas ao trator. Para armazenar fardos cilíndricos no campo durante alguns meses, convém impermeabilizá-los enrolando-os com um filme plástico. Para

esta finalidade, existem máquinas que apanham os fardos cilíndricos, depositando-os sobre uma plataforma rotativa, envolvendo-os com algumas camadas de plástico e depositando-os novamente sobre o solo. Enfardando forragem com teor de umidade adequado, este processo também possibilita utilizar os fardos cilíndricos para produzir e armazenar silagem no campo.

Ainda, no mercado brasileiro de máquinas agrícolas é oferecida uma rotoenfardadora que produz fardos cilíndricos com dimensões pequenas (0,60 m x 0,65 m) e peso de 20 a 35 kg, própria para pequenos estabelecimentos. Segundo informações do fabricante, esta máquina requer potência de acionamento mínima de 11 kW e os fardos são enrolados por meio de um sistema atador, com o auxílio de uma tela (rede).

- c) **Empastilhadoras:** São máquinas móveis ou estacionárias, que prensam o feno através de mecanismos de alta pressão (semelhantes a extrusoras), que podem ser pistões, roscas sem-fim ou prensas cilíndricas (rotativas). O processo de empastilhamento permite adicionar à forragem os elementos necessários que tornem as pastilhas uma ração completa. Na Figura 13 visualiza-se um esquema de uma empastilhadora autoprelida, com extrusora rotativa. A forragem seca (umidade inferior a 12%), geralmente alfafa, deve estar enleirada, para ser recolhida por uma correia recolhedora, sobre a qual recebe jatos de pulverização com a finalidade de obter um melhor efeito de liga. Na sequência, o feno é prensado por meio de rolos e picado por um mecanismo picador. O feno picado é forçado para o interior da prensa cilíndrica, onde as pastilhas são formadas, com densidade de 700 a 900 kg/m³ e umidade entre 12 e 15%. Através de uma correia transportadora, as pastilhas são transferidas para um reboque basculante, tracionado pela própria empastilhadora. As pastilhas são armazenadas a granel, apresentam densidade de 400 a 500 kg/m³ e o seu manuseio é mais prático e econômico do que do feno (ORTIZ-CAÑAVATE, 1984). A viabilidade de uma empastilhadora depende de um elevado uso anual

(acima de 2000 h) e da ocorrência de condições climáticas favoráveis para a produção da forragem e especialmente a sua secagem (normalmente isso significa clima quente e seco e cultura forrageira irrigada).

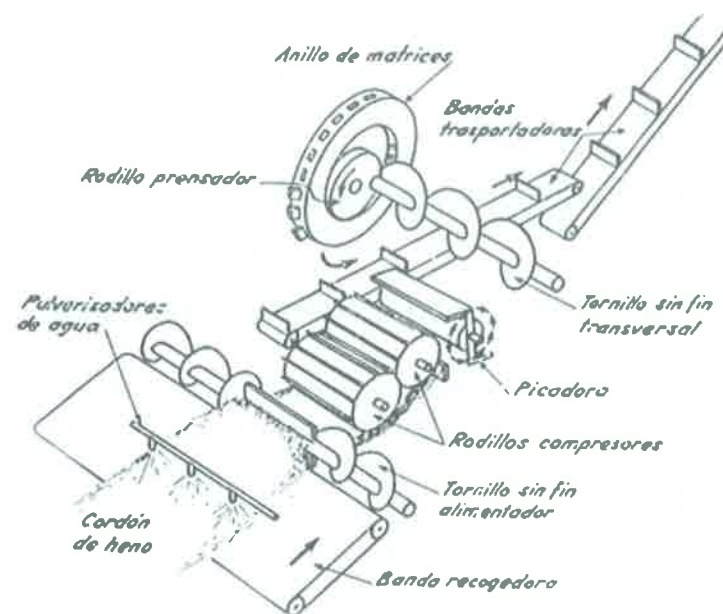


Figura 13 - Empastilhadora de feno.

FONTE: ORTIZ-CAÑAVATE, 1984.

Os cuidados de manutenção requeridos pelas enfardadoras são mais complexos do que aqueles destinados às demais máquinas componentes de um conjunto de fenação. De modo particular, as prensas-enfardadoras apresentam um maior número de itens a serem observados. Nestas máquinas deve-se lubrificar pinos e articulações, observar o nível e trocar periodicamente o óleo lubrificante da caixa de transmissão, verificar e ajustar a tensão de correias e correntes, calibrar os pneus e ajustar as folgas dos componentes do nosador, sendo esta última uma atividade restrita a técnicos treinados pelas próprias indústrias das máquinas. Para as rotoenfardadoras, valem os mesmos

cuidados que para as anteriores, porém não se aplicam os ajustes das folgas do nosador, mecanismo inexistente nestas máquinas, tornando a sua manutenção bem mais simplificada. As empastilhadoras são máquinas de grande porte, que apresentam uma série de mecanismos interligados e sincronizados. Isto requer cuidados de manutenção periódica como lubrificação, ajustes de folgas, afiação de elementos cortantes, verificação do nível e troca do óleo lubrificante, tensionamento de correias, além de toda a manutenção do motor dos rodados, do sistema de transmissão e do sistema hidráulico

3. MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS PARA ENSILAGEM

O processo da ensilagem utiliza forragem proveniente do campo, com teor de água adequado (30 a 35% de matéria seca) e em condições de ser submetida à compactação no interior de silos até alcançar aproximadamente 650 kg/m³. O produto da ensilagem é a silagem, alimento succulento para ruminantes, originado da fermentação láctica da forragem, apresentando pH em torno de 4,0. A eficiência do processo fermentativo depende do grau de picagem das plantas, da exaustão do ar (retirada de oxigênio) do interior do silo, da vedação das superfícies, dos teores de carboidratos e de matéria seca e do poder tampão das plantas que serão ensiladas (TOSI, 1973). Este autor relata que para ensilar plantas forrageiras como gramíneas e alfafa, o seu teor de matéria a seca deve ser elevado a níveis entre 32 e 35%, através do corte e do murchamento prévio a ensilagem. O autor destaca ainda, que a ensilagem de forrageiras com teor de matéria seca acima de 35% dificulta a compactação no interior dos silos, possibilitando o aquecimento, a formação de mofos e a deterioração da forragem. Por outro lado, quando as plantas ensiladas são excessivamente aquosas, ocorrem elevados níveis de perdas de nutrientes por lixiviação e o ambiente torna-se favorável à fermentação butírica, perniciosa para a conservação da silagem.

O tamanho dos fragmentos da forragem é um aspecto relevante para acelerar a fermentação láctica e facilitar a retirada do ar do interior

dos silos. KRUG et al. (1980) recomendam que forragens como o milho devem ser fragmentadas em pedaços com dimensões entre 5 e 10 mm, para favorecer a compactação dentro dos silos e a ruminação dos animais. Na Tabela 3 são apresentadas algumas relações entre o tamanho das partículas e seu teor de matéria seca.

Tabela 3 - Relações entre o tamanho das partículas e o conteúdo de matéria seca do material a ser ensilado.

Matéria seca (%)	Tamanho máximo das partículas (mm)
Abaixo de 20	200
20 - 25	130
25 - 30	80
Acima de 30	25

FONTE: Raymond et al., citado por PIZARRO, 1978

No Brasil, as culturas mais utilizadas para a produção de silagem são o milho e o sorgo forrageiro, em função das suas qualidades e das elevadas produções de massa por unidade de área cultivada que proporcionam. Em regiões como Campos Gerais, terceiro planalto e sudoeste do PR, norte do RS, meio oeste e oeste de SC, entre outras, a utilização de gramíneas e leguminosas de clima temperado (aveia, azevém, trevos, ervilhaca e alfafa), na forma de silagem pré-murchada (mais conhecida como pré-secada), vem contribuindo significativamente para fortalecer a integração lavoura-pecuária e a redução dos custos de produção da atividade leiteira.

Quando utilizados para ensilagem, o milho e o sorgo são cortados, picados e ensilados diretamente, enquanto que os processos de ensilagem de gramíneas e de leguminosas de clima temperado podem seguir diversos esquemas. Sem querer esgotar o assunto, apresentam-se duas possibilidades para produção de silagem a partir de gramíneas e leguminosas de clima temperado:

- a) Efetuar o corte, a picagem e a ensilagem direta, no momento em que

o acúmulo de matéria seca por unidade de área estiver próximo do máximo e o teor de matéria seca das plantas entre 20 e 30%. Neste caso, o elevado conteúdo de água do material a ser ensilado pode comprometer a qualidade da silagem (drenagem de nutrientes e estímulo à fermentação butírica).

- b) Alternativamente, pode ser empregado o método indireto, que consta de corte, condicionamento (estímulo da perda de água), revolvimento, enleiramento, murchamento da forragem, recolhimento, picagem e ensilagem. Este processo denomina-se produção de silagem pré-murchada ou pré-secada e permite obter silagem de boa qualidade com 30 a 35% de matéria seca, ou até mais.

3.1 Máquinas para produção de silagem no sistema de corte direto

Neste caso são utilizadas máquinas denominadas colhedoras de forragem, que podem ser classificadas em corte simples, duplo corte ou repicadoras e colhedoras de precisão, de acordo com os seus principais órgãos ativos e com o seu funcionamento.

3.1.1 Colhedoras de forragem de corte simples ou rotor horizontal

São máquinas que realizam o corte, o picamento e o carregamento da forragem por meio de um rotor horizontal, disposto transversalmente (Figura 14), e foram desenvolvidas para colher plantas de porte baixo, talos finos e alta densidade populacional, como são as forrageiras de clima temperado. Sobre o rotor, cuja largura varia entre 1,10 m e 1,50 m e gira no sentido inverso das rodas de sustentação da máquina com velocidade de 800 a 1700 rpm, podem ser montados diferentes tipos de facas móveis. O tipo de faca mais utilizado nas colhedoras de corte simples é o denominado concha, que é apropriado para cortar, picar e impulsionar a forragem através do tubo de descarga.

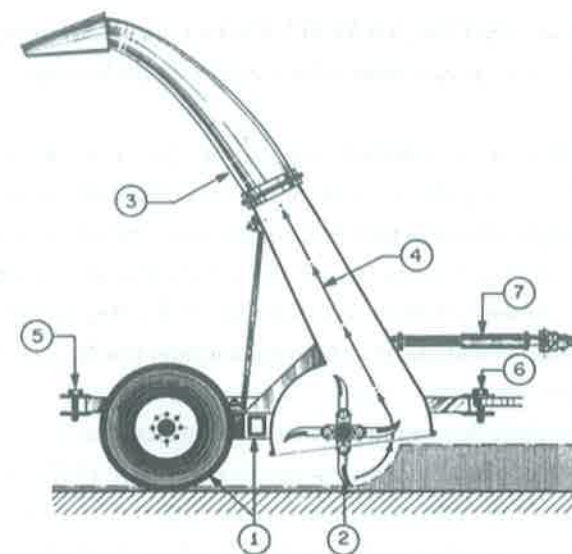


Figura 14 - Colhedora de forragem de rotor horizontal (corte simples).

FORTE: ORTIZ-CAÑAVATE, 1984.

Estas máquinas são tracionadas através da barra de tração do trator e acionadas pela tdp. A elevada velocidade tangencial das facas (3000 a 4500 m.min⁻¹), em combinação com a velocidade de deslocamento da máquina e a folga entre uma contra-faca fixa (régua) e as facas móveis, proporcionam o corte, a variação do tamanho dos fragmentos, assim como a sua impulsão através do tubo de condução. As facas móveis com formato de conchas ou semelhantes promovem uma circulação intensa de ar, importante na elevação do material picado até a carreta e para a colocação de plantas acamadas em posição de corte, reduzindo perdas (CANDELON, 1971).

A forragem colhida pode ser direcionada para trás ou para o lado esquerdo, de acordo com a necessidade, o que vai depender se o veículo de transporte do material estiver, respectivamente, acoplado na parte traseira da colhedora ou acompanhado a máquina pelo lado esquerdo. Além disso, a distância de arremesso do material pode ser controlada, através de um defletor montado no final da canaleta de descarga, cuja inclinação pode ser ajustada por meio de uma corda que fica ao alcance do operador do trator.

Conforme ORTIZ-CANAVATE, 1984 são utilizadas três regulagens básicas para alterar o comprimento das partículas obtidas com colhedoras de corte simples:

- A folga entre as facas móveis (que giram por ação do rotor) e as contra-facas fixas pode ser aumentada ou diminuída, ocasionando a produção de fragmentos mais longos ou mais curtos, respectivamente;
- A rotação do rotor porta-facas pode ser aumentada ou diminuída, reduzindo ou aumentando o comprimento dos fragmentos;
- A redução da velocidade de avanço da máquina resulta em fragmentos mais curtos e vice-versa.

A capacidade de produção dessas máquinas varia entre 5 e 15 t.h⁻¹, enquanto que a potência de acionamento fica entre 5 e 15 kW (6,8 a 20,4 cv), equivalendo a uma potência específica de 1,47 a 2,21 cv.h.t⁻¹ (CANDELON, 1971). Ainda, de acordo com KEPNER et al. (1972), para colher alfafa (15 t.h⁻¹), produzindo fragmentos com um comprimento médio de 75mm, este tipo de máquina exigiu uma potência específica de 0,95 kW.h.t⁻¹.

As vantagens deste modelo de colhedora de forragem residem na simplicidade, no baixo custo de aquisição e na polivalência, uma vez que podem ser utilizadas para outras operações, tais como corte e enleiramento de forragem para murchamento ou para feno, roçada, trituração de restos de culturas, eliminação da parte aérea de batatinha e beterraba, antes da colheita dos tubérculos e das raízes, ou até mesmo para o esparramamento de esterco distribuído no campo em leiras (CANDELON, 1971 e ORTIZ-CANAVATE, 1984).

Por outro lado, em termos de qualidade da forragem, as colhedoras de corte simples produzem fragmentos excessivamente dilacerados e com tamanho de 3 a 5 vezes maior que as colhedoras equipadas com discos ou cilindros picadores, o que pode causar dificuldades na compactação dos silos e representar riscos para a obtenção de silagem de boa qualidade. Deve-se levar em conta ainda, a inadequação destas máquinas para colher milho e sorgo forrageiros, uma vez que não fracionam suficientemente os colmos, além de perder muitos grãos e espigas, que correspondem de 50 a 60% do valor nutritivo de uma silagem de milho. Para o corte de forragens

de porte baixo, existe o inconveniente de que o mecanismo cortador com facas tipo conchas promove uma intensa sucção próxima à superfície do solo, contaminando a forragem colhida com terra e areia, o que deprecia o material como alimento animal (CANDELON, 1971 e ICMA s.d.).

3.1.2. Colhedoras de forragem de precisão (disco ou cilindro picador)

São máquinas destinadas ao corte, picamento e carregamento de diversas espécies de plantas forrageiras, como milho, sorgo, capim-elefante, alfafa, trevos e gramíneas diversas. Com algumas adaptações, podem ser utilizadas para recolher e picar forragens previamente ceifadas e submetidas ao murchamento, como é o caso do material destinado à produção de silagem pré-secada.

Em geral, são acopladas ao sistema de levante hidráulico de três pontos do trator (capacidade para colheita de uma a duas linhas de plantas ao mesmo tempo), porém podem ser tracionadas através da barra de tração do trator, quando apresentam capacidade para colher duas ou mais linhas. Também existem colhedoras de forragem autopropelidas, que podem colher três ou mais linhas de plantas de uma vez. Em todos os casos, estas colhedoras permitem o acoplamento de carretas (vagões) forrageiras na parte posterior de seu chassi.

A potência de acionamento é obtida do motor do trator, transmitida através da tdp e de uma árvore "cardan". A sua transmissão aos diversos órgãos ativos da colhedora é realizada por meio de correias, correntes, caixas de transmissão com engrenagens e, em algumas máquinas mais sofisticadas, com o auxílio de motores hidráulicos.

As colhedoras de forragem adequadas para milho, sorgo, capim-elefante e cana-de-açúcar possuem duas ou mais guias, que ficam posicionadas ao lado do rodado traseiro direito do trator e servem para orientar ou encaminhar os colmos a serem cortados até os mecanismos de corte e alimentação. Para assegurar uma alimentação constante da máquina e evitar sobrecargas (embuchamentos) as faces internas das guias podem estar

equipadas com mecanismos transportadores, comumente compostos por correntes, correias recolhedoras, ou fusos helicoidais, que se movimentam de modo a conduzir as plantas até os mecanismos de corte e alimentação (Figura 15). Os mecanismos responsáveis pelo corte das plantas já mencionadas, na base dos colmos, encontram-se na parte inferior das máquinas, nas proximidades dos pontos de fixação das guias ao chassi. No caso de recolhedoras de forragem pré-murchada, estes são substituídos por uma plataforma contendo um molinete recolhedor horizontal, denominado "pick-up". Os dedos retráteis do molinete "pick-up" giram em sentido inverso ao deslocamento da máquina e apanham a forragem previamente enleirada, por debaixo da leira, elevando-a até um transportador helicoidal ou caracol que, por sua vez, transporta o material até os mecanismos de alimentação.

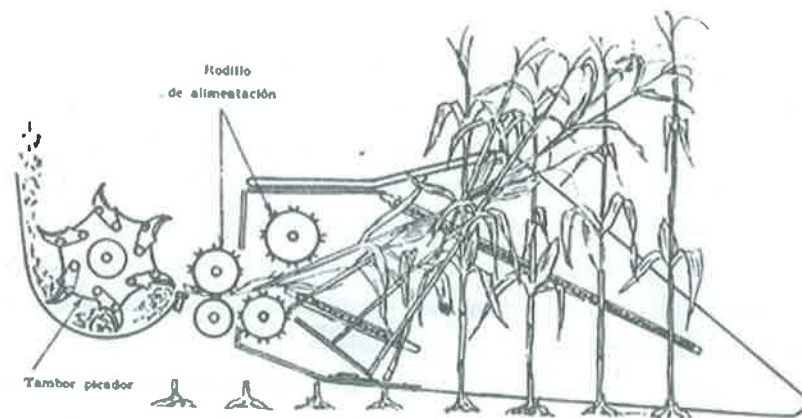


Figura 15 - Colhedora de forragem de precisão, com detalhes dos mecanismos de corte, alimentação e picamento da forragem.

FONTE: ORTIZ-CAÑAVATE, 1984.

Os mecanismos alimentadores possuem as funções de comprimir a forragem, auxiliar no apoio da mesma durante o picamento, controlar o tamanho dos fragmentos e evitar a sobrecarga dos mecanismos picadores, mantendo o volume de alimentação uniforme. São compostos por um ou dois pares de cilindros com superfícies lisas e dentadas, montados em

posição horizontal ou vertical. Para assegurar uma alimentação contínua, as velocidades periféricas de todos os rolos alimentadores devem ser exatamente iguais. Os rolos superiores podem ter eixos fixos ou flutuantes. Rolos flutuantes são pressionados por molas, o que possibilita a adaptação da máquina a diferentes tipos de forragens e taxas de alimentação. De acordo com KEPNER et al. (1972), a área de alimentação (produto da folga entre os rolos multiplicada pela largura útil dos mesmos), é um dos fatores limitantes da capacidade de produção deste tipo de colhedora de forragens. A variação da velocidade dos mecanismos alimentadores é o principal recurso para obter diferentes tamanhos de fragmentos da forragem picada. Para alterar a velocidade dos dispositivos de alimentação, utilizam-se engrenagens ou polias intercambiáveis, assim como polias variadoras de velocidades ou motores hidráulicos. Para evitar sobrecargas e danos ao mecanismo encarregado de picar a forragem, o mecanismo de alimentação dispõe de embreagens de segurança deslizantes ou pinos-fusíveis.

Os mecanismos picadores são os responsáveis pelo corte das forragens em fragmentos e, podem ser compostos por disco (volante picador) ou cilindro e por uma placa de cisalhamento (contra-faca fixa), conforme ilustra a Figura 16. O disco picador consiste de uma placa de aço reforçado. Com diâmetro de 700 a 1000 mm, sobre a qual são fixadas de duas a doze facas dispostas radialmente. Este, gira (velocidade entre 1000 e 4000 rpm) no interior de uma carcaça, com espessura de 150 a 200 mm, onde existe uma só saída (ORTIZ-CAÑAVATE, 1984). A placa de cisalhamento está montada na face inferior da "boca de alimentação" e serve de apoio ao material a ser cortado pelas facas montadas sobre o disco. Entre as facas e a placa de cisalhamento deve haver uma folga da espessura de uma folha de cartolina (BALASTREIRE, 1987). Além das facas, o disco suporta uma série de pás ou palhetas, que servem para impulsionar e "soprar" o material picado pelas facas do disco, através de um tubo de descarga (BEDUSCHI, et al. 1984). Por sua vez, o mecanismo de cilindro picador consiste em um eixo, com duas ou três flanges, onde se fixam de duas a oito facas, em posição tangencial ou radial. Para evitar picos de torque muito acentuados no eixo do cilindro, normalmente as facas são helicoidais ou inclinadas em

relação a este. Entre o gume cortante das facas e a placa de cisalhamento deve haver uma folga, apenas suficiente para evitar o atrito e o conseqüente desgaste prematuro das facas. O diâmetro dos cilindros varia de 400 a 700 mm e a sua largura fica entre 400 e 550 mm. De acordo com o desenho e o posicionamento das facas sobre as flanges do cilindro, este pode promover a impulsão da forragem picada através do tubo de descarga ou requerer um ventilador auxiliar para este fim. As facas com secção transversal curva (em forma de concha), ou de secção reta montadas radialmente sobre o cilindro dispensam o ventilador, enquanto que as de secção suavemente curvadas montadas tangencialmente ao cilindro não são capazes de impelir o material picado. A velocidade periférica dos cilindros picadores-impulsores é de 30 a 33 m.s⁻¹, enquanto que nos demais fica entre 18 e 24 m.s⁻¹.

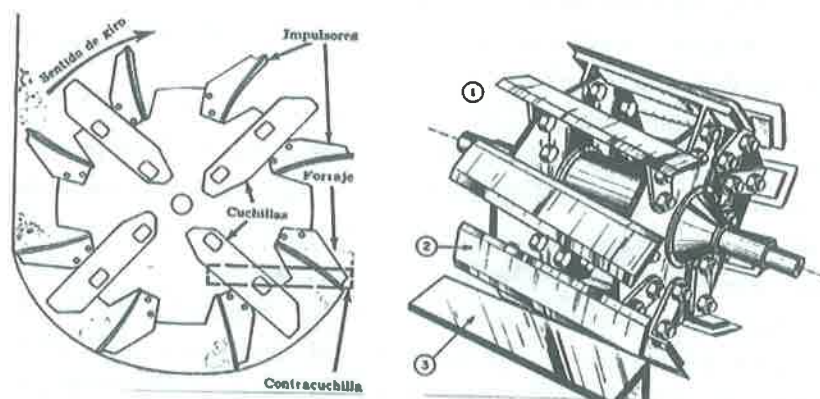


Figura 16 - Detalhes do mecanismo picador (A) com disco ou volante e (B) com cilindro.

FONTE: ORTIZ-CANAVATE, 1984 e BERLIJN et al., 1982.

Os principais fatores determinantes do tamanho dos fragmentos picados são as velocidades de alimentação e do mecanismo picador, o número de facas sobre o disco ou cilindro picador, a folga entre o gume cortante das facas e a placa de cisalhamento, o nível de desgaste destas, o estado de afiamento das facas (fio) e as características das plantas forrageiras que serão colhidas. As colhedoras de forragem de discos e de cilindros apresentam uma pedra de esmeril embutida, cuja função é de afiar as facas,

quando necessário. Após cada afiação, deve-se corrigir a folga entre as facas montadas nos discos ou nos cilindros picadores e a placa de cisalhamento.

O comprimento teórico dos fragmentos é dado pelo avanço dos mecanismos de alimentação, durante o tempo decorrido entre a passagem de duas facas consecutivas, em relação a placa de cisalhamento.

Após o picamento, a forragem deve ser impulsionada com força suficiente para alcançar a altura necessária ao carregamento de carretas, vagões forrageiros ou caminhões, através de um conduto vertical com extremidade curvada, á semelhança de um "pescoço de cisne", denominado tubo de descarga (ORTIZ-CANAVATE, 1984). A parte inferior do tubo vertical é fixa e a superior é móvel, permitindo que o tubo de descarga possa ser direcionado para a esquerda, para a direita ou para trás (ângulo de giro de aproximadamente 180 graus) e possui, na sua extremidade, um defletor (leme) destinado a distribuir adequadamente a forragem picada sobre um veículo que acompanha a colhedora na operação de colheita. A orientação do tubo de descarga e do defletor pode ser feita manualmente, por meio de alavancas e (ou) cordas, a partir do assento do tratorista, ou com o auxílio de cilindros hidráulicos de controle remoto, assim como através de dispositivos elétricos controlados a distância.

A capacidade de produção das colhedoras de forragem pode ser limitada, principalmente pelos mecanismos de alimentação, pela potência disponível na tomada de potência do trator e pela habilidade dos mecanismos picadores e impulsores em processar e transportar a forragem. Neste sentido, observa-se que colhedoras com capacidade para cortar uma só fileira de plantas, processam em torno de 25 até 50 toneladas por hora, colhendo em torno de meio até um hectare por hora. Por outro lado,

As principais vantagens das colhedoras de forragem de discos ou de cilindros picadores são a produção de fragmentos menores, a menor demanda de potência específica, a ausência de terra e areia na forragem e a elevada eficiência na colheita de silagem de milho. Como inconvenientes constam o elevado custo de aquisição, a maior exigência de manutenção e, na maioria dos casos, a falta de polivalência (ORTIZ-CANAVATE, 1984).

3.1.3 Colhedoras de forragem de duplo corte (repicadoras)

São máquinas tracionadas, constituídas pela associação de um rotor horizontal (semelhante ao utilizado nas colhedoras de corte simples) com um mecanismo picador (agora denominado repicador), de discos ou de cilindros, destinadas ao corte direto de forrageiras de porte baixo ou ao recolhimento de forragem pré-murchada. Preferencialmente, o rotor horizontal deste tipo de máquina deve ser equipado com facas em forma de "S". Neste caso, não é usada contra-faca fixa junto ao rotor horizontal, cujas funções são: cortar as plantas forrageiras e encaminhá-las até um transportador helicoidal que, por sua vez, alimenta o dispositivo repicador (CANDELON, 1971). O transportador helicoidal (sem-fim de alimentação) está disposto paralelamente ao rotor de corte, na parte superior traseira e gira no interior de uma calha, onde recebe a forragem cortada proveniente do rotor. Ao girar, o sem-fim desloca a forragem cortada, introduzindo-a no mecanismo repicador, onde o disco ou o cilindro picador produz fragmentos de tamanho variável, impulsionando-os para cima de um veículo de transporte, através de um tubo de descarga ajustável (Figura 17).

As vantagens e os inconvenientes das colhedoras de forragem de duplo corte são intermediárias aos dois tipos anteriores. Como vantagem, o comprimento dos fragmentos é regulável entre 10 e 100 mm e as facas em formato de "S" não promovem aspiração de poeiras, terra e outras impurezas, e a polivalência pode ser maior do que nas colhedoras de discos ou cilindros picadores. Quanto à colheita de milho, as desvantagens persistem de modo semelhante à máquina de corte simples, pois apesar de uma melhor fragmentação dos colmos recolhidos, o recolhimento de espigas continua sendo deficiente. Este inconveniente pode ser contornado através da adaptação de dispositivos especiais (chapas) para colher milho, porém isso eleva o custo da máquina ao nível dos equipamentos mais apropriados para esta cultura, sem a correspondente equivalência na qualidade da forragem picada (CANDELON, 1971). Por este motivo a utilização das colhedoras de forragem de duplo corte tem sido mais direcionado para a colheita de plantas forrageiras com estatura não muito acima de 1,00m a 1,25 m.

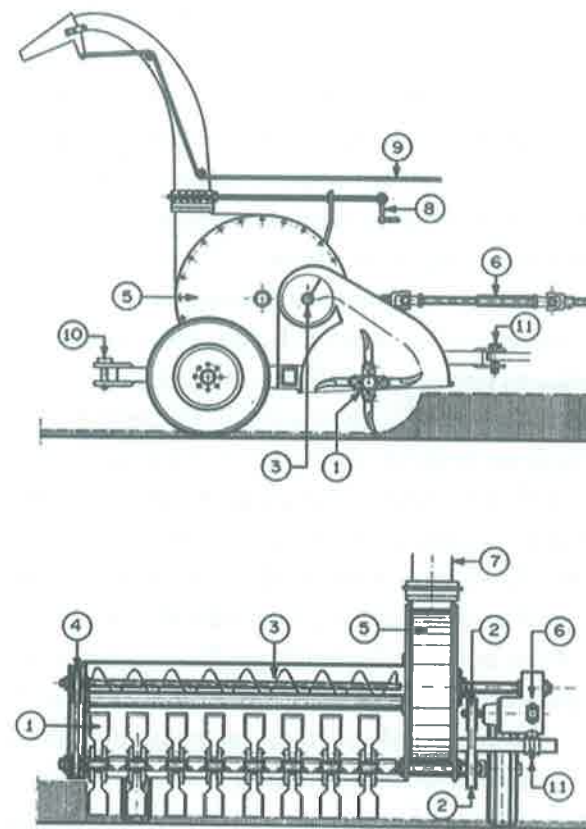


Figura 17 - Colhedora de duplo corte ou repicadora.

FONTE: ORTIZ-CANAVATE, 1984 e BERLIJN et al., 1984.

As regulagens deste modelo de colhedora de forragem recaem sobre a altura de corte e o tamanho dos fragmentos. A primeira é alterada variando-se a posição das rodas em relação ao chassi, através de uma luva telescópica semelhante ao braço do terceiro ponto do levante hidráulico do trator, que fica entre a barra de tiro e o chassi da colhedora. Para modificar o comprimento dos fragmentos, são utilizados os mesmos princípios já descritos no item 3.1.2. (colhedoras de precisão), embora não seja possível obter cortes tão curtos e uniformes como naquelas máquinas.

3.2 Máquinas para produção de silagem pré-murchada ou pré-secada

Para esta modalidade de silagem, utilizam-se algumas das máquinas já descritas para o processo da fenação, além de uma máquina para recolher e cortar a forragem. O corte da forragem é realizado por meio de segadoras ou de segadoras-condicionadoras, sendo que estas últimas proporcionam um menor tempo entre o corte e o recolhimento da forragem (maior velocidade de perda de água). O revolvimento é realizado com o auxílio de ancinhos mecânicos e também acelera a perda de água pela forragem cortada. Para enleirar a forragem, também são utilizados ancinhos mecânicos. O recolhimento e o corte da forragem em fragmentos de tamanho adequado para a ensilagem pode ser realizado com diversas máquinas. As colhedoras de forragem de rotor horizontal (corte simples) e as repicadoras podem recolher e picar a forragem, porém não apresentam uniformidade no tamanho dos fragmentos. As colhedoras de forragem de precisão oferecem um corte mais curto e mais uniforme, porém necessitam da adaptação de um cabeçote equipado com um molinete "pick-up" recolhedor. Outra alternativa que está em uso pelos produtores da região dos Campos Gerais do Paraná são as carretas recolhedoras-picadoras. Estas máquinas utilizam um molinete pick-up para levantar a leira de forragem pré-murchada até um sistema de corte semelhante aos picadores de palhas utilizados em colhedoras de grãos. Este sistema consta de um conjunto de facas fixas, entre as quais movimenta-se um conjunto de facas móveis, presas a um rotor. A forragem que é encaminhada para dentro da carreta obrigatoriamente passa entre estes dois conjuntos de facas, resultando em fragmentos de tamanho variável, com média de 10 a 12 cm de comprimento. O enchimento da carreta ocorre de baixo para cima e após carregada, a própria carreta serve para transportar a forragem até o silo. A descarga da forragem a ser ensilada é realizada por meio de uma esteira que se encontra no fundo do depósito da forragem da recolhedor-picadora.

3.3 Colhedoras de forragem autopropelidas

Para a colheita de forragens em grandes áreas, em tempo limitado, vem sendo colocadas no mercado colhedoras de forragem autopropelidas, também conhecidas por automotrizas (Figura 18). No Brasil existem poucos fabricantes, sendo a maioria das máquinas de grande porte importadas da Europa ou dos Estados Unidos da América do Norte. Estas máquinas apresentam capacidade para colher de 100 até 200 t/h ou mais de forragem e a potência dos seus motores pode variar entre 240 e 700 até 800 cv ou mais. É comum encontrar avançados sistemas de automação, bem como sistemas de mapeamento de produção de forragem nesta categoria de máquinas. Devido à sua elevada capacidade de produção, normalmente estas máquinas são acompanhadas por carretas forrageiras (vagões) de grande capacidade volumétrica ou por caminhões equipados com carroceria basculante, que agilizam o transporte e a descarga da forragem picada nos silos. As colhedoras automotrizas utilizam mecanismos de corte e alimentação rotativos (Figura 18), que permitem a condução da máquina em qualquer direção, não sendo necessário acompanhar as linhas de plantio das culturas. Isso aumenta ainda mais a capacidade destas máquinas, pois reduz as necessidades de manobras de cabeceiras e aumenta o tempo útil das colhedoras no campo. Via-de-regra, as colhedoras de forragem automotrizas utilizam mecanismos de cilindros picadores, de precisão, podendo em alguns modelos o comprimento dos fragmentos produzidos ser ajustado em operação, a partir da cabina do operador.

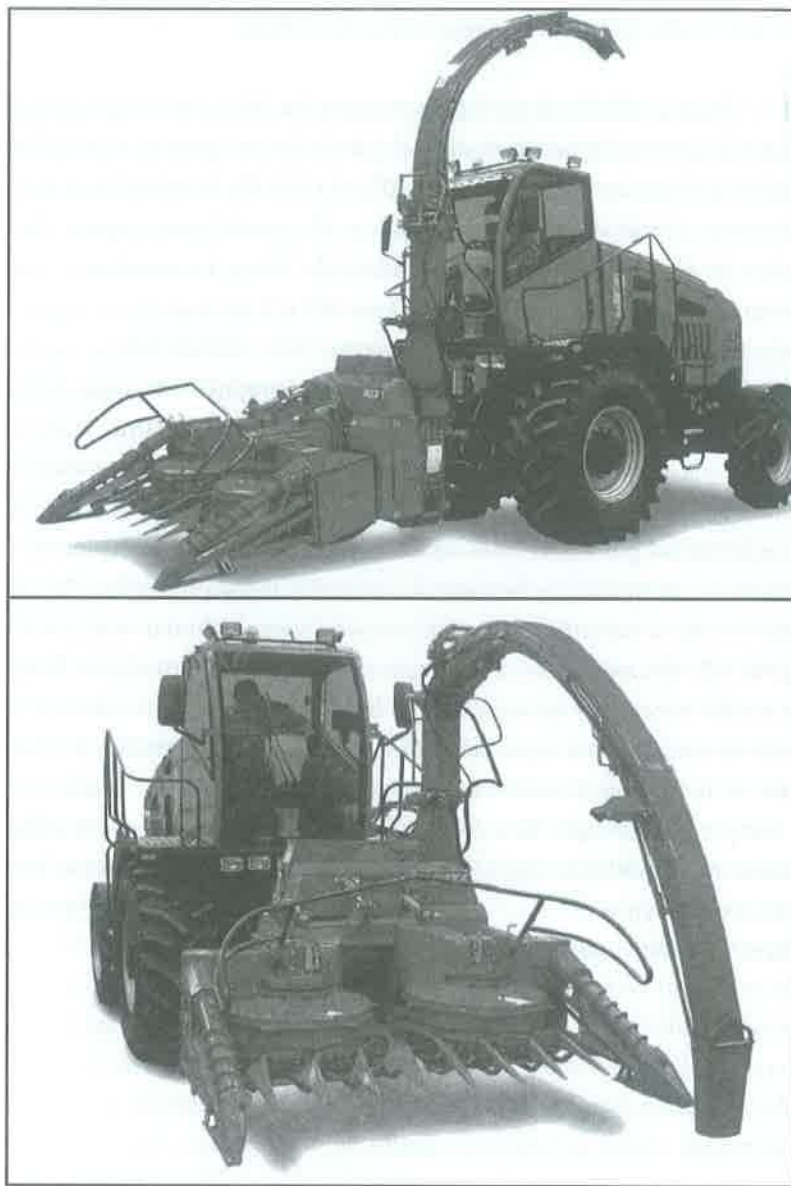


Figura 18 - Vistas lateral e frontal de uma colhedora de forragem automotriz de fabricação nacional. Observe-se os mecanismos de corte e alimentação em destaque na imagem com vista frontal.

FONTE: <http://www.ipacol.com.br/cfa2000.php>

Como alternativa às colhedoras automotrizas importadas, no Sul do Brasil, encontram-se máquinas adaptadas, à partir de colhedoras de grãos em desuso. Estas máquinas operam com motores na faixa de 140 a 200 cv ou mais e produzem de 30 a 60 t/h de silagem de milho, de forrageiras de inverno assim como de silagem pré-murchada (pré-secada). Devido à utilização de parte da estrutura e dos mecanismos das colhedoras de grãos, estas máquinas chegam ao mercado com preço mais acessível do que as colhedoras importadas.

3.4 Resultados de ensaios de colhedoras de forragem

SILVEIRA (1994) relata que os ensaios são constatações práticas das características técnicas e operacionais das máquinas agrícolas e tem por objetivo fornecer informações precisas sobre as características técnicas e do desempenho de cada máquina, de forma ordenada, através de relatórios.

Os livros didáticos clássicos sobre máquinas agrícolas citam alguns resultados de ensaios de colhedoras de forragem. Outra fonte de informações sobre o mesmo tema são periódicos especializados e relatórios de centros de ensaios de máquinas agrícolas.

De acordo com CANDELON (1971), a potência de acionamento de colhedoras de forragem de corte simples (rotor horizontal) variou entre 30 e 37 kW (40 e 50 cv), para uma capacidade de produção entre 5 e 15 t.h⁻¹, o que corresponde a uma potência específica de 2 a 3 cv.h.t⁻¹. Por sua vez, KEPNER et al. (1972), observaram uma necessidade de 1,3 hp.h.t⁻¹ de alfafa colhida com o mesmo tipo de equipamento e produzindo 15 t.h⁻¹ de fragmentos de comprimento médio de 75 mm. Ensaio realizado no CEMA (Centro de Ensaio de Máquinas Agrícolas da Universidade Federal de Pelotas) revelou que uma colhedora de corte simples produziu fragmentos de milho, cana-de-açúcar e capim-elefante com tamanho médio entre 120 e 190 mm, conforme a regulagem da folga entre as facas móveis e a contra-faca fixa. Neste ensaio também foi verificado que o teor de areia médio nas forragens colhidas variou entre 1,0 e 3,5%.

Para colhedoras de discos e de cilindros picadores, CANDELON

(1971) menciona a necessidade de 1,0 a 1,5 cv.t.h⁻¹ de forragem picada. STRASSER (1982) afirma que a potência de acionamento é inversamente proporcional ao comprimento do corte desejado e que praticamente não difere entre mecanismos de discos e de cilindros picadores. Em 1984, STRASSER (FAT - Suíça) comparou dez modelos de colhedoras de forragem de precisão, para uma linha de milho, colhendo a cultura com 30% de matéria seca e produzindo fragmentos de 4,1 a 5,8 mm de comprimento médio. Quando a taxa de alimentação foi de 15 t.h⁻¹, a potência de acionamento variou entre 23 e 31 kW (31 e 42 cv), e a 20 t.h⁻¹ oscilou de 29 a 39 kW (39 a 53 cv). Estes resultados equivalem, respectivamente, a potências específicas de 2,0 a 2,8 e 1,9 a 2,6 cv.h.t⁻¹ ou 1,53 a 2,06 e 1,45 a 1,95 kW.h.t⁻¹.

Para determinar a máxima capacidade de produção das dez máquinas acima citadas, STRASSER (1984) utilizou um trator com potência de 68 kW (93 cv) na tdp, aumentando progressivamente a sua velocidade de deslocamento até ocorrer o embuchamento das colhedoras. O pesquisador observou que, na maioria das máquinas, o ponto limitante foi o mecanismo de alimentação, sendo que em três modelos a potência na tdp do trator foi insuficiente para atingir a sobrecarga. Estas três colhedoras atingiram níveis de produção de 35 t.h⁻¹, enquanto que as demais ficaram entre 24 e 29 t.h⁻¹. Os níveis de ruído detectados na posição do ouvido do operador do trator, foram de 97 a 102 dB(A), o que classifica a operação com uma das mais ruidosas e requer como medida de proteção à saúde do operador o uso de protetores auriculares.

Comparando cinco modelos de colhedoras de forragem tratorizadas, para duas linhas de milho, STRASSER (1986) observou que as potências de acionamento ficaram entre 34 e 53 kW (46 e 72 cv). Neste ensaio, a produção das máquinas foi de 25 t.h⁻¹ de forragem picada de milho, com 35% de matéria seca e o comprimento médio dos fragmentos variou entre 3,0 e 5,7 mm. A combinação destes resultados mostra que a potência específica requerida por estas colhedoras variou de 1,8 a 2,9 cv.h.t⁻¹ ou 1,36 a 2,12 kW.h.t⁻¹. As mesmas máquinas, quando equipadas com plataformas "pick-up" para recolhimento de gramíneas previamente ceifadas e murchadas (25 a 50% de matéria seca), exigiram de 38 a 69 kW (52 a 94 cv), para reduzir

7 t.h⁻¹ de matéria seca em fragmentos que mediram entre 5,7 e 16,8 mm de comprimento. Constata-se deste modo, que a potência específica variou de 7,4 a 13,4 cv.h.t⁻¹ ou de 5,43 a 9,86 kW.h.t⁻¹ de matéria seca processada.

Para colher uma mistura de plantas de trevo vermelho e azevém, a uma taxa de alimentação de 15 t.h⁻¹, KEPNER et al. (1972), constataram que a potência de acionamento específica requerida por uma colhedora de duplo corte foi de 2,1 hp.h.t⁻¹, enquanto que para colher gramíneas e misturas destas com alfafa, foram necessárias potências específicas de 2,5 a 4,2 hp.h.t⁻¹, respectivamente.

BEDUSCHI & ANDRADE (s.d.) avaliaram as características operacionais de uma colhedora de forragem na colheita de uma linha de milho, cuja produtividade de forragem foi de 31, 46 t.ha⁻¹. Nestas condições, a máquina acionada por um trator com potência de 70 cv no motor, apresentou uma capacidade de campo operacional de 0,183 ha.h⁻¹. Em relação a capacidade de produção, estes autores verificaram que o conjunto apresentou uma capacidade de produção operacional de 5,76 t.h⁻¹, enquanto que o rendimento de campo efetivo (tempo útil / tempo total no campo) foi de 74,69%.

Um ensaio com sete colhedoras de forragem autopropelidas e duas tracionadas, realizado na DLG (órgão oficial de pesquisa agropecuária da Alemanha), mostrou que as autopropelidas apresentavam potência no motor, variando entre 157 e 260 kW (214 a 355 cv), enquanto que a potência dos motores dos tratores que acionaram as colhedoras tracionadas foi de 95 e 132 kW (129 e 180 cv). As máquinas produziram, entre 12,8 e 35,2 t de matéria seca de milho/h, quando este apresentava um teor de matéria seca de aproximadamente 42%. Todas as máquinas ensaiadas apresentaram um desempenho considerado muito bom, de acordo com os critérios adotados pela DLG.

Observa-se, portanto, que os resultados sobre o desempenho de colhedoras de forragens encontrados na literatura apresentam uma larga faixa de variação. Estas informações são de grande utilidade para o planejamento das operações de colheita mecanizada de forragens, assim como para os fabricantes das colhedoras de forragem, que deverão procurar um

contínuo aperfeiçoamento dos seus produtos, buscando alcançar níveis satisfatórios de eficiência técnica, econômica e energética.

3.5 Máquinas e equipamentos para desensilar, misturar e distribuir silagem

Após um tempo mínimo de 21 dias de fermentação anaeróbica, no interior dos silos, a silagem está pronta para ser servida aos animais. A retirada da silagem do interior dos silos denomina-se desensilagem e os equipamentos utilizados vão depender do tipo de silo. Para silos verticais, existem sistemas de descarga inferior e descarga superior (retirada das camadas de cima para baixo), em geral constituídos por roscas sem-fim e outros tipos de transportadores que retiram gradativamente pequenas camadas de forragem ao redor do silo.

Nos silos horizontais, a desensilagem pode ser realizada manualmente, com o auxílio de garfos ou forcados, pás de corte e outros instrumentos cortantes. Neste caso, a silagem costuma ser transportada até os cochos, onde será oferecida aos animais, com o auxílio de carrinhos de mão ou de carrinhos de quatro rodas de fabricação caseira. Para a desensilagem mecanizada, existem diversos equipamentos no mercado. Uma das alternativas, para silos horizontais, consiste em uma espécie de rotor horizontal acionado pela tdp de um trator, combinado com um depósito acoplado aos braços do sistema de levante hidráulico de três pontos. Este rotor gira e desloca-se de cima abaixo, de modo a "desgastar" uma camada do silo e deslocá-la para dentro do depósito de silagem (Figura 19). No interior deste depósito, encontra-se um misturador que permite adicionar complementos à silagem, com a finalidade de obter uma ração balanceada ou adequada às necessidades dos animais que deverão consumi-la. No fundo do depósito, encontra-se uma rosca sem-fim, cuja finalidade é promover a descarga da silagem para dentro do cocho, enquanto que o conjunto trator/desensiladora se desloca ao longo deste. O mercado também oferece diversos modelos de desensiladoras/misturadoras tracionadas, com capacidade maior do que as montadas aos três pontos e até mesmo algumas autopropelidas, de grande

capacidade que dispensam o uso de um trator.

Outra versão de desensiladora tratorizada é apresentada na Figura 20, onde um rotor desensila a forragem, que cai sobre uma correia transportadora, a qual por sua vez transporta a silagem para uma carreta forrageira, que pode ser misturadora ou não.



Figura 19 – Desensiladora/misturadora acoplada ao sistema de levante hidráulico de três pontos de um trator em ação.

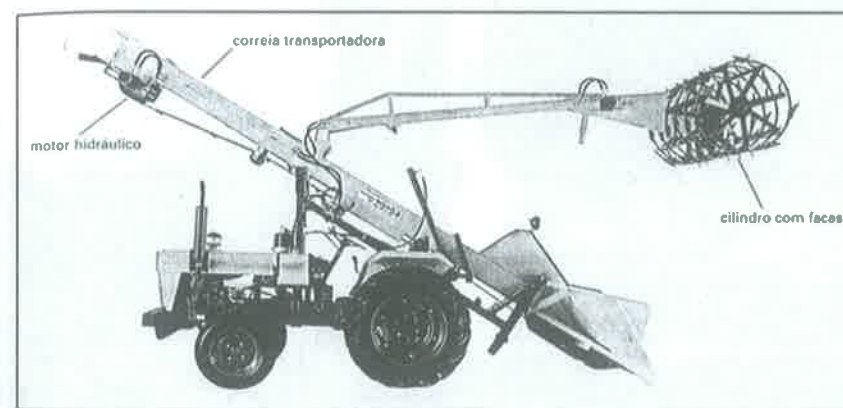


Figura 20 – Desensiladora/misturadora acoplada ao sistema de levante hidráulico de três pontos de um trator em ação.

Outra classe de máquinas interessantes para estabelecimentos que atuam com pecuária intensiva são as carretas misturadoras e distribuidoras

de silagem, que podem ser encontradas com diferentes capacidades de carga. O mercado brasileiro oferece carretas misturadoras/distribuidoras de silagem, tratorizadas ou montadas em chassi de caminhão (Figura 21), com possibilidade de acoplamento de balanças eletrônicas, facilitando aos usuários a formulação de rações adequadas a cada tipo de rebanho. Estas homogeneizam a forragem em aproximadamente três minutos e dispõem de uma esteira para descarga lateral, ao longo de cochos. Existem ainda, dispositivos acoplados ao trator, que permitem cortar blocos de silagem e transportá-los até o local onde serão consumidos pelos animais. Enfim, a mecanização da produção de silagem pode ser parcial ou total, desde a colheita das plantas forrageiras até o fornecimento do alimento aos animais, dependendo das dimensões do estabelecimento.



Figura 21 – Misturadora/distribuidora de silagem montada em chassi de caminhão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALASTREIRE, L. A. Colheita. In: ____ . **Máquinas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1987. p.300-304.
- BEDUSCHI, L. C., COAN, O., ORTOLANI, A. F. Máquinas para ensilagem. **A Granja**, Porto Alegre, v.40, n.437, p.52-55, 1984.
- BEDUSCHI, L. C., ANDRADE, P. **Avaliação das características de uma colhedora de forragem**. Jaboticabal: FCAVJ - UNESP, s.d. 20p. (Datilografado)
- BERLIJN, J. D., RIJK, P. M., PEÑALOZA, I. De la R., et al. **Cosechadoras de forrajes**. México: Trillas, 1982. 88p.
- BOLLER, W. Máquinas para a colheita e conservação de forragens. In.: FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S. **Forrageiras para integração lavoura-pecuária-floresta na região sul-brasileira**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2012. P. 367-434.
- CANDELON, P. **Las maquinas agrícolas**. Madrid: Mundi-Prensa, 1971. p.392-411.
- CEMA – Centro de ensaios de máquinas agrícolas. Síntese do relatório de ensaio da colhedora de forragem Geva 2000. Pelotas, UFPel, s.d.
- ICMA – Indústria e Comércio de Máquinas Agrícolas Campinas Ltda. **Manual do operador**: Campinas, s.d. p.1-3.
- KEPNER, R. A., BAINER, R., BARGER, E. L. **Principles of farm machinery**. Westport: Avi, 1972. 486p.
- KRUG, E. E. B., FAVRETO, D., KRABBE, H. et al. **Silagem: manual prático**. Porto Alegre: Cooperativa Central Gaúcha de Leite, 1980. p.9-60.
- ORTIZ-CAÑAVATE, J. **Las maquinas agrícolas: y su aplicación**. Madrid: Mundi-Prensa, 1984. 492p.
- PIZARRO, E. A. Conservação de forragens: silagem. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.4, n.47, p.5-31, 1978.

SILVEIRA, G. M. Ensaio de máquinas agrícolas – Notas de aulas. FCA/UNESP, Campus de Botucatu, 1994.

SILVEIRA, G. M. **Máquinas para pecuária**. São Paulo: Nobel, 1997. 168p.

SILVESTRINI, J. G. Comparacion de dos tipos de segadoras sobre la henificacion de avena. In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE INGENIERIA RURAL, CONGRESO ARGENTINO DE INGENIERIA RURAL, 4., 1998, La Plata. Anais em **CD-ROM...** La Plata: Universidad Nacional de La Plata, 1998.

STRASSER, H. Vergleichsprüfung Anbaumaishäcksler. **FAT Blätter für Landtechnik**, Tänikon, n.230, p.1-12, 1984.

STRASSER, H. Vergleichsprüfung von zweireihigen schwenkbaren anbaumaishäckslern. **FAT Berichte**, Tänikon, n.238, 1986.

TOSI, H. Conservação de forragem como consequência do manejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 1., 1973, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ / FEALQ, 1973. p.117-140.

CULTURA DE SORGO: POTENCIAL DOS MATERIAIS DISPONÍVEIS PARA PRODUÇÃO DE SILAGEM DE QUALIDADE

Mikael Neumann¹
Danúbia Nogueira Figueira²
Valter Harry Bumbieris Junior³
Cloves Cabreira Jobim⁴

1. INTRODUÇÃO

Uma das estratégias conhecidas para armazenamento de forragens é na forma de silagem, onde tal processo baseia-se na conservação da matéria seca mediada por meio de fermentação em condições de anaerobiose, de modo que, as características nutricionais do alimento sejam preservadas até o momento de sua utilização. As culturas do milho (*Zea mays*) e do sorgo (*Sorghum bicolor*) destacam-se como alimentos padrões à confecção da silagem, por apresentarem teores ideais de umidade e concentrações adequadas de carboidratos solúveis, de proteína bruta e de minerais no momento da colheita.

O sorgo é caracterizado, entre outras espécies como girassol e cevada, pela forte característica intrínseca de tolerância à seca, que lhe permite produções aceitáveis, mesmo na ausência de irrigação. Essa espécie dispõe de metabolismo C4, como o milho, que lhe permite regular de maneira eficaz a abertura de estômatos em função das condições ambientais a qual é submetido (Goufichon et al., 2010). Enquanto o milho é sensível à seca no estágio reprodutivo, o sorgo ao contrário é caracterizado pela tolerância

¹ Eng. Agr., Dr., Prof. do Curso de Mestrado em Agronomia - Produção Vegetal da UNICENTRO, Email: mikaelneumann@hotmail.com
² Med. Vet., Mestranda do Curso de Mestrado em Agronomia - Produção Vegetal da UNICENTRO, Email: daninedvet07@gmail.com
³ Zootec., Dr., Prof. do Departamento de Zootecnia da UEL, Email: dudabumbieris@hotmail.com
⁴ Zootec., Dr., Prof. do Departamento de Zootecnia da UEM, Email: ccjobim@uem.br

ao estresse hídrico nesse momento do ciclo. Adaptado as regiões onde a pluviometria é fraca ou a estação de chuvas é curta, o sorgo vem sendo considerada uma cultura substituta do milho nessas situações. Isto vem sendo notado principalmente na África e América Central, mas também observado nos Estados Unidos, Europa e Brasil.

Cada vez mais, nos diversos centros de pesquisa agrônômica pelo mundo, onde se utiliza o sorgo como opção de cultura para grãos ou forragens, os grandes desafios são o aumento da produtividade, da qualidade da fibra para alimentação animal e sua adaptação às regiões de difícil acesso a outras culturas, advindas principalmente do déficit hídrico e/ou luminosidade e temperatura.

Os sorgos utilizados para confecção de silagens apresentam-se todos dentro da mesma espécie (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), sendo seu primeiro uso (origem dos esforços em melhoramento genético) para a produção de grãos (também para obtenção do etanol na atualidade) ou para produção de biomassa (Audebert et al., 2011). Pode-se distinguir o sorgo anão granífero como referência na produção de grão e como duplo propósito o sorgo granífero sacarino de maior porte. Ainda há sorgos mais específicos para produção de etanol por meio do uso da biomassa, como o sacarino de alto porte e alta produção de biomassa.

Para produção de silagens de sorgo de qualidade, a produção de grãos e, conseqüentemente a participação de grãos na silagem resultante, é objeto de estudos no melhoramento genético dessa planta há tempo. No entanto, a parte vegetativa vem ganhando importância, pois os maiores conteúdos de fibra estão contidos nesta, de maneira que a atenção tem se voltado para tanto, pois o consumo animal pode ser aumentado, assim como a eficiência de utilização desse alimento quando os teores de lignina são menores (aumento da digestibilidade).

Objetiva-se no presente trabalho discernir sobre a cultura do sorgo e seu potencial para produção de silagem de qualidade.

2. IMPORTÂNCIA DA CULTURA DO SORGO NO CENÁRIO AGRÍCOLA NACIONAL BRASILEIRO

O Brasil é considerado hoje um grande produtor de grãos e cereais, com altas tecnologias e produtos de qualidade. Na safra de 2012/2013, as estatísticas relatam que o país atingiu a marca de 373.242,2 milhões de toneladas de produção de grãos, tal índice é devido principalmente pela produção de soja (CONAB, 2013).

Em decorrência desse incremento ocorrido nos últimos 10 anos na produção agropecuária brasileira, o cenário agrícola internacional aponta o Brasil como o maior país potencial produtor de alimentos, devido a sua extensão territorial, favorecimentos climáticos e de disponibilidade de água onde muitas culturas podem ser cultivadas nas diferentes épocas do ano (CONAB, 2013).

A consolidação da estabilização econômica do Brasil se deve principalmente ao setor de agronegócios que vem contribuindo para sucessivos saldos positivos na balança comercial. O setor tem sido o mais importante dentro da economia brasileira, visto que, aproximadamente 10% do produto interno bruto nacional é resultado da produção agropecuária. Tal seguimento vem sendo aprimorado com grandes tecnologias e assim registrando aumento no potencial produtivo (CONAB, 2013).

Com relação ao sorgo, na safra de 2012 a estimativa mundial de produção de grãos foi de 55,5 milhões de toneladas representando o 5º cereal mais produzido no mundo (FAO, 2012).

No cenário nacional, quando se avalia a produção do sorgo para grãos, esta é inexpressiva perante a cultura do milho, porém é de grande importância na alimentação animal, visto que 1/3 da área cultivada de sorgo no Brasil destina-se a produção de forragens e/ou silagem. O Brasil apresenta grande potencial de ampliação da cultura do sorgo, principalmente nas regiões possíveis da implantação de cultivos "safrinha", após cultivo de verão e/ou em regiões com problemas evidentes de déficit hídrico. Se houvesse o planejamento dessas áreas a produção da cultura poderia aumentar tanto em produção de grãos quanto para silagem (DINIZ, 2010).

Embora o sorgo, no cenário agrícola brasileiro, é de pequena contribuição, ele pode ser capaz de substituir a cultura do milho na alimentação de ruminantes, isso por que apresenta vantagens sob o milho, como menor exigência em fertilidade do solo e em relação a necessidade de água e menor custo de produção, minimizando assim custos no produto final. No Brasil a cultura está se expandindo, principalmente na região Centro-Oeste onde apresenta 82% da produção nacional, durante período de safrinha (EMBRAPA, 2014). A produção destina-se principalmente para produção de grãos e forragens, mas também podendo ser usado na produção de álcool, pipoca e vassouras.

A área de cultivo em 2006/2007 era de 733 mil hectares com uma produtividade média de 2,2 toneladas de grãos por hectare. Essa baixa produtividade se deve a falta de utilização de tecnologia para a ampliação de produção da cultura. No Brasil, a safra de 2012/2013 a produção de sorgo foi de 2.160,00 mil toneladas, apresentando baixa produção. Constatase assim que, mesmo após anos de cultivo, a cultura sofre com a falta de tecnologia, não mostrando o potencial produtivo máximo.

2.1 Área de cultivo

O sorgo é uma cultura versátil, por sua adaptabilidade em todo território brasileiro. Segundo dados da CONAB (2013) contidos na Tabela 1, a cultura teve aumento de área cultivada nas regiões Norte, Centro-Oeste e Sudeste, na ordem de 21,6 para 22,0 mil hectares, de 483,0 para 494,7 mil hectares e de 160,3 para 170,8 mil hectares, respectivamente. Em contrapartida a esse crescimento ocorreu a diminuição de área cultivável nas regiões Nordeste e Sul, na ordem de 101,9 para 91,8 e de 30,2 para 17,8 mil hectares. Na região Centro-Oeste, apesar do aumento de área cultivada, houve diminuição de produtividade, visto que na safra 2011/2012 a produção de grãos foi de 3.160 kg ha⁻¹, quando avaliada a safra 2012/2013 a produção chegou a 3.066 kg ha⁻¹, ocorrendo a mesma situação na região Sudeste em que houve diminuição na ordem de 430 kg ha⁻¹.

Tabela 1. Comparativo de área de cultivo, produtividade e produção grãos nas safras 2011/2012 e 2012/2013.

Região/Uf	ÁREA (em mil ha)			PRODUTIVIDADE (em kg ha ⁻¹)			PRODUÇÃO (em mil t)		
	Safra 11/12	Safra 12/13	VAR. %	Safra 11/12	Safra 12/13	VAR. %	Safra 11/12	Safra 12/13	VAR. %
	(a)	(b)	(b/a)	(c)	(d)	(d/c)	(e)	(f)	(f/e)
Norte	21,5	22,0	-	1.736	1.850	6,6	37,3	40,7	9,1
TO	21,5	22,0	2,3	1.736	1.850	6,6	37,3	40,7	9,1
Nordeste	101,9	91,8	-	758	400	(47,2)	77,2	36,8	(52,3)
PI	7,7	1,2	(84,0)	2.130	2.000	(6,1)	16,4	2,4	-
CE	0,3	0,6	100,0	236	125	(47,0)	0,1	0,1	-
RN	1,1	2,1	90,9	930	716	(23,0)	1,0	1,5	50,0
PB	0,2	0,2	-	1.500	800	(46,7)	0,3	0,2	(33,3)
PE	0,6	0,6	-	582	489	(16,0)	0,3	0,3	-
BA	92,0	87,1	(5,3)	642	371	(42,2)	59,1	32,3	(45,3)
Centro-Oeste	483,0	494,7	-	3.160	3.055	(3,3)	1.526	1.511	(1,0)
MT	151,4	163,2	7,8	2.780	3.010	8,3	420,9	491,2	16,7
MS	29,0	16,8	(42,1)	2.700	2.800	3,7	78,3	47,0	(40,0)
GO	296,5	306,3	3,3	3.369	3.053	(9,4)	998,9	935,1	(6,4)
DF	6,1	8,4	37,7	4.600	4.500	(2,2)	28,1	37,8	34,5
Sudeste	150,3	170,8	-	3.460	3.030	(12,4)	519,9	517,5	(0,5)
MG	126,1	151,1	19,8	3.519	2.984	(15,2)	443,7	450,9	1,6
SP	24,2	19,7	(18,8)	3.150	3.382	7,4	76,2	66,6	(12,6)
Sul	30,2	17,8	-	2.030	3.028	49,2	61,3	53,9	(12,1)
PR	1,8	-	-	3.700	-	(100,0)	6,7	-	(100,0)
RS	28,4	17,8	(37,3)	1.924	3.028	57,4	54,6	53,9	(1,3)
Norte/Nordeste	123,4	113,8	(7,8)	928	681	(26,6)	115	78	(32,3)
Centro-Sul	663,5	683,3	3,0	3.176	3.048	(4,0)	2.107	2.082	(1,2)
Brasil	786,9	797,1	1,3	2.824	2.710	(4,0)	2.222	2.160	(2,8)

FONTE: CONAB - Levantamento de julho/2013.

Com relação a produção regional a região Norte foi a única que apresentou aumento na produção de grãos, passando de 37,3 mil toneladas na safra de 2011/2012 para 40,7 mil toneladas na safra 2012/2013, enquanto que as outras regiões tiveram redução nos índices produtivos (Tabela 1).

2.2 Híbridos disponíveis para comercialização

São muitos os híbridos registrados e disponíveis para comercialização junto ao MAPA, sendo eles classificados em: graníferos, duplo propósito, pastejo, sacarino e silageiro. Segundo a EMBRAPA (Cultivarweb, versão 1.0, Gerenciamento de informação, 2014), estão disponíveis no mercado

354 híbridos de sorgo, de diversas empresas, dentre elas:

- Advanta Comércio de Sementes Ltda.
- Agro Norte Pesquisa e Sementes Ltda.
- Atlântica Sementes s/a.
- BR Genética Ltda.
- Ceres Sementes do Brasil Ltda.
- Coordenadoria de Assistência Técnica Integral - CATI.
- Dekalb.
- Dow Agrosiences Sementes & Biotecnologia Brasil.
- DUPONT do Brasil s/a - Divisão Pioneer Sementes.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA.
- Fernando João Prezzotto, J.C.G. - Genética e Tecnologia Agropecuária Ltda.
- Heliagro Agricultura e Pecuária Ltda.
- Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA Secretaria de Estado de Agricultura e do Desenvolvimento Agrário de Alagoas - SEAGRI.
- Mhatrix Pesquisa Agrícola Ltda.
- Monsanto do Brasil Ltda.
- NEXSTEPPE Sementes do Brasil Ltda.
- Nidera Sementes Ltda.
- Sementes Agrocere S/A.
- Sementes Biomatrix Ltda.
- SEPROTEC - Comércio, Produção e Técnica de Sementes Ltda.
- Syngenta Seeds Ltda.
- Tropigene Comercial Agrícola Ltda.
- ME e AGROMEN Sementes Agrícolas Ltda.

Várias pesquisas são realizadas para selecionar e melhorar geneticamente as plantas com aptidão para produção de silagem, sempre buscando associar elevadas produções de massa seca com boa qualidade bromatológica. O sorgo silageiro apresenta características viáveis à prática de ensilagem. Segundo Neumann e Lupatini (2002) as atividades na pecuária de corte nacional aumentaram as necessidades quantitativas e qualitativas de ali-

mentos para os animais, principalmente em momentos onde a escassez de forragem se sobre salta.

Para um híbrido de sorgo ser apropriado ao processo de ensilagem, Demarchi et al. (1995) e Pesce et al. (2000) afirmam que, depende das características agrônômicas da planta, as quais devem estar relacionadas ao processo de fermentação no silo, com vistas à redução de perdas de matéria seca e de nutrientes durante o processo e também que haja manutenção dos coeficientes de digestibilidade, consumo de forragem e desempenho animal.

Segundo Silva e Restle (1993) o sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) pode ser utilizado no processo de ensilagem, pois se destaca por ser um alimento de alto valor nutritivo, que apresenta alta concentração de carboidratos solúveis essenciais para uma adequada fermentação láctica, bem como altos rendimentos de matéria seca por unidade de área. É importante ressaltar que a caracterização agrônômica dos materiais genéticos disponíveis no mercado é de fundamental importância, para se obter uma silagem de sorgo de alta produção e com elevado valor nutritivo.

Para que um híbrido de sorgo seja classificado como silageiro, o ideal é que ele apresente alta participação de grãos na massa, porte médio a alto, assim apresentando boa produtividade de massa verde, colmo suculento, ciclo precoce, boa tolerância as principais doenças, período curto de floração, excelente uniformidade de maturação de grãos e altamente estáveis ao acamamento. Um ponto importante a ser considerado no material a ser ensilado é este possuir cerca de 30% de matéria seca no momento apropriado de colheita, assim evitando a perdas por meio de efluentes e/ou ocorrência de fermentações indesejáveis. Segundo Valadares Filho (2001), com base em análise de várias amostras de silagem de sorgo recomendados para silagem, as silagens apresentaram valores médios de 28,5% de matéria seca, 7,5% de proteína bruta, 33,1% de fibra em detergente ácido e 55,9% de fibra em detergente neutro.

Para ensilagem também é recomendado plantas de sorgo duplo propósito de menor porte (1,7 m), com participação de grãos em torno de 40 a 50% na matéria seca total, sendo este objetivo facilitado quando se dispõe de híbridos de ciclo precoce com porte reduzido, facilitando o

aumento na população de plantas elevando produtividade e qualidade da silagem (FERNANDES e LEITE, 2004).

Na Tabela 2 são elencados os principais híbridos de sorgo com aptidão silageira disponíveis no comércio brasileiro. Dados presentes na literatura nacional mostram que estes híbridos têm propiciado produções médias de biomassa verde na ordem de 35 t ha⁻¹.

Tabela 2. Principais empresas e genótipos de híbridos de sorgo com aptidão silageira.

Ordem	Empresa de Origem	Aptidão	Genótipo
1	Embrapa	Silageiro	BRS 610
2	Embrapa	Silageiro	BRS 655
3	Embrapa	Silageiro	BRS 701
4	Embrapa	Silageiro	MASSA 03
5	Embrapa	Silageiro	DAS 1F 305
6	Embrapa	Silageiro	CMS X S76
7	Agrocere/Monsanto	Silageiro	AG 2005-E
8	Agrocere/Monsanto	Silageiro	QUALIMAX
9	Agrocere/Monsanto	Silageiro	VOLUMAX
10	Agrocere/Monsanto	Silageiro	DKB 75
11	Nidera	Silageiro	A 9721 R
12	Nidera	Silageiro	A 9735 R
13	Nidera	Silageiro	A 9755 R
14	Nidera	Silageiro	A 9941
15	Nidera	Silageiro	A 165
16	Biomatrix	Silageiro	BRS 610
17	Biomatrix	Silageiro	BM 500
18	Biomatrix	Silageiro	BM 515
19	Biomatrix	Silageiro	BM 537
20	Dow AgroSciences	Silageiro	SS 318
21	BR Genética	Silageiro	COAT
22	BR Genética	Silageiro	GUARA
23	BR Genética	Silageiro	JAGUARETE
24	BR Genética	Silageiro	LEÃO
25	BR Genética	Silageiro	NANDU
26	BR Genética	Silageiro	ONÇA
27	Atlântida	Silageiro	FOX
28	Atlântida	Silageiro	TAGUA
29	Atlântida	Silageiro	VDH 422
30	Atlântica	Silageiro	DOMINATOR
31	Atlântica	Silageiro	CHOPER

32	Atlântica	Silageiro	ESFORCE
33	Santa Helena	Silageiro	SHS 500
34	Semeali	Silageiro	A 6304
35	Semeali	Silageiro	RANCHERO
36	Semeali	Silageiro	JADE
37	Agroeste	Silageiro	AG 4420
38	Fepagro	Silageiro	PAST 76
39	Fepagro	Silageiro	FEPAGRO 19
40	Fepagro	Silageiro	FEPAGRO 17
41	Fepagro	Silageiro	FEPAGRO 18
42	Fepagro	Silageiro	FEPAGRO 19
43	Fepagro	Silageiro	FEPAGRO 10
44	Fepagro	Silageiro	FEPAGRO 20

Fonte: EMBRAPA, 2014.

Os híbridos com aptidão granífera apresentam porte mais baixo, normalmente menor que 1,70 m de altura, podendo chegar a uma produção de grãos de 8,0 t ha⁻¹. Por essa característica quando utilizado para silagem, apresenta baixa produção de matéria seca por unidade de área, porém, a qualidade aumenta significativamente por conta da quantidade de grão.

Quando tomado por opção à produção de silagem, é recomendado que o híbrido de sorgo de aptidão granífera seja cultivado com espaçamento entre linhas reduzido e a população de plantas aumentada, visando aumento da produção de matéria seca por unidade de área.

Na Tabela 3 são elencados os principais híbridos de sorgo com aptidão granífera disponíveis no comércio brasileiro.

Tabela 3. Principais empresas e genótipos de híbridos de sorgo com aptidão granífera.

Ordem	Empresa de Origem	Aptidão	Genótipo
1	Embrapa	Granífero	BRS 700
2	Embrapa/Biomatrix	Granífero	BRS 310
3	Embrapa	Granífero	BRS 332
4	Embrapa	Granífero	BRS 330
5	Embrapa	Granífero	BRS 304
6	Embrapa	Granífero	BRS 800
7	Agromen	Granífero	AG 8040
8	Agromen	Granífero	70G35
9	Agromen	Granífero	80G80

10	Agromen	Granífero	AGN 8040
11	Agromen	Granífero	AGN 8050
12	Agromen	Granífero	50A10
13	Pioneer	Granífero	8419
14	Pioneer	Granífero	85G79
15	Agrocères/Monsanto	Granífero	AG 1020
16	Agrocères/Monsanto	Granífero	AG 1040
17	Agrocères/Monsanto	Granífero	AG 1060
18	Agrocères/Monsanto	Granífero	AG 1040
19	Agrocères/Monsanto	Granífero	AG 1060
20	Agrocères/Monsanto	Granífero	AS 4420
21	Agrocères/Monsanto	Granífero	AS 4610
22	Agrocères/Monsanto	Granífero	AS 4620
23	Agrocères/Monsanto	Granífero	AG 1020
24	Agrocères/Monsanto	Granífero	AG 60298
25	Agrocères/Monsanto	Granífero	AG 1040
26	Agrocères/Monsanto	Granífero	AG 1060
27	Dekalb/Monsanto	Granífero	DKB 510
28	Dekalb/Monsanto	Granífero	DKB 550
29	Dekalb/Monsanto	Granífero	DKB 599
30	Agrocères/Monsanto	Granífero	AG 60298
31	Agrocères/Monsanto	Granífero	XBG 18064
32	Agrocères/Monsanto	Granífero	XBG 09564
33	Cati	Granífero	CATISORGO
34	Nidera	Granífero e Silageiro	A 9721 R
35	Nidera	Granífero e Silageiro	A 9735 R
36	Nidera	Granífero e Silageiro	A 9755 R
37	Nidera	Granífero	A 9939
38	Nidera	Granífero e Silageiro	A 9941
39	Nidera	Granífero	A 9815
40	Nidera	Granífero	A 9773
41	Nidera	Granífero	A 9829
42	Advanta	Granífero	BUSTER
43	Advanta	Granífero	CATUY
44	Advanta	Granífero	ADV 2900
45	Advanta	Granífero	ADV 2499
46	Advanta	Granífero	ADV 123
47	Dow AgroSciences	Granífero	IG 100
48	Dow AgroSciences	Granífero	IG 244
49	Dow AgroSciences	Granífero	IG 282
50	Dow AgroSciences	Granífero	50A10
51	Dow AgroSciences	Granífero	50A70
52	Dow AgroSciences	Granífero	DAS 740

53	Ipa	Granífero	IPA 1011
54	Atlântida	Granífero	MR 43
55	Atlântica	Granífero	CATUY
56	Santa Helena	Granífero	SHS 410
57	Santa Helena	Granífero	SHS 400
58	Semeali	Granífero	XB 6022
59	Semeali	Granífero	A 9904
60	Semeali	Granífero	A 9922
61	Semeali	Granífero	ESMERALDA
62	Helianthus	Granífero	GRANUS 401
63	Helianthus	Granífero	GRANUS 505
64	Helianthus	Granífero	GRANUS 707
65	Agroeste	Granífero	AG 4615
66	Agroeste	Granífero	AG4625
67	Agroeste	Granífero	AG4639
68	Agroeste	Granífero	AS 4610
69	Agroeste	Granífero	AS 4620
70	Agroeste	Granífero	XBG 28982

Fonte: EMBRAPA, 2014.

Um híbrido de sorgo denominado sacarino apresenta em sua composição morfológica e fisiológica maiores teores de sacarose, por isso o termo sacarino, é um híbrido que possui alta atividade fotossintética, porte alto, panícula mediana, colmo espesso e succulento, folhas abundantes e sistema radicular avantajado.

Na Tabela 4 são elencados os principais híbridos de sorgo com aptidão sacarina disponíveis no comércio brasileiro.

Tabela 4. Principais empresas e genótipos de híbridos de sorgo com aptidão sacarina.

Ordem	Empresa de Origem	Aptidão	Genótipo
1	CanaVialis	Sacarino	CV 198
2	CanaVialis	Sacarino	CV 568
3	Ipa	Sacarino	IPA 467-4-2
4	Ipa	Sacarino	SG-15
5	HSR Seeds	Sacarino	HUNNIGREEN
6	Seprtec	Sacarino	SILOTEC 20
7	Advanta	Sacarino	SUGARGRAZE
8	Advanta	Sacarino	ADV 2010

9	Ceres	Sacarino	CB 47521
10	Ceres	Sacarino	CB 7300
11	Ceres	Sacarino	CB 7290
12	Ceres	Sacarino	CB 7621
13	Ceres	Sacarino	CB 7640
14	Ceres	Sacarino	7C03
15	Ceres	Sacarino	7C30
16	Ceres	Sacarino	5200
17	Ceres	Sacarino	5110
18	Monsanto	Sacarino	CV 007
19	Monsanto	Sacarino	CV 147

Fonte: EMBRAPA, 2014.

Na média, o sorgo sacarino apresenta em média 21% de açúcares na matéria seca, principalmente sacarose, frutose e glucose, enquanto que híbridos com aptidão granífera apresentam em média de 5 a 6% de açúcares. São híbridos recomendados para produção de silagem, quando se deseja maiores produções de matéria seca por unidade de área, porém com baixa participação de grãos na silagem resultante.

2.3 Pontos fortes ou relevantes ao cultivo do sorgo para silagem

Diversos autores (Souza, et al., 2003; Pires, et al., 1998; Araújo, et al., 2007; Dias et al., 2001) inferem que o sorgo, em decorrência a sua estrutura morfológica e fisiológica, possuem características que se sobressaem em relação ao milho, em especial, a tolerância ao estresse hídrico, desenvolvimento em temperaturas entre 5 e 40° C e menor exigência quanto à fertilidade do solo, por ser uma planta com um sistema radicular extenso e ramificado e com um sistema vegetativo com maior número de estômatos e de menor tamanho nas folhas e presença de ceras nas folhas e nos colmos, onde segundo Silva et al. (2000), devido tais fatores, em momentos de estresse hídrico ou estresse calórico, reduz-se a perda de água e/ou cessa-se o crescimento, retornando quando a disponibilidade de água adequar-se às exigências da cultura. A planta de sorgo necessita de 332 litros de água para cada quilo de matéria seca produzida enquanto que a planta de milho necessita de 368 litros de água para a mesma produção (COSTA et al., 2004).

Segundo Dias et al. (2001), outras características tornam o sorgo de uso versátil, como a adaptação a diversas regiões brasileiras sob oscilações de latitude, longitude, altitude e temperatura. Ressalta-se ainda que o cultivo do sorgo em áreas de restrição de fertilidade manifesta nesta situação, comparativamente ao milho, maior capacidade de produção de matéria seca e maior digestibilidade da porção fibrosa da planta.

2.4 Pontos fracos ou limitantes ao cultivo do sorgo para silagem

A eficiência dos sistemas de conservação de forragens não deve ser avaliada somente pelo seu valor nutritivo, mas também pelas perdas que ocorrem entre a implantação e colheita das lavouras de sorgo. No Brasil poucos trabalhos foram desenvolvidos na criação de herbicidas gramínicos seletivos ao sorgo. Segundo NEUMANN (2001) o sorgo de caráter duplo propósito (silageiro) está juntamente ao milho, entre os principais volumosos, na forma de silagem, que atende às exigências necessárias para cadeia produtiva intensiva de bovinos de corte e leite, em função de seus índices de produtividade, de estabilidade de produção, do valor nutritivo e da concentração de energia. O mesmo autor ainda relata que a associação de técnicas agronômicas que visem incrementos de produtividade da cultura com as técnicas de manejo da colheita e de ensilagem tornam-se de fundamental importância para obtenção de um volumoso de alto valor alimentício, baixo custo de produção e de excelente aceitabilidade pelos animais.

Entre as técnicas agronômicas, o controle de plantas daninhas pelo método químico, apesar de sua maior praticidade, rapidez e baixo uso de mão de obra, tem sido um fator limitante ao sucesso de manejo de lavouras para produção de silagem, visto que o sorgo é uma planta altamente suscetível à ação fitotóxica dos diferentes tipos de herbicidas de uso em pré e pós-emergência, de controle gramínico e/ou latifoliar, sejam estes de ação sistêmica ou de contato. As plantas daninhas constituem um dos principais problemas das lavouras de sorgo para silagem, visto que a ineficiência do seu controle acarreta em perdas significativas na quantidade e na qualidade da forragem produzida, sendo em alguns casos tóxicas aos

animais (LORENZI, 2000).

A intensa reclamação de produtores rurais na questão de uso de herbicidas é evidenciada por Neumann et al. (2005), onde evidenciaram, a partir de tratamentos com diferentes herbicidas pré e pós emergentes uma redução significativa na população final de plantas na ordem de 10 a 25%.

Um outro problema observado, em nível prático de campo por técnicos e produtores rurais, refere-se à heterogeneidade de florescimento e maturação fisiológicas da panícula. É comum observar na planta de sorgo, durante a fase reprodutiva, grãos em estádios de fase leitosa e grãos em estádios plenamente duros, o que dificulta a visualização do momento adequado de colheita à silagem e uma constante preocupação com relação a participação final de grãos na massa ensilada e seu potencial de degradação ruminal. Experimentos realizados por Neumann (2001) evidenciaram que a silagem de sorgo comparativamente a silagem de milho, mesmo sob condições muito próximas de composição bromatológica, promoveu redução significativa no desempenho de novilhos confinados na ordem de 20%.

Outro ponto que atualmente torna o sorgo menos competitivo em relação a cultura do milho é a ausência de biotecnologias, como a transgenia, aplicadas a tolerância a herbicidas seletivos, doenças e insetos. Esforços científicos devem ser realizados no sentido de reduzir os problemas supra citados.

2.5 Potencial produtivo e qualitativo do sorgo

Revisando dados de literatura científica nacional sobre híbridos de sorgo para silagem, quanto aos parâmetros de produção de matéria seca e de teores médios de matéria seca, de proteína bruta, de fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido, verifica-se uma grande amplitude de resultados obtidos.

Pode-se perceber de modo geral que existe grande amplitude nos resultados obtidos (Tabela 5). As produções de matéria seca apresentam valores variando entre 5,1 e 29,9 ton ha⁻¹, com média geral de 12,3 ton ha⁻¹, o que é considerada baixa com relação ao potencial genético produtivo do sorgo. Isso pode ser atribuído ao fato de que se percebe a falta de desenvol-

vimento de tecnologias agrônomicas empregadas a essa cultura.

Tabela 5. Variação encontrada na produção de matéria seca e nos teor de matéria seca, de proteína bruta, de fibra em detergente neutro e de fibra em detergente ácido em silagens de diferentes híbridos de sorgo.

Híbridos avaliados	PMS (ton ha ⁻¹)	MS (%)	PB	FBN (% na MS)	FDA
AG2005E, AG60298, BR1001 ⁽¹⁾	19,8 a 29,9	30,0 a 32,5	5,9 a 6,6	59,0 a 60,6	34,1 a 41,0
AGX217, AG2005E ⁽²⁾	-	29,5 a 37,2	5,3 a 6,2	65,0 a 74,2	30,5 a 35,8
AG2006, AGX215, AGX213, AGX202, AG2002 ⁽³⁾	-	23,2 a 38,5	5,7 a 6,8	60,1 a 65,0	-
AG2005, BR700, MASSA03, 49811, 65E3, 698005, 699005 ⁽⁴⁾	5,1 a 7,1	34,4 a 39,1	6,5 a 8,8	57,0 a 70,3	29,8 a 36,2
AG2006, BR700, BR601 ⁽⁵⁾	-	25,7 a 33,2	6,5 a 7,6	53,3 a 59,7	30,4 a 34,6
AG2004E, AG2005E ⁽⁶⁾	-	-	-	-	-
CMSxS114, CMSxS165, BR700 ⁽⁷⁾	-	43,1 a 54,6	4,7 a 6,9	-	-
BR700, BR701, MASSA03 ⁽⁸⁾	-	36,7 a 39,9	6,4 a 6,9	59,1 a 62,5	34,4 a 36,6
BR700, BR701 ⁽⁹⁾	-	36,2 a 39,9	7,5 a 7,8	55,0 a 55,1	28,4 a 30,4
AG2006, BR601, BR700, BRS701 ⁽¹⁰⁾	7,3 a 7,9	27,3 a 40,7	5,7 a 6,2	47,0 a 51,8	28,8 a 31,7
BR303, BR700 ⁽¹¹⁾	-	30,4 a 35,7	6,8 a 8,7	52,5 a 54,2	29,8 a 32,4
AG2004E, AG2002, AG2005E ⁽¹²⁾	5,5 a 10,1	26,2 a 28,2	4,9 a 7,5	-	-
CMSXS755, CMSXS756, AG2005, AG2006, AGX9303, AGX6423, C11, C15, CONTISILO03 ⁽¹³⁾	-	20,2 a 29,1	6,9 a 8,2	58,0 a 64,5	32,4 a 36,2
AG1018, DKB860, AG2005E, MASSA03 ⁽¹⁴⁾	9,0 a 10,8	-	9,2 a 9,5	41,9 a 47,2	30,1 a 33,1
Menor valor	5,1	20,2	4,7	41,9	28,4
Maior valor	29,9	54,6	9,5	74,2	41,0
Média Geral	12,3	33,8	6,9	57,8	32,8

⁽¹⁾ Chieza et al., 2008; ⁽²⁾ Neumann et al., 2004; ⁽³⁾ Souza et al., 2003; ⁽⁴⁾ Pedreira et al., 2003; ⁽⁵⁾ Pires et al., 2006;

⁽⁶⁾ Pimentel et al., 1998; ⁽⁷⁾ Cardoso et al., 2012; ⁽⁸⁾ Araújo, et al., 2007; ⁽⁹⁾ Vieira, et al., 2004; ⁽¹⁰⁾ Molina, et al., 2002;

⁽¹¹⁾ Serafin, et al., 2000; ⁽¹²⁾ Genro, et al., 1995; ⁽¹³⁾ Pesce, et al., 2000; ⁽¹⁴⁾ Von Pinho, et al., 2006;

Ainda analisando os dados apresentados na Tabela 5, quanto à composição nutricional da silagem de sorgo, encontrou-se uma amplitude de 20,2 a 54,6% para teor de matéria seca, de 4,7 a 9,5% para proteína bruta, de 41,9 a 74,2% para fibra em detergente neutro e de 28,4 a 41,0% para fibra em detergente ácido, enquanto na média geral observou-se valores médios de 33,8%, 6,9%, 57,8% e 32,8%, respectivamente.

O estabelecimento de parâmetros para avaliar a qualidade e o valor nutritivo da silagem de sorgo é o objetivo principal do nutricionista, o qual visa conseguir incrementos na eficiência do processo de nutrição animal e, conseqüentemente, interferir positivamente na produtividade econômica dos rebanhos. Várias maneiras têm sido utilizadas no estabelecimento destes parâmetros, sob aspectos de análise agrônômica, química-bromatológica, sensorial e de desempenho animal.

A cultura do sorgo possui grande diversidade genética segundo Magalhães et al. (2000), o que possibilita encontrá-lo como híbrido ou variedade no mercado consumidor, distribuído em grupos de uso agrônômico à características com fins graníferas, silageiras, sacarinas, forrageiras e vassoura (Tabela 6). Convém ressaltar que o termo silagem refere-se ao armazenamento de um vegetal *in natura* sob condições anaeróbicas regido sob um eficiente processo fermentativo.

Tabela 6. Características de híbridos e variedades de sorgos distribuídos em diferentes grupos agrônômicos de uso.

Parâmetro	Grupo agrônômico de uso				
	Forrageiro (F)	Granífero (G)	Silageiro (Si)	Sacarino (Sa)	Vassoura (Va)
Aptidão*	F e Si	G e Si	Si	As e Si	Va e Si
Semeadura	Set. a Mar.	Set. a Mar.	Set. a Mar.	Set. a Mar.	Set. a Mar.
Ciclo (dias)	120 a 160	90 a 120	90 a 120	120 a 140	90 a 120
Altura (m)	1,0 a 2,0	1,0 a 1,5	1,5 a 2,5	2,5 a 4,0	2,5 a 3,5
Porte	Baixo/Médio	Baixo	Médio	Médio/Alto	Alto
MS (t ha ⁻¹)	7 a 12	4 a 6	10 a 15	15 a 20	10 a 15

* Todo vegetal pode ser armazenado na forma de silagem. O direcionamento depende de recomendações técnicas emitidas por um nutricionista.

Fonte: Emygdio et al. (2013).

Neste contexto, a escolha do híbrido de sorgo para alimento volumoso, na forma de silagem, pode ser definido sob condições particulares ao sistema de produção:

- Pode-se optar por híbridos ou variedades com características forrageiras, sacarinas ou vassoura em função de sua altura (quanto mais alto melhor), visando maiores produções de biomassa verde por unidade de área, não se levando em consideração o valor nutritivo e a qualidade da silagem resultante. Objetiva-se a produção de um volumoso de custo mínimo para ser utilizado em momentos de escassez de alimentos e/ou como suplementação de animais em manutenção.
- Outra opção estaria em recorrer aos híbridos de sorgo recomendados para a produção de grãos. Considera-se nesta situação somente a questão porcentagem de grãos na estrutura da planta, visando aumentar a densidade energética na silagem resultante por reduzir a participação dos componentes estruturais folhas e colmo, os quais interferem significativamente sobre o consumo e desempenho animal. Neste caso, objetiva-se a produção de um volumoso de alta densidade energética, porém de maior custo para ser utilizado e viabilizado economicamente em sistemas de alta produção de leite ou carne.
- Outra opção estaria no uso de híbridos de sorgo comerciais, que tenham características silageiras, onde oportuniza-se a obtenção de um volumoso com equilíbrio entre produção de biomassa e valor nutritivo, sendo direcionados à alimentação animal, onde diferenciam-se os híbridos em função da realização de ensaios com desempenho animal. Neste grupo a pesquisa busca associar produtividade de nutrientes por unidade de área, operacionalização do processo de confecção da silagem por meio de escolha de híbridos com estabilidade produtiva e de "janela de colheita", baixos teores e maior digestibilidade da fibra em detergente neutro contida na matéria seca da silagem e comprovada resposta animal.

A análise químico-bromatológica é uma importante ferramenta na determinação da qualidade e do valor alimentício das silagens de sorgo.

Baseado em revisão de diversas literaturas, pode-se estabelecer critérios para avaliação e classificação das silagens de sorgo (Tabela 7).

Tabela 7. Critérios para classificação das silagens de sorgo, de acordo a parâmetros bromatológicos.

Parâmetros ¹	Classificação das silagens de sorgo			
	Muito Boa	Boa	Média	Ruim
MS (%)	30 - 37	27 - 29,9	25 - 26,9	< 24,9 ou > 37,1
PB (% MS)	6 - 8	-	-	< 5,9
pH(índice acidez)	≤ 3,8	3,81 - 4,2	4,21 - 4,6	> 4,61
DMS (%)	> 65	58 - 64,9	53 - 57,9	< 52,9
Amido (% MS)	> 30	24 - 29,9	17 - 23,9	< 19,9
FDA (% MS)	22 - 30	30,1 - 38	38,1 - 43	> 43,1
FDN (% MS)	35 - 42	42,1 - 53	53,1 - 65	> 65,1
CNF (% MS)	> 40	33 - 39,9	25 - 32,9	< 25
EE (% MS)	2 - 5	-	-	< 1,9 ou > 5,1
MM (% MS)	2 - 5	-	-	< 1,9 ou > 5,1
VRA	> 150	115 - 149	90 - 115	< 90

¹ - MS: matéria seca; PB: proteína bruta; DMS: digestibilidade estimada da MS; FDA: fibra em detergente ácido; FDN: fibra em detergente neutro; CNF: carboidrato não fibroso; EE: extrato etéreo; e MM: matéria mineral; VRA: valor relativo do alimento.

É importante lembrar que o valor nutritivo de uma silagem de sorgo pode variar amplamente, dependendo do tipo de híbrido, densidade de plantio, condições de crescimento, maturidade e teor de umidade à colheita e altura de corte da planta, além do tamanho médio de partícula e condições de ensilagem (SATTER e REIS, 1997).

Confrontando os parâmetros bromatológicos referenciais apresentados na Tabela 7, como critérios à classificação de silagem de sorgo de alta qualidade, com os dados bromatológicos da silagem de sorgo da Tabela 5, verifica-se a grande necessidade de desenvolvimento e seleção novos materiais para o mercado consumidor.

3. MELHORAMENTO GENÉTICO DO SORGO PARA SILAGEM: QUE ESTÁGIO VIVEMOS?

3.1 Fotoperiodismo

O Centro de Pesquisa Agrônômica para o Desenvolvimento (CIRAD - França), têm se interessado pelo fotoperiodismo do sorgo. Esse fenômeno é uma adaptação de certas plantas que só podem florescer quando a duração da fase de luz (dias) atinge um certo limite. Essa característica pode ser considerada como uma adaptação à seca quando ocorre no final do ciclo da cultura. Esse evento não só garante quantidade de grãos, mas também promove melhor qualidade quando do corte para finalidade de silagem, pois esta depende da quantidade de grãos na grande maioria das cultivares para boa qualidade. No Brasil, o programa de melhoramento de sorgo granífero da Embrapa Milho e Sorgo possui pesquisa direcionada para seleção de genótipos de sorgo para épocas de safrinha, em que a seleção é feita baseado na produtividade e precocidade dos genótipos com foco também nesta característica do fotoperiodismo (SANTOS et al., 2012). O fotoperiodismo permite sincronização da floração das plantas ao fim da estação úmida e evita assim o fim de ciclo difícil em condições de estresse hídrico severo.

A identificação de cultivares de sorgo mais adaptadas a cada região torna-se essencial à medida que a cultura se expande para plantio em épocas de safrinha, que é uma época de final de verão, ou seja, final das chuvas nos meses de janeiro a março. Para plantio de sorgo na safrinha é importante que haja um escalonamento dos diferentes híbridos de sorgo dentro da faixa de plantio, ou seja, é importante começar plantando materiais mais tardios e finalizar plantando outros mais precoces (SANTOS et al., 2012). Como o Brasil tem dimensões continentais, a avaliação de híbridos nas distintas regiões do país se torna fundamental para a escolha adequada. Nesse sentido, o melhoramento genético dessas plantas, no sentido da precocidade, assim como as determinações de épocas de plantio adequadas a cada região, tem dado suporte de maneira técnica à expansão do sorgo como cultura principal ou de sucessão de norte a sul do Brasil.

3.2 *Stay Green*

A característica *stay green* consiste na manutenção pela planta de um certo número de folhas verdes após a floração, para assegurar um bom enchimento dos grãos em compostos nitrogenados e açúcares (GAUFICHON et al., 2010). Essa característica foi alvo do programa de seleção e melhoramento genético australiano, que permitiu desenvolver híbridos de sorgos menores, no entanto mais vigorosos, que asseguravam colheitas de melhor qualidade, no tocante a produtividade de grãos. Mesmo com a incerteza da presença desse gene em sorgos africanos, programas de melhoramento de agências européias têm se interessado para avançar nas pesquisas dessa característica, motivados em pesquisas com marcadores moleculares que mostraram a aproximação do QTL (Quantitative Trait Locus) do gene para *stay green* com a cultura do arroz (Srinivas et al., 2008) na Índia, de modo que esta característica pode ser foco de transgenia para o melhoramento do sorgo.

Neumann et al. (2008), já avaliavam híbridos de milho e sorgo também para essa característica no centro-sul do estado do Paraná. Os híbridos BR 800 (5,1), o DAS 1F305 (5,1) e o P855F (5,7) se mostraram promissores para a característica em relação aos demais avaliados naquela região.

O melhoramento de sorgos para finalidade de corte para ensilagem com a característica *stay green* não visam híbridos de grande porte, pois a manutenção do colmo verde por maior tempo pode expor a cultura ao acamamento, visto do peso das panículas. No entanto, híbridos modernos com menor porte, mas com maiores produções de grãos e folhas verdes no momento do corte são desejáveis para produção de silagens. No entanto, Hauck et al. (1997), ressalta que, se não houver o provimento de quantidades adequadas de nitrogênio às raízes, a economia de nitrogênio proveniente dessa característica pode ter seus efeitos neutralizados pela ausência desse nutriente, principalmente em situações de estresse hídrico.

3.3 Modificações na fração fibrosa (*bmr - brown midrib*)

No caso específico do sorgo, que é uma cultura amplamente utiliza-

da como forragem para alimentação animal, por vários anos os melhoristas têm buscado o aumento na digestibilidade de materiais de sorgo. As soluções para aumentar digestibilidade sem afetar outras características importantes dos cultivares são as de obter materiais-elite com níveis de celulose e lignina modificados. Materiais contendo mais celulose e/ou menos lignina, ou com a composição de lignina modificada, têm maior digestibilidade animal (DAMASCENO, 2011).

Para produção de silagens se distinguem dois tipos principais de sorgo; sorgo anão granífero e sorgo grão sacarino. Certos sorgos sacarinos ou de duplo propósito são portadores de gene *bmr* (*brown midrib*) o qual modifica a morfologia e a qualidade da forragem (AUDEBERT et al., 2011). De fato, um mutante em sorgo que apresenta até menos 50% no conteúdo de lignina, (*bmr* ou *brown midrib*), é amplamente comercializado para uso como forragem, conferindo maior palatabilidade ao material e digestibilidade animal. Da mesma forma, avanços no melhoramento de variedades de sorgo sacarino para bioenergia, tem o potencial de produzir novos materiais interessantes para o uso como alimentação animal.

Em estudos realizados pela Embrapa Bionergia, linhagens isogênicas de sorgo forrageiro com e sem os genes *bmr* quanto à eficiência do processo de conversão da biomassa em glicose, verificando que as linhagens contendo os genes *bmr-6* e *bmr-12* foram igualmente eficientes na redução do conteúdo de lignina. Quando comparada à linhagem não mutante, a liberação de glicose pelos mutantes *bmr-6*, *bmr-12* e pelo duplo mutante foi mais eficiente, mostrando um aumento de glicose liberada de 27%, 23% e 34%, respectivamente (DAMASCENO, 2011).

Os resultados demonstram que houve efeito aditivo na redução de lignina com o duplo mutante *bmr-6/bmr-12*. Assim, a redução do conteúdo de lignina pode apresentar um impacto positivo na eficiência de conversão da biomassa de sorgo *bmr* em açúcares simples. Por outro lado, é importante ressaltar que a redução no teor de lignina pode reduzir o rendimento de biomassa e causar acamamento. Entretanto, estes efeitos parecem ser dependentes do *background* genético em que os mutantes *bmr* se encontram.

Para o setor de bioenergias essas informações tem sido animadoras

para impulsionar a cultura do sorgo como alternativa à cana de açúcar ou na entressafra desta. Da mesma forma, verifica-se que para a confecção de silagens a mesma tecnologia pode ter impacto positivo no melhor desempenho animal, visto do melhor aproveitamento das frações carboidratos.

Nesse sentido, pode-se mencionar os resultados de AUDEBERT, 2011 que avaliaram silagens de sorgos graníferos e sacarino não mutantes em comparação a silagem de milho na alimentação de vacas leiteiras. Apesar do maior consumo de matéria seca (22,98 kg/dia) verificado pelos animais que consumiram silagem de sorgo granífero, as silagens de sorgo sacarino apresentaram maior digestibilidade dos nutrientes, inclusive em relação milho. Da mesma forma Neumann et al. (2002) concluíram que, híbridos de duplo propósito não mutantes apresentam maior teor energético (NDT) em relação a sorgos forrageiros, demonstrando que o aperfeiçoamento em nível genético (qualidade da porção fibrosa) de sorgos específicos para produção de silagens e/ou bioenergia já gera uma perspectiva de bons resultados com esses híbridos, que devem ser mais estudados para divulgação dos resultados.

4. FOCOS DO MELHORAMENTO DO SORGO PARA SILAGEM

Com o seqüenciamento genético do sorgo sendo totalmente finalizado a partir de 2004 pelo Joint Genome Institute (JGI), relacionado ao Departamento de Energia dos Estados Unidos, biotécnicas com essa espécie já são mais acessíveis e em muitos países tem tido sua importância aumentada, destacando-se; a Índia, Austrália, Estados Unidos, França e Brasil, visto da importância da cultura no contexto econômico desses países.

Novos avanços em métodos de genotipagem em larga escala contribuirão para a identificação mais rápida de genes e marcadores de interesse para os programas de melhoramento de espécies que apresentam uso potencial principalmente para bioenergia, no entanto, pode-se mencionar que consequentemente para produção de forragens também, visto que os objetivos são paralelos e bem próximos. A Embrapa desenvolve e aplica marcadores moleculares como ferramentas auxiliares ao programa

de melhoramento genético de sorgo, para os diferentes fins.

Certamente com o desenvolvimento de novos híbridos com características distintas em relação aos não mutantes, as práticas de manejo podem vir a se diferenciar, sendo também foco de aperfeiçoamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, V.L.; RODRIGUEZ, N.M.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, J.A.S.; BORGES, I.; BORGES A.L.C.C.; SALIBA, E.O.S. Qualidade das silagens de três híbridos de sorgo ensilados em cinco diferentes estádios de maturação. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, Belo Horizonte, v.59, n.1, p.168-174, 2007.
- AUDEBERT, G.; NOVAK, S.; BOLANOS, E.; EMILE, J.C. Reussier son sorgho ensilage. In: *Recolte et valorization de fourrages conserves: les clés de la réussite. Actes des Journées de l'Association Française pour La Production Fourragère*. Paris, 2011.
- BUSO, W.H.D.; MORGADO, H.S.; SILVA, L.B.; FRANÇA, A.F.S. Utilização do sorgo forrageiro na alimentação animal. *Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia*, Londrina, v.5, n.23, p.160-189, 2011.
- CARDOSO, R.M.; PIRES, D.A.A.; ROCHA JÚNIOR, V.R.; REIS, S.T.; SALES, E.C.J.; ALVES, D.D.; GERASSEV, L.C.; RODRIGUES, J.A.S.; LIMA, L.O.B. Avaliação de híbridos de sorgo para silagem por meio da degradabilidade in situ. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Sete Lagoas, v.11, n.1, p.106-114, 2012.
- CHIEZA, E.D.; ARBOITTE, M.Z.; BRONDANI, I.L.; MENEZES, L.F.G.; RESTLE, J.; SANTI, M.A.M. Aspectos agronômicos de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) no desempenho e economicidade de novilhos confinados. *Acta Science Animal*, Maringá, v.30, n.1, p.67-73, 2008.
- CONAB. *Acompanhamento da Safra Brasileira - Grãos Safra 2012/2013*. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_07_09_09_04_53_boletim_graos_junho__2013.pdf. Acesso em: 10 fev. 2013.

COSTA, R.C.L.; OLIVEIRA NETO, C.F.; FREITAS, J.M.N. Potencial nutritivo da silagem de sorgo. In: WORKSHOP SOBRE PRODUÇÃO DE SILAGEM NA AMAZÔNIA, Belém. 2004. *Anais*, v.1, p.9-27

DEMARCHI, J. J. A. A.; BOIN, C.; BRAUN, G. A. cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) para produção de silagens de alta qualidade. *Revista de Zootecnia Nova Odessa*, Nova Odessa, v.33, n.3, p.111-136, 1995.

DIAS, A.M.A.; BATISTA, A.M.V.B.; FERREIRA, M.A.; LIRA, M.A.; SAMPAIO, I.B.M. Efeito do estágio vegetativo do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) sobre a composição química da silagem, consumo, produção e teor de gordura do leite para vacas em lactação, em comparação à silagem de milho (*Zea mays* L.). *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.30, n.6, p.2086-2092, 2001.

DAMASCENO, C.M.B. Genômica do sorgo sacarino e análise de marcadores genéticos moleculares para características de interesse agrônomo e industrial. *Agroenergia em Revista*, Brasília, v.2, n.3, 2011.

DINIZ, G.M.M. *Produção de sorgo (Sorghum bicolor L. Moench) aspectos gerais*. 2010. 23p. Dissertação (Mestrado em melhoramento genético de plantas) - Universidade Federal Rural de Pernambuco – Recife, UFRP, 2010.

EMBRAPA. *Cultivo do Sorgo*, 2014. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Sorgo/CultivodoSorgo_2ed/ecofisiologia.htm#tanino>. Acesso em: 5 fev 2014.

EMBRAPA. *Cultivarweb, versão 1.0, Gerenciamento de Informações*. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/php/snpc/cultivarweb/cultivares_registro.php> . Acesso em: 5 fev 2014.

EMYGDIO, B.M.; SCHNEID, A.P.; ROSA, A.DA.; TEIXEIRA, M.C. Reunião Técnica Anual de Milho (58.: 2013 : Pelotas, RS) LVIII Reunião Técnica Anual de Milho e XLI Reunião Técnica Anual de Sorgo: indicações técnicas para o cultivo de milho e de sorgo no Rio Grande do Sul safras 2013/2014 e 2014/2015 / editores técnicos, Beatriz Marti Emygdio, Ana Paula Schneid, Afonso da Rosa e Mauro César Celaro Teixeira. – Brasília, DF: Embrapa, 2013. 124 p.

FAO. *Production 2012*. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx>>. Acesso em: 8 fev. 2014.

FERNANDES, A.R.; LEITE, A.R.P. Potencial nutritivo da silagem de sorgo. In: WORKSHOP SOBRE PRODUÇÃO DE SILAGEM NA AMAZÔNIA, Belém. 2004. *Anais*, v.1, p.53-169.

GAUFICHON, L.; PRIOUL, J.L.; BACHELIER, B. Quelles sont les perspectives d'amélioration génétique de plantes cultivées tolérantes à la sécheresse? In: *Perspectives d'amélioration des Plantes tolérantes à la sécheresse*. 55p. Fondation Farm. Paris, 2010.

GENRO, T.C.M.; QUADROS, F.L.F.; COELHO, L.G.M.; COELHO FILHO, R.C. Produção e qualidade de silagens de híbridos de milho (*Zea mays*) e de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*). *Ciência Rural*, Santa Maria, v.25, n.3, p.461-464, 1995.

HAUCK, B.; GAY, A.P.; MACDUFF, J. Leaf senescence in a non-yellowing mutant of *Festuca pratensis*: implications of the stay-green mutation for photosynthesis, growth and nitrogen nutrition. *Plant, Cell & Environment*. v.20, n.8, p.1007-1018, 1997.

LORENZI H. 2000. Plantas Daninhas do Brasil ã terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas 3ed. *Instituto Plantarum de Estudos da Flora*, Nova Odessa, SP. 608 p

MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F.O.M.; SCHAFFERT, R.E. *Fisiologia da planta de sorgo*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. (Circular técnica, 3).

MOLINA, L.R.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUEZ, N.M.; RODRIGUES, J.A.S.; FERREIRA, J.J.; CASTRO NETO, A.G. Qualidade das silagens de seis genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) em diferentes estádios de maturação. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, Belo Horizonte, v.54 n.2, p.345-357, 2002.

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

- NEUMANN, M.; LUPATINI, G. C. Sistemas de forrageamento e alternativas para intensificação da produção de carne integrados a lavoura. In: ENCONTRO DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA NO SUL DO BRASIL, I., 2002, Pato Branco. **Anais...** Centro Federal de Educação Tecnológica, 2002. p.217 - 243. Editado por N. A. Mello; T. S. Assamann.
- NEUMANN, M.; RESTLE, J.; ALVES FILHO, D.C. Avaliação do Valor Nutritivo da Planta e da Silagem de Diferentes Híbridos de Sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench). **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v.31, n.1, p.293-301, 2002 (suplemento).
- NEUMANN, M.; RESTLE, J.; NÖRNBERG, J.L.; ALVES FILHO, D.C.; MELLO, R.O.; SOUZA, A.N.M.; PELLEGRINI, L.G. Avaliação da qualidade e do valor nutritivo da silagem de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. MOENCH). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.3, n.1, p.120-133, 2004.
- NEUMANN, M.; RESTLE, J.; BRONDANI, I.L. Efeito do tamanho da partícula e do tipo de silo sobre o valor nutritivo da silagem de sorgo *Sorghum Bicolor*, L. Moench). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.4, n.2, p.224-242, 2005.
- NEUMANN, M.; OST, P.R.; PELLEGRINI, L.G. Comportamento de híbridos de milho (*Zea mays*) e sorgo (*Sorghum bicolor*) para silagem na região centro-sul do Paraná. **Ambiência**, Guarapuava, v.4, n.2, 2008.
- OLIVEIRA, L.B.; PIRES, A. J.V.; VIANA, A.E.S.; MATSUMOTO, S.N.; CARVALHO, G.G.P.; RIBEIRO, L.S.O. Produtividade, composição química e características agronômicas de diferentes forrageiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.39, n.12, p.2604-2610, 2010.
- PESCE, D. M. C.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUEZ, N. M. Porcentagem, perda e digestibilidade *in vitro* da matéria seca das silagens de 20 genótipos de sorgo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária Zootecnia**, Belo Horizonte, v.52, n.3, p.250-255, 2000.
- PEDREIRA, M.S.; REIS, R.A.; BERCHIELLI, T.T.; MOREIRA, A.L; COAN, R.M. Características Agronômicas e Composição Química de Oito Híbridos de Sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.32, n.5, p.1083-1092, 2003.

- PIRES, D.A.A.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; JAYME, D.G.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, J.A.S.; RODRIGUEZ, N.M.; BORGES, I.; BORGES, A.L.C.C.; JAYME, C.G. Qualidade e valor nutritivo das silagens de três híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) colhidos em diferentes estádios de maturação. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.5, n.2, p.241-256, 2006.
- SERAFIM, M.V.; BORGES, I.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUEZ, N.M.; RODRIGUES, J.A.S. Desaparecimento *in situ* da matéria seca, proteína bruta e fração fibrosa das silagens de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.52, n.6, p.152-167, 2000.
- SOUZA, V.G.; PEREIRA, O.P.; MORAES, S.A.; GARCIA, R.; VALADARES FILHO, S.C.; ZAGO, C.P.; FREITAS, E.V.V. Valor Nutritivo de Silagens de Sorgo, **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.32, n.3, p.753-759, 2003
- SANTOS, C.V.; SILVA, K.J.; COSTA, R.K. Seleção de Híbridos de Sorgo Granífero Quanto à Precocidade e Produtividade de Grãos em Cultivo de Safrinha. In: **XXIX Congresso Nacional de Milho e Sorgo** - Águas de Lindóia, 2012
- SATTER, L.D.; REIS, R.B. Milk production under confinement conditions. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: SBZ, p.194-230, 1997.
- SILVA, L.C.R.; RESTLE, J. Avaliação do milho (*Zea mays* L.) e do sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) para produção de silagem. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 30., 1993, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1993. p.467.
- CABRAL, L.S.; VALADARES FILHO, S.C.; MALAFAIA, P.A.M.; LANA, R.P.; SILVA, J.F.C.; VIEIRA, R.A.M.; PEREIRA, E.S. Frações de carboidratos de alimentos volumosos e suas taxas de degradação estimadas pela técnica de produção de gases. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Sete Lagoas, v.29, n.6, p.2087-2098, 2000 (Suplemento 1).
- SRINIVAS G.; SATISH, K.; MURALI MOHAN, S. Development of genic-microsatellite markers for sorghum staygreen QTL using a comparative genomic approach with rice. **Theor Appl. Genet**, Europa, v.117, p.283-296, 2008.

VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, F.F.; ROCHA J.R.V.R.; CAPELLE, E.R. Tabelas de composição e exigências nutricionais para bovinos no Brasil. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 2.ed, *Anais...* Viçosa: SIMCORTE, p.291-352, 2001.

VIEIRA, F.A.P.; BORGES, I.; STEHLING, C.A.V.; GONÇALVES, L.C.; COELHO, S.G.; FERREIRA, M.I.C.; RODRIGUES, J.A.S. Qualidade de silagens de sorgo com aditivos. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, Belo Horizonte, v.56, n.6, p.764-772, 2004.

VON PINHO, R.G.; VASCONCELOS, R.C.; BORGES, I.D.; REZENDE, A.V. Influência da altura de corte das plantas nas características agrônômicas e valor nutritivo das silagens de milho e de diferentes tipos de sorgo. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Sete Lagoas, v.5, n.2, p.266-279, 2006.

AVANÇOS TECNOLÓGICOS NA PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE SILAGEM DE CANA-DE-AÇÚCAR

Gustavo Rezende Siqueira¹
Naiara Caixeta da Silva²
Andressa Fernanda Campos³
Flávio Dutra de Resende⁴

1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar sempre foi avaliada pelos produtores como uma forragem de baixa qualidade, que não poderia ser fornecida a animais de alto desempenho, pois quando fornecida, o desempenho diminuiria drasticamente. Ao longo do tempo, algumas pesquisas foram desmistificando essa ideia e atualmente, há na literatura autores que indicam o uso dessa forrageira, devido ao seu melhor desempenho bioeconômico quando comparada a silagens de milho, sorgo ou capins tropicais (NUSSIO et al., 2003; RESENDE et al., 2005; SIQUEIRA et al., 2008).

É incontestável que a cana-de-açúcar apresenta limitações nutricionais. Baixa concentração de proteína e minerais, além de apresentar porção fibrosa com baixa digestibilidade. Todavia, a adequação de parâmetros agrônômicos e de manejo e principalmente correções nas formulações das dietas, pode levar a alta taxa de produção dos animais.

Inicialmente, a cana-de-açúcar foi utilizada na forma *in natura*, sendo picada e fornecida diariamente aos animais. Devido às dificuldades

¹ Pesquisador da APTA, Polo Alta Mogiana-Colina/SP. Professor do Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Unesp - Campus de Jaboticabal e Bolsista de Produtividade do CNPq. E-mail: siqueiragr@apta.sp.gov.br
² Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Unesp - Campus de Jaboticabal, Bolsista do CNPq. E-mail: naiara.caixeta.silva@hotmail.com
³ Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Unesp - Campus de Jaboticabal, Bolsista da FAPESP. E-mail: dessafer@yahoo.com.br
⁴ Pesquisador da APTA, Polo Alta Mogiana-Colina/SP. Professor do Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Unesp - Campus de Jaboticabal e Bolsista de Produtividade do CNPq. E-mail: flavio@apta.sp.gov.br

de logística nas propriedades, buscou-se obter uma técnica que visasse concentrar a atividade de maquinários para colheita e picagem desse material. Com isso, a ensilagem foi uma alternativa promissora para essa cultura. Apesar do processo de ensilagem ser uma técnica que justifique essa ideia, observou-se que as perdas dentro do silo eram muito altas e poderiam inviabilizar o uso da silagem de cana-de-açúcar. Além de diminuir a quantidade de forragem a ser ofertada aos animais ao longo do tempo, obtinha-se um alimento com maior porcentagem da porção fibrosa quando comparada com o alimento *in natura*.

O cenário de perdas criou uma lacuna científica que estimulou a academia no desenvolvimento de técnicas que permitissem controlá-las. Nesse sentido, vários estudos foram realizados abordando desde o processo agrônomo até a resposta animal.

Considerando aspectos relacionados ao manejo agrônomo da cultura, alguns pontos podem ser ressaltados, como a escolha da variedade e época de colheita, além do manejo de picagem no momento da ensilagem, que pode propiciar resultados importantes na qualidade final dessa silagem. Outros pontos importantes a se salientar quando há utilização de cana-de-açúcar como silagem é a utilização de aditivos químicos e microbiológicos com o intuito de controle de leveduras e diminuição de perdas de matéria seca dentro do silo.

Desta forma, essa revisão tem como objetivo apresentar os meios que podem ser utilizados, para se obter uma silagem de cana-de-açúcar com boa qualidade e que apresente bons resultados de desempenho animal.

2. HISTÓRICO DE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DA SILAGEM DE CANA-DE-AÇÚCAR (1970 A 2014)

Apesar da cana-de-açúcar ter sido implantada a muitas décadas nos países latino-americanos, os primeiros trabalhos publicados com sua utilização na forma de silagem datam da década de 70. Os países da América Central, como Cuba e República Dominicana, foram os precursores. Estu-

dos de Alvarez e Preston (1976), Silvestre et al. (1976), Alvarez et al. (1977) e Lopez e Preston (1977), entre outros importantes trabalhos publicados na revista *Tropical Animal Production*, avaliaram o efeito de aditivos como NaOH, ureia, amônia, melaço. Alguns resultados interessantes, mostrando a redução da concentração de etanol. Contudo um dos grandes objetivos era o aumento da concentração da fração nitrogenada, por isso na maioria dos casos havia inclusão de fontes externas de nitrogênio. Apesar desses resultados fica a impressão que não se conseguiu definir um protocolo para confecção de silagens de cana-de-açúcar com a qualidade necessária ao atendimento das exigências dos animais de produção.

No Brasil, o interesse pelos estudos com cana-de-açúcar foi intensificado após a implantação do programa Proálcool, onde a cultura voltou a se estabelecer em todo o país. Com isso, o uso dessa forragem como silagem na alimentação animal também voltou a ser discutida e pesquisada pela comunidade científica.

O primeiro foco da pesquisa deu-se com o uso desta, em substituição os volumosos tradicionais, como silagem de milho (VALVASORI et al., 1995) e sorgo (VALVASORI et al., 1998). Nesses experimentos, os resultados sempre comprovaram que o uso da cana-de-açúcar diminui o consumo e, consequentemente, a produção dos animais.

Tentando compreender a causa desses resultados, observaram-se características não desejáveis da silagem de cana-de-açúcar, como as altas perdas de matéria seca e produção de etanol durante o processo de fermentação. Com isso, começou-se a pesquisar formas de controlar essas perdas, que ocorrem devido à presença de elevadas concentrações de leveduras, que são microrganismos capazes de fermentar açúcares solúveis a etanol (McDONALD et al., 1991). Por isso, iniciaram-se novas pesquisas com a tentativa de minimizar esses efeitos, utilizando-se de aditivos químicos que poderiam controlar o crescimento das leveduras dentro do silo.

No início dos anos 2000 o assunto ensilagem de cana-de-açúcar voltou a ser alvo de objeto de estudos da comunidade científica brasileira. Inicialmente o uso de aditivos sequestrantes de umidade e ureia foram extensivamente avaliados ureia ou rolão de milho (ANDRADE et al., 2001),

polpa cítrica peletizada (SILVEIRA et al., 2002), farelo de trigo (LIMA et al., 2002), farelo de soja e algodão (EVANGELISTA et al., 2002). Apesar de haver melhoria no valor nutricional, devido à adição direta de carboidratos não fibrosos e ou proteína, esses aditivos não conseguiram controlar a população de leveduras.

Em 2003 um marco na ensilagem da cana-de-açúcar foi a publicação da tese de Pedroso. Nesse documento, o Grupo de Conservação de Forragens da ESALQ, capitaneado pelo Prof. Luiz Gustavo Nussio propuseram a utilização do *L. Buchneri* para o controle de perdas durante o processo de estocagem da cana-de-açúcar na forma de silagem. Anteriormente, esse microrganismo havia sido indicado para o controle da estabilidade aeróbia (WEINBERG; MUCK, 1996).

Em continuidade a essa linha de trabalho vários estudos foram publicados avaliando outros aditivos como ureia (SANTOS et al., 2006; PEDROSO et al., 2007; LOPES et al., 2007; SIQUEIRA et al., 2007a; SIQUEIRA et al., 2007b, benzoato de sódio (PEDROSO et al., 2007; SCHMIDT et al., 2007; SIQUEIRA et al., 2007a; SIQUEIRA et al., 2007b) e óxido de cálcio (ROTH et al., 2006; BALIEIRO NETO et al., 2007; SANTOS et al., 2008). Alguns artigos apresentaram o efeito da associação entre bactérias homofermentativas e suas e o *L. Buchneri* (PEDROSO et al., 2007; SCHMIDT et al., 2007; SIQUEIRA et al., 2007a; SIQUEIRA et al., 2007b; SOUZA et al., 2008). Segundo Schmidt et al. (2008), nos estudos com aditivos microbiológicos, as respostas são bem controversas, sendo que se distribuem em positivo ou negativo/sem efeito.

Uma das explicações para a variação nas respostas ao uso de inoculantes foi levantada por Muck et al. (2008). Esses autores comentam que um dos fatores que determina o sucesso da aplicação de inoculantes microbianos na silagem é a compatibilidade entre a planta e o microrganismo. Entretanto, as diferentes respostas obtidas podem estar associadas ao número de bactérias viáveis e a microflora epifítica da forragem pode afetar esses resultados. Devido a isso, pesquisas atuais com isolamento e utilização de bactérias específicas para cana-de-açúcar foram realizadas por Ávila et al. (2009). Nesse estudo realizou-se a identificação de bactérias específicas da

cana-de-açúcar e procedeu-se a sua avaliação na ensilagem obtendo resultados promissores, pois não houve diferenças entre as novas bactérias isoladas e as comerciais para o perfil fermentativo, população de leveduras e estabilidade aeróbia, indicando o uso das novas bactérias isoladas na ensilagem.

De uma forma geral, pode-se argumentar que a comunidade científica brasileira dedicou um grande esforço no estudo sobre a ensilagem da cana-de-açúcar. Além desses muitos outros artigos foram publicados com bons resultados, nos direcionando a um protocolo tecnológico de produção da silagem de cana-de-açúcar.

3. O PROBLEMA QUE PERSISTE: PERDAS DE MS

A cana-de-açúcar possui características que propiciam elevada capacidade fermentativa como: alto teor de carboidratos solúveis, cerca de 23% (PEDROSO et al., 2005), com baixa capacidade tampão 7 e.mg de HCl/100 g de matéria seca (MS) (SIQUEIRA et al., 2007a) e adequado teor de matéria seca, variando de 25 a 35% (SCHMIDT et al., 2007; SIQUEIRA et al., 2007b). O que teoricamente conferiria a cana-de-açúcar características intrínsecas adequadas para a ensilagem, sendo muito superior a outras culturas (milho, sorgo e capins tropicais). Isso aliado a boas práticas de manejo na ensilagem e vedação, propiciam o desenvolvimento de microrganismos desejáveis, como os dos gêneros *Lactobacillus*, *Pediococcus* entre outras bactérias homofermentativas, levando a um rápido declínio do pH, para níveis abaixo de 4, nos primeiros dias de ensilagem (SIQUEIRA et al., 2011a), o que é seria desejável no processo de ensilagem de qualquer volumoso.

No entanto, a cana-de-açúcar possui uma microflora epífita rica em leveduras que pode chegar a 1×10^6 ufc/g de forragem fresca (ÁVILA et al., 2010; ROTH et al., 2010; SIQUEIRA et al., 2011a). Embora a maioria das espécies de leveduras necessita de oxigênio para seu crescimento, algumas espécies se desenvolvem em condições anaeróbias, podendo manter altas populações nessas condições, em decorrência da fermentação dos açúcares (WALKER, 1998). As leveduras crescer em intervalo amplo de pH (2

a 8) não sendo inibidas pelo rápido declínio do pH durante a ensilagem da cana-de-açúcar. Outro fato a ser considerado é que o etanol, produto da fermentação das leveduras, pode ser tóxico a muitos microrganismos. Essa característica possibilita as leveduras ocuparem diferentes nichos ambientais, quando comparados às bactérias (McDONALD et al., 1991; WALKER, 1998).

A fermentação tipo alcoólica das leveduras, caracterizada pela fermentação dos carboidratos solúveis da cana-de-açúcar gera perdas de massa de 48,9%, devido a fermentação de 1 mol de glicose em 2 mols de etanol, CO₂ e água, sendo que o gás carbônico ao ser sintetizado é perdido para o ambiente (McDONALD et al., 1991). Em vários trabalhos tem-se encontrado perdas de MS total variando de 14,4 a 34,3% em silagens de cana-de-açúcar sem aditivos (Tabela 1). A perda de MS na forma de gases é a principal via de perdas fermentativas em silagens de cana-de-açúcar, podendo representar até 96,5% das perdas totais de MS. Perdas por produção de efluentes também são expressivas, apesar de secundárias. Estas perdas de efluente podem variar de 5,4 a 76,2 kg/t MV (Tabela 1).

Tabela 1. Perdas totais (PT), perdas de gases (PG), perdas de efluentes (PE) e produção de efluentes em silagens de cana-de-açúcar

Fonte	PT	PG	PE	Prod. efluente
	% da MS			kg/t MV
Pedroso et al. (2005)	31,4	15,0	0,5	20,0
Pedroso et al. (2007)	18,2	10,3	0,4	15,1
Siqueira et al. (2007a)	32,5	15,9	2,1	76,2
Santos et al. (2008)	34,3	32,1	-	31,3
Rezende et al. (2011)	30,5	26,2	1,4	54,8
Schmidt et al. (2011)	14,4	13,9	0,2	5,4
Siqueira et al. (2011a)	31,5	23,3	0,4	15,1

Em função do consumo de carboidratos solúveis durante a fermentação, ocorre redução nos teores de MS na abertura, em relação a ensilagem. Pode-se observar que menores decréscimos nos teores de MS

estão relacionados a silagens com maior recuperação de matéria seca. Como pode ser visto nos trabalhos de Siqueira et al. (2007a) e Siqueira et al. (2007b) quando avaliaram a associação entre aditivos químicos e bacterianos na ensilagem de cana-de-açúcar observaram maiores teores médios de MS (31,6%) e recuperação de MS (85,4%) nas silagem tratado com NaOH (independente do inoculante bacteriano associado) sendo que estas silagens também apresentaram maior valores de carboidratos não fibrosos (CNF) na abertura (31,1%).

Existe uma correlação negativa entre a concentração de etanol e os teores de carboidratos solúveis nas silagens de cana-de-açúcar. Também pode ser observada correlação negativa entre a concentração de carboidratos e as perdas totais de MS (PEDROSO et al., 2005). Um interessante trabalho foi realizado por Silva et al. (2008) onde constatou-se que a produção de etanol seria nula caso a cana-de-açúcar contivesse 12,4% carboidratos solúveis. Porém, os carboidratos solúveis são a principal fonte de energia da cana-de-açúcar.

Uma das consequências das perdas de matéria seca é a elevação proporcional dos constituintes fibrosos, e consequente redução da digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) da silagem, quando comparada à cana-de-açúcar no momento da ensilagem (Tabela 2). Pode-se observar que em termos médios, para cada aumento de uma unidade de FDN, a digestibilidade *in vitro* da matéria seca reduziu em 0,83 unidades. Na média, observa-se nas silagens sem aditivo, elevação de 16 pontos percentuais de FDN o que corresponde a redução de 13,3 pontos percentuais de digestibilidade (Tabela 2).

Tabela 2. Variações na fibra em detergente neutro (FDN) e na digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) da cana-de-açúcar no momento da ensilagem e na abertura dos silos.

Fonte	Forragem fresca		Silagem		Variação	
	FDN	DIVMS	FDN	DIVMS	FDN	DIVMS
Pedroso et al. (2005)	49,6	62,9	72,9	45,5	+23,3	-17,4
Balieiro Neto et al. (2007)	55,5	66,5	63,3	62,1	+7,8	-4,4
Siqueira et al. (2007a)	52,1	52,6	75,3	35,1	+23,2	-17,5
Ferreira et al. (2007)	55,3	58,1	69,7	46,5	+14,4	-11,6
Schmidt et al. (2007)	55,5	51,3	66,0	41,9	+10,5	-9,4
Santos et al. (2008)	52,9	59,0	67,1	48,7	+14,2	-10,3
Sousa et al. (2008)	48,7	63,6	68,1	50,4	+19,4	-13,2

Buscando uma quantificação mais abrangente das perdas na ensilagem da cana-de-açúcar, Siqueira et al. (2007a) propuseram a utilização da recuperação da matéria seca digestível, como uma variável que englobasse conceitos quantitativos e qualitativos das perdas durante a ensilagem. Evitando assim que se subestime a verdadeira extensão das perdas qualitativas.

As perdas fermentativas ocorrem durante todas as fases da ensilagem, devido a contínua atuação das leveduras, por causa do seu crescimento em uma faixa ampla de pH. No entanto, a fase mais intensa de perdas se concentra nos 15 primeiros dias de ensilagem, o que reflete em uma maior produção de etanol nesses dias. Em função disso, neste período ocorre 85% das perdas por gases, 86% das perdas de MS e 71% do consumo dos carboidratos solúveis em água. Sendo portanto uma fase crítica no processo de ensilagem (PEDROSO et al., 2005).

O etanol possui alto conteúdo de energia bruta (7,1 kcal/g; CLYMER, 2004) sendo um dos grandes responsáveis pela alta recuperação de energia advinda da fermentação de leveduras (97,4 %) uma vez que por este caminha a recuperação de matéria seca (RMS) é baixa (51%) (ROOKE; HATFIELD, 2003). Pedroso et al. (2005) observaram redução de 50% nos teores de etanol a partir dos 120 dias de ensilagem até os 180 dias, fato este atribuído a volatilização do etanol, o que pode comprometer a recuperação de energia destas silagens.

Em função das perdas inerentes ao processo de ensilagem da cana-de-açúcar, provenientes da ação de leveduras, têm sido constante a indicação do uso de aditivos afim de reduzir essas perdas (PEDROSO et al., 2007; SIQUEIRA et al., 2007a; ROTH et al., 2010). Talvez a cana-de-açúcar seja a única cultura que requer de forma contundente o uso de aditivos na ensilagem.

4. OUTROS ASSUNTOS RELACIONADOS A TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO

Nos últimos anos, muito se aprendeu sobre formulações com cana-de-açúcar para bovinos de corte e leite. Todavia, nos empreendimentos pecuários as questões agrônomicas de forma errônea são renegadas ao segundo plano, o que muitas vezes inviabiliza o seu uso. A competência agrônoma no cultivo de volumosos, principalmente a cana-de-açúcar que tem seu pilar de utilização a produtividade, deve ser perseguida a todo custo. Com isso, aspectos como escolha do cultivar, espaçamento de plantio e época de colheita, e aspectos de manejo, como tamanho de partícula para ensilagem devem ser priorizados. Outro ponto que será discutido nesse tópico é o risco da queima, que foge a previsibilidade e pode trazer grandes prejuízos ao produtor.

4.1 Cultivares

Na cana-de-açúcar a escolha do cultivar é muito importante, principalmente por essa forragem ser considerada semi-perene, e ter elevado custo implantação. O aumento da longevidade do canavial, que normalmente é de 5 anos, diluirá os gastos iniciais de implantação (NUSSIO et al., 2008), devido aos vários cortes subsequentes. Podendo assim fundamentar uma das principais vantagens no uso dessa forrageira que é o baixo custo por tonelada de MS colhida.

Outro ponto a ser destacado na escolha da variedade é a sua pro-

atividade. Uma das principais justificativas para o uso da cana-de-açúcar é a elevada produção de massa por unidade de área. Para se tornar viável ao sistema de produção, a cana-de-açúcar deve ser comparada a forragem utilizada como base da alimentação animal que é o milho. Para se tornar uma alternativa interessante, a produtividade (t/ha) obtida deverá ser 2,5 a 3,0 vezes maior comparada a cultura do milho (SIQUEIRA et al., 2008). Com isso, a escolha da variedade deve ser fundamentada na produtividade que se tem em determinadas condições edafoclimáticas, pois deve ser condicionada ao ambiente que será produzida.

Um bom parâmetro a ser considerado, na escolha de cultivares, é a produção de matéria seca digestível por hectare, pois esse parâmetro considera aspectos quantitativos e qualitativos. Trabalhando de forma conjunta os dados obtidos por Andrade et al. (2003) e Bonomo et al. (2009), que representam os raros artigos que avaliaram cultivares de cana-de-açúcar considerando a produção e a composição nutricional, observou-se que a relação entre produção de matéria digestível/ha está mais relacionada a produção de matéria seca, do que a digestibilidade. Desta forma, infere-se que a escolha das variedades com anseios de melhoria da qualidade não pode ser realizada em detrimento das características produtivas. Cabe ressaltar que no mercado há variedades que atendam aos quesitos quanti-qualitativos para sua utilização na alimentação animal.

Quando se utiliza cana-de-açúcar como volumoso da dieta de ruminantes, a primeira ideia sobre a cultura que se tem é a baixa digestibilidade da fração FDN. Conforme alguns estudos, observa-se que essa forragem apresenta um taxa de degradação da fração fibrosa de 2%/h e alta proporção de fibra indigestível (FDNi) 50% (MACEDO et al., 2011; SILVEIRA et al., 2009). Essa alta quantidade de FDNi dá-se devido a qualidade da fibra, que sintetiza-se com a relação existente entre lignina e FDN na planta. Essa característica leva ao menor consumo voluntário pelos animais devido a saciedade física de repêção ruminal. Devido a isso, o melhoramento genético ainda é uma das ferramentas que auxiliam na obtenção de variedades com maiores valores nutricionais. Mas a escolha dessa variedade deve-se também atender as características agrônômicas de produção, pois com

baixas quantidades de lignina e porção fibrosa, pode haver tombamento das plantas, acarretando problemas na colheita.

Alguns esforços têm sido realizados, no sentido de desenvolver variedades de cana-de-açúcar com maior digestibilidade da fração fibrosa (LANDELL et al., 2002). Um bom exemplo foi o lançamento da variedade IAC-86-2480, que foi considerada uma variedade específica para alimentação animal, devido a alta digestibilidade da fração fibrosa em relação às outras cultivares existentes, o que foi comprovado pelo estudo de Carvalho et al. (2010). Atualmente esse programa de melhoramento de genético da cana-de-açúcar também tem aconselhado o uso da variedade IACSP-93 3046, pois essa apresenta alta digestibilidade da fibra e boa produção de massa.

Cabe salientar que a escolha da variedade deve ser amparada pelos diferentes fatores discutidos com o objetivo de produzir uma cana-de-açúcar de melhor qualidade e com alta longevidade do canavial.

4.2 Época de colheita

A época de colheita da cana para a produção de silagem deve ser realizada quando está apresentar altas concentrações de açúcares totais (BRIX). Quando busca-se por época de colheita da cana-de-açúcar para a produção de silagem, poucos trabalhos são encontrados na literatura. Fernandes et al. (2003) estudaram as características da cana colhida em diferentes dias após o plantio (426, 487 e 549 dias), além de avaliarem variedades precoces e intermediárias/tardias, totalizando 10 variedades. Os autores encontraram resultados que indicaram maior valor de BRIX nas variedades intermediárias/tardias, além dessa concentração aumentar nas colheitas realizadas nos maiores tempos após o plantio (426 e 549 dias). Com isso, concluíram que as variedades intermediárias/tardias são mais indicadas, pois caracterizam-se por menores teores de FDN e FDA, maior porcentagem de NDT e alto BRIX.

Kung Jr. e Stanley (1982), comparando época de colheita da cana-de-açúcar para ensilagem, concluíram que a colheita de plantas com maior idade aumenta o valor nutritivo da planta, devido a alto BRIX. Contudo

há um decréscimo na digestibilidade dessas silagens, pois quando há alta concentração de açúcares solúveis na forragem também há alta fermentação destes em etanol, diminuindo a concentração de açúcares residuais.

4.3 Tamanho de partícula

O tamanho de partícula é um fator importante de manejo da forrageira para a ensilagem que objetiva aumentar a densidade da massa ensilada com a melhor acomodação da forragem e expulsão do ar, favorecendo a anaerobiose dentro do silo e proporcionando a diminuição da população de microrganismos aeróbicos. Segundo Muck et al. (2003), altas densidades que promovam a eliminação do oxigênio e garantem condições de anaerobiose, reduzem o custo de estocagem da forragem e influencia diretamente o processo fermentativo.

A diferenciação do tamanho de partícula da forragem a ser ensilada, que auxiliam na manutenção da qualidade da silagem, tanto no momento de ensilagem quanto na abertura do silo, terão reflexos diretos no desempenho produtivo do animal.

Silagens com menores tamanhos de partículas podem promover maior consumo de matéria seca devido à aceleração da taxa de passagem do material pelo rúmen, diminuindo a digestibilidade da fração fibrosa. A composição da dieta e características físicas, como o tamanho de partícula, são variáveis externas que influenciam na taxa de digestão e na reciclagem do conteúdo ruminal (VAN SOEST, 1994).

Uma das maiores limitações no uso da cana na alimentação animal está na baixa digestibilidade da fração fibrosa. A diminuição no tamanho de partícula da silagem fornecida ao animal poderia fazer com que a taxa de passagem ruminal desse material se elevasse, podendo aumentar o consumo voluntário. Essas características com a silagem de cana-de-açúcar ainda são pouco exploradas pelas pesquisas brasileiras. Campos et al. (2012) e Campos et al. (2013) trabalharam com 4 diferentes tamanhos de partículas (0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 cm) de cana-de-açúcar para a confecção de silagem. Pode-se observar que o menor tamanho foi capaz de apresentar menores perdas por produção

de gás, além de que a contagem de leveduras também se mostrou menor comparadas as outras silagem, onde as perdas foram consideradas altas. Isso mostra que o tamanho de partícula pode sim interferir na fermentação dentro do silo e provavelmente no desempenho animal final.

4.4 Queima

Uma característica para o uso da cana-de-açúcar em detrimento às outras culturas, é que a época de colheita coincide com o período seco do ano, onde há um déficit forrageiro das pastagens. Essa vantagem trás agregada a sua utilização elevado risco de queima accidental. Dúvidas frentes são levantadas pelo setor produtivo: A cana-de-açúcar queimada pode ser oferecida aos animais? Quanto tempo eu tenho para ensilar a cana-de-açúcar após a queima? Os animais consumiram bem? Perguntas como essas e outras sobre esse tema foram respondidas por Siqueira et al. (2011b). Nessa revisão apenas citaremos alguns pontos específicos.

Nos estudos realizados, com a queima da cana-de-açúcar destinada a colheita manual, os principais fatores avaliados são a temperatura e o tempo de queima. Barbieri e Silva (2008) afirmam que esses fatores influenciam diretamente na intensidade do processo de exsudação do caldo nos colmos. A queima torna esse caldo excelente meio de cultura para o crescimento microbiano, apesar do fogo inicialmente reduzir a velocidade deste crescimento. Ripoli e Ripoli (2004) afirmam que não há como queimar cana, sem afetar os colmos e ocasionar perdas de sacarose por exsudação, pois a temperatura ambiente entre os colmos atinge 600 a 900°C em 15 a 20 segundos, causando choque térmico que ocasionam micro-fissuras na casca levando a uma lenta exsudação do caldo, nas 24 – 48 horas seguintes. Em estudo pioneiro avaliando o efeito da queima sobre a qualidade da silagem de cana-de-açúcar, Bernardes et al. (2007) justificam que o maior teor de etanol nas silagens de cana-de-açúcar queimada podem ser em função da exsudação do colmo.

Avaliando a população de leveduras, Roth et al. (2010) realizaram contagem desses microrganismos em diferentes tempos após a queima e cons-

tataram aumento com o prolongar do tempo após a queima de 5,04ufc/g forragem com 1 dia e 6,48 log ufc/g de forragem com 14 dias. Apesar da queima indicar maior contaminação por leveduras, não houve alteração na concentração total do BRIX. Mas sim na composição dos sólidos totais que compõe esse BRIX, pois há diminuição da concentração de sacarose com aumento de açúcares redutores. Este fato é decorrente da ação da enzima invertase, que é capaz de fazer a inversão dos açúcares (ROTH, 2009). A série de trabalhos dessa equipe permitiu concluir que a ensilagem deve ser realizada no tempo máximo de 10 dias após a queima.

O processo de fermentação da silagem de cana-de-açúcar queimada pode intensificar as perdas. Quando se compara essa silagem, com aquela confeccionada com forragem *in natura*, observa-se aumento das perdas de matéria seca. Segundo Bernardes et al. (2007), essa resposta deve-se provavelmente a quebra da sacarose em monossacarídeos e esses serem mais facilmente assimilados por leveduras para a produção de etanol. Essa rota metabólica gera grandes perdas de carbono em forma de CO_2 (McDONALD et al., 1991). Também há o aumento do número de leveduras quando se compara cana-de-açúcar queimada ou não. Sendo essa população epifítica maior com a queima, há maiores probabilidades das perdas serem aumentadas (ROTH et al., 2010).

Para tentar contornar esse problema do excesso de perdas, a silagem de cana-de-açúcar queimada deve ser corretamente corrigida com aditivos moduladores de fermentação, e quando utilizados, na maioria das vezes, não são observadas diferenças significativas entre as duas silagens (ROTH et al. 2010; SIQUEIRA et al.; 2011a), SIQUEIRA et al., 2011b). O aditivo deve sempre ter por finalidade controlar o crescimento de leveduras.

Estudando a ação do tempo após a queima do canavial e o uso de aditivos sobre as características fermentativas, as perdas e a composição química de silagens de cana-de-açúcar, Roth et al. (2010) observaram que as silagens sem aditivos e com *Lactobacillus buchneri* apresentaram menores recuperações da matéria seca (61,3 e 63,1%, respectivamente), em comparação às observadas nas silagens com cal e com a combinação *Lactobacillus buchneri* + cal (80,7 e 83,2%, respectivamente), fato que os autores justificaram pelo

controle da população de leveduras pela cal.

Em relação a resposta animal Siqueira et al. (2011b) compilaram dados de três que tinham como objetivo de comparar o desempenho de bovinos recebendo silagens de cana-de-açúcar queimada e crua. Os autores concluem que os bovinos consomem silagem de cana-de-açúcar queimada, e a produção é adequada, porém deve-se ter cuidado especial quando utilizar silagens de cana-de-açúcar queimada sem aditivos, pois elas tendem a proporcionar pior desempenho quando comparadas a outras fontes de volumosos, principalmente em bovinos leiteiros onde comumente a participação do volumoso na dieta é mais alta.

5. PARTICULARIDADES DAS SOLUÇÕES

Nos últimos anos diversos trabalhos têm sido conduzidos com o intuito de avaliar técnicas que melhorem o padrão de fermentação da silagem de cana-de-açúcar, baseadas principalmente na utilização de aditivos. Os aditivos tem por objetivo inibir ou reduzir a atividade das leveduras epifíticas que produzem fermentação alcoólica durante o processo de ensilagem, responsável pelas altas perdas de MS observadas nesta cultura. Vários fatores podem influenciar a magnitude das respostas para determinados aditivos como: variedade da cana-de-açúcar, maturidade, época de corte, local. Nesta sessão serão feitos maiores comentários sobre o uso dos principais aditivos utilizados na ensilagem da cana-de-açúcar.

5.1 Bactérias homofermentativas

Os inoculantes bacterianos, classificados como estimuladores da fermentação, como as bactérias ácido lácticas (BAL) heterofermentativas facultativas (comumente chamadas de homofermentativas), como *Lactobacillus plantarum*, vários *Pediococcus* e *Enterococcus faecium*, tem sido uma das categorias mais estudadas ao longo dos anos. Elas melhoram as características fermentativas, por produzirem 2 mols de ácido láctico pela fermentação de

1 mol de glicose, processo pelo qual ocorrem perdas ínfimas de MS. Teoricamente, eles melhoram o processo fermentativo e aceleram a acidificação da silagem. Contudo, nas silagens de cana-de-açúcar o rápido declínio do pH não é efetivo em diminuição das perdas de MS, uma vez que as leveduras crescem sobre um amplo pH. Além disso o ácido láctico pode ser usado como substrato para o crescimento de leveduras (McDONALD et al., 1991).

Ávila et al. (2010) ao trabalhar com cepas indígenas e comerciais não observou aumento na concentração de ácido láctico nos silos inoculados com *L. plantarum* cepa UFLA-1-SIL e *L. paracasei* cepa UFLA-67-SIL, ambos bactérias homofermentativas. Sendo que a contagem de leveduras do *L. plantarum* cepa UFLA-1-SIL (6,57 log ufc/g) foi semelhante ao contagem do controle.

Apesar de ter apresentado os menores teores de pH e maiores de ácido láctico a inoculação de cana-de-açúcar com *L. brevis* + *Enterococcus faecium* + *L. plantarum* promoveu as maiores perdas totais de MS e gases (27,2% e 25,7%) em relação ao controle (14,4% e 13,9%). A alta concentração de etanol (18,49% da MS) indica que a inoculação com *L. plantarum* não controlou o desenvolvimento das leveduras, confirmando a informação da literatura de que, apenas a redução do pH não é suficiente para impedir o desenvolvimento desses microrganismos e que o ácido láctico tem baixo poder fungicida (SCHMIDT et al., 2011). Siqueira et al. (2007b) observou perdas semelhantes de MS nas silagens não inoculadas e inoculadas com *L. plantarum*. Já Pedroso et al. (2007) avaliando diferentes aditivos químicos e bacterianos observou para silagens inoculadas somente com *L. plantarum* maiores perdas totais de MS e concentração de etanol entre todos os aditivos testados. Segundo Schmidt (2009) 91% dos trabalhos publicados sobre avaliação de *L. plantarum* em silagens de cana-de-açúcar, as perdas fermentativas foram iguais ou superiores às da silagem sem aditivos.

5.2 *Lactobacillus buchneri*

O *Lactobacillus buchneri* é uma BAL heterofermentativa obrigatória, que diferentemente das homofermentativas produzem outros compostos

pela fermentação de glicose e frutose além do ácido láctico, como ácido acético, manitol e etanol. Justamente um destes componentes, o ácido acético, apresenta ação no metabolismo de leveduras inibindo seu crescimento (KUNG Jr. et al., 2003).

Alguns trabalhos realizados com silagem de cana-de-açúcar tem apontado resultados positivos quanto a utilização de inoculantes a base de *Lactobacillus buchneri*. Ao avaliar a combinação de aditivos químicos com bacterianos na ensilagem de cana-de-açúcar, Siqueira et al. (2007b) observaram maior recuperação de matérias seca nas silagens tratadas somente com *L. Buchneri* (80,8%) em relação as silagens sem aditivos (67,8%). A combinação de *L. Buchneri* com NaOH proporcional maior RMS, 93,7%, que o uso de somente NaOH, 76,1%. Independente do aditivo químico usada a RMS foi maior quando combinado com *L. Buchneri*. Maiores recuperações de matéria seca digestível também foram encontradas para silagens de cana-de-açúcar queima ou *in natura* quando inoculadas com *L. Buchneri* ou NaOH (SIQUEIRA et al., 2009). Sendo também recomendado o uso do *L. Buchneri* na silagem de cana-de-açúcar queimada no trabalho de Siqueira et al. (2011a). Silagens inoculadas com *L. Buchneri* apresentaram menores perdas de MS total (8,05%) e teores de etanol (1,95%) em relação ao controle no trabalho de Pedroso et al. (2007). Estes resultados podem ser atribuído a inibição das leveduras pela ação do ácido acético advindo do metabolismo do *L. Buchneri*. Como foi observado por Ávila et al. (2010) ao avaliar diferentes cepas de microrganismos comerciais e indígenas. Neste trabalho diferentes cepas de *L. buchneri* apresentaram maiores teores de ácido acético e menor contagem de leveduras o que refletiu em um menor teor de etanol, sendo que duas cepas, uma indígena e outra comercial (*L. Buchneri* cepa UFLA-72-SIL e Pioneer 11A44TM) apresentaram contagem de leveduras abaixo do nível de detecção (< 2,0 log ufc/g).

Maior ganho de peso diário foi observado para novilhas Holandesas consumindo dietas a base de silagem de cana-de-açúcar inoculadas com *L. Buchneri*, sendo 24,2% superior ao ganho de peso dos animais recebendo silagem sem aditivos (PEDROSO et al., 2006). Já Pedroso et al. (2011), embora tenha observado menores teores de etanol e maiores de ácido acético,

o que indica controle de leveduras e diminuição nas perdas de MS, não encontrou nenhuma diferença em consumo e ganho de peso dos animais consumindo silagens com ou sem *L. Buchneri*.

Entretanto trabalhos como o de Schmidt et al. (2011) tem mostrado piores resultado de perdas de MS total, de gases e maiores teores de etanol para as silagens tratadas com *L. Buchneri*. As silagens tratadas com *L. Buchneri* foram ineficientes em aumentar o valor nutritivo das silagens de cana-de-açúcar no trabalho de Santos et al. (2009), mas mantiveram valores semelhantes ao controle. Mesmo comportamento observado por Santos et al. (2008). Nestes estudos foi utilizada a dose de 5×10^4 ufc/g de massa ensilada, que é a dose recomendada pelo fabricante deste aditivo no Brasil. Em uma meta análise realizada por Kleinschmit e Kung Jr. (2006) foi observado que doses de *L. Buchneri* inferiores a 1×10^5 ufc/g de forragem apresentam efeitos menos acentuados sobre a diminuição de leveduras e aumento de ácido acético e estabilidade aeróbia, quando comparadas com doses maiores que 1×10^5 ufc/g. Portanto a dose utilizada pode ser uma das possíveis explicações para a ausência de resultados positivos da ação do *L. Buchneri* nas silagens avaliadas. Uma vez que a dose utilizada nestes experimentos acima citados representa metade da dose considerada como limiar entre dose baixa e alta (1×10^5 ufc/g de massa ensilada).

A variabilidade no padrão de resposta do *L. Buchneri* parece ser superior a assistida para outros aditivos (ureia, óxido de cálcio, benzoato de sódio), por se tratar de um organismo vivo. Sendo assim, a eficiência dependente de uma série de fatores, como substrato, umidade, população inicial, cuidados no armazenamento do produto e no manuseio para a inoculação, ausência de cloro na água usada para diluição, entre outros.

5.3 Óxido de cálcio (Cal)

O tratamento de silagens de cana-de-açúcar com aditivos alcalinos, como o óxido de cálcio, tem mostrado efeitos positivos na preservação dos nutrientes e diminuição nas perdas durante a ensilagem.

No trabalho realizado por Santos et al. (2008) o aditivo óxido

de cálcio foi efetivos em reduzir as perdas totais e a produção de gases e resultaram em silagens com maiores recuperações de MS, 27,3% superior ao controle, aumentando também a DIVMS (69,9%) em relação ao controle (48,0%) e a ensilagem (59,7%). O aumento do pH e da fração mineral observadas nas forragens tratadas com óxido cálcio sugere redução da atividade de água desses materiais, proporcionando ambiente desfavorável para o desenvolvimento de leveduras. O que pode ser confirmado pela redução da produção de álcool (0,38% da MS vs. 4,78 da MS no controle) e a maior recuperação de carboidratos solúveis (7,28% da MS vs. 2,98% da MS no controle) por meio do uso de aditivo químico. O uso do aditivo carbonato de cálcio proporcionou um comportamento semelhante ao do óxido de cálcio. Amaral et al. (2009a) também observou diminuição nas perdas por gases e na produção de etanol, e aumento da recuperação de carboidratos solúveis nas silagens que foram ensiladas com cal e calcário. Estes mesmos aditivos melhoraram o valor nutritivo nas silagens de cana-de-açúcar, com uma diminuição da concentração de carboidratos não fibrosos e aumento do coeficiente de digestibilidade (SANTOS et al., 2009).

Roth et al. (2010) observaram que as silagens sem aditivos e com *Lactobacillus buchneri* apresentaram menores recuperações da matéria seca (61,3 e 63,1%, respectivamente), em comparação às observadas nas silagens com cal e com a combinação *Lactobacillus buchneri* + cal (80,7 e 83,2%, respectivamente), fato que os autores justificaram pelo controle da população de leveduras advindo do cal.

Amaral et al. (2009b) observou maior estabilidade aeróbia da silagem tratada com 1% de cal virgem (163 h) em relação ao controle (98 h). Segundo os autores a maior estabilidade pode estar relacionada ao padrão de fermentação, em decorrência da ação tamponante do aditivo, que pode ter promovido maior produção de ácidos orgânicos fracos e maior controle da deterioração aeróbia. Resultado condizente com os de Santos (2007), onde silagem tratada com 1% de óxido de cálcio apresentaram 131 horas de estabilidade.

Os altos teores de ácido butírico encontrados no trabalho de

Amaral et al. (2009a) para silagens de cana-de-açúcar tratadas com 1% de cal virgem é um fato que tem chamado a atenção. Segundo os autores a elevação dos valores de pH no momento da ensilagem e o provável aumento do poder tamponante das silagens tratadas com este aditivo, foram fatores que propiciaram condições para o desenvolvimento de microrganismos como bactérias heterofermentativas e clostrídeos. Uma vez que para o um bom processo de ensilagem o rápido abaixamento do pH é fundamental, inibir assim o desenvolvimento de microrganismos que geram fermentações secundárias (McDONALD et al., 1991), fato este que não ocorreu neste experimento. Os clostrídeos além de converterem açúcares em ácido butírico, também utilizam o ácido láctico e o ácido acético para essa conversão (PAHLOW et al., 2003). Além disso clostrídeos geram perdas de até 34% de MS e 22,1% de energia (ROOKE; HATFIELD, 2003). Tudo isso levou os autores a inferir que a atuação de clostrídeos foi maior nas silagens tratadas com cal virgem, uma vez que elas apresentaram maiores perdas gasosas, menor concentração de carboidratos solúveis e maiores teores de ácido butírico em relação à tratada com calcário. O desenvolvimento de clostrídeos em silagens tratadas com cal tem que ser estudado futuramente, uma vez que até o momento poucos trabalhos tem avaliado a presença de ácido butírico em silagens de cana-de-açúcar.

A utilização do óxido de cálcio tem apresentado maior repetibilidade na redução das perdas de matéria seca, provavelmente por esse ser um aditivo químico menos dependente das condições do meio para sua ação. De forma prática e de acordo com os resultados observados, a utilização da cal virgem entre 1 a 1,5% pode ser utilizada como ferramenta para melhorar o valor nutritivo da silagem de cana-de-açúcar. Embora, a pesquisa vem buscando respostas quanto ao efeito desse aditivo no metabolismo e na nutrição de ruminantes.

5.4 Hidróxido de sódio (NaOH)

O hidróxido de sódio é um aditivo muito utilizado para aumentar a digestibilidade de palhadas (McDONALD et al., 1991). Poucos trabalhos

tem avaliado o uso do hidróxido de sódio como aditivo para silagem, em vista dos resultados positivos deste em hidrolisar cana-de-açúcar fresca. Provavelmente isso se deve a limitações econômicas, ambientais e de segurança com relação ao uso destes aditivos (SCHMIDT, 2009).

As silagens tratadas com NaOH apresentaram teores de etanol semelhantes ao obtido na silagem sem aditivo (2,43% vs. 3,82% da MS), porém, as perdas totais de MS ocorreram nos níveis mais baixos observados neste trabalho (10,9%). As produções de efluentes nestas silagens foram as menores (6,30 kg/t de MV) e as DIVMS as maiores, com menores concentrações de FDN, FDA e lignina (PEDROSO et al., 2007). Siqueira et al. (2009) observou comportamento semelhante ao avaliar NaOH e outros aditivos químicos (benzoato de sódio, ureia, *Propionibacterium acidipropionic* + *Lactobacillus plantarum* e *Lactobacillus buchneri*), onde o NaOH apresentou menores teores de FDN e maiores teores de carboidratos não fermentáveis, digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS) e recuperação de MS digestível.

Resultados positivos também foram encontrados por Siqueira et al. (2007a) e Siqueira et al. (2007b) ao avaliar diferentes aditivos químicos em combinação com aditivos microbianos. Entre os inoculantes químicos o NaOH foi o que apresentou os menores valores de FDN e os maiores de RMS e DIVMS. Quando o NaOH foi usado em combinação com o *Lactobacillus buchneri* houve um efeito sinérgico entre eles, pois seu efeito combinado foi superior aos efeitos isolados.

5.5 Benzoato de sódio

Os ácidos benzoico e sórbico na forma dos sais benzoato de sódio e sorbato de potássio são comumente utilizados na indústria de alimentos para prevenir o crescimento de leveduras e fungos filamentosos (McDONALD et al., 1991). Recentemente, tem-se intensificado os estudos destes como aditivos controlador da população de leveduras de silagem de cana-de-açúcar. Assim como o ácido acético, o benzoato de sódio está na forma não dissociada, passando facilmente pela membrana celular dos fungos, liberando prótons que acidificam o meio intracelular (KUNG Jr. et al.,

2003). Em muitos trabalhos tem sido comprovada a ação do benzoato de sódio na redução do crescimento de leveduras e fungos filamentosos, melhorando a estabilidade aeróbia das silagens (KLEINSCHMIT et al., 2005; LINGVALL; LATTEMAE, 1999).

Com relação aos trabalhos realizados com silagem de cana-de-açúcar os benzoato de sódio tem apresentado resultados positivos mais discretos em relação ao controle, e quando comparado a outros aditivos tem apresentado piores resultados. Como pode ser observado nos trabalhos de Siqueira et al. (2009), onde o benzoato de sódio apresentou maiores teores de carboidratos não fibrosos, maior recuperação de matéria seca digestível e digestibilidade da MS em relação ao controle, entretanto seus valores foram intermediários aos outros aditivos testados. Um exemplo foi a recuperação de MS digestível que enquanto para o benzoato foi 52,8% para o NaOH foi de 77,1%. Nos trabalhos de Siqueira et al. (2007a) e Siqueira et al. (2007b) as perdas de MS foram menores e a conservação dos valores nutritivos foram maiores para as silagens contendo benzoato de sódio, embora os resultados tenham sido inferiores aos do NaOH. Já os resultados encontrados por Pedroso et al. (2007) ao avaliar diferentes tipos de aditivos na ensilagem de cana-de-açúcar, não observaram diferenças entre as silagem com benzoato de sódio e o controle.

O único trabalhos que onde se avaliou o desempenho das novilhas consumindo silagens de cana-de-açúcar com benzoato de sódio foi observado um ganho de peso de 1,14 kg/dia, maior estatisticamente que o do controle (0,97 kg/dia). Sendo constatada diferença significativa positiva em peso final e conversão alimentar (PEDROSO et al., 2006).

5.6 Ureia

Adição de ureia na ensilagem baseia-se na transformação dessa ureia em amônia (NH₃), que reage com água formando hidróxido de amônia, elevando o pH e atuando sobre o metabolismo de microrganismos indesejáveis (KUNG Jr. et al., 2003), principalmente leveduras, o que pode reduzir a produção de etanol em silagens de cana-de-açúcar.

Silagens de cana-de-açúcar tratados com ureia tem apresentado comportamento semelhante às silagens tratadas com benzoato de sódio. Apesar de ter melhores resultados de RMS, DIVMS, FDN e perdas de gases em relação ao controle, a ureia apresenta resultados intermediários (Siqueira et al., 2007a,b).

Em relação ao desempenho animal, Pedroso et al. (2006) não constataram diferença significativa entre o ganho de novilhas alimentadas com silagem controle ou com ureia.

Quando usada em combinação com o benzoato de sódio mostrou resultados positivos. Promovendo a redução de aproximadamente 53% do teor de etanol (42,7 vs. 92,3 g/kg de MS). Além da menor produção de etanol, a ensilagem da cana-de-açúcar com ureia + benzoato resultou em forragem de melhor qualidade, com teor mais elevado de PB, menor teor de componentes fibrosos (FDN e FDA) e maior conteúdo energético (NDT), quando comparada às silagens sem aditivo e inoculada com *L. Buchneri*. No entanto, o ganho de peso vivo e a ingestão de MS não foram influenciados pelo tipo de ração (PEDROSO et al., 2011).

5.7 Aditivos sequestrantes de umidade

Os aditivos sequestrantes de umidade tem sido usados em culturas com altos teores de umidade afim de aumentar a MS e reduzir as perdas de efluentes (KUNG Jr. et al., 2003). Bernardes et al. (2007) ao avaliação da queima e a adição de 0, 50 ou 100 g/kg de milho desintegrado com palha e sabugo (MDPS) na ensilagem de cana-de-açúcar observou que a inclusão de MDPS elevou os teores de MS e reduziu discretamente os teores de N-NH₃ e etanol das silagens, não ocasionando efeito nos valores de pH e na população de leveduras. Concluindo que a fermentação etanólica durante a ensilagem não foi controlada com a inclusão de aditivo seco. A adição de MDPS melhorou a composição bromatológica de silagens de cana-de-açúcar, em função da elevação dos teores de proteína e redução de fibra em detergente neutro, no entanto, não contribui para a melhoria dos parâmetros fermentativos em um trabalho realizado por Evangelista et

al. (2009). É possível concluir que estes aditivos são pouco eficientes para melhorar a qualidade e diminuir a perdas na ensilagem de cana-de-açúcar.

5.8 Perspectivas futuras

Uma nova linha de pesquisa, principalmente na América do Sul e Ásia, tem trabalhado com desenvolvimento de inoculantes bacterianos específicos para determinadas culturas e geralmente isolados da própria cultura. Isso porque a maior parte das empresas que produz inoculantes está localizada em países de clima temperado, onde desenvolve e faz seus testes com gramíneas e leguminosas de clima temperado. Portanto, a eficiência destes inoculantes pode não ser a mesma em gramíneas e leguminosas de clima tropical (MUCK, 2012). A compatibilidade entre a planta forrageira que vai ser ensilada e o microrganismo inoculado é apontado por Muck e Kung Jr. (1997) como um fator determinante do sucesso da aplicação de inoculantes microbianos.

Ávila et al. (2009) identificaram uma cepa da *L. Buchneri* que foi melhor que as cepas comerciais em reduzir a concentração de etanol e a contagem de leveduras enquanto aumentou a estabilidade aeróbia de silagens de cana-de-açúcar. Em um segundo trabalho realizado por este grupo, novamente com cepas indígenas isoladas por eles, uma das cepas de *L. Buchneri* a UFLA-72-SIL apresentou excelentes resultados em relação a aumento nos teores de ácido acético e diminuição na contagem de leveduras ($< 2,0 \log \text{ ufc/g}$) o que refletiu em uma diminuição no teor de etanol.

Uma das novas fronteiras do conhecimento em relação a silagens de cana-de-açúcar é a o isolamento de cepas de microrganismos indígenas que apresentem características desejáveis ao processo fermentativo e sobre a estabilidade aeróbia das silagens, com uma boa capacidade de colonização da massa ensilada e que sejam de fácil produção a nível comercial.

6. DESEMPENHO DE ANIMAL CONSUMINDO SILAGEM DE CANA-DE-AÇÚCAR

Por muitos anos a utilização de cana-de-açúcar *in natura* e ensilada foi veiculada a animais de baixo potencial produtivo devido as limitações nutritivas desta forragem, principalmente baixos teores de proteína bruta e digestibilidade da fibra. O fato que talvez tenha levado a esse descrédito da cana-de-açúcar pode ter sido os próprios estudos que objetivavam a substituição da silagem de milho por esse volumoso sem o adequado balanceamento das rações (MARI, 2008). Entretanto, com o correto balanceamento das dietas contendo cana-de-açúcar *in natura* ou ensilada é possível corrigir essas limitações nutricionais, permitindo satisfatório desempenho dos animais tanto em produção de leites (CORRÊA et al., 2003; QUEIROZ et al., 2008) como em ganho de peso (FERNANDES et al., 2007; PINTO et al., 2010; PEDROSO et al., 2006; ROMAM et al., 2011).

Ao avaliar o potencial de cana-de-açúcar como forragem para vacas leiteiras de alta produção Corrêa et al. (2003) observou diminuição na ingestão da matéria seca (IMS), sendo que a ingestão em função do peso vivo (PV) foi 3,76% do PV para dietas contendo silagem de milho e 3,48% PV para dietas contendo cana-de-açúcar. Este resultado pode ser atribuído a menor digestibilidade da fibra da dieta contendo cana-de-açúcar, uma vez que a digestibilidade da FDN nesta dieta foi 23,1% enquanto que para as dietas contendo silagem de milho foi 42,1%. Esta menor IMS resultou em uma diminuição da produção de leite de 34,3 kg/dia nas silagens de milho para 31,9 kg/dia para as dietas contendo cana-de-açúcar. Embora tenha havido perdas significativas na produção de leites e IMS, a dieta contendo cana-de-açúcar conseguiram sustentar a produção diária de leite acima de 30 kg. Nos trabalhos de Magalhães et al. (2004), Magalhães et al. (2006) e Mendonça et al. (2004) o menor consumo de FDN e de FDN digestível foi apontado como a causa da menor IMS e produção de leite (média de 20 kg/dia) em dietas a base de cana-de-açúcar. Apesar da cana-de-açúcar ter menores teores de FDN que as silagens de milho, este apresenta menores índices de digestibilidade. Menor digestibilidade da fibra pode promover

menor IMS por vacas lactantes (ALLEN, 2000).

Ao avaliar dietas com substituição da silagem de sorgo por cana-de-açúcar (com diferentes proporções de concentrado) no desempenho de tourinhos mestiços em terminação confinado Pinto et al. (2010) observou redução na IMS, no consumo de FDN e ganho de peso diário quando os animais foram alimentados com cana-de-açúcar, independentemente do nível de concentrado. Mesmo assim o ganho de peso diário foi de 1,44 kg para dietas a base de cana-de-açúcar e 1,68 kg para dieta de silagem de sorgo. Diferentemente dos resultados mostrados até o momento, Fernandes et al. (2007) não observou diferenças estáticas em IMS, ganho de peso diário, nem em peso de carcaça quente de animais da raça Canchim confinados alimentados com dietas à base de silagem de milho ou cana-de-açúcar. Sendo que o ganho de peso diário foi de 1,43 kg. Portanto, fica claro que a cana-de-açúcar, quando utilizada de forma correta e com animais que apresentem potencial de ganho, podem proporcionar desempenho adequado.

Trabalhos realizados recentemente não têm constatado diferenças entre animais consumindo silagem de cana-de-açúcar ou outras fontes de volumoso. Roman et al. (2011) não observou diferenças significativas no desempenho de bovinos de corte em confinamento alimentados com rações contendo silagem de milho ou de cana-de-açúcar, com diferentes formulações. O contraste entre silagens de cana-de-açúcar e silagens de milho apontaram uma diferença significativa em consumo de MS (10,1 vs. 10,5 kg/dia), que por ser muito pequena não se traduziu em diferença significativa em ganho de peso e consumo FDN, que foram respectivamente 1,34 e 4,19 kg/dia para silagem de cana-de-açúcar e 1,38 e 3,85 para silagem de milho. Os autores sugerem que os valores de consumo de FDN em função do peso vivo ficou abaixo de 1,2% do peso vivo, valor estes descrito por Mertens (1987) como o ponto que se inicia o controle físico do efeito regulatório na ingestão. Entretanto, como a cana-de-açúcar apresenta uma baixa quantidade de fibra, porém com baixa digestibilidade, é provável que este índice de 1,2% não seja alcançado. Queiroz et al. (2008) também não encontrou diferença na produção de leite de vacas alimentados com dietas a base de cana-de-açúcar *in natura*, silagem de cana-de-açúcar, silagem de milho

ou com a mistura de silagem de milho e cana-de-açúcar (50%), observando produção de leite de 24,6; 24,4; 25,5 3 25,2 kg/dia, respectivamente.

Ao avaliar desempenho de novilhas Holandesas (PEDROSO et al., 2006) e tourinhos da raça Canchim (PEDROSO et al., 2011) alimentados com silagem de cana-de-açúcar com e sem o uso de aditivos químicos ou microbianos observou ganho de peso diário médio de 1,08 e 1,75 kg/dia, respectivamente, não havendo diferenças entre ganho de peso e consumo de MS para as silagens. Apesar de Siqueira (2009) ter observado uma diferença na ingestão de matéria seca entre animais consumindo silagem de milho (7,36 kg/dia) e silagem de cana-de-açúcar (6,59 kg/dia) não houve diferença entre o ganho de peso diário, que foi, respectivamente, 0,865 e 0,903 kg/dia.

Mesmo com a diminuição na digestibilidade *in vitro* da MS, o aumento nos teores de FDN (Tabela 2) e a diminuição nos teores de carboidratos solúveis da cana-de-açúcar ensilada, quando comparada a cana-de-açúcar *in natura*, não foi observada diferenças na produção leite de vacas consumindo dietas contendo cana-de-açúcar *in natura* ou ensilada (MARI, 2008; QUEIROZ et al., 2008). Bem como alguns trabalhos não apresentaram diferenças no ganho de peso de animais tratados com silagem de cana-de-açúcar ou silagem de milho (QUEIROZ et al., 2008; ROMAN et al., 2011; SIQUEIRA, 2009), quando as devidas correções na dieta foram realizadas. Uma das explicações para isso é que a fração consumida pelo animal de produtos finais da fermentação das silagens tem relevante impacto nutricional, visto que estes componentes apresentam alta concentração de energia por unidade de massa (CLYMER, 2004; DANIEL et al., 2013a). No rúmen-retículo os ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) da silagem são incorporados no pool do rúmen e removidos por absorção ou passagem, e depois disso usados pelos tecidos como energia metabolizável. O ácido láctico pode ser absorvido, sendo então substrato para gliconeogênese hepática, ou convertido a propionato, o que ocorre com 80% do ácido láctico consumido. Outro produto da fermentação importante por apresentar uma alta energia bruta é o etanol e estar presente em concentrações altas na silagem de cana-de-açúcar, em média 7,8% da MS (ZAPOLLATTO et

al., 2009). Quando consumido pelo animal é absorvido ou metabolizado pelos microrganismos do rúmen, sendo convertido a acetato.

Embora uma considerável quantidade de etanol pode chegar ao fígado, o que pode gerar desordens metabólicas como o acúmulo de gordura no fígado (LIEBER; ABITTAN, 1999) e seu possível efeito inibitório na gliconeogênese (DEMIGNÉ et al., 1991), trabalhos recentes não tem encontrado grandes problemas com elevadas concentrações de etanol. A suplementação com 5% de etanol no experimento conduzido por Daniel et al. (2013a) levou a maior produção de leite (37,9 kg/dia) em relação ao controle (35,8 kg/dia). Também não foi observado diferenças na IMS de bovinos Nelores canulados alimentados com silagem de milho acrescidas de etanol ou ácido láctico (DANIEL et al., 2013b).

Fato relevante na utilização de silagens de cana-de-açúcar foi abordado por Pedroso et al. (2011) ao observaram ganho de peso médio geral dos animais foi 39% superior ao previsto no balanceamento das dietas (1,75 vs. 1,26 kg/d). Pedroso et al. (2006) também obtiveram ganho de peso 28% acima do esperado em animais alimentados com silagem de cana-de-açúcar. Foi levantado a hipótese de que o valor nutritivo de silagens de cana-de-açúcar tem sido subestimado pelo fato de não se considerar o valor energético dos componentes voláteis, como ácidos graxos de cadeia curta e etanol. Estes produtos da fermentação são perdidos no processo e secagem normal das silagens para o cálculo de NDT. Como foi demonstrado por Daniel et al. (2013b), que constatou uma diferença na IMS de 10,8 kg/dia, quando a secagem foi realizada em estufa, para 11,7 kg/dia, quando a MS foi determinado por tolueno.

Como foi demonstrado nesta sessão, dietas contendo silagem de cana-de-açúcar como volumoso podem sustentar elevadas produções. Ficando mais evidente que as perdas por gases e consequentemente a recuperação da matéria seca ensilada, constituem o principal problema relacionado a ensilagem da cana-de-açúcar. Embora não tenha sido encontrada diferenças na desempenho de animais consumindo silagens de cana-de-açúcar com aditivos (PEDROSO et al., 2006; PEDROSO et al., 2011; SIQUEIRA, 2009) o uso de aditivos deve ser avaliado em função da provável redução

no custo da forragem, decorrente da diminuição de perdas fermentativas durante a ensilagem.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Acreditamos que o primeiro avanço tecnológico na produção e utilização da silagem de cana-de-açúcar está em realizar um correto balanceamento da dieta as exigências dos animais. Com esse conceito, a cana-de-açúcar passa a ser um volumoso adequado a maioria das situações encontradas no Brasil e não mais uma forragem destinada apenas a animais de baixo desempenho.

O controle de perdas continua sendo o alvo central na escolha de aditivos. O *L. Buchneri*, o benzoato de sódio e o óxido de cálcio são as opções que temos até o momento. Vale ressaltar que, nem sempre o benefício na fermentação deve e precisa se converter em aumento no desempenho animal. No caso da ensilagem da cana-de-açúcar o benefício normalmente só é observado em uma das fases.

Entendemos como avanço tecnológico bastante promissor a seleção de cepas indígenas para confecção de inoculantes para a cana-de-açúcar. A busca por bactérias que demonstrem maior efetividade constitui-se no anseio dos usuários dessa tecnologia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCÁNTARA, E.; AGUILERA, A.; ELLIOT, R.; SHIMADA, A. Fermentation and utilization by lambs of sugarcane harvested fresh and ensiled with and without NaOH. 4. Ruminal kinetics. **Animal Feed Science and Technology**, v.23, p.323-331, 1989.
- ALVAREZ, F.J.; PRIEGO, A.; PRESTON, T.R. Animal performance on ensiled sugar cane. **Tropical Animal Production**, v.2, n.1; p.27, 1977.

- ALVAREZ, F.J.; PRESTON, T.R. Ammonia/molasses and urea/molasses as additives for ensiled sugar cane. **Tropical Animal Production**, v.1, p.98-104, 1976.
- ALLEN, M.S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating cattle. **Journal of Dairy Science**, v.83, p.1598-1624, 2000.
- AMARAL, R.C.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; NUSSIO, L.G.; MENDES, C.Q.; GASTALDELLO JR, A. L. Cana-de-açúcar ensilada com ou sem aditivos químicos: fermentação e composição química. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.8, p.1413-1421, 2009a.
- AMARAL, R.C.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; NUSSIO, L.G.; FERREIRA, E.M.; GENTIL, R.S. Cana-de-açúcar *in natura* ou ensilada com e sem aditivos químicos: estabilidade aeróbia dos volumosos e das rações. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.10, p.1857-1864, 2009b.
- ANDRADE, J.B.; FERRARI Jr., E.; BRAUN, G. Valor nutritivo da silagem de cana-de-açúcar tratada com uréia e acrescida de rolão-de-milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.9, p.1169-1174, 2001.
- ANDRADE, J.B.; FERRARI Jr., E.; POSSENTI, R.A.; OTSUK, I.P.; ZIMBACK, L.; LANDELL, M.G.A. Seleção de 39 variedades de cana-de-açúcar para alimentação animal. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.40, n.4, p.287-296, 2003.
- ÁVILA, C. L. S.; PINTO, J. C. ; FIGUEIREDO H. C. P.; SCHWAN, R. F. Effects of an indigenous and a commercial *Lactobacillus buchneri* strain on quality of sugar cane silage. **Grass and Forage Science**, v. 64, n. 4, p. 384-394, 2009.
- ÁVILA, C.L.S.; VALERIANO, A.R.; PINTO, J.C.; FIGUEIREDO, H.C.P.; REZENDE, A.V.; SCHWAN, R.F. Chemical and microbiological characteristics of sugar cane silages treated with microbial inoculants. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.1, p.25-32, 2010.
- BALIEIRO NETO, G.; SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A. et al. Óxido de cálcio como aditivo na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.5, p.1231-1239, 2007.

- BARBIERI, V.; SILVA, F.C. Influência da queima nas temperaturas dos colmos da cana-de-açúcar e da superfície do solo. **HOLOS Environment**, v. 8, n. 1, p. 45, 2008.
- BERNARDES, T.F.; REIS, R.A.; SIQUEIRA, G.R.; BERCHIELLI, T.T.; COAN, R.M. Avaliação da queima e da adição de milho desintegrado com palha e sabugo na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.2, p.269-275, 2007.
- BONOMO, P.; CARDOSO, C.M.M.; PEDREIRA, M.S.; SANTOS, C.C.; PIRES, A.J.V.; SILVA, F.F. Potencial forrageiro de variedades de cana-de-açúcar para alimentação de ruminantes. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.31, n.1, p.53-59, 2009.
- CAMPOS, A.F.; SIQUEIRA, G.R.; MONÇÃO, V.D.; REIS, R.A. Fermentative losses and yeasts population in sugar- cane ensiled with different particle sizes. In: 2012 Joint ADSA-ASAS Annual Meeting, 2012, Phoenix, Arizona. **Journal of Animal Science**. Phoenix, Arizona, 2012. v.95. p.537-538.
- CAMPOS, A.F.; SIQUEIRA, G.R.; JERONIMO, N.M.; RESENDE, F.D.; REIS, R.A. Aerobic stability, pH and yeast population of sugar-cane ensiled with different particle sizes In: 2013 Joint ADSA-ASAS Annual Meeting, 2013, Indianápolis, Indiana. **Journal of Animal Science**. Indianápolis, Indiana, 2013. v. 96. p. 316-317.
- CARVALHO, M.V.; RODRIGUES, P.H.M.; LIMA, M.L.P.; ANJOS, I.A.; LANDELL, M.G.A.; SANTOS, M.V.; SILVA, L.F.P. Composição bromatológica e digestibilidade de cana-de-açúcar colhida em duas épocas do ano. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.47, n.4, p.298-306, 2010.
- CLYMER, J. **Heat of Combustion & Respiratory Quotient Calculation**. 2004 <http://home.fuse.net/clymer/rq/> Acesso em: 24/09/2008.
- CORRÊA, C.E.S.; PEREIRA, M.N.; OLIVEIRA, S.G.; RAMOS, M.H. Performance of Holstein cows fed sugarcane or corn silages of different grain textures. **Scientia Agricola**, v.60, p.221-229, 2003.

- DANIEL, J. L. P.; AMARAL, R.C.; SÁ NETO, A.; CABEZAS-GARCIA, E.H.; BISPO, A.W.; ZOPOLLATTO, M.; CARDOSO, T.L.; SPOTO, M. H. F.; SANTOS, F. A. P.; NUSSIO, L. G. Performance of dairy cows fed high levels of acetic acid or ethanol. **Journal of Dairy Science**, v.96, n.1, p.389-406, 2013a.
- DANIEL, J. L. P.; AMARAL, R.C.; GOULART, R. S.; ZOPOLLATTO, M.; SANTOS, V. P.; TOLEDO FILHO, S. G.; CABEZAS-GARCIA, E.H.; LIMA, J. R., SANTOS, M. C.; NUSSIO, L. G. Short-term effects of silage volatile compounds on feed intake and digestion in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.91, n.5, p. 2321-2331, 2013.
- DEMIGNÊ, C.; YACOB, C.; MORAND, C.; RÉMÉSY, C. Interactions between propionate and amino acid metabolism in isolated sheep hepatocytes. **British Journal of Nutrition**, v.65, p.301-317, 1991.
- EVANGELISTA, A.R.; LIMA, J.A.; ABREU, J. G.; SIQUEIRA, G.R.; SANTOS, R.V. Silagem de cana-de-açúcar (*Saccharumofficinarum* L.) enriquecida com farelo de soja ou farelo de algodão. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39, 2002, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002. CD-ROM.
- EVANGELISTA, A. R.; SIQUEIRA, G.R.; LIMA, J. A.; LOPES, J.; REZENDE, A.V. Alterações bromatológicas e fermentativas durante o armazenamento de silagens de cana-de-açúcar com e sem milho desintegrado com palha e sabugo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.1, p.20-26, 2009.
- FERNANDES, A.M.; QUEIROZ, A.C.; PEREIRA, J.C. et al. Composição químico-bromatológica de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum*spp.L.) com diferentes ciclos de produção (precoce e intermediário) em três idades de colheita. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p.977-985, 2003.
- FERNANDES, A.R.M.; SAMPAIO, A.A.M.; HENRIQUE, W.; PERECIN, D.; OLIVEIRA, E.A.; TULLIO, R.R. Avaliação econômica e desempenho de machos e fêmeas Canchim em confinamento alimentados com dietas à base de silagem de milho e concentrado ou cana-de-açúcar e concentrado contendo grãos de girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.855-864, 2007.
- KLEINSCHMIT, D. H.; KUNG, L. JUNIOR. A meta-analysis of the effects of *Lactobacillus buchneri* on the fermentation and aerobic stability of corn and grass and small-grain silages. **Journal of Dairy Science**, v.89, n.10, p.4005-4013, 2006.
- KLEINSCHMIT, D. H.; SCHMIDT, R. J.; KUNG, JR, L. The effects of various antifungal additives on the fermentation and aerobic stability of corn silage. **Journal of Dairy Science**, v.88, n.6, p.2130-2139, 2005.
- KUNG, L. JUNIOR.; STOKES, M. R.; LIN, C. J. Silage additives. In: BUXTON, D. R.; MUCK, R. E.; HARRISON, J. H (Co-ed.). **Silage science and technology**. Madison: ASA, 2003. Cap. 7, p.305-360.(Agronomy, 42).
- KUNG Jr, L.; STANLEY, R.W. Effect of stage maturity on the nutritive value of whole plant sugarcane preserved as silage.**Journal of Animal Science**,v.54, n.4, p. 689-696, 1982.
- LANDELL, M. G. A.; CAMPANA, M. P.; RODRIGUES, A. A.; BATISTA, L. A. R.; FIGUEIREDO, P.; SILVA, M. A.; BIDOIA, M. A. P.; ROSSETO, R.; MARTINS, A. L.; KANTHACK, R.A.O.; CAVICHIOLI, J. C.; VASCONCELLOS, A. C. M.; XAVIER, M. A. **A variedade IAC86-2480 como nova opção de cana-de-açúcar para fins forrageiros: manejo de produção e uso na alimentação animal**. Campinas: Instituto Agronomico, 2002.39 p. (Serie Tecnologia APTA, boletim tecnico IAC, 193).
- LIEBER, C. S.; ABITTAN, C. S. Pharmacology and metabolism of alcohol, including its metabolic effects and interations with other drugs.**Clinics in Dermatology**, v. 17, p. 365-379, 1999.
- LIMA, J.A.; EVANGELISTA, A.R.; ABREU, J.G; AMARAL, P.N.C.; Silagem de cana-de-açúcar (*Saccharumofficinarum* L.) enriquecida com farelo de trigo ou polpa cítrica. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39, 2002, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002. CD-ROM.
- LINGVALL, P.; LATTEMAE, P. Influence of hexamine and sodium nitrite in combination with sodium benzoate and sodium propionate on fermentation and hygienic quality of wilted long cut grass silage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.79, n.2, p.257-264, 1999.

LOPEZ, J.M., PRESTON, T.R. Rock phosphate, ammonium sulphate and ammonium hydroxide as additives in the ensiling of sugar cane. **Tropical Animal Production**, v.2, n.3, 1977.

LOPES, J.; EVANGELISTA, A.R.; ROCHA, G.P. Valor nutricional da silagem de cana-de-açúcar acrescida de uréia e aditivos absorventes de umidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.1155-1161, 2007.

MACEDO, T.M.; PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P. et al. Degradabilidade da matéria seca e a fração fibrosa da cana de açúcar tratada com óxido de cálcio. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.12, n.2, p.429-440, 2011.

MAGALHÃES, A.L.R.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C.; TORRES, R.A.; MENDES NETO, J., ASSIS, A.J. Cana-de-açúcar em substituição à silagem de milho em dietas para vacas em lactação: Desempenho e viabilidade econômica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.5, p.1292-1302, 2004.

MAGALHÃES, A. L. R.; CAMPOS, J. M. S.; CABRAL, L. S., MELLO, R.; FREITAS, J.A.; TORRES, R.A.; VALADARES FILHO, S.C.; ASSIS, A.J. Cana-de-açúcar em substituição à silagem de milho em dietas para vacas em lactação: parâmetros digestivos e ruminais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.591-599, 2006.

MARI, L.J. Intervalo entre cortes em capim-marandu (*Brachiaria brizantha* (Hochst. Ex A.Rich.) Stapf cv. Marandu): produção, valor nutritivo e perdas associadas à fermentação da silagem. Dissertação (Orientador: Prof. Dr. Luiz Gustavo Nussio) (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens), Piracicaba, ESALQ, 2003.138 p.

MENDONÇA, S.S.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D.; SOARES, C.A.; LANA, R.P.; QUEIROZ, A.C.; ASSIS, A.J.; PEREIRA, M.L.A. Consumo, digestibilidade aparente, produção e composição do leite e variáveis ruminais em vacas leiteiras alimentadas com dietas à base de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.2, p.481-492, 2004.

MERTENS, D.R. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal functions. **Journal of Animal Science**, v.64, p.1584-1558, 1987.

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

MUCK, R.E.; KUNG JR., L. Effects of silage additives on ensiling. In: **SILAGE: FIELD TO FEEDBUNK**. NRAES-99, 1997, Herchey. **Proceedings...** Herchey: NRAES, 1997. p.187-199.

MUCK, R. E. Improving alfalfa silage quality with inoculants and silo management. p.137-146. In: **Proc. Cornell Nutr. Conf. East Syracuse**, NY. 2008.

MUCK, R.E.; MOSER, L.E.; PITT, R.E. Postharvest factors affecting ensiling. In: **BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Eds). Silage science and technology**. Madison: American Society of Agronomy, 2003. p.251-304.

MUCK, R. E.; MOSER, I. E.; PITT, R. E. Microbiology of ensiling. In: **INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE**, 16., 2012, Hameenlinna. **Proceedings...** Hameenlinna, Finland: MTT Agrifood Research Finland University of Helsinki, 2012. p. 75-86.

NUSSIO, L.G.; ROMANELLI, T.L.; ZOPOLLATTO, M. Tomada de decisão na escolha de volumosos suplementares para bovinos de corte em confinamento. In: **CBNA (Ed.). V Simpósio Goiano sobre manejo e nutrição de bovinos de corte e leite**. Campinas: CBNA, 2003. p.1-14.

NUSSIO, L.G.; SCHMIDT, P.; SCHOGOR, A.L.B.; MARI, L.J. Cana-de-açúcar como alimento para bovinos. In: **PEREIRA, O.G. et al. (Eds) Simpósio sobre manejo estratégico da pastagem**, 3. Viçosa: FUNERB, 2006. p. 277-328.

PAHLOW, G.; MUCK, R.E.; DRIEHUIS, F.; OUDE ELFERINK; S.J.W.H.; SPOELSTRA, S.F. Microbiology of ensiling. In: **Buxton, D.R.; Muck, R.E.; Harrison, J.H (Co-ed.). Silage Science and Technology**. Madison: ASA, CSSA, SSSA, 2003. cap. 2, p.31-93. (Number 42 in the series AGRONOMY).

PEDROSO, A.F.; NUSSIO, L.G.; PAZIANI, S.F.; LOURES, D.R.S.; IGARASI, M.S.; COELHO, R.M.; PACKER, I.H.; HORII, J.; GOMES, L.H. Fermentation and epiphytic microflora dynamics in sugar cane silage. **Scientia Agricola**, v.62, n.5, p.427-432, 2005.

- PEDROSO, A.F.; NUSSIO, L.G.; BARIONI JÚNIOR, W.; RODRIGUES, A.A.; LOURES, D.R.S.; CAMPOS, F.; RIBEIRO, J.L.; MARI, L.; ZOPOLLATTO, M.; JUNQUEIRA, M.; SCHMIDT, P.; PAZIANI, S.F.; HORII, J. Performance of Holstein heifers fed sugarcane silages treated with urea, sodium benzoate or *Lactobacillus buchneri*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.4, p.649-654, 2006.
- PEDROSO, A.F.; NUSSIO, L.G.; LOURES, D.R.S.; PAZIANI, S.F.; IGARASI, M.S.; COELHO, R.M.; HORII, J.; RODRIGUES, A.A. Efeito do tratamento com aditivos químicos e inoculantes bacterianos nas perdas e na qualidade de silagens de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.3, p.558-564, 2007.
- PEDROSO, A.F.; RODRIGUES, A.A.; BARIONI JÚNIOR, W.; BARBOSA, P.F.; SANTOS, F.A.P.; NUSSIO, L.G. Aditivos químicos e inoculante bacteriano na ensilagem de cana-de-açúcar: efeitos sobre a fermentação das silagens e o desempenho de garrotes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.6, p.1181-1187, 2011.
- PINTO, A.P.; ABRAHÃO, J.J.S.; MARQUES, J.A.; NASCIMENTO, W.G.; PEROTTO, D.; LUGÃO, S.M.B. Desempenho e características de carcaça de tourinhos mestiços em confinamento com dietas à base de cana-de-açúcar em substituição à silagem de milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.1, p.198-203, 2010.
- QUEIROZ, O.M. NUSSIO, L.G.; SCHMIDT, P.; RIBEIRO, J.L.; SANTOS, M.V.; ZOPOLLATTO, M. Silagem de cana-de-açúcar comparada a fontes tradicionais de volumosos suplementares no desempenho de vacas de alta produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.2, p.358-365, 2008.
- RESENDE, F.D.; SIGNORETTI, R.D.; COAN, R.M. et al. Terminação de bovinos de corte com ênfase na utilização de alimentos conservados. In: REIS, R.A.; SIQUEIRA, G.R.; BERTIPAGLIA, L.M.A. (Eds). **Volumosos na produção de ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2005. p.83-104.
- REZENDE, A.V.; RABELO, C.H.S.; RABELO, F.H.S.; NOGUEIRA, D.A.; FÁRIA JÚNIOR, D.C.N.A.; BARBOSA, L.Á. Perdas fermentativas e estabilidade aeróbia de silagens de cana-de-açúcar tratadas com cal virgem e cloreto de sódio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.4, p.739-746, 2011.
- ROMAM, J.; JOBIM, C.C.; RESENDE, F.D.; SIQUEIRA, G.R.; FÁRIA, M.H.; OLIVEIRA NETO, R.A. Performance of finishing beef cattle fed different diets containing whole-crop maize silage or sugarcane silage. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.3, p.682-689, 2011.
- ROOKE, J. A.; HATFIELD, R. D. Biochemistry of Ensiling. In: BUXTON, D. R.; MUCK, R. E.; HARRISON, J. H (Co-ed.). **Silage science and technology**. Madison: ASA, 2003. Cap. 3, p. 95-140. (Agronomy, 42).
- RIPOLI, T.C.C.; RIPOLI, M.L.C. **Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente**. Piracicaba: T.C.C. Ripoli, 2001. 204 p.
- ROTH, A.P.T.P.; REIS, R.A.; SIQUEIRA, G.R. et al. Cana-de-açúcar ensilada com aditivos em diferentes tempos após a queima. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006. CD-ROM
- ROTH, A.P.T.P. **Cana-de-açúcar in natura e queimada ensilada com cal virgem e diferentes tempos após a queima**. 2009, 62f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/UNESP, 2009.
- ROTH, A.P.T.P.; REIS, R.A.; SIQUEIRA, G.R.; ROTH, M.T.P.; RESENDE, F.D.; MONTEIRO, R.R. Sugarcane silage production treated with additives at different times post burning. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.1, p.88-96, 2010.
- SANTOS, R.V.; EVANGELISTA, R.A.; PINTO, J.C. et al. Composição química da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) e das silagens com diferentes aditivos em duas idades de corte. **Ciência & Agrotecnologia**, v. 30, n. 6, p. 1184-1189, 2006.
- SANTOS, M.C. **Aditivos químicos para o tratamento da cana-de-açúcar in natura ou ensilada**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2007. 112p. (Dissertação de Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2007.
- SANTOS, M.C.; NUSSIO, L.G.; MOURÃO, G.B.; SCHMIDT, P.; MARI, L.J.; RIBEIRO, J.L. Influência da utilização de aditivos químicos no perfil da fermentação, no valor nutritivo e nas perdas de silagens de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.9, p.1555-1563, 2008.

SANTOS, M.C.; NUSSIO, L.G.; MOURÃO, G.B.; SCHMIDT, P.; MARI, L.J.; RIBEIRO, J.L.; QUEIROZ, O.C.M.; ZOPOLLATTO, M.; SOUSA, D.P.; SARTURI, J.O.; TOLEDO FILHO, S.C. Nutritive value of sugar cane silage treated with chemical additives. *Scientia Agricola*, v.66, n.2, p.159-163, 2009.

SCHMIDT, P.; MARI, L.J.; NUSSIO, L.G.; SANTOS, V.P.; PIRES, A.V. Aditivos químicos e biológicos na ensilagem de cana-de-açúcar. 1. Composição química das silagens, ingestão, digestibilidade e comportamento ingestivo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, n.5, p.1666-1675, 2007.

SCHMIDT, P. Aditivos químicos e biológicos no tratamento de cana-de-açúcar para alimentação de bovinos. In: JOBIM, C.C.; CECATO, U.; CANTO, M.W. (Eds) *Produção e utilização de forragens conservadas*. Maringá: Masson, 2008. p.117-152.

SCHMIDT, P. Improved efficiency of sugarcane ensiling for ruminant supplementation. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FORAGE QUALITY AND CONSERVATION, 2009, Piracicaba. *Proceedings...* Piracicaba, São Paulo: FEALQ, 2009. p.137-154.

SCHMIDT, P.; ROSSI JUNIOR, P.; JUNGES, D.; DIAS, L.T.; ALMEIDA, R.; MARI, L.J. Novos aditivos microbianos na ensilagem da cana-de-açúcar: composição bromatológica, perdas fermentativas, componentes voláteis e estabilidade aeróbia. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.40, n.3, p.543-549, 2011.

SILVA, E.J.A.; BORGATTI, L.M.O.; MEYER, P.M.; MARINO, C.T.; RODRIGUES, P.H.M. Efeitos do teor de carboidratos solúveis sobre as características da silagem de cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.37, n.8, p.1375-1382, 2008.

SILVEIRA, R.N.; BERCHILLI, T.T.; FREITAS, D. et al. Fermentação e Degradabilidade Ruminal em Bovinos Alimentados com Resíduos de Mandioca e Cana-de-Açúcar ensilados com Polpa Cítrica Peletizada. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, n.2, p.793-801, 2002.

SILVEIRA, R.N.; BERCHIELLI, T.T.; CANESIN, R.C. et al. Influência do nitrogênio degradável no rúmen sobre a degradabilidade in situ, os parâmetros ruminais e a eficiência de síntese microbiana em novilhos alimentados com cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, n.3, p.570-579, 2009.

SILVESTRE, R.; MACLEOD, N.A.; PRESTON, T.R. Sugar cane ensiled with urea and ammonia for fattening cattle. *Tropical Animal Production*, v.3, n.1, 1976.

SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.P.; BERNARDES, T.F.; PIRES, A.J.V.; ROTH, M.T.P.; ROTH, A.P.T.P. Associação entre aditivos químicos e bacterianos na ensilagem de cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, n.4, p.789-798, 2007a.

SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.P.; PIRES, A.J.V.; BERNARDES, T.F.; AMARAL, R.C. Perdas de silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos e bacterianos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, n.6, p.2000-2009, 2007b (suplemento).

SIQUEIRA, G.R.; RESENDE, F.D.; ROMAN, J.; REIS, R.A.; BERNARDES, T.F. Uso estratégico de forragens conservadas em sistemas de produção de carne. In: JOBIM, C.C.; CECATO, U.; CANTO, M.W. (Eds) *Produção e utilização de forragens conservadas*. Maringá: Masson, 2008. p.41-89.

SIQUEIRA, G.R. Aditivos na silagem de cana-de-açúcar "*in natura*" ou queimada. 2009, 107f Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/UNESP, 2009.

SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.P.; BERNARDES, T.F.; PIRES, A.J.V.; ROTH, M.T.P.; AMARAL, R.C. Influência da queima e aditivos químicos e bacterianos na composição química de silagens de cana-de-açúcar. *Archivos de zootecnia*, v.58, n.221, p.43-54, 2009.

SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.P.; ROTH, A.P.T.P.; ROTH, M.T.P.; RESENDE, F.D. Perfil fermentativo de silagens de cana-de-açúcar *in natura* ou queimada tratadas ou não com *L. Buchneri*. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.40, n.8, p.1651-1661, 2011a.

SIQUEIRA, G.R.; ROTH, A.P.T.P.; ROTH, M.T.P.; BERNARDES, T.F.; REIS, R.A. Silagem de cana-de-açúcar queimada: manejo da ensilagem e desempenho de bovinos. In: IV CONGRESSO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS, 2011, Lavras. **Proceedings...** Lavras, Minas Gerais, 2011b.

SOUSA, D.P.; MATTOS, W.R.S.; NUSSIO, L.G. et al. Efeito de aditivo químico e inoculantes microbianos na fermentação e no controle da produção de álcool em silagens de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.9, p.1564-1572, 2008.

VALVASORI, E; LUCCI, C. S; ASCARO, J. R. P; PIRES, F. L; ARCARO JÚNIOR, I.: Avaliação da cana-de-açúcar em substituição à silagem de milho para vacas. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.32, n.4, p.224-8, 1995.

VALVASORI, E; LUCCI, C. S; PIRES, F. L; ASCARO, J. R. P; ARCARO JÚNIOR, I. Silagem de cana-de-açúcar em substituição a silagem de sorgo granífero para vacas leiteiras. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.35, n.3, p.139-145, 1998.

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

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

WALKER, G. M. **Yeast physiology and biotechnology**. London: Wiley Editorial Offices, 1998, 350p.

WEINBERG, Z.G.; MUCK, R.E. New trends and opportunities in the development and use inoculants for silage. **FEMS Microbiology Reviews**, v.19, p.53-68, 1996.

PRÁTICAS NA ENSILAGEM *VERSUS* QUALIDADE HIGIÊNICA DA SILAGEM

Odilon Gomes Pereira¹
Thiago Carvalho da Silva²
Elia Santos Leandro³
Karina Guimarães Ribeiro¹

1. INTRODUÇÃO

Denomina-se silagem, o produto de uma fermentação anaeróbia controlada de determinada forragem verde, armazenada em uma estrutura chamada silo, enquanto que ensilagem refere-se ao termo utilizado para definir o conjunto de operações destinadas ao enchimento do silo (corte, picagem, transporte, compactação etc). O processo de produção de silagem envolve a acidificação da massa ensilada pelos produtos da fermentação (ácidos orgânicos, principalmente ácido láctico) de açúcares presentes na planta. A acidificação da massa ensilada é o resultado natural do metabolismo de bactérias presentes na cultura por ocasião da colheita. Os tipos e as quantidades de ácidos dependem do conteúdo de umidade da cultura na época da ensilagem e da população relativa de diferentes espécies de bactérias presentes na cultura, conhecida como microflora epifítica (Wilkinson et al., 2003). Portanto, uma adequada acidificação é essencial para o êxito de preservação da massa ensilada, especialmente quando a concentração de umidade da cultura é relativamente alta, devido a acidez prevenir o desenvolvimento de microrganismos deterioradores, que são menos tolerantes às condições ácidas do que as bactérias ácido láctico (Woolford, 1984; McDonald et al., 1991).

O processo de ensilagem é complexo, devido ao grande número

¹ Professor do DZO/UFV, Pesquisador do INCT-CA, bolsista do CNPq - odilon@ufv.br
² Estudante de Doutorado em Zootecnia/UFV, bolsista do CNPq
³ Estudante de Pós-doutorado em Zootecnia/UFV, bolsista do CNPq

de microrganismos envolvidos, e pode ser considerado uma metabiose, ou seja, ocorre o desenvolvimento simultâneo e sucessivo de microrganismos de diversos gêneros e espécies, que dependem principalmente do pH, do potencial de oxirredução e do tipo e quantidade de substratos presentes no meio. Além das bactérias produtoras de ácido láctico, outros microrganismos competem por substrato durante o processo de fermentação. A atividade destes micro-organismos é responsável por processos que degradam o valor nutritivo do alimento e aumentam as perdas na ensilagem. Além disso, certas espécies podem ser patogênicas, como *Listeria* ou produzir toxinas (*Cl. botulinum*) que podem ser tóxicas para os animais ou *Cl. tyrobutyricum*, que afeta a qualidade de produtos lácteos como queijos.

Um dos pontos mais importantes e determinantes que influencia a qualidade higiênica de silagens é a estabilidade aeróbia. Ao entrar em contato com o oxigênio atmosférico, as leveduras presentes na silagem iniciam o processo de deterioração aeróbia, consumindo os carboidratos solúveis e os ácidos orgânicos provenientes da fermentação, causando aumento na temperatura e no pH (Phallow et al., 2003). Dessa forma, a deterioração aeróbia de silagens, além de comprometer o valor nutritivo (Withlock et al., 2000) afeta negativamente a qualidade higiênica das mesmas, pelo fato de aumentar as populações de mofo, bacilli e *Listeria* (Lindgren et al., 2012; Borreani et al., 2013) os quais produzem substâncias tóxicas prejudiciais à saúde animal e mesmo humana (Ivanek et al., 2006; Alonso et al., 2013).

A inibição bem sucedida destes micro-organismos indesejáveis em silagens é a meta para se atingir alta qualidade nutricional e higiênica de silagens, o que poderá melhorar a rentabilidade da produção animal. Não é segredo para os produtores que a qualidade da silagem é dependente de decisões e práticas de manejo tomadas antes, durante e após o processo de ensilagem. Quando adequadas técnicas de ensilagem são usadas, a silagem produzida poderá ser de alto valor nutritivo e qualidade higiênica. Entretanto, na prática, os resultados indicam que a qualidade da silagem é frequentemente pobre ou mesmo insatisfatória. Isto normalmente ocorre quando as condições de fermentação não são adequadas.

Objetiva-se, com o presente texto, discutir alguns aspectos referentes

ao processo de ensilagem e de fermentação, a microflora em silagens, a deterioração aeróbia e a qualidade higiênica de silagens.

2. O PROCESSO DE ENSILAGEM

O principal objetivo da ensilagem é maximizar a preservação original dos nutrientes encontrados na forragem fresca durante o armazenamento, com o mínimo de perdas de matéria seca e energia. Para tal, é necessário que a respiração da planta e sua atividade proteolítica, bem como a atividade clostrídica e o crescimento de micro-organismos anaeróbios, sejam limitados. Esses problemas podem ser superados pela obtenção e manutenção de um ambiente anaeróbio no silo, por meio de um manejo adequado durante a ensilagem. Porém, o êxito da fermentação láctica, além do ambiente anaeróbio no silo, requer adequado substrato fermentescível e população de bactérias ácido láctico (BAL) suficiente.

O processo de ensilagem é extremamente complexo em razão dos vários fatores que se relacionam, tais como espécies forrageiras utilizadas e suas características físico-químicas. Além disso, existem variações na microflora epifítica das forrageiras, condições climáticas, operações de ensilagem, duração do período de conservação da silagem e manejo da alimentação após a abertura do silo.

O processo de ensilagem é dividido em quatro fases, de diferentes durações e intensidades, as quais não podem ser separadas precisamente uma da outra (Muck e Pitt, 1993; Kung Jr., 2002; Pahlow et al., 2003):

Fase 1: Fase aeróbia inicial – Nesta fase, todos os micro-organismos aeróbios obrigatórios e facultativos, tais como fungos, leveduras e algumas bactérias ainda estão ativos. Entretanto, uma forragem finamente picada e bem compactada, associada a um rápido fechamento do silo, contribuem para minimização desta fase (McDonald et al., 1991). O término da fase é caracterizado pela exaustão do oxigênio no interior do silo, dando início à fase seguinte.

Fase 2: Fase de fermentação principal – Esta fase se estende por uma a quatro semanas (Muck e Pitt, 1993), dependendo das propriedades da cultura ensilada e das condições de ensilagem. Uma vez que as condições de anaerobiose são estabelecidas, os micro-organismos anaeróbios dominam o processo de fermentação. O principal produto da fermentação é o ácido láctico, que ajuda as BAL nos estádios iniciais da fermentação a controlarem uma variedade de micro-organismos anaeróbios facultativos e obrigatórios, tais como enterobactérias, leveduras, bacilos e clostrídios, que competem por carboidratos solúveis em água. O princípio da ação do ácido láctico é baseado nos diferentes níveis de resistência dos micro-organismos à acidez (Figura 1). Ou seja, com o progresso da fermentação, a população de BAL aumenta, produzindo quantidades crescentes de ácido láctico, dominando assim, a microflora remanescente na massa ensilada. Essa fase se prolonga até que o pH seja reduzido o suficiente para inibir o crescimento das BAL, iniciando-se a fase de estabilização (Ohmomo et al., 2002).

Fase 3: Fase estável – Contanto que se evite a entrada de ar no silo, pouca atividade biológica poderá ocorrer durante a fase estável. Desta forma, a qualidade nutricional da silagem poderá ser mantida quase indefinidamente. Nesta fase, somente a hidrólise ácida de polissacarídeos e a proteólise são mantidas, como resultado da atividade de enzimas ácido-tolerantes (Pahlow et al., 2003). No entanto, várias espécies de leveduras altamente ácido-tolerantes sobrevivem nesta fase em estágio inativo, juntamente com bacilos e clostrídios, que estão dormentes, na forma de endosporos. Neste período, podem ocorrer fermentações secundárias, resultando em deterioração da silagem. Estas fermentações estão associadas a deficiência de carboidratos fermentescíveis, ou a uma lenta produção de ácido láctico, conduzindo a uma ineficiente inibição da flora deterioradora, como as bactérias do gênero *Clostridium*.

Fase 4: Fase de descarga – Nesta fase, após a abertura do silo, a silagem, que foi previamente mantida sob condições de anaerobiose, é

exposta ao oxigênio. A presença de oxigênio favorece a atividade de micro-organismos indesejáveis, tais como fungos, leveduras e bactérias ácido acético. Estes micro-organismos utilizam substratos residuais e produtos da fermentação para seu crescimento, resultando em deterioração da silagem. Os principais indicadores desta deterioração são a produção de calor e CO_2 , devido à respiração, diminuição da concentração de ácido láctico e aumento no pH, assim como decréscimo substancial no valor nutricional. Silagens que sofreram deterioração são denominadas de silagens instáveis anaerobiamente, nas quais as perdas de matéria seca podem ser elevadas.

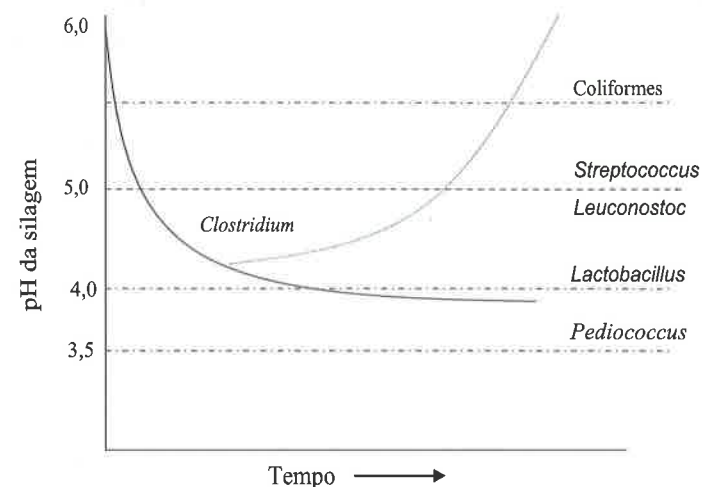


Figura 1. Alterações qualitativas na microflora da silagem, durante a fermentação. (Adaptado de Woolford, 1984).

3. FATORES QUE AFETAM A FERMENTAÇÃO

O processo de ensilagem é influenciado por vários fatores biológicos e tecnológicos (Tabela 1), os quais, na sua maioria, encontram-se interrelacionados, dificultando a discussão da importância individual dos mesmos (Bolsen, 1995).

Tabela 1. Fatores que influenciam o processo de ensilagem e a qualidade da silagem¹

Biológicos (Genótipo e ecológico)		Tecnológicos (manejo e técnicas)	
Características da cultura	Microflora epifítica	Melhoramento da qualidade	Condições de armazenamento
híbrido ou cultivar	Substrato	emurchecimento	construção do silo
teor de matéria seca	Clima	aditivos	taxa de enchimento, compactação e densidade
teor de carboidratos solúveis	Solo	tratamento mecânico	método de fechamento
capacidade tamponante	Aditivos		entrada de oxigênio
estrutura da planta			temperatura e insolação
estádio de maturidade			tratamento mecânico
tempo efetivo de colheita			
aditivos			

¹ Adaptado de Bolsen (1995).

No entanto, existem dois aspectos a serem considerados, independentemente da silagem: a) a cultura e seu estágio de maturidade e b) o manejo tecnológico empregado pelo produtor de silagem. Logo, uma decisão importante a ser tomada por ocasião da ensilagem é o conhecimento do teor de matéria seca da cultura a ser ensilada, uma vez que este pode afetar adversamente a fermentação, resultando em uma silagem de baixa qualidade, bem como em grandes perdas de nutrientes devido à lixiviação, naquelas culturas ensiladas com teores de matéria seca abaixo de 25 - 30% (Noller e Thomas, 1985).

O êxito na produção de silagem de diferentes culturas depende do teor de matéria seca, da quantidade de carboidratos solúveis em água e da capacidade tamponante da cultura (Woolford, 1984). Observa-se, na Figura 2, que se a concentração de carboidratos solúveis for alta e o poder tampão baixo, pode-se obter silagens de boa qualidade, mesmo em plantas

com baixo teor de matéria seca. Entretanto, quando a situação é inversa, somente se produz silagem de boa qualidade se o teor de matéria seca for alto. Nesta condição, ocorre inibição de bactérias do gênero *Clostridium*, por meio de efeito da pressão osmótica.

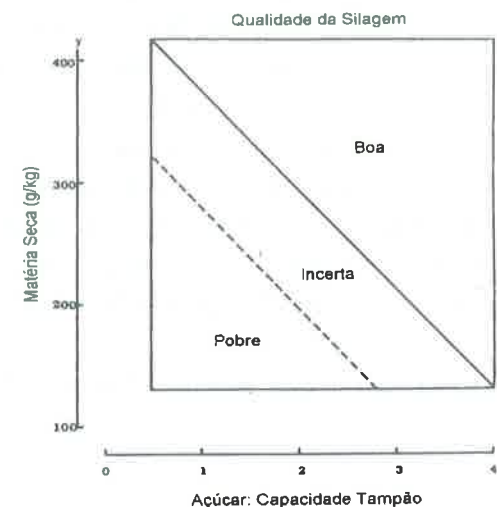


Figura 2 - Relação entre o teor de matéria seca e a proporção de açúcar:capacidade tampão e seus efeitos na qualidade final da silagem (Weissbach et al., citado por Woolford, 1984).

4. PRÁTICAS PARA PRODUÇÃO DE SILAGEM DE BOA QUALIDADE

Qualidade e valor nutritivo têm recebido as mais variadas definições. Segundo Fisher et al. (1995), o valor nutritivo refere-se aos aspectos da composição química da forragem, independentemente do consumo voluntário, enquanto que a qualidade da forragem considera tanto o valor nutritivo quanto o consumo.

O termo qualidade da silagem refere-se à natureza do processo fermentativo do material ensilado, que consiste principalmente na avaliação de ácidos orgânicos, pH, carboidratos solúveis em água e produtos da degra-

dação proteínas e aminoácidos, o que adiciona uma nova fonte de variação para a qualidade da forragem. Não existe um critério único para classificar uma silagem como boa ou pobre, porém, uma série de fatores comumente associados com a qualidade de determinado material é conhecida (Noller e Thomas, 1985). A classificação subjetiva de silagens é difícil, todavia, informações úteis podem ser obtidas pela observação cuidadosa da cor, odor e textura da silagem e a combinação destes conhecimentos com informações sobre a natureza da cultura ensilada. Na Tabela 2 são apresentadas algumas características associadas com silagens de boa qualidade. Como a silagem é parte da cadeia alimentar e a qualidade ruim afeta consumo e saúde animal, qualidade e segurança alimentar, e, também, aspectos ambientais (Borreani et al, 2008), uma adequada avaliação da qualidade da forragem é um importante, porém, complexo desafio. A qualidade da silagem é normalmente realizada no momento de abertura do silo e esta pode ser dificultada pelo fato desta poder mudar como consequência da deterioração aeróbia.

Tabela 2. Metas para uma silagem estável¹

pH: 4,0 – 4,5	Maior para silagens de leguminosas Menor para silagens de milho, sorgo e outros cereais. Mais elevado para silagens emurchecidas
Ácido láctico	6-8% - silagens úmidas (>65% de umidade) 3-4% - silagens emurchecidas (>45% de umidade) 1-3% - silagens de grãos úmidos
Ácido acético	< 2% - silagens de forrageiras < 0,1% - silagens de grãos úmidos
Ácido butírico	< 0,1%
Ácido propiônico	0 a 1%
Carboidratos solúveis em água	1-4% - silagem de grão úmido 4-6% - silagem de gramíneas e leguminosas 6-8% - silagem de milho
Nitrogênio amoniacal (%N total)	< 5% - silagem de milho e outros cereais < 10-15% - silagem de gramíneas e leguminosas
NIDA²	< 12%
Bactérias aeróbias	< 10 ⁵ ufc/g de silagem. Ex: <i>Bacillus</i> sp.
Fungos	< 10⁵ ufc/g de silagem. Ex: espécies de <i>Fusarium</i>, <i>Gibberella</i>, <i>Aspergillus</i> e <i>Penicillium</i>. < 10⁵ ufc/g de silagem. Ex: Espécies ácido-metabolizantes como <i>Candida</i> e <i>Hansenula</i> são mais preocupantes que as fermentativas <i>Saccharomices</i> e <i>Torulopsis</i>.
Leveduras	

¹ Adaptado de Mahanna (1994).² NIDA - Nitrogênio insolúvel em detergente ácido.

O sucesso da produção de silagem pode ser considerado em termos de eficiência da preservação e do valor da silagem produzida como alimento para os animais. Um dos principais problemas na produção de silagem de alta qualidade é a variabilidade do produto, mesmo em condições aparentemente similares.

A produção de silagem de alta qualidade requer boas decisões de

manejo e atenção a detalhes (Mahhana e Chase, 2003). Detalhes tais como genética da cultura, maturidade à colheita, conteúdo de umidade, velocidade de colheita, tamanho da partícula e distribuição e compactação são todos fatores pré-ensilagem que podem grandemente influenciar o processo de fermentação, perdas no armazenamento, palatabilidade e qualidade nutricional do alimento produzido (Mahhana e Chase, 2003). A adoção das práticas abaixo descritas normalmente tem resultado na produção de silagens de boa qualidade:

- **Escolha da cultura:** o sucesso da ensilagem inicia-se com a escolha da cultura e, ou, híbrido de alta qualidade.
- **Colheita da cultura em estágio adequado de crescimento:** É largamente reconhecido que a umidade e a maturidade à colheita variam grandemente entre as espécies a serem ensiladas. A umidade auxilia na compactação da massa ensilada, ajudando na manutenção de um ambiente anaeróbio no silo. A umidade limitada pode tornar a cultura propensa a problemas com fungos e leveduras, enquanto que o excesso pode levar a produção de efluente. O estágio de maturidade reflete a composição química da cultura, como por exemplo teor de carboidratos solúveis em água, PB, FDN etc. As características químicas das culturas com maior probabilidade de produzir silagens aerobiamente estáveis são o oposto daquelas para produzir uma fermentação eficiente, com mínima perda de MS e valor nutritivo durante o armazenamento. Assim, uma capacidade tampão relativamente alta é provável que favoreça a produção de ácido acético, ácido butírico e amônia e resulte em maior estabilidade aeróbia da cultura ensilada. No entanto, características da cultura não associadas com avaliações tradicionais de qualidade da silagem poderiam, com uma investigação adicional, resultar em uma contribuição positiva para o controle da deterioração aeróbia (Wilkinson e Davies, 2013). Ou seja, silagens de leguminosas e gramíneas são mais estáveis aerobiamente que silagens de milho, sugerindo assim que as leguminosas contêm compostos naturais que inibem o crescimento de micro-organismos deterioradores.
- O material deve ser picado em partículas com tamanho variando de 1-3 cm para forrageiras não emurchecidas e de 0,6-1,5 cm para aquelas

submetidas ao emurchecimento (Noller e Thomas, 1985).

• **Enchimento e compactação:** o rápido enchimento do silo é importante para produção de silagem de boa qualidade, uma vez que as condições de anaerobiose são mais rapidamente estabelecidas. Já a compactação tem como objetivo eliminar o ar remanescente no interior da massa ensilada, favorecendo um ambiente anaeróbio e, portanto, a fermentação e preservação do material ensilado. A compactação é favorecida pela picagem e deve ser feita durante todo o período de enchimento do silo, usando trator pesado. Ruppel (1997) sugeriu que devem ser utilizados tratores com peso igual ou superior a 40% da massa de forragem que chega ao silo por hora de trabalho efetivo.

A compactação aumenta a densidade da forragem no silo e, conseqüentemente, reduz a porosidade e a penetração de ar na massa de silagem (Ruppel, 1993). Quando o ar é excluído, a respiração aeróbia é impedida e as perdas na matéria seca são minimizadas. Além disso, o armazenamento de forragem com uma densidade mais alta aumenta a capacidade do silo e como resultado reduz o investimento de capital na estrutura de armazenamento por tonelada de forragem ensilada. Muck e Holmes (2000) avaliaram a densidade em 175 silos horizontais, tipo trincheira e a densidade de matéria seca variou de 106 a 434 kg m⁻³, sendo algumas típicas de silos tipo torre (as mais elevadas). Os fatores que mais fortemente se correlacionaram com a densidade foram espessura da camada inicial de forragem, peso médio do trator usado na compactação, tempo médio de compactação por tonelada de forragem e conteúdo de matéria seca.

Idealmente, a forragem deve ser compactada a uma taxa de 1 a 4 minutos por tonelada. Taxas de compactação menores que 1 minuto por tonelada de forragem podem indicar que a forragem está sendo entregue muito rapidamente no silo, que existem tratores insuficientes para compactação, ou que a espessura da camada de forragem que está sendo compactada é muito grande. A manutenção de uma camada superficial de compactação de 15 cm ou menos pode também ser usada como estratégia de manejo para aumentar a densidade de compactação. Surpreendentemente, o corte da forragem em um tamanho de partícula mais fino não mostrou relação

com a densidade de compactação (Ruppel, 1993). É recomendada uma densidade mínima de compactação da silagem de 225 kg de MS m⁻³. A recuperação melhorada da MS está associada a densidades de compactação mais elevadas (por exemplo, 240-260 kg de MS m⁻³), no entanto, o aumento dos custos com mão-de-obra e máquinas associados com compactações mais demoradas, devem ser ponderados.

- **Vedação do silo:** após o enchimento do silo deve-se proceder a vedação do material ensilado com lona plástica, para evitar a entrada de ar e de água de chuva.
- **Abertura do silo:** por ocasião da abertura do silo, o material ensilado entra em contato com o ar, iniciando-se o processo de deterioração aeróbica, que se manifesta pela elevação da temperatura e aparecimento de fungos, podendo afetar a qualidade da silagem. Objetivando-se reduzir essas perdas, recomenda-se a remoção de camadas diárias de silagem com 20-30 cm de espessura (Noller e Thomas, 1985).

5. MICROFLORA EPIFÍTICA DAS PLANTAS FORRAGEIRAS

A população microbiana da cultura forrageira antes da ensilagem é completamente diferente daquela encontrada durante o processo de fermentação ou na silagem, tanto em número, como taxonomicamente. A microflora total, em forragens frescas, antes da ensilagem, tem variado numa faixa entre 10⁵ e 10⁹ unidades formadoras de colônia (UFC) g⁻¹ de forragem, segundo Langston e Bowman (1960), citados por Pahlow et al. (2003). Muitas espécies são bactérias aeróbias obrigatórias, as quais não contribuem para a preservação da silagem, cujo crescimento é inibido imediatamente após o fechamento do silo.

As BAL da microflora epifítica são essenciais para fermentação das silagens, entretanto, nenhum grupo varia tanto em número quanto este, indo do limite de detecção 10¹ a 10⁵ UFC g⁻¹ forragem na alfafa, 10⁶ em gramíneas perenes e 10⁷ em milho e sorgo (Pahlow et al., 2003). Populações dentro dessa faixa têm sido também registradas em condições tropicais, para

diferentes espécies forrageiras (Rocha, 2003; Pereira et al., 2005; Pereira et al., 2006; Sousa et al., 2006, Rigueira et al., 2013).

A espécie *L. plantarum*, identificada como dominante em plantas de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens* cv. *Basiliski*) (Santos et al., 2011) tem sido isolada e caracterizada como espécie principal em diversas culturas. Lin et al. (1992), avaliando a microbiota autóctone do milho e da alfafa, verificaram que do total de bactérias lácticas isoladas, mais de 90% foram bactérias lácticas homofermentativas, sendo *L. plantarum* a espécie predominante. Entretanto, ressalta-se que as estirpes podem variar de acordo com a época do ano, local, idade de rebrota, dentre outros fatores.

Recentemente, novas espécies de bactérias lácticas tem sido identificadas em silagens devido a utilização de novas técnicas envolvendo biologia molecular. Estas técnicas possibilitam a identificação genética das espécies bem como a análise da comunidade microbiana (Muck, 2013). Na Tabela 3 estão sumarizadas algumas novas espécies de BAL isoladas e identificadas nos últimos anos em diferentes tipos de silagem.

A população de BAL na cultura a ser ensilada encontra-se em baixo número, aumentando consideravelmente ente a colheita e a ensilagem. Isto se deve à reativação de células dormentes e não culturáveis de BAL durante o processo de picagem, e não pela inoculação contínua por equipamentos de colheita ou crescimento da população epifítica de BAL, como assumido em pesquisas iniciais (Woolford, 1984; McDonald et al., 1991).

As enterobactérias são o segundo grupo bacteriano mais numeroso da microflora epifítica ativa no silo, e, portanto, o mais importante em competição com a microflora de BAL, produzindo principalmente ácido acético (Pahlow et al., 2003). Uma característica importante das enterobactérias é a capacidade destas em reduzir nitrato (NO₃) a nitrito (NO₂) e óxido nitroso (N₂O) (Oude Elferink et al., 2002).

Tabela 3. Espécies de bactérias lácticas recentemente isoladas de silagens

Espécie	Tipo de silagem	Ano
<i>Enterococcus flavescens</i>	Milho	2006
<i>Enterococcus mundtii</i>	Palhada de milho	2011
<i>Lactobacillus acetotolerans</i>	Milho	2011
<i>Lactobacillus panis</i>	Milho	2011
<i>Lactobacillus reuteri</i>	Milho	2011
<i>Lactobacillus taiwanensis</i>	Desconhecido	2009
<i>Lactobacillus zeae</i>	Alfafa	2007
<i>Leuconostoc lactis</i>	Palhada de milho	2011
<i>Paralactobacillus selangorensis</i>	Azevém	2010
<i>Pediococcus dextrinicus</i>	Azevém	2010
<i>Pediococcus lolii</i>	Azevém	2009
<i>Pediococcus parvulus</i>	Milho	2011
<i>Weissella cibaria</i>	Milho	2011
<i>Weissella kimchii</i>	Milho	2006
<i>Weissella paramesenteroides</i>	Milho	2011

Fonte: adaptado de Muck, 2013.

Pahlow et al. (2003) destacam que, apesar do grande número de leveduras ocorrendo na cultura antes da ensilagem, o número de gêneros registrados na silagem é limitado, destacando-se *Candida*, *Pichia*, *Geotrichum* e *Saccharomyces*, e, em menor extensão, *Debaromyces*, *Trichosporon* e *Guilliermondella*, que podem dominar os estágios finais da ensilagem e representam menos que 10% do total da flora de leveduras crescendo sob condições aeróbias.

Os fungos filamentosos são considerados de pouca importância para o processo de fermentação de silagem, uma vez que eles são micro-organismos aeróbios (Woolford, 1984). Entretanto, como em todas as populações microbianas mistas, certas espécies se adaptam melhor do que outras em tensões reduzidas de O_2 , pH reduzido e altas concentrações de CO_2 e ácidos orgânicos (Pahlow et al., 2003). Os fungos podem ser classificados em três categorias ecológicas: espécies aeróbias, tolerantes e microaerofílicas. Deste modo, fica evidente que na silagem poderá ocorrer um número limitado de espécies de fungos tolerantes, como *Byssoschlamys nivea*, *Monascus ruber* ou *Penicillium roqueforti*, as quais podem se tornar dominantes durante o armazenamento, enquanto o mínimo de oxigênio

estiver disponível.

Espécies dos gêneros *Clostridium* e *Bacillus* também são raras em culturas forrageiras. Elas originam-se principalmente de contaminação do solo e esterco (Woolford, 1984; Muck e Pitt, 1993; Oude Euferink et al., 2002). Uma vez que esses grupos bacterianos exigem pH elevado para se desenvolverem, a importância dos mesmos na silagem está limitada principalmente a falhas no processo de fermentação. Nestas situações, eles podem se multiplicar rapidamente e prejudicar a qualidade da silagem. Os bacilos podem também ser importantes na deterioração aeróbia após outros grupos de micro-organismos terem aumentado o pH da silagem (Pahlow et al., 2003).

5.1 Bactérias ácido láctico

As BAL estão difundidas em quatro famílias: *Lactobacillaceae*, *Enterococcaceae*, *Leuconostocaceae* e *Streptococcaceae*. Estes grupos compreendem bastonetes curtos ou longos e cocos esféricos ou ovóides. Eles não produzem esporos e a motilidade é raramente observada. Todas as BAL são fermentadoras obrigatórias e geralmente necessitam de carboidratos como energia e fontes de carbono, e são organismos extremamente fastidiosos, adaptados a complexos substratos orgânicos (Pahlow et al., 2003). Para atender estes requerimentos, meios de cultura adequados devem conter açúcares fermentescíveis, peptona, carne e extrato de levedura, sendo que os requerimentos nutricionais diferem entre as espécies ou mesmo entre cepas.

A temperatura para crescimento varia de 5 até acima de 50°C, com faixa ótima entre 25 e 40°C. Espécies como *L. delbrueckii* e *Pediococcus acidilactici* sobrevivem em temperaturas mais elevadas, ao menos por um curto período de tempo, o que seria uma propriedade relevante para produção de silagem em climas quentes (Pahlow et al., 2003). O pH ótimo para o crescimento situa-se entre 5 e 6, sendo a taxa de crescimento frequentemente reduzida quando o pH inicial do material ensilado é igual ou superior a 7.

Com a multiplicação das BAL na massa ensilada, ocorre a redução do pH para valores inferiores a 5 ou 4, dependendo da espécie e da capaci-

dade tamponante da cultura, e a inibição do crescimento de outras bactérias anaeróbias facultativas. A ensilagem de culturas ricas em açúcares pode resultar em fermentações mistas promovidas por BAL e leveduras. Segundo McDonald et al. (1991), estas fermentações mistas são acompanhadas por consideráveis perdas de matéria seca, porém com baixa redução no valor alimentício, devido à formação de um composto rico em energia, o etanol.

A rápida acidificação inicial é a chave para o controle do crescimento de enterobactérias e clostrídios, os quais poderão crescer até que uma concentração inibitória de ácidos não dissociados e, ou, um pH suficientemente baixo, sejam atingidos (Pahlow et al., 2003). O pH no qual estes micro-organismos são inibidos depende do conteúdo de matéria seca da cultura. Aquelas silagens que apresentam um pH baixo o suficiente para evitar fermentações secundárias são definidas como silagens estáveis anaerobiamente.

5.2 Enterobactérias

As espécies de enterobactérias ocorrendo em silagens são definidas como micro-organismos gram-negativos, em forma de bastonetes, não-patogênicos, geralmente móveis e anaeróbios facultativos (Beck, 1978). Eles possuem a enzima catalase e reduzem NO_3 a NO_2 . Esses micro-organismos podem descarboxilar e deaminar aminoácidos, assim como, utilizar constituintes nitrogenados de compostos orgânicos, como substâncias respiratórias de alta energia (Beck, 1978; Woolford, 1984; McDonald et al., 1991). Entretanto para crescimento anaeróbio, eles precisam estritamente de carboidratos fermentescíveis. A fermentação de glicose por enterobactérias resulta na produção de vários produtos finais, incluindo ácido lático, acético, fórmico, etanol e 2,3 - butanediol (McDonald et al., 1991).

Independentemente da população epifítica por ocasião da colheita, o número de enterobactérias poderá aumentar substancialmente durante os primeiros dias após a ensilagem, com populações tão altas quanto 10^8 - 10^{10} UFC g^{-1} forragem fresca, em silagens de gramíneas e leguminosas (Lindgren

et al., 1985 e 1987, citados por Pahlow et al., 2003).

A presença de enterobactérias em silagens não é desejável, pois, dada a sua natureza anaeróbia facultativa, elas competem com as BAL por nutrientes antes e após a ensilagem. Além disso, elas são responsáveis pela maior parte da amônia formada da degradação da proteína e da redução de nitrato, favorecendo, assim, um aumento da capacidade tamponante da massa ensilada, impedindo o rápido abaixamento do pH.

A espécie mais importante deste grupo do ponto de vista de riscos à saúde humana é a *Escherichia coli*, que pode causar diarreia aguda e morte. Segundo Davies et al. (1996), um importante fator de risco para a contaminação com *E. coli* ou outras enterobactérias relacionadas é a aplicação de esterco ao pasto antes da colheita para ensilagem. O efeito do esterco sobre a qualidade da silagem tem maior impacto quando este é aplicado na forma sólida, resultando em silagens com pH elevado, concentrações elevadas de N-amoniacal e de ácido butírico e números altos de esporos de *Bacillus ssp.* e clostrídios (Rammer et al., 1994).

O fator chave que determina a extensão do desenvolvimento de enterobactérias em silagens é a taxa de produção em ácido lático em relação à quantidade e disponibilidade de carboidratos solúveis em água, no peso fresco da forragem. Porém, não existe informação na literatura que confirme tal afirmativa. Entretanto, evidências circunstanciais sugerem que o desenvolvimento de enterobactérias em silagens pode ser comum e extensivo (Wilkinson, 1999).

A população de enterobactérias e sua taxa de declínio podem ser utilizadas como bons indicadores da qualidade da silagem, quando influenciada pela anaerobiose e outros fatores. Melhor do que qualquer outro parâmetro, sua redução na silagem reflete a presença combinada de boas condições de ensilabilidade, incluindo disponibilidade de nutrientes e água, eficiente conversão destes nutrientes em produtos da fermentação e baixo pH pelas BAL e, também, temperaturas moderadas (Pahlow et al., 2003). No entanto, esses micro-organismos podem ou não desaparecer por completo até o final do período de conservação. Isto se deve à habilidade de crescimento destes micro-organismos em condições de anaerobiose e

por possuírem mecanismos homeostáticos sob condições adversas, como àquelas sob pH muito baixo.

5.3 Clostrídios

O gênero *Clostridium* compreende micro-organismos gram-positivos, formadores de esporos, em forma de bastonete. Os clostrídios usualmente derivam sua energia da fermentação de compostos orgânicos tais como carboidratos e proteínas (Beck, 1978; Pahlow et al., 2003). Os clostrídios fermentadores de carboidratos incluem as espécies *C. tyrobutyricum* e *C. butyricum*, normalmente isolados de silagens. Clostrídios como *C. sporogenes*, que fermentam tanto carboidratos como proteínas, também são isolados comuns em silagens. Já os clostrídios proteolíticos, incapazes de fermentar carboidratos, normalmente não são encontrados em silagens (Pahlow et al., 2003).

Pahlow et al. (2003) dividiram os clostrídios mais comuns em silagens em três grupos fenotipicamente relevantes:

- Grupo 1:** Clostrídios proteolíticos, compreendendo não somente o *C. sporogenes* e *C. bifermentans*, que tem limitada capacidade em fermentar carboidratos, porém, também, *C. sphenoides* e outros, que podem fermentar uma variedade de carboidratos;
- Grupo 2:** grupo *C. butyricum* (incluindo também *C. beijerinckii* e o *C. acetobutylicum*);
- Grupo 3:** *C. tyrobutyricum*, que é caracterizado por sua habilidade para fermentar um número limitado de açúcares e fermentação vigorosa de ácido láctico, em pH relativamente baixo.

Na Tabela 4 estão apresentados as principais características destes três grupo, relevantes ao processo de silagem.

Tabela 4. Principais características de clostrídios predominantes em silagens.

Características	Grupos		
	Proteolítico ¹	<i>C. butyricum</i>	<i>C. tyrobutyricum</i>
Substratos fermentados:			
Carboidratos	+	+	+
Proteínas	+	-	-
Monossacarídeos	Variável	Muitos	Poucos
Lactato	Fraco	-	+
Faixa de pH ²	> 5	> 4,5	> 4,2
Produtos da fermentação:			
Ácido butírico	+	+	+
Ácido acético	+	+	+ ³
Etanol	+	-	-
AGCR ⁴	+	-	-
N-NH ₃	+	-	-
Aminas	+	-	-

¹ Referem-se a clostrídios na silagem que combinam propriedades proteolíticas e sacarolíticas, incluindo *C. sporogenes*, *C. sphenoides* e *C. bifermentans*. A primeira é a espécie dominante deste grupo em silagens, fermentando somente um número limitado de açúcares;

² pH mínimo permitido para crescimento;

³ ácido acético requerido; dependendo das condições da cultura, ocorre uma produção líquida;

⁴ ácidos graxos de cadeia ramificada: ácido isobutírico e isovalérico.

Fonte: Pahlow et al. (2003), citando vários autores.

6. TIPOS DE FERMENTAÇÃO

Em silagem, ocorrem vários tipos de fermentação, que dependem das espécies de micro-organismos presentes no meio. Didaticamente, estas fermentações podem ser divididas em primária (principal) e secundárias.

6.1 Fermentação principal (fermentação láctica)

Considera-se fermentação láctica aquela na qual o ácido láctico é o principal produto final da fermentação. A flora de BAL é frequentemente dividida em dois tipos de fermentação de hexose a ácido láctico;

um homofermentativo, que produz principalmente ácido láctico, e outro heterofermentativo, onde produtos adicionais como etanol ou acetato são formados, bem como CO_2 . Se pentoses tais como xilose ou arabinose são usadas como substratos, os produtos finais formados por ambos tipos fermentativos são idênticos, normalmente ácido láctico e acético, sem produção de CO_2 (Woolford, 1984).

Para as espécies do gênero *Lactobacillus*, três grupos foram definidos com base na presença ou ausência das enzimas aldolase e fosfocetolase (Kandler e Weiss, 1986).

- Grupo 1:** Homofermentativas obrigatórias, que fermentam hexoses homolaticamente, quase que exclusivamente a ácido láctico (>85%), porém, são incapazes de fermentar pentoses, dada a falta da enzima fosfocetolase;
- Grupo 2:** Heterofermentativas facultativas, que utilizam a mesma via das hexoses do grupo 1, porém, são capazes de fermentar pentoses, pois possuem as enzimas aldolase e fosfocetolase;
- Grupo 3:** Heterofermentativas obrigatórias, que fermentam hexoses, formando ácido láctico, etanol (ou ácido acético) e CO_2 , podendo ainda fermentar pentoses para formar ácido láctico e ácido acético.

6.2 Fermentações realizadas por enterobactérias

Enterobactérias são os mais importantes organismos para degradação de NO_3 sob condições redutoras de fermentação de silagem. Este processo exerce um papel chave para a qualidade higiênica da silagem, devido à inibição seletiva do crescimento de clostrídios por intermediários de nitrito e óxido nítrico, formados durante a redução de NO_3 .

Na fase inicial do processo de ensilagem, a população de enterobactérias e a concentração de NO_3 apresentam valores mais elevados. Logo, a maior parte da redução do NO_3 ocorre nessa fase, quando as enterobactérias são ativas, podendo proporcionar uma atividade anti-clostridiana, no momento em que o pH ainda é alto o suficiente para a germinação de

endósporos de clostrídios. Entretanto, a supressão segura de fermentações butíricas é atribuída principalmente, se não exclusivamente, ao efeito osmótico ou reduzida disponibilidade de água em silagens de baixa umidade, e não a presença de NO_3 (Pahlow et al., 2003).

Apesar destes efeitos positivos das enterobactérias, a rápida supressão desses micro-organismos é geralmente desejável. Isto poderá limitar suas fermentações de açúcares a ácido acético e compostos que não reduzem o pH, bem como a fermentação de aminoácidos a NH_3 .

6.3 Fermentações realizadas por clostrídios

O crescimento de clostrídios nas silagens é prejudicial à qualidade da mesma. Os clostrídios são inoculados à silagem por esporos que estão presentes no solo. Geralmente, eles crescem em condições anaeróbias no silo e são restritos a forragens úmidas, ou seja, aquelas com mais de 70% de umidade. Entretanto, conteúdo de umidade superior a 70% não significa que a deterioração clostrídica possa ocorrer.

Uma silagem tipicamente clostrídica é caracterizada por apresentar pH frequentemente superior a 5 (em silagens de baixa matéria seca); conter pouco ou nenhum ácido láctico e altos níveis de ácido butírico (>5% MS), com odor característico de ácido butírico (manteiga rancificada); níveis de nitrogênio amoniacal em relação ao N-total maiores que 12%, e, altas concentrações de aminas (Muck e Pitt, 1993; Pahlow et al., 2003).

As silagens que sofreram fermentações clostrídicas são consideradas instáveis anaerobiamente. O uso dessas silagens na ração pode diminuir o consumo de matéria seca e comprometer a ecologia ruminal pelos compostos produzidos pela fermentação clostrídica (Muck e Pitt, 1993). Pahlow et al. (2003) destacam que muitos pesquisadores têm tentado prever se uma cultura é propícia à atividade clostrídica, a partir de sua composição original, antes da ensilagem. Weissbach et al. (1994), citados por esses autores com base nos resultados obtidos de numerosas silagens laboratoriais, feitas de várias culturas, combinaram os efeitos de açúcar, capacidade tampão e conteúdo de matéria seca, para prever a estabilidade anaeróbia a partir de

características da cultura, segundo a equação: $MS=450 - 80 CS/CT$, em que MS é o conteúdo de matéria seca da cultura quando ensilada ($g MS kg^{-1}$), que é requerido para evitar fermentação butírica; CS é a concentração de açúcares fermentáveis ($g kg^{-1} MS$) e CT, a capacidade tampão da cultura ensilada ($g \text{ ácido láctico } kg^{-1} MS$ necessário para abaixar o pH para 4). A partir desta equação, pode-se, também, estimar a quantidade de açúcar fermentável necessário para prevenir o crescimento de clostrídios em uma cultura com conteúdo de matéria seca conhecido.

Leibensperger e Pitt (1997) desenvolveram um modelo matemático para simular o crescimento de clostrídios em silagens, a partir de características da cultura, com base em vários dados da literatura. Pode-se considerar que estes autores expandiram o modelo anterior, uma vez que incluíram atividade de água, pH inicial e população de BAL da cultura.

Uma das maiores desvantagens dos modelos acima é que eles consideram a silagem como sendo um produto homogêneo. Porém, dentro de uma parcela, da planta, do pasto, e, notavelmente, dentro do silo, existem ou são desenvolvidas as maiores diferenças na composição química e microbiológica e nas propriedades físicas (Pahlow et al., 2003). Essas diferenças são mais pronunciadas em nível de nicho microbiológico.

Quando a silagem é usada como fonte de alimento na fazenda, ocorrem vários eventos que são relevantes para o número de esporos de clostrídios na silagem e no leite. Durante o corte e a colheita da cultura para ensilagem, a contaminação da forragem por partículas do solo, contendo esporos de clostrídios, é inevitável. Por ocasião da fermentação da massa ensilada, o número de esporos poderá aumentar, se as condições propiciarem o crescimento de clostrídios (Pahlow et al., 2003).

Os esporos poderão passar através do trato digestivo dos animais consumindo silagem, ser eliminado nas fezes, e, retornar ao campo com o esterco que frequentemente é usado como fertilizante orgânico de culturas destinadas à ensilagem, aumentando o pool de esporos no solo. Estes eventos, em conjunto, podem ser considerados o ciclo de esporos na fazenda (Figura 3). Neste ciclo, a silagem é a principal oportunidade de proliferação, as fezes fonte de contaminação do leite e o esterco o veículo para conduzir

os esporos de volta ao campo (Pahlow et al., 2003).

A grande pergunta é como o fazendeiro poderá reduzir os riscos de fermentações clostrídicas? Pahlow et al (2003) destacam as seguintes alternativas potenciais para se produzir uma silagem anaerobiamente estável: emurchecimento para um nível de umidade em que o crescimento de clostrídios é evitado; emurchecimento para um nível tal que produza ácido láctico suficiente e reduza o pH a um valor que iniba o crescimento desses micro-organismos; ou assegurar que as culturas não emurchecidas atinjam o pH crítico que interrompa o crescimento de clostrídios, usando aditivos, por exemplo.



Figura 3 - Esquema de representação do ciclo de esporos de clostrídios em uma fazenda produtora de silagem (Pahlow et al., 2003).

Durante o período de enchimento do silo, que pode se estender por vários dias, o ar penetra na forragem, conduzindo a respiração de açúcares pelas enzimas das plantas, aumento da temperatura e o desenvolvimento de microflora que posteriormente restringirá a acidificação pela utilização de açúcares. Processo similar ocorre durante o armazenamento no silo, como resultado de um fechamento inadequado. Estas condições, indiretamente, favorecem a proliferação de clostrídios. A condensação de vapor d'água junto à lona ou nas paredes do silo, pode aumentar a atividade de água nas camadas externas da silagem. Os efeitos combinados da entrada de ar e

da condensação d'água podem tornar essas camadas externas vulneráveis à proliferação de clostrídios. Estes riscos podem ser reduzidos pelo imediato fechamento e cobertura completa do silo. A condensação d'água pode ser evitada pelo uso de uma camada de solo ($\pm 20\text{cm}$) ou outro material como isolante das camadas externas da silagem (Pahlow et al., 2003).

Segundo Pahlow et al. (2003), se a composição da cultura a ser ensilada a torna potencialmente suscetível à fermentação clostrídica, várias medidas podem ser adotadas para prevenir o risco destas fermentações, conforme se consta na Tabela 5. O risco é particularmente aumentado por fatores associados ao manejo ruim, incluindo manejo de corte e outros trabalhos de campo, em condições que aumente a contaminação do solo e, notavelmente, permitam a entrada de ar durante o enchimento, armazenamento e descarga.

Tabela 5. Indicações do impacto de tecnologias sobre a quantidade de esporos de clostrídios na silagem, presumindo que a cultura ensilada é propensa a fermentações clostrídicas (Pahlow et al., 2003).

<i>Tecnologia</i>	<i>Efeitos</i>	<i>Impacto sobre a contagem de esporos</i>
	Contaminação do solo	--
Corte	Aumento da MS com segadeira/condicionadora	++
Enleiramento	Aumento da MS durante o enchimento	+
Emurchecimento	Decréscimo da atividade de água	+++
Picagem	Aumento na taxa de acidificação e homogeneização	++
Aditivo	Aumento da fermentação ácido láctica	++
Demora no fechamento	Lenta acidificação	--
Fechamento inadequado	Entrada de O_2 nas camadas externas	--
Descarregamento	Lento descarregamento resultando em deterioração aeróbia	-

* -- (-) aumenta ou + (+) diminui a contagem de esporos de 0 a 1 (2 ou 3) log UFC g⁻¹.

6.4 Fermentações realizadas por leveduras e bacilos

As leveduras são micro-organismos eucarióticos, heterotróficos e anaeróbios facultativos, que normalmente se propagam por germinação. As leveduras exercem maior papel na deterioração aeróbia da silagem. Sob condições de anaerobiose várias espécies podem fermentar ativamente açúcares como glicose, maltose e sacarose. Os principais produtos da fermentação destes micro-organismos são etanol e CO_2 , porém, pequenas quantidades de outros álcoois (p. ex., propanol, 2-butanodiol, 2-metil-propanol, pentanol, 3-metilpropanol), ácidos graxos voláteis (p. ex. acetato, butirato, propionato) e lactato também podem ser formados (McDonald et al., 1991; Pahlow et al., 2003).

O ambiente ácido e anaeróbio que ocorre em silagens é adverso ao crescimento de leveduras. Ácidos graxos de cadeia curta, como os ácidos acético e propiônico, são potentes inibidores de leveduras em pH baixo. Os ácidos graxos de cadeia curta não dissociados, que estão presentes em silagens em concentração suficientemente altas, inibem mais leveduras do que os ácidos dissociados (Eklund, 1983, citado por Pahlow et al., 2003). Isto provavelmente decorre do fato de que estas moléculas não dissociadas podem se difundir para o interior das células e abaixar o pH intracelular pela liberação de íons H^+ . Este processo poderá resultar em morte rápida de células de leveduras, a menos que este seja neutralizado por um ativo mecanismo de requerimento de energia para remoção de íons H^+ . Sob condições de anaerobiose, esta energia é facilmente obtida via oxidação de vários substratos, enquanto que sob anaerobiose, esta energia necessita ser obtida da fermentação de açúcares.

Várias espécies de leveduras têm sido identificadas em silagens. Uma vez estabelecidas as condições de anaerobiose na silagem, a flora destes micro-organismos consiste principalmente de espécies fermentativas não assimiladoras de lactato, pertencentes aos gêneros *Saccharomyces* e *Torulopsis*, que obtêm sua energia da fermentação de carboidratos a etanol e CO_2 . Porém, quando ocorre a penetração de ar na silagem, as espécies fermentadoras de lactato como aquelas dos gêneros *Candida* e *Hansenula*

predominam (McDonald et al., 1991). Devido à sua alta resistência à acidez e à capacidade para assimilar ácido láctico sob condições aeróbias, as leveduras são consideradas a causa primária da deterioração em silagens.

O número de leveduras na silagem, segundo Beck (1963), pode variar de $< 10^2$ a 10^{12} ufc/g MN em menos de três dias. Após o fechamento do silo, as leveduras competem com os outros microrganismos por substratos fermentáveis e, durante as primeiras semanas de ensilagem, a população pode chegar a 10^7 UFC/g, ocorrendo um decréscimo gradual durante as etapas subsequentes de armazenagem (Jonsson e Pahlow, 1984), sendo que a sobrevivência das leveduras na estocagem depende do grau de anaerobiose, do pH e da concentração de ácidos orgânicos.

Em silagens de milho, quando a massa entra em contato com o ar durante o desabastecimento do silo, populações de leveduras superiores a 10^5 ufc/g podem quebrar a estabilidade em poucas horas (Kung et al., 1998; Borreani et al., 2002; Muck, 2004).

Bacilos são bactérias gram-positivas (maioria das espécies), em forma de bastonete e formadoras de esporos. Os bacilos podem facilmente ser distinguidos dos clostrídios, devido a todos os bacilos crescerem aerobicamente, sendo alguns anaeróbios facultativos, enquanto que todas as espécies do gênero *Clostridium* são anaeróbias obrigatórias. Os bacilos anaeróbios facultativos fermentam vários carboidratos a ácidos orgânicos (acetato, butanodiol e glicerol, p. ex.) ou etanol, 2,3-butanodiol e glicerol (McDonald et al., 1991), e algumas espécies podem produzir substâncias antifúngicas.

O habitat primário da maioria das espécies de bacilos é o solo, uma vez que estes são escassos nas plantas. Contudo, é sabido que o esterco bovino pode apresentar números altos de esporos de bacilos, variando de 10^4 a 10^6 UFC g^{-1} de esterco (Rammer et al., 1994). Logo, a adubação com esterco pode aumentar o número de esporos destes micro-organismos na cultura, e por conseguinte, na silagem. Esses autores observaram que pastos adubados com esterco bovino apresentaram aproximadamente 100 vezes mais esporos de bacilos (10^5 UFC g^{-1} forragem fresca) do que o pasto fertilizado com adubo inorgânico.

Em resumo, a presença de bacilos anaeróbios facultativos na silagem

não é desejável, uma vez que eles são capazes de aumentar a deterioração aeróbia em estádios mais avançados, além de serem menos eficientes na produção de ácido láctico e acético do que as BAL (Old Elferink et al., 2002), e estragar o leite, no caso de *Bacillus cereus* (Pahlow et al., 2003).

6.5 Eficiência da fermentação

Uma vez que a preservação é obtida pela produção de ácido em quantidade suficiente para inibir a atividade microbiana, a eficiência de conservação de qualquer rota metabólica poderá ser considerada como uma combinação da quantidade de ácido produzida e as perdas de energia ocorridas. Usando estes critérios, as BAL homofermentativas são as mais eficientes, produzindo duas moléculas de ácido láctico com perda mínima de energia. Embora a fermentação de hexoses a etanol por leveduras seja energeticamente eficiente, nenhum ácido é produzido. Os clostrídios têm um baixo potencial de acidificação e grandes perdas de energia. Nenhum destes micro-organismos é portanto desejável se eficiente fermentação for almejada. As BAL heterofermentativas e as enterobactérias situam-se entre os extremos das BAL homofermentativas e as leveduras e clostrídios. Na Tabela 6 encontra-se um resumo da eficiência de conservação de rotas típicas de fermentação em silagens.

Tabela 6. Eficiências de acidificação e fermentação das principais rotas fermentativas de micro-organismos em silagens

Organismo	Rota	Substrato	Produto	Recuperação (%)	
				Energia	MS
BAL	Homofermentativa	Glicose	2 lactato	96,9	100
BAL	Heterofermentativa	Glicose	1 lactato + 1 acetato	79,6	83
BAL	Heterofermentativa	Glicose	1 lactato + 1 etanol	97,2	83
Leveduras		Glicose	2 etanol	97,4	51
Clostrídios		Glicose	1 butirato	77,9	66
Enterobactéria		2 Glicose	1 lactato + 1 acetato + 1 etanol	88,9	83

Fonte: Adaptado de McDonald et al. (1991)

7. ANÁLISE DE COMUNIDADES MICROBIANAS EM SILAGEM

Atualmente, o estudo da microbiologia de silagem vem sendo abordado com o uso de técnicas moleculares. A técnica molecular tem como alvo o DNA microbiano para identificar o micro-organismo de interesse, sendo considerada uma técnica infalível para alcançar resultados confiáveis. Os métodos fenotípicos (por exemplo, características metabólicas, fisiológicas, químicas e morfológicas) utilizados na identificação de micro-organismos em silagem não permitem alcançar a mesma confiabilidade nos resultados, por este motivo estão sendo substituídos por métodos moleculares.

Além da aplicação dos métodos moleculares na identificação de micro-organismos em cultura pura, novas técnicas têm permitido a identificação e a quantificação de micro-organismos de interesse diretamente da amostra de silagem, sem ter a necessidade de isolar o micro-organismo. A aplicação de tais metodologias permite o conhecimento de micro-organismos que não são recuperados pelas condições de cultivo empregadas.

Assim, essas técnicas moleculares podem ser divididas em três grupos: (1) identificação de estirpes/espécies em culturas puras; (2) quantificação de estirpes/espécies diretamente da amostra de silagem e (3) análises de comunidades microbianas em silagem.

7.1 Identificação de estirpes/espécies em cultura pura

A reação de polimerização em cadeia (PCR) é uma técnica utilizada para amplificar um segmento específico do DNA. Normalmente o gene rRNA 16S é selecionado para a classificação de bactérias. Este gene apresenta algumas características desejáveis para ser utilizado na identificação de bactérias tais como: (1) distribuído universalmente, (2) funcionalmente constantes, (3) suficientemente conservados (isto é, modificam-se lentamente), e (4) de tamanho adequado. Para que ocorra a amplificação parcial do gene rRNA 16S durante a PCR é necessária a utilização de iniciadores de DNA sintéticos (primers).

Para a realização deste procedimento de identificação, é necessário

que o micro-organismo de interesse esteja em cultura pura e seja cultivado em meio de cultivo adequado. A partir da suspensão de células obtidas, o DNA poderá ser extraído utilizando diferentes protocolos que permitam a obtenção de DNA em quantidade e qualidade suficiente para a realização da PCR. O produto da PCR, a amplificação do gene rRNA 16S, pode ser diretamente sequenciado em sequenciador automático. Quando a sequência do gene rRNA 16S é obtida por sequenciamento, esta pode ser submetida a várias análises para chegar na identificação da bactéria de interesse. O programa BLAST (do inglês, *Basic Local Tool Alignment Search*, Ferramenta básica de Busca de Alinhamento Local), disponibilizado na internet pelo nacional *Institutes of Health* (Instituto Nacional de Saúde) (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/blast>) permite a comparação de uma sequência de um micro-organismo desconhecido, com sequências de micro-organismos já conhecidas. Geralmente, considera-se que uma bactéria, cuja sequência do gene rRNA 16S exiba mais de 3% de diferença em relação àquela de outros organismos, seja considerada uma nova espécie.

7.2 Quantificação de espécie/estirpe diretamente da amostra de silagem

A técnica de quantificação absoluta por PCR em tempo real permite a quantificação de um micro-organismo específico em silagem. Esta técnica tem apresentado grande aplicação na quantificação de bactérias lácticas em silagem. Para a realização desta técnica, é necessário extrair DNA microbiano diretamente da amostra de silagem e utilizar primers específicos para espécie a qual se deseja monitorar na silagem. O gene rRNA 16S é o mais utilizado por esta técnica para monitorar quantitativamente o número de cópias do gene ao longo do processo de ensilagem. A quantificação absoluta do número de cópias do gene rRNA 16S para *Lactobacillus plantarum* (Klockea et al., 2006) e *Lactobacillus buchneri* (Schmidt et al., 2008) já foram realizadas em amostras de silagem no decorrer do período de ensilagem.

Esta técnica baseia-se em vários ciclos de amplificação do gene alvo necessário para alcançar um número de cópia. Este monitoramento é

possível de ser realizado em tempo real devido à utilização de corantes que emitem fluorescência quando estão ligados ao DNA. Assim, à medida que o DNA é amplificado, o nível de fluorescência aumenta proporcionalmente (Bustin et al., 2009).

A vantagem desta técnica em relação ao método de quantificação de micro-organismo em condições de cultivo é a capacidade de detectar e quantificar um micro-organismo que se encontra em pequeno número na amostra (Bustin et al., 2009). Pelo método de plaqueamento em meio ágar, a detecção de um micro-organismo específico não é possível quando constitui menos de 1% da população microbiana. Entretanto, como outras técnicas, a PCR em tempo real apresenta limitações, como por exemplo, a capacidade de não distinguir o DNA de células vivas e mortas, assim, o DNA das células não viáveis contribui com o resultado (Bustin et al., 2009). Embora esta técnica apresente limitações, por ser uma técnica rápida e por apresentar um baixo limite de detecção, tem sido vista como uma técnica promissora para a quantificação de bactérias lácticas em silagem.

7.3 Análise de comunidades microbianas em silagem

A dinâmica da população microbiana durante o processo de ensilagem influencia diretamente as características nutricionais e fermentativas da silagem (McDonald et al., 1991). Essa sucessão microbiana é normalmente monitorada por métodos convencionais de cultivos (Lin et al., 1992). Entretanto, ultimamente tem-se buscado métodos moleculares para estudar esta dinâmica microbiana em silagem pelo fato dos métodos de cultivos não abordarem grande parte da população de micro-organismos não cultiváveis.

Método fingerprinting

As técnicas moleculares mais utilizadas para estudar a diversidade microbiana da silagem durante o processo de ensilagem são as técnicas de *fingerprinting* genético, em especial a Eletroforese em Gel com Gradiente Desnaturante (DGGE) que é a mais frequentemente utilizada para obter uma representação qualitativa da presença e abundância de diferentes filotipos

na amostra, por oferecer oportunidade para efetuar uma estimativa mais real da diversidade microbiana existente em silagem (Dolci et al., 2011). Para estudar a diversidade microbiana em silagem, é necessário extrair o DNA microbiano da silagem de modo a obter DNA em quantidade e qualidade suficiente para realização da técnica. A técnica de DGGE baseia-se na separação eletroforética diferencial de amplicons, obtidos por PCR, quanto a susceptibilidade da molécula de DNA à desnaturação parcial promovida por agentes desnaturantes, e discrimina amplicons de tamanhos similares, de acordo com suas seqüências de pares de bases (Muyzer et al., 1993). A capacidade dessa técnica de eletroforese desnaturante em discriminar seqüências de DNA de fragmentos de mesmo tamanho, mas que diferem em apenas um único par de nucleotídeos (Fisher e Lerman, 1983), permite a geração de padrões de bandas variáveis de acordo com a composição de micro-organismos em diferentes amostras ambientais em estudo (Muyzer e Smalla, 1998). Embora essa técnica seja bastante utilizada para estudar a diversidade microbiana em diferentes ecossistemas, há limitações da técnica que devem ser consideradas. Dependendo da diversidade microbiana de uma amostra, ela pode não ser completamente observada em um único gel, uma vez que diferentes seqüências podem migrar para a mesma posição do gel, sendo necessário o ajuste das condições dos experimentos (Sekiguchi et al., 2001). Além disso, um único micro-organismo possui vários *operons* *rrn*, e cada um desses pode estar sujeito a diferentes pressões evolutivas e apresentar taxas de mutações distintas. Por consequência, a PCR-DGGE de um isolado não corresponderá necessariamente a uma única banda no gel. Outra limitação dessa técnica é a capacidade de identificar somente as Unidades Taxonômicas Operacionais (UTOs) que estão em abundância, devido ao baixo limite de detecção.

Bibliotecas metagenômicas

A análise de comunidades microbianas, de diferentes ecossistemas, também pode ser avaliada por meio da construção de bibliotecas de seqüências de rDNA 16S. Essa técnica baseia-se, resumidamente, na amplificação de fragmentos do rDNA 16S, a partir de DNA metagenômico, utilizando-

-se primers universais ou específicos, clonagem dos amplicons obtidos em vetores apropriados e sequenciamento dos insertos (Hur e Chun, 2004). A construção de bibliotecas de sequências de rDNA 16S tem sido aplicada no estudo da diversidade microbiana de silagem de alfafa (McGarvey et al., 2013). As sequências dos insertos são obtidas pelo método de sequenciamento de Sanger. O método usual de sequenciamento, o sequenciamento de Sanger, acaba inviabilizando a realização de estudos de diversidade microbiana devido à exigência de um grande número de sequências, que ocasiona um alto custo na realização de trabalhos de diversidade microbiana.

Com o surgimento do sequenciamento de nova geração tem sido possível obter um número maior de sequências por um custo mais baixo. A plataforma Ion Torrent (PGM) é uma das opções de sequenciamento de nova geração para construção de bibliotecas metagenômicas (Whiteley et al., 2012). Entretanto, esta técnica ainda não foi aplicada para estudar o microbioma da silagem.

8. DETERIORAÇÃO AERÓBIA EM SILAGEM

Um dos maiores problemas na produção de silagem é a deterioração aeróbia antes ou após o silo ser aberto. A deterioração aeróbia é comumente indicada pelo aparecimento de colônias brancas ou multicoloridas de organismos, aquecimento para temperaturas superiores a 38°C e pH acima de 5. A deterioração aeróbia é o resultado de leveduras, fungos ou bactérias crescendo na presença de oxigênio. Estes organismos convertem açúcares das plantas, produtos finais da fermentação ou outros nutrientes da silagem ricos em energia a dióxido de carbono, água e calor. Como consequência, a recuperação de matéria seca do silo é reduzida, o valor nutricional da silagem decresce e os organismos e seus produtos podem ser tóxicos aos animais (Muck e Pitt, 1993). Clostrídios são anaeróbios estritos, no entanto, durante a fase de deterioração aeróbia, seus números têm mostrado aumento. Isto pode parecer um paradoxo, mas pode ser explicado pela ação de microrganismos aeróbios que utilizam o ácido láctico e produzem menos

produtos finais ácidos, com o resultante aumento no pH da silagem. Por isso, dependendo do pH e da concentração de oxigênio, as condições de crescimento em alguns nichos dentro do silo podem se tornar favoráveis ao crescimento de clostrídios (Wilkson e Davies, 2013).

A deterioração aeróbia é um processo complexo porque diferentes organismos podem ser ativos em diferentes silagens, ou, na mesma silagem, em diferentes momentos. As leveduras são de rápido crescimento e frequentemente iniciam o processo de deterioração, formando pequenas colônias brancas sobre a superfície da silagem.

Na Tabela 7 são mostrados importantes fatores bioquímicos e microbianos na deterioração de cinquenta diferentes silagens. Os fatores significativos foram as concentrações de matéria seca, ácido acético, ácido butírico e contagens de leveduras e fungos no momento de abertura dos silos. Os coeficientes de correlação foram negativos para matéria seca e leveduras, indicando que valores maiores foram associados com tempos mais curtos para a temperatura da silagem aumentar quando exposta ao ar. Os coeficientes de correlação positivos para os ácidos acético e butírico indicam que as concentrações mais elevadas destes ácidos foram associados com silagens que foram mais estáveis ao ar (Ohyama et al., 1980).

Tabela 7. Correlações entre os valores determinados na silagem imediatamente após a abertura e tempo para a temperatura aumentar na exposição subsequente ao ar (*P<0,05; **P<0,01)

Variável	Correlação com o tempo para a temperatura aumentar após exposição ao ar
Matéria seca	- 0,47**
pH	-0,16
ácido láctico	0,17
Ácido acético	0,44**
Ácido butírico	0,36**
Carboidratos solúveis em água	0,08
Leveduras	-0,58**
Fungos	0,29*
Bactérias	0,29*

Fonte: Ohyama et al., 1980

A manutenção da anaerobiose é de fundamental importância para preservação de silagens, conforme já relatado. Porém, na prática é inevitável que a massa ensilada entrará em contato com o O_2 . Na fase inicial da ensilagem, o ar presente nessa massa ensilada é rapidamente consumido pela atividade respiratória da planta e micro-organismos aeróbios (facultativos). Após a abertura do silo para fornecimento da silagem aos animais, a silagem é novamente exposta ao ar. Nesta situação, segundo McGechan e Willians (1994), o ar poderá penetrar na massa de silagem através de dois mecanismos: difusão e fluxo volumétrico. O movimento de CO_2 é a principal causa de gradientes de pressão em silagens, que devido à sua maior densidade em comparação ao O_2 e N, tende a drenar para a base do silo e puxar o ar para o topo (Honing, 1991, citado por Pahlow et al., 2003).

A porosidade da silagem e a atividade respiratória microbiana são as características mais importantes da silagem, influenciando o fluxo de O_2 . A porosidade é determinada pela densidade da silagem, segundo a equação (Pitt, 1986, citado por Muck et al., 2003): $\emptyset = 1 - \rho / \rho_{\text{max}}$, em que: $\emptyset$ é a porosidade (fração), ρ é a densidade úmida da silagem ($kg\ m^{-3}$) e ρ_{max} é a densidade úmida máxima da silagem ($kg\ m^{-3}$). Dentre os fatores principais que determinam a porosidade destacam-se densidade, conteúdo de matéria seca e estrutura da forragem.

As condições na silagem deteriorada são continuamente alteradas e como resultado a composição da microflora poderá mudar também. Por exemplo, espécies termofílicas poderão substituir espécies mesofílicas, quando a temperatura atingir $45^\circ C$ ou mais, e espécies capazes de degradar polissacarídeos tais como celulose, hemicelulose e amido, poderão substituir as espécies sem essa capacidade após a depleção de substratos mais simples, como açúcares e ácidos (Pahlow et al., 2003).

Os principais fatores que afetam o crescimento de micro-organismos durante a deterioração aeróbia são concentração de O_2 , temperatura, atividade de água e concentração de ácidos orgânicos. A atividade de água (a_w), refere-se à medição da concentração de solutos em água e seus efeitos sobre a atividade química da água. Para soluções diluídas, o logaritmo natural negativo da atividade de água é aproximadamente moles de soluto por mol

de água. Logo, a a_w para água pura é 1.0, a qual decresce com o aumento da concentração de solutos.

Dentre os micro-organismos aeróbios que deterioram a silagem, as bactérias, principalmente os bacilos e as bactérias ácido acético são mais susceptíveis à baixa atividade de água e, os fungos, particularmente são mais tolerantes às condições secas. Na Figura 4 pode-se visualizar o efeito da concentração de umidade de alfafa sobre a taxa de crescimento relativo de bactérias ácido acético, leveduras e fungos, derivado de vários modelos de deterioração aeróbia. Para uma faixa típica de concentração de umidade de (400-900 $g\ kg^{-1}$, base úmida) em silagens, uma menor concentração de umidade geralmente não inibe o crescimento de nenhum desses micro-organismos, porém, reduz a taxa de crescimento microbiano.

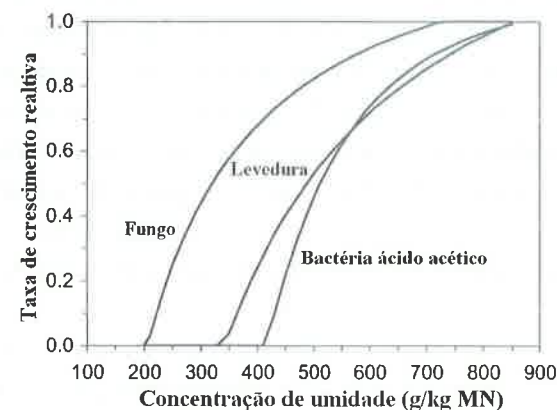


Figura 4 - Efeito da concentração de umidade sobre a taxa de crescimento relativa de leveduras, fungos e bactérias ácido acético (Muck et al., 2003).

Segundo Kung (2008), a deterioração aeróbia segue um efeito "dominó" que causa uma reação em cadeia iniciada pela exposição ao oxigênio e termina na silagem completamente deteriorada. Primeiro, as leveduras degradam o ácido láctico na presença de oxigênio produzindo CO_2 , água e calor. Em seguida, a população de leveduras aumenta e o pH do meio também. O aumento no pH favorece o desenvolvimento de outros microrganismos

deterioradores que até então estavam inibidos pelas condições ácidas do meio, como os fungos filamentosos (mofos), clostrídios, listeria e bacilos (Lindgren et al., 2012; Borreani et al., 2013). As alterações na composição das silagens devido a deterioração são acompanhadas pelo aumento do pH, temperatura e nitrogênio amoniacal, embora, neste último, as alterações sejam inconsistentes devido às variáveis perdas por volatilização (McDonald et al., 1991). Nos estágios finais da deterioração, os carboidratos fibrosos também podem ser decompostos (Honig e Woolford, 1980). Silagens em avançado processo de deterioração podem atingir temperaturas superiores a 54°C (Borreani e Tabacco, 2010).

A preocupação com estabilidade aeróbia não se limita as questões relacionadas com as perdas de MS e nutricional, pois o desenvolvimento de microrganismos, como algumas espécies de bactérias (*Bacillus*, *Clostridium* e *Listeria*) e alguns fungos filamentosos podem influenciar nos aspectos ligados a sanidade da silagem (Lindgren et al., 2002). A multiplicação de clostrídios pode reduzir a qualidade do leite e de determinados tipos de queijo. O crescimento de fungos pode vir acompanhado pela produção de micotoxinas na massa. Dessa forma, os animais que são alimentados com grandes proporções de silagem na ração podem intoxicar-se, causando efeitos indiretos ao homem, ao longo da cadeia alimentar (Whitlow e Hagler Jr., 1997).

Borreani et al. (2013) estudaram a sucessão microbiana em silagens de milho expostas ao ar por 2, 5, 7 9 e 14 dias e verificaram que as leveduras apresentam rápido crescimento, chegando a dobrar de 3,12 para 6,84 UFC/g de silagem do momento da abertura até 5 dias de exposição ao ar. Somente após esse período foi observado aumento nas populações de fungos filamentosos e esporos aeróbios e anaeróbios, devido ao aumento no pH.

As alterações químicas e microbiológicas durante a exposição aeróbia de silagens de milho por oito dias e seus efeitos sobre o consumo de matéria e preferência por cabras foram avaliadas por Garlach et al. (2013). Os autores verificaram que ocorreram fortes mudanças sobre os produtos da fermentação da silagem de milho durante o período de exposição aeróbia. A contagem de micro-organismos deterioradores, especialmente leveduras,

aumentaram acima dos valores alvos, dentro de quatro dias. Verificaram ainda, que a temperatura da silagem foi o melhor preditor para consumo de matéria seca em comparação com qualquer outro constituinte da silagem.

Os aditivos também podem ser usados de forma estratégica para controle da deterioração aeróbia em silagens, conforme destacado por Bernardes e Adesogan (2012) e Wilkson e Davies (2013) em suas revisões, assunto este, que será abordado em outra sessão deste evento. Kleinschmit e Kung (2006) realizaram uma meta-análise envolvendo 43 experimentos com silagem de milho e mostraram claramente os efeitos da inoculação com *L. buchneri* (Tabela 8). A inoculação ocasionou diminuição na concentração de ácido láctico e aumento no teor de ácido acético, com consequente aumento no pH em comparação com as silagens não inoculadas. O número de leveduras diminuiu, observando-se um efeito dose dependente, com os menores valores observados para a taxa de aplicação do *L. buchneri* superior a 10⁵ UFC/g de matéria natural.

Tabela 8. Meta-análise dos efeitos do *Lactobacillus buchneri* (LB) sobre as características da silagem de milho.

Item	LB0 ¹	LB1	LB2	Contrastes ² , P	
				1	2
Materia seca (MS), %	30,70	30,70	30,70	0,87	0,85
pH	3,70	3,75	3,88	<0,01	<0,01
Ácido láctico %MS	6,59	5,87	4,79	<0,01	<0,01
Ácido acético %MS	2,18	2,63	3,89	<0,01	<0,01
Etanol %MS	1,62	1,58	1,47	0,17	0,22
Recuperação da MS %	95,50	95,50	94,50	0,05	0,01
Leveduras, log UFC/g	4,18	3,10	1,88	<0,01	0,02
Estabilidade aeróbia, horas	25,00	35,00	503,00	<0,01	<0,01

¹LB0 = silagem de milho não inoculada; LB1 = silagem inoculada com *L. buchneri* (<100000 UFC/g);

LB2 = silagem inoculada com *L. buchneri* (>100000 UFC/g).

²1 = LB0 vs. LB1 and LB2; 2 = LB1 vs. LB2.

Um aspecto interessante a ser destacado é que frequentemente as silagens mais pobremente fermentadas são extremamente estáveis aerobiamente, provavelmente devido à ação antimicrobiana de altos níveis de amônia, ácido butírico ou acético, encontrados nessas silagens. Obviamente,

a fermentação ideal é aquela que ocorre em rápida taxa, suficiente para reduzir as perdas da fermentação, mantendo também um aceitável grau de estabilidade aeróbia nas estruturas de armazenamento e alimentação. O manejo adequado da colheita até a alimentação e aditivos efetivos de silagem exercem um papel chave no equilíbrio desses dois importantes parâmetros na silagem (Mahanna e Chase, 2003).

De fato, silagens de leguminosas apresentam boa estabilidade aeróbia quando comparadas a silagens de gramíneas e milho. Griffin (2001), avaliando dados de pesquisa do projeto LEGSIL (silagem de leguminosa), conduzido no período de 1997-2001, em quatro países da Comunidade Econômica Européia, relatou que das 264 silagens de leguminosa avaliadas, nenhuma apresentou aquecimento ou deterioração fúngica quando expostas ao ar por quatro dias, e que 90% das silagens se mantiveram estáveis por sete dias. A mistura de leguminosas e gramíneas (50:50) também produziu silagens com alta estabilidade aeróbia, enquanto que 90% das silagens exclusivas de gramíneas deterioraram em quatro dias. O autor destaca, ainda, que esses resultados em relação à preservação e estabilidade aeróbia foram confirmados em experimentos de campo, usando tanto grandes fardos, como silos trincheira.

Muck (2013) destacou que a pesquisa tem direcionado esforços para encontrar novos inoculantes, que apresentem propriedades antimicrobianas ou que produzam bacteriocinas. As bacteriocinas são peptídeos sintetizados nos ribossomos de certos grupos de bactérias e que possuem atividade antimicrobiana contra outras. As espécies de bactérias lácticas bacteriocinogênicas têm sido o foco de pesquisas pela ação de suas bacteriocinas contra diferentes micro-organismos patogênicos e deterioradores e sua aplicação em alimentos.

Neste contexto, estudos estão sendo desenvolvidos na UFV com o objetivo de bioprospectar bactérias lácticas com atividade antagonista contra micro-organismos patogênicos ou deterioradores da silagem, como aquele realizado por Silva (2011), com silagens de estilosantes Campo Grande. Foram isoladas 256 culturas de bactérias lácticas da silagem dessa leguminosa, em diferentes períodos de fermentação. Deste total, 83% (214)

demonstraram atividade antagonista contra o micro-organismo indicador. Dentre estes, apenas 10% foram capazes de crescer em meio basal. Análise da diversidade genética de 20 isolados foi realizada por BOX-PCR. Oito isolados de bactérias lácticas que apresentaram alta atividade antagonista e elevada velocidade de crescimento foram selecionados e o perfil de fermentação de 49 carboidratos permitiu a identificação desses isolados como *Pediococcus pentosaceus*, *Pediococcus acidilactici* e *Lactobacillus plantarum* (Tabela 9). A análise do gene 16S rDNA mostrou a mesma identificação. Estes três isolados de bactérias lácticas demonstraram amplo espectro de atividade antagonista, inibindo várias espécies de micro-organismos diferentes (Tabela 10), tornando-os candidatos potenciais para serem avaliados como inoculantes em silagens de leguminosas, ou de outras espécies.

Tabela 9. Identificação dos isolados de bactérias lácticas de silagens de estilosantes Campo Grande pelo perfil fermentativo de 49 carboidratos do API 50 CH.

Isolado	Micro-organismo	% Identidade
1.7	<i>Pediococcus pentosaceus</i>	99.9
6.16	<i>Pediococcus pentosaceus</i>	98.4
10.4	<i>Pediococcus acidilactici</i>	99.9
10.6	<i>Pediococcus acidilactici</i>	99.9
13.8	<i>Pediococcus pentosaceus</i>	98.4
19.3	<i>Pediococcus pentosaceus</i>	99.9
28.4	<i>Pediococcus acidilactici</i>	99.9
28.5	<i>Lactobacillus plantarum</i>	96.6

Tabela 10. Espectro de atividade da substância antimicrobiana.

Microrganismo indicador	Zona de inibição*		
	10.4	10.6	6.16
<i>Listeria monocytogenes</i> ATCC 7644	++++	++++	++
<i>Alicyclobacillus acidoterrestris</i> DSMZ 2498	++	++	++
<i>Lactococcus lactis</i> ATCC 19435	+	+	+
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	++	++	++++
<i>Micrococcus luteus</i> ATCC 10240	++	++	++
<i>Streptococcus bovis</i> JB1	+	+	+
<i>Streptococcus bovis</i> HC5	+	+	+
<i>Escherichia coli</i> ATCC 29214	-	-	-

Raio da zona de inibição: + (>3mm e < 6mm), ++ (>7mm e <10mm), +++ (>11mm e <14mm), ++++ (>14mm).

Fonte: Silva (2011).

9. QUALIDADE HIGIÊNICA DE SILAGEM

O elo entre o produto fornecido ao animal, sua saúde e o risco potencial e real para a saúde humana tem aumentado em importância recentemente, principalmente em países da Europa, a partir da evidência de encefalopatia espongiforme bovina (mal da vaca louca). Os consumidores exigem que o alimento que eles consomem esteja livre de contaminação por micro-organismos ou produtos químicos (Wilkinson, 1999).

Embora a maioria dos fungos reduzam somente o rendimento e o valor nutritivo dos alimentos que eles infestam, alguns tem a habilidade para produzir micotoxinas (Gotlieb, 1997). Micotoxinas são compostos orgânicos complexos que são produzidos por fungos para aumentar sua virulência como patógenos das plantas e reduzindo a resistência destas. Quando esses fungos crescem, o valor nutritivo das plantas que eles infectam ou os alimentos armazenados que eles infestam é deplegado com a conversão de carboidratos e outros nutrientes a CO₂ e outros metabólitos fúngicos não prontamente disponíveis como nutrientes para os animais.

O efeito de toxinas sobre animais e humanos é puramente coincidental, devido a similaridade dos sistemas metabólicos afetados, uma vez que os fungos que produzem toxina não tem os animais como parte de sua competição ambiental (Gotlieb, 1997).

As plantas no campo estão sujeitas a serem colonizadas por várias espécies de fungos, alguns dos quais produtores de micotoxinas, incluindo espécies dos gêneros *Fusarium*, *Cladosporium*, *Alternaria*, *Claviceps*. As micotoxinas, produtos do metabolismo de fungos, podem ser encontradas em silagens ou qualquer alimento animal que tenha sido deteriorado durante o armazenamento, e, são de interesse devido seus efeitos adversos sobre a saúde e produtividade animal (Wilkinson, 1999). A sua ocorrência global é considerada como principal fator de risco afetando a saúde de humanos e animais, sendo estimado que 25% das culturas produzidas no mundo estão contaminadas em alguma extensão por micotoxinas (Fink-Greennmels, 1999). Os fungos não somente causam a redução no valor alimentar e palatabilidade da silagem, como também podem afetar negativamente a saúde animal (Driehuis e Oulde Elferink, 2000).

Segundo McDonald et al. (1991), os fungos se desenvolvem no início do processo fermentativo, utilizando o oxigênio remanescente entre as partículas das plantas e normalmente atingem seu valor máximo logo no primeiro dia de fermentação. Estes micro-organismos produzem grande quantidade de esporos que são ativados quando a silagem é exposta ao ar, por ocasião da abertura dos silos.

Gotlieb (1997) afirma que os fungos com capacidade para produzir toxinas requerem três ambientes críticos: 1 – temperatura acima do ponto de congelamento; 2 – umidade acima de 20% e 3 – oxigênio. Limitando qualquer um destes a produção de toxina poderá ser limitada ou mesmo evitada. Em se tratando de silagem, não é prático ou desejável limitar a temperatura ou a umidade. Desta forma, o controle do oxigênio é o fator chave para o sucesso da limitação da produção de toxinas durante o armazenamento.

Outro aspecto a ser considerado é o tipo de silo. Gotlieb (1997) destacou que concentrações mais elevadas de toxina foram registradas em silos horizontais e, em todos os casos, onde foram registradas maiores concentrações de toxina, o pobre manejo do silo, independente do tipo (horizontal ou vertical), possibilitou a penetração do oxigênio na massa ensilada. Ele destacou, ainda, que silos horizontais tipo trincheira, bem manejados e adequadamente vedados, não tem significativamente maiores

níveis de toxina que os verticais bem manejados.

As micotoxicoses podem resultar da ingestão de toxinas produzidas por três tipos de fungos: a) **macroscópicos** – mais conhecidos como cogumelos. Existem várias espécies que são tóxicas para o homem e para os animais domésticos; b) **parasitas** – infestam e causam doenças nas plantas durante o seu desenvolvimento no campo; c) **de armazenamento** – infestam e crescem nas plantas durante o seu desenvolvimento no campo, colheita, secagem, armazenamento e transporte. Em forragens, grãos e sementes, com teores de umidade relativamente baixos e em condições favoráveis podem produzir micotoxinas. Embora animais saudáveis tendam a “filtrar” ou detoxificar muitas micotoxinas às quais estão expostos, a questão dos resíduos no leite e em tecidos animais não deve ser ignorada por produtores e consumidores, em virtude dos possíveis danos a saúde humana (Jobim et al., 2001).

Na Tabela 11 estão sumarizados as principais espécies de fungos encontradas em plantas forrageiras, e as micotoxinas produzidas por estes micro-organismos. Na Tabela 12, estão relacionadas as principais micotoxinas encontradas em silagens e seus efeitos sobre os animais. Silagens são consideradas altamente infestadas por fungos quando suas populações excedem 10^5 ufc g⁻¹ de silagem. Os problemas potenciais variam de distúrbios digestivos menores à contaminação aguda com toxinas. A cor do fungo ou testes de triagem com luz negra não efetivamente quantificam ou qualificam populações específicas de fungos. Além disso, a presença de fungo não estabelece que qualquer toxina tenha sido produzida (Mahanna e Chase, 2003). Felizmente, a vasta maioria dos fungos de silagens não produzem micotoxinas prejudiciais. No entanto, mesmo a presença de fungos cinzas e pretos, normalmente inofensivos, podem servir como indicadores de que as condições são adequadas para fungos mais indesejáveis (Mahanna e Chase, 2003).

Os efeitos de micotoxinas sobre bovinos parecem ser menos severos que aqueles sobre monogástricos, provavelmente devido a degradação parcial de micotoxinas no rúmen. Os protozoários do rúmen, por exemplo, são conhecidos por desempenhar um papel importante na degradação de algumas micotoxinas, mas a sua população poderá quase que desapare-

cer totalmente quando os animais são alimentados com dietas ricas em carboidratos prontamente fermentáveis. Assim, a resistência geralmente reconhecida de ruminantes a micotoxinas pode às vezes falhar e, como consequência, os animais podem ser prejudicados e resíduos tóxicos podem ser encontrados em produtos de origem animal como o leite. Tal conceito pode ser aplicado apenas para ruminantes, haja vista que a digestão microbiana ocorre no início do trato digestivo, antes de qualquer absorção digestiva de micotoxinas, enquanto esta ocorre no intestino grosso de animais não ruminantes e em homens (Jouany, 2007).

Tabela 11. Principais grupos de fungos encontrados em plantas forrageiras e micotoxinas produzidas.

<i>Espécies de fungo</i>	<i>Micotoxinas</i>
<i>Acremonium lolii</i>	Lolitre B, paxilina
<i>Alternaria spp</i>	Ácido tenuazônico, éter metil alternariol, altenueno, isso-altenueno, altertoxinas I e II
<i>Aspergillus clavatus</i>	<i>A. clavatus</i> toxina
<i>Aspergillus flavus</i>	Aflatoxinas
<i>Aspergillus fumigatus</i>	Fumigaclavina A, fumigaclavina C, fumitoxinas, A, B, C e D, gliotoxina, ácido helvólico
<i>Aspergillus versicolor</i>	Esterigmatocistina
<i>Byssoclamis nivea</i>	Ácido bissoclâmico, patulina
<i>Claviceps spp</i>	Ergotamina, ergostina, ergocristina, ergocriptina, ergocornina, pirrolizidina, ácido lisérgico
<i>Fusarium spp</i>	Deoxinivalenol, nivalenol, toxina, HT-2, moniliformina, toxina, T-2, zearelenona, moniliformina
<i>Paecilomyces varotia</i>	Patulina
<i>Penicillium aurantiogriseum</i>	Verrucosidina, vioxantina, xantomegnina
<i>Penicillium roqueforti</i>	Festuclavina, fumiclavina, C, roquefortinas A, B, C e D, toxina PR
<i>Penicillium verrucosum</i>	Ocratoxina A, citrinina
<i>Penicillium viridicatum</i>	Vioxantina, xantomegnina
<i>Pithomyces charcatum</i>	Esporidesmina
<i>Stachybotris atra</i>	Satratoxina
<i>Wallemia sebi</i>	Walleminol A

Fonte: Scudamore e Livesey (1998).

Entretanto, no campo, a maioria dos sintomas observados em bovinos são similares aqueles reportados para outras espécies animais, porém, associados com maiores níveis de exposição aos bovinos (Whitlow e Hagler, 1997). Dentre estes sintomas destacam-se: diminuição da produtividade, pobre desempenho reprodutivo e aumento da incidência e severidade das doenças.

Quando ocorre o desenvolvimento das espécies *Fusarium moniliforme* e *Fusarium proliferatum*, se verifica alta presença de fumosina B1 (Whitlow e Hagler, 1997). A fumonisina é uma toxina que pode prejudicar as funções do sistema imunológico, causar lesões no fígado e rins, causar edemas pulmonares e também pode levar o animal à morte.

Outro grupo de micro-organismos presente em silagem que oferece grandes riscos à saúde animal e humana é o grupo de bactérias do gênero *Listeria*. O gênero *Listeria* contém bacilos gram-positivos, não formadores de esporos, móveis, catalase positivos, anaeróbios facultativos. Das sete espécies encontradas, duas são de maior importância por serem patogênicas: *Listeria monocytogenes*, em animais e humanos e *Listeria ivanovii*, em animais.

Tabela 12. Principais micotoxinas encontradas em silagens e seus efeitos sobre os animais.

Micotoxinas	Efeitos
Aflatoxina B1	Carcinogênica, hepatotóxica, danosa ao DNA
Toxinas de <i>A. fumigatus</i>	Hemorragica
Sterigmatocistina	Carcinogênica, hepatotóxica
Ocratoxina A	Carcinogênica, nefrotóxica
Citrinina	Nefrotóxica
Xantomegnina	Fototóxica, nefrotóxica
Zearalenona	Estrogênica
Patulina	Carcinogênica, hemorrágica, causa danos pulmonares
Alcalóides ergot	Causa gangrena, reduz fertilidade
Tricotecenas	Hemorragica, diarreica, causa dermatite e anorexia
Satratoxina	Causa necrose e rinite
Penitrem A	Tremorgênica
Toxina PR	Hepatotóxica, nefrotóxica, mutagênica
Gliotoxina	Hematuria
Toxinas de <i>A. fumigatus</i>	Hemorragica, diarreica, tremorgênica
Ácido tenuazônico	Hemorragica, provoca convulsões e anorexia
Alternariol	Citotóxica, fetotóxica
Esporidesmina	Hepatotóxica e causa fotossensibilização

Fonte: Scudamore e Livesey (1998).

Listeriose é uma enfermidade infecciosa causada pela bactéria *Listeria monocytogenes* a qual afeta várias espécies animais, induzindo a três formas de manifestação clínica: 1) septicemia com abscessos em vísceras como fígado e baço, 2) aborto e 3) doença neurológica (meningoencefalite). A doença é mais comum em regiões de clima temperado, onde os casos ocorrem principalmente no inverno e início da primavera. O crescimento e sobrevivência de *Listeria* são determinados pelo grau de anaerobiose e o pH da silagem, sendo que *L. monocytogenes* pode tolerar baixos valores de pH (3,8-4,2) por longos períodos de tempo somente se houver oxigênio presente (mesmo em pequenas quantidades). Pode ser encontrada em silagens com má preservação nas áreas do silo onde o pH tenha alcançado valores entre 5,7-8,9 (Woolford, 1972, citado por McDonald et al., 1991). *L. monocytogenes* é frequentemente encontrada em baixo número no solo e na vegetação, sugerindo que estes micro-organismos são parte normal da microflora de gramíneas, sendo os pássaros considerados como seus vetores.

Schocken-Iturrino (2005) verificaram presença de *Listeria sp.* em 65,6% das amostras no momento da abertura de silagens de *Cynodon sp* (tifton-85) e, destas, 10% foram positivas para *Listeria monocytogenes*, sendo que todas as silagens avaliadas apresentaram pH acima de 4,70. Níveis de *L. monocytogenes* acima de 1×10^6 UFC g⁻¹ tem sido detectado em camadas superficiais de silagens de gramíneas visivelmente infestadas por fungos (Fenlon, 1986, citado por Pahlow et al., 2003). Silagens armazenadas em grandes fardos, revestidos com plástico, em particular, parecem mais susceptíveis à contaminação com listéria e isto tem sido atribuído à maior deterioração aeróbia nestas silagens em relação àquelas produzidas em outros tipos de silo devido à maior relação superfície/volume dos fardos (Fenlon et al., 1989).

Avaliando a ocorrência de diferentes ribotipos de *Listeria* em silagem de milho e de gramíneas, Ryser et al. (1997) verificaram maior presença de *Listeria* (60%) em amostras de silagens de gramíneas. No entanto, de um total de 129 amostras de silagens de milho avaliadas, em 13 (10%), foram isoladas espécies de *Listeria sp.* Desse total de amostras, 107 (83%) foram consideradas silagens de alta qualidade (pH $\leq$ 3,97). No entanto, nessas amostras foram contabilizados 8 em 13 (62%) isolados de *Listeria*

sp., incluindo um único ribotipo clínico de *L. monocytogenes* (Tabela 13).

Além da importância da adequada fermentação no controle de *Listeria* em silagem, assim como descrito para enterobactérias e bactérias clostrídicas, *Listeria* pode ser inibida por bactérias lácticas produtoras de bacteriocinas, como demonstrado por Guedes Neto et al. (2005), avaliando o efeito antagônico de bactérias lácticas isoladas de queijo sobre *Listeria* sp. Inibição de *Listeria* também foi observado por Mantovani et al. (2002), em trabalho com *Streptococcus bovis* HC5, por meio da produção de bacteriocina bovicina HC5. A melhor forma de prevenção de *Listeria* em silagens é por meio de um adequado perfil fermentativo, com predominância de bactérias produtoras de ácido láctico durante o processo de ensilagem.

Tabela 13. Distribuição de ribotipos de *Listeria* sp. em silagens de milho de acordo com o pH.

<i>Listeria</i> sp.	Ribotipo	Distribuição (%) de isolados em diferentes pH			
		< 4 (n = 107)	4 – 4,9 (n = 17)	5 – 5,9 (n = 3)	> 6 (n = 2)
<i>L. monocytogenes</i>	19092	1 (0,9)			
	19193 ¹	1 (0,9)			
	54183		1 (5,9)		
<i>L. innocua</i>	19073	1 (0,9)			
	19094	4 (3,7)	1 (5,9)	1 (33)	1 (50)
	19166	1 (0,9)			
	19196				1 (50)
Total		8 (7)	2 (12)	1 (33)	2 (100)

¹ ribotipo clínico associado com listeriose.

Fonte: Ryser et al. (1997).

10. Considerações finais

A adoção de técnicas de manejo que minimizem a entrada de ar na massa ensilada, como adequada pressão de compactação e densidade e vedação do silo, associadas ao uso de aditivos que inibem o início da deterioração aeróbia, poderão ajudar a prevenir ou limitar o crescimento de fungos, favorecendo assim a qualidade higiênica de silagens.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALONSO, V.A.; PEREYRA, C.M.; KELLER, L.A.M. et al. Fungi and mycotoxins in silage: an overview. *Journal of Applied Microbiology*, v.115, n.3, p.637-346, 2013.
- BECK, T. The microbiology of silage fermentation. In: *Fermentation of silage*. Georgia: NFIA, p. 63-117. 1978.
- BERNARDES, T. F. ; ADESOGAN, A. T. . Aerobic deterioration of silages in warm climates. In: PEREIRA, O.G.; FONSECA, D.M.; RIBEIRO, K.,G.; CHIZZOTTI, F.H.M. (Org.). Symposium on Strategic Management of Pastures. 6ed.Viçosa: UFV, 2012, v. 6, p. 249-268.
- BOLSEN, K.K. Silage: basic principles. In: *Forages: The science of grassland agriculture*, 5 ed., v.2, p.163-176, 1995.
- BORREANI, G.; TABACCO, E.; COLOMBARI, G. Influenza del deterioramento aeróbico degli insilati sulla qualità dei prodotti caseari. *L'Informatore Agrario*, v. 11, p. 58-61, 2002.
- BORREANI, G.; BERNARDES, T.F.; TABACCO, E. Aerobic deterioration influences the fermentative, microbiological and nutritional quality of maize and sorghum silages on farm in high quality milk and cheese production chains. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.37, p. 68-77, 2008.
- BORREANI, G.; TABACCO, E. The relationship of silage temperature with the microbiological status of the face of corn silage bunkers. *Journal of Dairy Science*, v.93, n.6, p.2620-2629, 2010.

- BORREANI, G.; DOLCI, PAOLA; TABACCO, E. et al. Aerobic deterioration stimulates outgrowth of spore-forming *Paenibacillus* in corn silage stored under oxygen -barrier or polyethylene films. **Journal of Dairy Science**, v.96, n.8, p.5206-5216, 2013.
- BUSTIN, S. A.; BENES, V.; GARSON, J. A.; HELLEMANS, J.; HUGGETT, J.; KUBISTA, M.; MUELLER, R.; NOLAN, T.; PFAFFL, M. W.; SHIPLEY, G. L.; VANDESOMPELE, J.; WITTEWER (2009). The MIQE Guidelines: Minimum information for publication of quantitative real-time PCR experiments. **Clinical Chemistry** 55, 611-622.
- DAVIES, D.R.; MERRY, R.J.; BAKEWELL, E.L. The effect of timing of slurry application on the microflora of grass and changes occurring during silage fermentation. **Grass and Forage Science**. v.51, p. 42-51, 1996.
- DRIEHUIS, F.; OUDE ELFERINK, S.J.W.H. The impact of the quality silage on animal and food safety: A review. **Veterinary Quarterly**. v.22, p. 221-216, 2000.
- FENLON, D.R.; WILSON, J.; WEDDEL, J.R. The relationship between spoilage and *Listeria monocytogenes* contamination in bagged and wrapped big silage. **Grass and Forage Science**. v. 44, p. 97-100, 1989.
- FINK-GRERNMELS, J. Mycotoxins: Their implications for human and animal health. **Veterinary Quarterly**. v.21, p. 115-120, 1999.
- FISHER, D.S.; BURNS, J.C.; MOORE, J.E. The nutritive evaluation of forage. In: *Forages*. An introduction to grassland agriculture. Vol. 1. Barnes, R.F.; Miller, D.A.; Nelson, C.J. (eds.) 5 ed. Iowa State University Press, Ames. Iowa. p. 105-16. 1995.
- FISHER, S.G.; LERMAN, L.S. (1983). DNA fragments differing by single base pair substitutions are separated in denaturing gradient gels: Correspondence with melting theory. **Proceedings of the National Academy of Sciences** 80, 1579-1583.
- GUEDES NETO, L.G.; SOUZA, M.R.; NUNES, A.C. et al. Atividade antimicrobiana de bactérias ácido-láticas isoladas de queijos de coalho artesanal e industrial frente a micro-organismos indicadores. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.57, supl.2, p.245-250, 2005.

- GOTLIEB, A. Causes of mycotoxins in silages. In: FIELD TO FEED BUNK. New York. **Proceedings...** New York: MRAES, 1997. p.213-221.
- GRIFFIN, T. Soybean silage as an alternative silage, 2000. In: http://www.umaine.edu/livestock/Publications/soybean_silage.htm (Consultado em 18/02/2006).
- HUR, I.; CHUN, J. A Method for Comparing Multiple Bacterial Community Structures from 16S rDNA Clone Library Sequences. **The Journal of Microbiology**, v.42, p.9-13, 2004.
- IVANEK, R.; GROHN, Y.; WIEDMANN, M. *Listeria monocytogenes* in multiple habitats and host populations: review of available data for mathematical modeling. **Foodborne Pathogens and Disease**, v.3, n.4, p.319-336, 2006.
- JOBIM, C.C.; GONÇALVES, G.D.; SANTOS, G.T. Qualidade sanitária de grãos e de forragens conservadas "versus" desempenho animal e qualidade de seus produtos. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS. Maringá. **Anais...** Maringá:UEM. 2001. p.242-261.
- JOUANY, J.P. Methods for preventing, decontaminating and minimizing the toxicity of mycotoxins in feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.137, p.342-362, 2007.
- LIN, C.; BOLSEN, K.K.; BRENT, B.E.; FUNG, D.Y.C. Epiphytic lactic acid bacteria succession during the preensiling and ensiling periods of alfalfa and maize. **Journal Applied Microbiology**, v.73, p.375-387, 1992.
- KANDLER, O.; WEISS, N. Genus *Lactobacillus* Beijerinck 1901. In: SNEATH, P.A.; MAIR, N.S.; SHARPE, M.E. et al. (eds.). **Bergey's Manual of Systematic Bacteriology**. 9 ed. v. 2, Baltimore: Williams e Wilkins, 1986. p. 1-35.
- KLEINSCHMIT D.H.; KUNG Jr., L. The effects of *Lactobacillus buchneri* 40788 and *Pediococcus pentocaseus* R1094 on the fermentation of corn silage. **Journal of Dairy Science**, v.89, p.3999-4004, 2006.
- KLOCKEA, M.; MUNDTA, K.; IDLERA, C.; MCENIRYB, J.; O'KIELYC, P.; BARTH, S. Monitoring *Lactobacillus plantarum* in grass silages with the aid of 16S rDNA-based quantitative real-time PCR assays. **Systematic and Applied Microbiology**, v.29, p.49-58, 2006.

- KUNG, L., Jr.; SHEPERD, A.C.; SMAGALA, A.M. et al. The effect of preservatives based on propionic acid on the fermentation and aerobic stability of corn silage and a total mixed ration. **Journal of Dairy Science**, v. 81, p.1322-1330, 1998.
- KUNG Jr, L.A. A review on silage additives and enzymes. In: www.ag.udel.edu/departament/anfs/faculty/kun.../a_review_on_silage_additives_and.html (consultado em 2002).
- KUNG JR.L. The Aerobic Stability of Silages In: PEREIRA, O.G.; OBEID, J.A.; FONSECA, D.M.; NASCIMENTO Jr, D.. (Org.). Symposium on Strategic Management of Pastures. 4ed.Viçosa: UFV p. 233-248. 2008.
- LEIBENSPERGER, R.Y.; PITT, R.E. A model of clostridial dominance in ensilage. **Grass and forage Science**, v.42, p.297-317, 1987.
- LINDGREN, S.E.; OLDENBURG, E.; PAHLOW, G. Influence of microbes and their metabolites on food and feed quality. In: EUROPEAN GRASSLAND FEDERATION, 19., 2003, La-Rochelle, France. Proceedings... La-Rochelle, France, 2002. p.503-511.
- MAHANNA, B. Proper management assures high-quality, grains. *Feedstuffs*, 10/17, p.14-19; 23, 1994.
- MAHANNA, B.; CHASE, L. E. Practical applications an solutions to silage problems. In: SILAGE SCIENCE AND TECHNOLOGY. Madison. **Proceedings...** Madison: ASCSSA-SSSA, Agronomy 42, 2003. p. 855-895.
- MANTOVANI, H.C.; HU, H.; WOROBO, R.W. et al. Bovicin HC5, a bacteriocin from *Streptococcus bovis* HC5. **Microbiology**. v.148, p.3347-3352, 2002.
- McDONALD, P.; HEBDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The biochemistry of silage**. 2 ed. Marlow:Chalcombe Pub. 1991. 340p.
- McGARVEY, J. A.; FRANCO, R. B.; PALUMBO, J. D.; HNASKO, R.; STANKER, L.; MITLOEHNER, F. M. Bacterial population dynamics during the ensiling of medicago sativa (alfafa) and subsequent exposure to air. **Journal of Applied Microbiology**, v.114, p.1661-1670, 2013.

- McGECHAN, M.B.; WILLIAMS, A.G. A model of air infiltration losses during silage storage. **Journal Agriculture Eng. Research**. v.57, p.237-249, 1994.
- MUCK, R.E.; PITT, R.E. The role of silage additives in making quality silage. In: SILAGE PRODUCTION FROM SEED TO ANIMAL. New York. **Proceedings...** New York: NRAS, n. 67, 1993. p. 57-66.
- MUCK, R.E.; HOLMES, B.J. Factors affecting bunker silos densites. **App. Eng. Agr.**, v.16, p.613-619, 2000.
- MUCK, R.E.; MOSER, L.E.; PITT, R.E. Post harvest factors affecting ensiling. In: SILAGE SCIENCE AND TECHNOLOGY. Madison. **Proceedings...**Madison: ASCSSA-SSSA, Agronomy 42, 2003. p. 251-304.
- MUCK, R.E. Effects of corn silage inoculants on aerobic stability. Transactions of the ASAE, v.47, p.1011-1016, 2004.
- MUCK, R.E. Recents advances in silage microbiology. **Agricultural and Food Science**, v.22, p.3-15, 2013.
- MUYZER, G., DE WAAL, E.C., UITTERLINDEN, A.G. Profiling of complex microbial populations by denaturing gradient gel electrophoresis analysis of polymerase chain reaction-amplified genes coding for 16S rRNA. **Applied and Environmental Microbiology**, v.59, p.695-700, 1993.
- MUYZER, G.; SMALLA, K. Application of denaturing gradient gel electrophoresis (DGGE) and temperature gradient gel electrophoresis (TGGE) in microbial ecology. **Antonie van Leeuwenhoek**, v.73, p.127-141, 1998.
- NOLLER, C.H.; THOMAS, J.W. Hay-crop silage. In: Forages, 4 ed., p.517-526, 1985.
- OHYAMA, Y., HARA, SH. and MASAKI, SH. (1980): Analy sis of the factors affecting aerobic deterioration of grass silages. Proceedings on Forage Conservation in the 80's. Occasional Symposium No. 11 British Grassland Society. 257-263
- OHMOMO, S.; TANAKA, O.; KITAMOTO, H. K.; CAI, Y. Silage and microbial performance, old history but new problem. 2002. <http://ss.jircas.affrc.go.jp/english/publication/jarq/36-2/36-2-01.pdf>. (Consultado em 2004).

- OUDE ELFERINK, S. J. W. H.; DRIEHIUS, F.; GOTTSCHAL, J. C. Silage fermentation process and their manipulation, 2002. www.fao.org/faoinfo/agp/agpc/gp/silage/paper2.html (Consultado em 2006).
- PAHLOW, G.; MUCK, R.E.; DRIEHUIS, F. et al. Microbiology of ensiling. In: **SILAGE SCIENCE AND TECHNOLOGY**. Madison. **Proceedings...** Madison: ASCSSA-SSSA, Agronomy 42, 2003. p. 31-93.
- PEREIRA, O.G.; SANTOS, E.M.; FERREIRA, C.L.L.F. et al. Populações microbianas em silagem de capim-mombaça de diferentes idades de rebrotação. In: **XLIII REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA**. João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: UFPB, 2006. CD-ROM. Forragicultura.
- PEREIRA, O.G.; SOUSA, L.O.; PENTEADO, C.S. Populações microbianas, pH e relação nitrogênio amoniacal/N total em silagens de capim-elefante com diferentes idades de rebrotação. In: **XLII REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA**. **Anais...** Goiânia: UFG, 2005. CD-ROM. Forragicultura.
- RAMMER, C.; OSTLING, C.; LINGVALL, P. et al. Ensiling of manured crops-effects on fermentation. **Grass and Forage Science**, v.49, p. 343-351, 1994.
- RIGUEIRA, J.P.S.; PEREIRA, O.G.; RIBEIRO, K.G.; MANTOVANI, H.C., AGARUSSI, M.C.N. The chemical composition, fermentation profile, and microbial populations in tropical grass silages. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.42, p. 612-621, 2013.
- ROCHA, K.D. Silagens de capim-elefante cv. Cameroon, de milho e de sorgo produzidas com inoculantes enzimo-bacterianos: populações microbianas, consumo e digestibilidade. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 2003. 93p. Dissertação (mestrado em zootecnia). Universidade Federal de Viçosa, 2001.
- RUPPEL, K.A. Bunker silo management and its effects on haycrop quality. In: **Silage Production from Seed to Animal**, Proceedings from the National Silage Production Conference, Syracuse, New York, p. 67-84, 1993.
- RUPPEL, K.A. Economics of silage management practices: What can I do to improve the bottom line of my ensiling business? In: **Silage: field to feedbunk-North American Conference**, Hershey, PA. **Proceedings...**, New York: NRAES-99. p. 125-136. 1997.
- RYSER, E.T.; ARIMI, S.M.; DONNELLY, C.W. Effect of pH on distribution of *Listeria* ribotypes in corn, hay and grass silage. **Applied and Environmental Microbiology**, v.63, n.9, p.3695-3697, 1997.
- SANTOS, E. M.; PEREIRA, O. G.; RASMO, G.; FERREIRA, C. L. L. F.; OLIVEIRA, J.S.; SILVA, T.C.; ROSA, L.O. Microbial populations, fermentation profile and chemical composition of signalgrass harvested of different growth ages. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.747-755, 2011.
- SCHMIDT, R. J.; EMARA, M. G.; KUNG, L. The use of a quantitative real-time polymerase chain reaction assay for identification and enumeration of *Lactobacillus buchneri* in silage. **Journal of Applied Microbiology**, v.105, p.920-929, 2008.
- SCHOCKEN-ITURRINO, R.P.; REIS, R.A.; COAN, R.M. et al. Alterações químicas e microbiológicas nas silagens de capim-tifton 85 após a abertura dos silos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.2, p.464-471, 2005.
- SCUDAMORE, K.A.; LIVESSEY, C.T. Occurrence and significance of micotoxins in forage crops and silage: a review. **Journal of Science Food and Agriculture**, v.77, p. 1-17, 1998.
- SEKIGUCHI, H.; TOMIOKA, N.; NAKAHARA, T.; UCHIYAMA, H. A single band does not always represent single bacterial strains in denaturing gradient gel electrophoresis analysis. **Biotechnology Letters**, v.23, p.1205-1208, 2003.
- SILVA, M.P. **Prospecção de bactérias lácticas bacteriocinogênicas em silagens de Estilosantes**. 2011. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- SOUSA, L.O.; SANTOS, E.M.; PENTEADO, D.C.S. et al. Composição bromatológica de silagem de capim-mombaça inoculada com *Lactobacillus plantarum* da microbiota epifítica. In: **VI CONGRESSO NACIONAL DE ZOOTECNIA - ZOOTEC**. Recife. **Anais...** Recife: UFRPE 2006. CD-ROM.

- WHITELEY, A. S.; JENKINS, S.; WAITE, I.; KRESOJE, N.; PAYNE, H.; MULLAN, B.; ALLCOCK, R.; O'DONNELL, A. Microbial 16S rRNA ion tag and community metagenome sequencing using the ion torrent (PGM) platform. *Journal of Microbiological Methods*, v. 91, p. 80 - 88, 2012.
- WHITLOW, L.W.; HAGLER, Jr., W.M. Effects of mycotoxins on the animal: The producer's perspective. In: FIELD TO FEED BUNK. New York. *Proceedings...* New York: MRAES, 1997. p.222-232.
- WHITLOCK, L. A.; WISTUBA, T. J.; SEIFERS, M. K.; POPE, R. V.; BOLSEN, K. K. BOLSEN. Effect of level of surface-spoiled silage on the nutritive value of corn silage diets. *J. Dairy Sci.* 83(Suppl. 1):110, 2000.
- WILKINSON, J.M.; BOLSEN, K.K.; LIN, C.J. History of silage. In: BUSTON, D.R.; MUCK, E.R.; HERRISON, J.H. (Eds). *Silage Science and Technology*. Madison, ASA-CSSA-SSSA, Agronomy, 42, p.1-30, 2003.
- WILKINSON, J.M. Silage and animal health. *Natural Toxins*. v.7, p.221-232, 1999.
- WOOLFORD, M.K. *The silage fermentation*. New York: Marcel Dekker, 1984. 350p.

POTENCIAL DE SUBPRODUTOS DA AGROINDÚSTRIA PARA ENSILAGEM

Valter Harry Bumbieris Junior¹
 Fernando Luiz Massaro Junior²
 Danielle Fernandes Bandeira³
 Filipe Alexandre Boscaro de Castro¹
 Marco Aurélio Alves de Freitas Barbosa¹
 Clóves Cabreira Jobim⁴

1. INTRODUÇÃO

Os resíduos e subprodutos agroindustriais são materiais secundários gerados no processo de industrialização de produtos agrícolas. O que distingue resíduo de subproduto é a existência ou não de um mercado definido para a sua comercialização (BURGI, 1986).

Esses alimentos são muitas vezes desconsiderados pelos produtores rurais pela heterogeneidade e falta de padronização pela agroindústria. No entanto, as oportunidades em minimizar custos no sistema produtivo têm chamado a atenção para o uso de alimentos alternativos e/ou não convencionais na alimentação dos animais.

Por parte da agroindústria não é interessante que tenha um volume de "resíduo" em seus pátios sem destino adequado e muitas vezes com potencial de poluição ambiental. Rogério et al. (2009) destacaram que a utilização de co-produtos do processamento de frutas como alternativas na alimentação de ruminantes pode constituir uma solução para algumas ameaças de poluição ambiental, visto que parte do co-produto é armazenado ou descartado de forma inadequada.

São diversas as possibilidades de subprodutos, sendo dependentes

¹ Prof. Dr. Departamento de Zootecnia. Universidade Estadual de Londrina.
² Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal - Universidade Estadual de Londrina
³ Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal - Universidade Estadual de Londrina
⁴ Prof. Dr. Departamento de Zootecnia. Universidade Estadual de Maringá.

das aptidões regionais de produção. O setor de produção de frutas é um dos que mais gera subprodutos que podem ser potencialmente utilizados na alimentação animal. Desde tomate, abacaxi, laranja, manga, até a uva utilizada para fabricação de sucos e vinhos. Com relação às frutas, o que mais tem sido verificado é o aproveitamento das cascas, as quais ainda apresentam açúcares que podem ser fermentados, conservando o alimento como silagem por maior tempo, utilizando-o de forma estratégica posteriormente. Essa forma de conservação vem de encontro com os anseios das agroindústrias, que desejam dar um destino mais apropriado ao que lhes sobra, não gerando poluentes e mesmo proliferação de microrganismos indesejáveis.

Esses subprodutos úmidos têm seu uso mais restrito às regiões com pólos agroindustriais. No entanto, quando se trata de subprodutos como da mandioca, por exemplo, a diversidade desses é bem maior, gerando resíduos úmidos (massa de mandioca, raspa de mandioca, casca de mandioca), mas também resíduos como a rama da mandioca, que podem ser transportados com maior facilidade e armazenados (*in natura* ou ensilados) em diferentes regiões daquelas produtoras. Da mesma forma a casca do café.

Nesse sentido, no presente artigo serão abordados temas relacionados ao potencial de utilização dos principais subprodutos das agroindústrias para ensilagem e seu uso na alimentação animal.

2. SUBPRODUTOS DE CERVEJARIAS

A espécie de cevada (*Hordeum vulgare* L.) pertence à família das gramíneas, e em razão de sua ampla adaptação ecológica, da utilidade como alimento humano e animal e da superioridade de seu malte para uso cervejeiro expandiu-se globalmente. Tornou-se uma das espécies de cereais com maior distribuição geográfica, mantendo-se entre os grãos mais produzidos ao longo dos séculos (POEHLMAN, 1985).

Os estados da região sul do Brasil detêm praticamente a totalidade de produção desse cereal no país, com destaque para o estado do Paraná com aproximadamente 60% do total produzido na safra 2011/2012. No

Brasil, nesta mesma safra, verificou-se produção aproximada em 300.000 toneladas de grãos de cevada (IBGE, 2012).

As indústrias cervejeiras utilizam como matéria prima o malte da cevada, adicionando-se uma mistura de cereais ou maltose (CABRAL FILHO, 1999). Outros cereais eventualmente também são utilizados no processo, no entanto a qualidade da cevada para esse fim a conduz na preferência pela utilização. Como o Brasil é grande consumidor e produtor de cervejas, a disponibilidade do subproduto gerado se dá por grande parte do ano e não só em regiões produtoras de cevada, mas em regiões com indústrias especializadas na produção da bebida.

O subproduto gerado normalmente apresenta baixo teor de matéria seca (MS). Segundo Geron et al. (2007) os teores podem variar de 9,0 a 30% de MS conforme o processo industrial adotado. O processo industrial estratégico de cada empresa interfere diretamente na qualidade nutricional desse alimento, confirmando a variabilidade dos subprodutos já mencionada anteriormente, principalmente no tocante as lavagens que ocorrem na matéria prima para obtenção do malte.

A conservação desse alimento em propriedades rurais é dificultada em razão dos teores de umidade normalmente encontrados. Para tanto as técnicas de desidratação e ensilagem são meios de minimizar problemas com perdas e proliferação de microrganismos indesejáveis nos meios de produção animal.

A fermentação anaeróbia é uma alternativa para a conservação de alimentos com elevados teores de umidade. Apesar de haver dificuldades, essas podem ser minimizadas quando da utilização de aditivos, principalmente adsorventes de umidade e/ou microbianos para o controle do crescimento de bactérias do gênero *Clostridium* e leveduras.

Segundo Souza et al. (2012), a ensilagem do subproduto de cervejaria apresentou conservação satisfatória em relação à armazenagem em ambiente aeróbio. Após 28 dias de conservação o pH verificado no material foi de 3,48, com valores interessantes já a partir do sétimo dia (pH = 4,02) após a ensilagem. Os mesmos autores afirmam que, pelo valor alimentício verificado, o subproduto apresenta características de alimento volumoso

com potencial de uso na alimentação de ruminantes.

Valores verificados para a digestibilidade *in vitro* da matéria seca neste alimento variam entre 43,5% (GERON et al., 2007) e 63,4% (SCOUZA, 2010). Já dietas contendo 100% da parte volumosa com o subproduto úmido de cervejaria apresentaram 59,8% de digestibilidade da MS em cabras (SILVA et al., 2010a).

Trabalho realizado por Silva et al., (2010a), verificaram o consumo do subproduto de cervejaria por cabras no final de lactação e relataram que esse alimento pode ser utilizado em até 25% como substituto ao concentrado em dietas para esses animais. Geron et al., (2008) verificaram os parâmetros ruminais e degradabilidade do subproduto de cervejaria fermentado em bovinos e constataram que a inclusão de até 24% desse alimento na MS em rações para bovinos não altera os processos de fermentação ruminal e digestão dos nutrientes. Diante do exposto, tem-se que, o subproduto de cervejarias, apesar da variabilidade quanto à qualidade em relação aos aspectos físicos e bromatológicos, é uma alternativa para sistemas de produção que tenham a disponibilidade e logística para captação e armazenamento adequado desse alimento.

Subprodutos da mandioca

Dentre as plantas possíveis de serem utilizadas como substituto energético ao milho em rações para ruminantes, destaca-se a mandioca (*Manihot esculenta*), originária da América do Sul. Espécie perene, de ampla adaptação as mais variadas condições de clima e solo, possui destacada importância na alimentação, pois de acordo com estudo sobre o destino dos produtos da mandioca no mundo, a alimentação humana e animal apresentam índices de 57,9% e 20,6%, respectivamente (GAMEIRO et al., 2003).

Atualmente cultivada em mais de 180 países, o Brasil é o segundo maior produtor mundial de fécula de mandioca com produção amplamente difundida em toda sua extensão. O estado do Paraná é o 1º no ranking na produção nacional, tendo atingido o volume de 374,3 mil toneladas, ou seja, 72% do total nacional em 2012, seguido pelos estados de Mato Grosso do

Sul (17%), São Paulo (9,2%), Santa Catarina (0,9%), Pará (0,6%) e Bahia (0,3%), segundo dados levantados pelo Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (Cepea/Esalq-USP, 2013). Nas regiões Centro-Oeste, Sul e Sudeste do Brasil predomina o processo de produção mecanizado e no Norte e Nordeste, o artesanal (GROXKO, 2012).

Além das raízes de mandioca, fornecida aos ruminantes sob as mais variadas formas, existem os resíduos sólidos de sua industrialização que apresentam potencial de utilização na alimentação destes animais na forma de silagem (Tabela 1).

Tabela 1. Potencial de produção de resíduos sólidos da industrialização da mandioca na região sudeste do Brasil.

Resíduos sólidos/ton. de raiz	Material úmido	Umidade	Matéria seca
Ramas	1t ou 20 t/ha	60%	400 kg ou 8 t/ha
Cepa	410 kg	60%	135 kg
Descarte ou calcanhar	75 kg	60%	30 kg
Cascas	45 kg	80%	140 kg
Farelo	930 kg	85%	140 kg
Folhas	2,5 t/ha	60%	900 kg/ha
Crueira	42 kg	60%	17 kg

Fonte: Cereda, 2001.

A rama da mandioca, que corresponde a parte aérea da planta, é muitas vezes desperdiçada durante a colheita ou no processo de apara. No entanto, constitui-se como uma opção na confecção da silagem na forma isolada ou associada as gramíneas tropicais. Esta combinação pode ser benéfica em função do possível acréscimo no valor nutricional da silagem. Em experimento realizado por Silva Júnior et al., (2011), mostrou que a adição de 25, 50 e 75% de ramas de mandioca em silagens de capim napier promoveu melhorias dentro dos parâmetros de qualidade da silagem estudados. Já a silagem com 100% de rama de mandioca também possui potencial na exploração animal, em função do bom valor nutricional que favorece o desempenho animal (Tabela 2).

Tabela 2. Composição química da silagem do terço superior de rama de mandioca.

Parâmetros	Silagem
Matéria seca (%)	25,20
Proteína bruta (% MS)	19,46
Nitrogênio insolúvel em detergente neutro (% MS)	2,29
Nitrogênio insolúvel em detergente ácido (% MS)	1,10
Extrato etéreo (% MS)	4,20
Fibra em detergente neutro (% MS)	50,75
Fibra em detergente ácido (% MS)	40,86
Lignina (% MS)	12,43
Cinza (% MS)	7,42
Cálcio (% MS)	0,88
Fósforo (% MS)	0,21
Carboidratos totais (% MS)	68,91
Carboidratos não fibrosos (% MS)	21,53
Fração A+B1 (% CHOT)	25,00
Fração B2 (% CHOT)	32,00
Fração C (% CHOT)	43,00
Nutrientes digestíveis totais (%)	58,74

Fonte: Modesto et al., (2004)

Segundo Modesto et al., (2008), a substituição da silagem de milho pela silagem da rama de mandioca, nas proporções de 20, 40 e 60%, pode ser realizada na alimentação de vacas secas, pois não altera o consumo, os parâmetros ruminais e a digestibilidade da matéria seca e dos nutrientes.

Dentre os subprodutos de mandioca possíveis de serem utilizados na alimentação destes animais, têm-se o resíduo úmido de fécula de mandioca, conhecida também como massa, bagaço ou resíduo de fecularia de mandioca. Este subproduto é proveniente da prensagem para extração do amido da mandioca, por via úmida, na indústria. O material descartado pelas indústrias de fécula, após a extração do amido, apresenta 65,5% de amido residual; 30,5% de fibra em detergente neutro e 22,6% de fibra em detergente ácido; 23% de matéria seca e 1,92% de proteína bruta na matéria seca, respectivamente (LEONEL, 2001; ABRAHÃO et al., 2006). No entanto, apesar de possuir elevados teores de carboidratos não estruturais, ser de fácil e rápida fermentação ruminal, possui alta umidade, o que

dificulta sua armazenagem (CALDAS NETO et al., 2000; CEREDA, 2001; ABRAHÃO et al., 2006), mas tendo na técnica de ensilagem a opção para sua utilização na propriedade rural.

Avaliando a composição químico-bromatológica e o perfil de fermentação da silagem de subproduto úmido de fécula de mandioca, Gonçalves et al., (2014) observaram que o processo de ensilagem reduziu os teores de proteína, fibra em detergente neutro e hemicelulose e aumentou os teores de celulose, fibra em detergente ácido e lignina, ao passo que o pH e as populações de microrganismos foram reduzidas com o decorrer do período de fermentação. Os autores relataram também que não há necessidade de pré-secagem do resíduo para ensilar, pois não influenciou de forma expressiva na qualidade do material e fermentação. Foi recomendado neste trabalho a abertura do silo 28 dias após a ensilagem, pois foi quando se iniciou a estabilização da temperatura e pH, e o momento que ocorre a queda significativa na atividade microbiana sem perda na qualidade da silagem desse alimento.

A silagem do subproduto úmido de fécula de mandioca em substituição ao milho moído da ração foi estudada por Fernandes et al., (2011), que avaliaram a produção e qualidade do leite de vacas alimentadas com esta silagem. O resultado foi que o aumento da proporção de substituição do milho pela silagem de resíduo úmido de fécula de mandioca promoveu efeito linear positivo para os teores de proteína, lactose, sólidos desengordurados, sólidos totais e minerais no leite.

Já Gonçalves (2011), avaliando a ingestão e a digestibilidade dos nutrientes em ovinos recebendo silagem do subproduto úmido de fécula de mandioca em substituição ao milho moído da ração, relatou que a silagem de resíduo úmido de fécula de mandioca pode substituir o milho na dieta em até 100%. Esta substituição pode ser realizada, principalmente quando os custos das matérias primas favorecem esta troca, uma vez que não houve alteração na digestibilidade da matéria seca e dos demais nutrientes avaliados. O pesquisador afirma ainda que inclusão desta silagem em substituição ao milho não ocasiona queda acentuada do pH ruminal em dietas para ovinos com até 60% da matéria seca em volumoso, não ocorrendo assim,

problemas de acidose.

Na dieta de cordeiros confinados, a substituição da silagem de milho por silagem de casca de mandioca, que é resultante da indústria da fécula, sendo constituída de casca, raspa e pontas, não influenciou os parâmetros avaliados como ganho de peso, ganho de altura de garupa, cernelha, comprimento corporal, largura de tórax e crescimento de velo. Deste modo, este produto passa a ser uma alternativa viável na alimentação de cordeiros confinados, pois o subproduto apresenta características bromatológicas propícias à ensilagem e produz um volumoso a custo baixo que pode substituir a silagem de milho (DALANHOLLI et al., 2012). Donadel et al., (2012) demonstraram que o método de conservação da casca da mandioca pela técnica de ensilagem foi eficaz por um período de até 10 meses.

Silva et al. (2010b) testaram a raiz da mandioca ensilada sem ou com a inclusão de farelo de soja e/ou aditivo microbiano na alimentação de suínos na fase de crescimento. Houve conservação adequada da raiz de mandioca na forma de silagem, com pH final de 3,84 a 3,98, com os diferentes tratamentos utilizados. Os autores concluíram que a silagem de raiz de mandioca, contendo ou não soja integral, apresenta bons valores nutritivos e pode substituir totalmente o milho na ração de suínos nas fases de crescimento.

Sendo assim, os resíduos sólidos da mandioca, tendo a raiz como produto principal da cultura, podem ser utilizados na alimentação animal na forma de silagem como substituto de fontes energéticas convencionais à base de amido, com desempenho animal similar. Pela cultura estar presente em diversas regiões do Brasil, representa ainda uma alternativa economicamente viável.

3. SUBPRODUTOS DO CAFÉ

O Brasil é o maior produtor mundial de café, com estimativas da safra em 2013 entre 47 e 50 milhões de sacas (60 kg) (CONAB, 2014). O beneficiamento dos grãos de café gera um resíduo que há 20 anos atrás não

era cogitado para uso na alimentação animal. No entanto, com o advento do uso de alimentos alternativos como substitutos de cereais nobres como milho, sorgo, dentre outros, esse subproduto vem sendo pesquisado para tanto.

O beneficiamento do café no Brasil se dá por via seca, ou seja, os grãos são secos ao sol e, posteriormente, retirados a casca+pergaminho, totalizando por volta de 50% do peso colhido. Em outros países como México, Colômbia, Quênia e África do Sul, o estado fisiológico dos grãos na colheita é denominado "cereja", onde os grãos são preparados via úmida, sendo que os mesmos não apresentam pergaminho, pois esses permanecem nos frutos (BARTHOLO et al., 1989). Essa característica determina a qualidade do subproduto. No Brasil, normalmente denominada casca de café melosa.

Pela característica de alimento volumoso e altamente fibroso, as pesquisas se voltaram ao seu uso na alimentação de ruminantes. Pela facilidade de armazenamento e transporte, a maioria das situações em pesquisa tem se dado com a casca seca. No entanto, o estudo dos processos de ensilagem de diferentes materiais também tem avançado significativamente e a busca de aditivos que possibilitem a melhoria das características químicas da massa ensilada é objeto de investigações, principalmente pelas indústrias. Os inoculantes e enzimas, neste aspecto, estão situados entre as alternativas mais promissoras para tal finalidade. Entretanto, é necessário obter cepas de microrganismos que também utilizem uma parcela dos constituintes da parede celular vegetal como substrato, ou que possam iniciar a fermentação do material ensilado com baixos teores de açúcares (SILVA, 2005). Também é necessário que haja sinergismo entre os inoculantes e os complexos enzimáticos mais concentrados que hoje no mercado estão avançando.

Pagnoncelli et al. (2002) verificaram que a utilização de inoculantes (*Lactobacillus plantarum* - LPB-BL-R01 e *Lactobacillus paracasei* ssp *paracasei* - LPB-BL-L07) sobre cascas de café ensiladas promoveu a redução do pH da silagem, aumentando a concentração de ácido láctico, o que propiciou a aceleração no processo de fermentação e conservação do material.

Silva (2005), em trabalho realizado com búfalos fistulados, relatou que a ensilagem de cascas de café com a adição de melaço, promoveu be-

nefícios com relação ao aumento das frações potencialmente degradáveis e prontamente solúvel da MS, no entanto sugere mais investigações sobre a utilização economicamente viável do subproduto com o melaço.

Carvalho et al. (2011), em trabalho realizado com suínos, concluíram que a casca de café melosa ensilada tem bom valor nutricional e, se utilizada em níveis correspondentes a até 16% da dieta, não prejudica o desempenho nas fases de crescimento e terminação e resulta em carcaças mais magras. Entretanto, a viabilidade econômica de sua utilização depende da relação de preços entre esse subproduto e os demais ingredientes.

Nesse sentido, observa-se que tanto para alimentação de ruminantes como de suínos, a silagem da casca de café apresenta potencial. Mais avanços em pesquisas ainda são necessários para otimizar sua utilização, visto que trabalhos com silagens desse subproduto são escassos.

4. SUBPRODUTO DA UVA

A vitivinicultura brasileira é uma atividade importante para a sustentabilidade da pequena propriedade, e tem se tornado igualmente relevante no que se refere ao desenvolvimento de algumas regiões, com a geração de emprego em grandes empreendimentos, que produzem uvas de mesa e uvas para processamento (MELLO, 2013).

De acordo com Menezes et al. (2009), nas regiões onde a indústria vinícola é desenvolvida, o bagaço da uva pode ser utilizado na alimentação de animais, inclusive pelo volume de alimento que representa, pois, em peso, a quantidade de bagaço obtida equivale a aproximadamente 25% do peso das uvas processadas para a produção de vinho e suco.

Segundo dados do IBGE (2014), o Paraná é o quarto produtor nacional de uva (79.052 toneladas.), ficando atrás dos estados do Rio Grande do Sul, São Paulo e Pernambuco. Em 2013 ocorreu redução de 4,3% da produção de uvas no Brasil, em relação ao ano de 2012, sendo que a maior redução ocorreu no estado de Santa Catarina (25,2%). Utilizando-se as estimativas de processamento de uva e o percentual de produção de resíduo,

pode-se estimar que no ano de 2013 foram geradas no Paraná aproximadamente 11.000 toneladas de resíduo de uva.

A uva é um fruto estacional, com seus estádios fenológicos concentrados em um período total de 127 dias em que 28 dias após o início da maturação tem-se aproximadamente 100% dos frutos prontos para serem colhidas. Devido à sensibilidade do fruto após a maturação a colheita é rápida, exigindo um rápido processamento da safra. Consequentemente há uma grande disponibilidade de resíduos em um curto espaço de tempo.

Em contrapartida, a capacidade de utilização deste co-produto como alimento fica limitada e não é possível consumi-lo na totalidade durante o período de safra, que coincide com o período de maior oferta de alimentos para os ruminantes, (janeiro e fevereiro), denominado período das águas no centro sul do país. Como alternativa para utilização do co-produto da uva na alimentação de ruminantes, em épocas de menor oferta de alimentos, tem-se algumas técnicas de armazenamento, dentre elas a ensilagem.

A Cooperativa Agroindustrial de Rolândia (COROL) inaugurou em 2007 a unidade de produção de suco concentrado de uva com capacidade para produzir 1,5 mil toneladas de suco durante a safra, gerando em torno de 500 toneladas de resíduo/ano. O resíduo de uva predominante da variedade Isabel é composto principalmente por cascas mais resíduo de polpa (39%) e sementes (61% da base seca), apresentando inicialmente um baixo teor de matéria seca (11%), o que dificulta o armazenamento. O resíduo produzido pela COROL é atualmente comercializado juntamente com a polpa cítrica, sendo utilizado como adubo orgânico ou para alimentação animal.

Em parceria com a indústria, o departamento de Zootecnia da Universidade Estadual de Londrina vem desenvolvendo estudos para avaliar o potencial de uso do resíduo úmido de uva (RUU) ensilado na alimentação de cordeiros. A ensilagem foi o processo escolhido para armazenar o resíduo úmido de uva, em virtude do elevado teor de umidade (89%), que foi reduzido para aproximadamente (68%) por processo de pré-secagem.

Após atingir aproximadamente 32% de matéria seca o RUU foi ensilado, parte em mini silos experimentais, aonde avaliou-se as caracte-

rísticas qualitativas e fermentativas em diferentes dias de abertura com uso de aditivos (enzimo-bacteriano, uréia e controle) e parte, em silos com capacidade de 200 litros acrescido de 0,5% de uréia na matéria natural para ser utilizado em experimento de metabolismo e desempenho com ovinos.

Ao avaliar as características fermentativas em diferentes dias de abertura e tratamentos, não foram observadas alterações nos teores de matéria seca (MS), com valores variando entre 30,6% e 34,4%, dentro do considerado como ideal por Jobim (2010) (28% a 40%) para que as perdas por efluentes dentro do silo sejam minimizadas e, conseqüentemente, ocorra a manutenção dos nutrientes do material ensilado. A MS deste material deve ser analisada com cuidado, uma vez que ele apresenta a fração de sementes (61%) pouco úmida e higroscópica e outra fração que concentra a maior parte da umidade e pode gerar lixiviado.

O material apresentou um teor médio de 2,12% de matéria mineral, não sofrendo efeito de dias de abertura e aditivos. Este resultado era esperado, pois pouco se perde dos minerais durante o processo de ensilagem e nenhum dos aditivos continha minerais o suficiente para alterar esta variável.

A proteína bruta (PB) apresentou médias de 12,4% para os tratamentos controle e com aditivo enzimo-bacteriano, um bom conteúdo de PB, considerando seus altos valores de constituintes fibrosos que pode diminuir a disponibilidade desta proteína para o animal. A proteína do resíduo de uva tem baixa digestibilidade em função de associações a taninos e antocianinas presentes, principalmente nas sementes (BARROSO et al., 2006). O incremento dado pelo uso da ureia como aditivo gerou uma média de 18,3% para os tratamentos que a utilizaram. A ureia apresenta-se como fonte de NNP (nitrogênio não proteico), que ainda deve ser transmutada pela microfauna ruminal do animal que a ingere, podendo ser tóxica em alguns casos. No entanto, este incremento de NNP é altamente disponível para o animal, podendo ser muito interessante no aumento de PB disponível.

O teor de extrato etéreo (EE) apresentou média de 7,65%. Há na literatura poucos dados sobre este material, com uma grande variação, sendo encontrados valores entre 5,63% (DANTAS et al., 2006) e 16,20% (ROTAVA, 2007). Este teor de EE pode ocorrer devido ao alto conteúdo

de sementes presente no material estudado. Observou-se um efeito linear negativo nos teores de EE nos diferentes dias de abertura. Kozloski (2009) citou que as bactérias não são capazes de utilizar os produtos da quebra de lipídeos como fonte de energia e nem para qualquer outra função, descartando-se a possibilidade do efeito ter sido causado por um consumo alternativo de lipídeos para fins fermentativos. Este decréscimo do teor de EE pode ser resultado de possíveis perdas durante o processo fermentativo que não foram mensuradas nesse trabalho.

O valor médio de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) encontrado para a silagem de RUU foi de 66,8%, caracterizando a silagem como um alimento volumoso. Os teores de FDN sofreram efeito linear crescente para os dias de abertura, comportamento que pode ser explicado pelo efeito de concentração decorrente da degradação de outros constituintes. Este teor isoladamente não diz muito sobre a qualidade do alimento, uma vez que compreende toda a fração fibrosa, possuindo constituintes de variadas digestibilidade e valor nutricional.

O teor médio de fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) encontrado foi de 60,5%, podendo ser considerado bastante elevado, e quando comparado com o teor médio de FDN nos mostra que a silagem possui apenas 6,3% de hemicelulose. O elevado teor de FDA é decorrente do também elevado teor (45,1%) de lignina insolúvel em detergente ácido (LDA). Valores desta magnitude poderiam inviabilizar o uso de um alimento, mesmo para ruminantes, diminuindo muito a digestibilidade do material. Porém o que ocorre é que a DIVMS apresentou média de 47,5%, ou seja, excetuando-se a lignina, praticamente todo o restante foi digerido na análise.

Em geral, considera-se que a lignina presente nos alimentos é indigestível por si só, sendo capaz ainda de se complexar com outros nutrientes tornando-os igualmente indisponíveis ao animal. Isto ocorre pois, na maioria dos alimentos estudados, a lignina faz parte da estrutura da parede celular, juntamente com celulose e hemicelulose, e está altamente associada com o estágio de maturação da planta. No caso do resíduo úmido de uva, a lignina está concentrada no esclerênquima das grainhas. A semente da uva é protegida por uma casca dura e espessa, chamada esclerênquima, envolvida

externamente por uma camada de tecido rico em tanino, a testa.

Os taninos condensados não são extraídos da amostra no tratamento com ácido sulfúrico a 72% que é usado na análise de lignina, e são considerados, portanto, como parte da própria LDA. Porém, estes taninos são igualmente indigestíveis e prejudicial ao valor nutritivo do alimento. Rotava (2007) afirmou que extrato de semente de uva desengordurado (rico em taninos condensados) apresentou alta atividade antibacteriana *in vitro* contra cepas de *S. aureus* e *E. coli*, baixa atividade contra cepas de *Salmonella* sp. e atividade antioxidante comparável ao ácido ascórbico. Estas características podem ser exploradas para a dinâmica da microfauna da silagem e do ambiente ruminal, mesmo sendo usado o bagaço integral.

O valor médio de pH para o material in natura (dia zero) de 4,38 e pH final (dia 60) de 4,47 permaneceu dentro da faixa considerada como ideal por Weissbach (2011), para o teor de MS em que foi trabalhado esse material. Valores de pH entre 4,45 e 4,60 (ou abaixo) são suficientes para garantir estabilidade e uma boa silagem. Sugere-se que o baixo valor de pH para o dia zero tenha ocorrido em detrimento ao início do processo fermentativo durante o período em que o co-produto foi submetido à desidratação parcial ainda na indústria.

A variação na concentração do $N-NH_3$, pode aumentar o pH da silagem, pois a hidrólise da amônia libera hidroxilas ($NH_3 + H_2O = NH_4 + OH$). A análise de $N-NH_3$ verificou apenas o comportamento crescente nos dias de abertura. Este comportamento deve estar associado a uma pequena degradação da proteína que pode ser explicada pela pequena flutuação nos valores de pH. Segundo Muck (1988), a proteólise em silagens ocorre no primeiro dia de ensilagem, declinando para pequenas taxas após cinco dias de fermentação. Porém, a extensão da proteólise durante a ensilagem é influenciada por vários fatores, incluindo conteúdo de MS, pH e temperatura. Se a diminuição do pH for lenta, então mais proteína será quebrada. Os valores de PB não apresentaram diferença significativa para dias de abertura, então, a degradação de proteína se existente foi bastante reduzida.

As maiores médias de pH do tratamento com ureia fizeram-no diferir dos demais, porém isso não alterou o comportamento da curva de

efeito de dias sobre a concentração de $N-NH_3$, corroborando que foi a degradação de proteína e não o efeito de amonização da ureia o responsável pelo comportamento.

Os valores de capacidade tampão (CT) apresentaram média geral de 25,44 mEq de álcali/100g de MS. De acordo com Jobim (2007), a CT é definida como a resistência que a massa de forragem apresenta ao abaixamento do pH. A capacidade tampão depende basicamente da composição da planta no que se refere ao teor de proteína bruta, íons inorgânicos (Ca, K, Na) e combinação de ácidos orgânicos e seus sais. Na análise da variável CT houve interação, com efeito linear crescente dos tempos em todos os tratamentos.

Tanto a adição de uréia quanto do inoculante enzimo-bacteriano geraram aumento na CT inicial. A ureia apresentou a menor taxa de incremento, gerando um valor final melhor do que com a adição de inoculante. Estes comportamentos permitem afirmar que mesmo com o incremento de $N-NH_3$ nas amostras de silagens com ureia, estes tratamentos não chegaram a interferir negativamente na CT, como seria esperado.

Em ensaio de digestibilidade aparente realizado com ovinos nas instalações de metabolismo da fazenda escola da UEL, observou-se que dietas isoproteicas e isoenergéticas, compostas por 55% de volumoso e 45% de concentrado, em que a silagem de sorgo foi substituída em quatro tratamentos (0%, 10%, 20% e 30%) por silagem de RUU ensilado com 0,5% de uréia na matéria natural, não interferiram no consumo em kg/dia de MS, MO, PB, FDN, FDA e NDT. Já o consumo de EE apresentou comportamento linear crescente, com a inclusão da silagem de RUU podendo ser explicado pela maior concentração de EE presente na semente da uva, corroborando com os resultados obtidos para a digestibilidade dos nutrientes que se portou de forma semelhante ao consumo de nutrientes.

Conforme exposto, a utilização do resíduo úmido de uva pode ser uma alternativa favorável para complementar alimentação de ruminantes em períodos de escassez, tendo como vantagens a boa composição bromatológica, parâmetros de fermentação favoráveis para o armazenamento em forma de silagem, processo dificultado apenas pela necessidade de desidratação

parcial para adequar os teores de MS para confecção desta.

5. SUBPRODUTO DA LARANJA

O Brasil tem hoje uma área aproximada de 791.140 hectares plantados com laranja e produção estimada em mais de 16 milhões de toneladas da fruta (IBGE, 2014), sendo o principal produtor e exportador mundial de suco de laranja (CITRUSBR, 2013). Deste total, o estado do Paraná responde por 28.100 hectares da cultura, tendo colhido em 2013 em torno de 927.000 toneladas, representando cerca de 5,7% da produção nacional. O estado do Paraná é o terceiro maior produtor brasileiro de laranja, atrás apenas de São Paulo e Bahia (IBGE, 2014).

O processamento para extração do suco de laranja gera resíduos em abundância, aproximadamente o equivalente a 50% do peso da fruta. Este resíduo pode representar sério problema de contaminação ambiental caso não seja aproveitado. O material sólido obtido do processamento deste citros consiste em casca, sementes e polpa, e é comumente designado de bagaço de laranja. O bagaço tem umidade variável, com valores médios encontrados que vão de 73% (PINTO et al., 2012) a 88% (ÍTAVO et al., 2000a).

O bagaço de laranja é utilizado na alimentação animal na forma natural, peletizado ou conservado na forma de silagem. Este alimento peletizado tem alto valor nutricional, porém seu custo também é elevado. Com isso a atenção tem sido direcionada para alternativas na utilização do bagaço na forma de silagem.

O bagaço de laranja *in natura* tem elevado valor nutricional, semelhante aos grãos, com valores médios de 7,0% de PB; de 23-33% de FDN; de 1-3% de lignina; cerca de 85% de carboidratos totais; 52% de carboidratos não fibrosos e NDT entre 79-88% (ÍTAVO et al., 2000b; MACEDO et al., 2007; PINTO et al., 2012; RÊGO et al., 2013). Este coproduto contém grandes quantidades de carboidratos solúveis, particularmente frutose, glicose, sacarose e pectina, assim como celulose (GIESE et al., 2008).

O bagaço de laranja pode ter sua utilização restrita devido a algu-

mas limitações, entre elas o elevado teor de água, o que pode acarretar em problemas de coleta, transporte e armazenamento. Entretanto sua época de produção é extremamente favorável, coincidindo com a escassez de forragens tropicais e com a entressafra de grãos.

Alguns trabalhos têm sido conduzidos no intuito de estudar os efeitos de aditivos na preservação da massa ensilada e na diminuição de perdas durante o processo de ensilagem (ÍTAVO et al., 2000a; PINTO et al., 2012; RÊGO et al., 2013).

Ítavo et al. (2000a) concluíram que o bagaço de laranja pode ser eficientemente conservado sob a forma de silagem sem o uso de aditivos. A aplicação de aditivos, ácidos ou enzimáticos microbianos, não melhoraram os parâmetros de fermentação das silagens ao ponto de recomendá-los para ensilagem deste material. Entretanto, Megías et al. (1993) relataram ser necessário melhorar as condições para a fermentação do bagaço de laranja, a fim de reduzir as perdas na ensilagem.

Rêgo et al. (2012) também não verificaram efeito do uso de inoculantes sobre os teores de matéria seca, proteína bruta, carboidratos não fibrosos, matéria mineral e extrato etéreo. O teor de nitrogênio amoniacal, o pH final da silagem e as perdas por gases e efluentes também não foram afetados pela inclusão dos aditivos microbianos. Entretanto, a utilização de *Lactobacillus plantarum* foi eficiente em reduzir os teores de NIDN e *Lactobacillus plantarum* + *buchneri* em diminuir teores de NIDA da massa ensilada.

Em estudo realizado por Pinto et al. (2012) na Universidade Estadual de Londrina conjuntamente com a Universidade Estadual de Maringá, os autores avaliaram diferentes aditivos proteicos (ureia, farelo de soja, farelo de algodão e farelo de girassol) sobre o valor nutritivo e parâmetros de fermentação da silagem de bagaço de laranja. Apesar dos aditivos terem aumentado o teor de matéria seca (26% para silagem sem aditivo e de 26,80 a 28,38% para silagens com aditivo proteico) e proteína bruta da massa ensilada, não melhoraram parâmetros como pH e nitrogênio amoniacal.

Pinto et al. (2012) também observaram que o bagaço de laranja possui baixa capacidade tamponante (30,44 n.e.mg/100g de MS), o que contribui para que seja armazenado na forma de silagem sem utilização de

aditivo. Estes pesquisadores obtiveram produto com pH 3,5, indicando adequada fermentação do material ensilado, e baixo nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total (3,5%). Valores aceitáveis de nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total na silagem de bagaço de laranja também foram relatados por Rêgo et al. (2012) e Valença (2013). O nitrogênio amoniacal presente na silagem é um indicador da extensão da atividade de bactérias do gênero *Clostridium* e de degradações de proteína que podem ocorrer com forragens muito úmidas. É importante destacar que o bagaço de laranja pode possuir altos teores de cálcio, caso a indústria processadora utilize hidróxido ou óxido de cálcio na obtenção de resíduo mais seco, o que pode causar elevação na capacidade tampão devido a sua natureza alcalina.

Rêgo et al. (2013) também observaram pH final médio de 3,5 em silagem de bagaço de laranja, com ou sem adição de fubá de milho, e não constataram significativa degradação proteica no processo de ensilagem, assim como Pinto et al. (2007) e Valença (2013).

Recentes estudos realizados por Pinto et al. (2012) e Rêgo et al. (2013) têm demonstrado não existir variações consistentes na composição química do material de origem e da silagem de bagaço de laranja e, de acordo com Pinto et al. (2007) e Valença (2013), a silagem pode ser utilizada a partir de 10 dias após a ensilagem. Entretanto, diferenças no valor nutritivo entre silagens podem ocorrer principalmente em função da qualidade da laranja, da variedade, da região, da época do ano, da quantidade de sementes e dos processos industriais. Aumento no conteúdo de parede celular também pode ocorrer após o processo fermentativo em função do consumo de carboidratos solúveis pelos microrganismos.

Há relatos de teores de matéria seca na silagem de bagaço de laranja sem utilização de aditivos, variando de 12% (ASHBELL; DONAHAYE, 1984; ÍTAVO et al., 2000c), a 26% (PINTO et al., 2012). Ashbell e Donahaye (1986) afirmaram que durante o processo de fermentação, mais de 22% do peso do bagaço fresco pode ser perdido por lixiviação.

O teor de proteína bruta da silagem de bagaço de laranja varia de 7% (PINTO et al., 2012) a 9% (MÉGIAS et al., 1993; ÍTAVO et al., 2000c); FDN de 22% (MÉGIAS et al., 1993; ÍTAVO et al., 2000b) a 32% (PINTO

et al., 2012; RÊGO et al., 2013); FDA de 16% (ÍTAVO et al., 2000b) a 23% (RÊGO et al., 2013).

A silagem de bagaço de laranja ainda apresenta digestibilidade bastante elevada (DIVMS = 93,7%; DIVFDN = 96%; DIVPB = 93%), provavelmente em função de baixos teores de lignina (1 a 3%) e por ser rico em carboidratos não fibrosos (52,5%) (PINTO et al., 2012), principalmente em pectina (22% da MS) (ALEXANDRINO et al., 2007). A pectina é um carboidrato estrutural de alta e rápida degradação no rumem, porém não acidifica com intensidade o ambiente ruminal por ter o ácido acético como principal produto final de sua degradação (ÍTAVO et al., 2000d).

Ítavo et al. (2000c), testaram quatro teores de substituição (0, 25, 50 e 75% da MS) da silagem de milho pela silagem de bagaço de laranja em rações isoproteicas e isoenergéticas. A ração total da mistura foi fornecida em uma relação volumoso:concentrado de 50:50. O consumo de MS apresentou comportamento quadrático, com ponto mínimo em 14% de substituição. A produção de leite apresentou ligeira queda com o aumento do teor de silagem de bagaço de laranja na ração e os teores de gordura e proteína do leite não foram alterados pela inclusão deste ingrediente, indicando que a silagem de bagaço de laranja pode ser incluída em dietas de vacas leiteiras.

Gobbi et al. (2012), estudando o desempenho e características de carcaça de tourinhos mestiços alimentados com rações contendo silagem de bagaço de laranja substituindo a silagem de sorgo, observaram que o ganho médio diário apresentou comportamento quadrático, e a inclusão de 26% de silagem de bagaço de laranja conferiu ganho de peso máximo (1,66 kg/dia), sem alterar as características de carcaça analisadas.

Valença (2013) avaliou o desempenho de cordeiros Santa Inês em confinamento, alimentados com silagem de bagaço de laranja em substituição ao milho triturado (0, 33, 66, 100% da MS). Foi utilizado feno de Tifton 85 numa relação volumoso:concentrado de 50:50 em dietas isoproteicas e isoenergéticas. Constatou-se redução linear no consumo de matéria seca com o aumento da substituição do milho triturado pela silagem de bagaço de laranja, provavelmente em função da elevação no teor de FDN. O ganho de peso dos animais também foi negativamente influenciado pela substituição

proposta, entretanto, não foi observada diferença na conversão alimentar. A substituição de 66% do milho triturado pela silagem de bagaço de laranja proporcionou o menor custo por kg de ganho dos animais.

Pereira et al. (2008), em estudo realizado na Universidade Estadual de Londrina, avaliaram a substituição de silagem de milho pela polpa cítrica úmida prensada sobre o desempenho de cordeiros Santa Inês. Os pesquisadores concluíram ser possível substituir a silagem de milho pela polpa cítrica em até 75%, em dieta com relação volumoso: concentrado de 60:40. Neste trabalho, o teor de substituição que proporcionou os melhores ganhos de peso foi o de 48%.

Conclui-se que o bagaço de laranja pode ser utilizado na confecção de silagens, obtidas a partir de adequado processo fermentativo e servindo de boa fonte de alimento para ruminantes. Há necessidade de mais estudos com relação ao desempenho de animais de produção consumindo silagem de bagaço de laranja. A utilização do bagaço de laranja depende de fatores econômicos e da disponibilidade do produto em cada região.

6. SUBPRODUTOS DA AGROINDÚSTRIA COMO ADITIVOS PARA ENSILAGEM DE CAPINS TROPICAIS

O potencial produtivo das principais gramíneas forrageiras, utilizadas como pastagens no Brasil, é bem conhecido tanto no meio acadêmico, bem como pelos produtores. Da mesma forma, sabe-se que os principais entraves à manutenção, em pastejo, da produtividade dos rebanhos de herbívoros ao longo do ano, dão-se pela estacionalidade de produção e de valor nutritivo. Assim a utilização de silagens de milho e sorgo é realidade na maior parte do território nacional. Isto ocorre por serem consideradas plantas "ideais" à prática de ensilagem, na medida em que apresentam teores de matéria seca, carboidratos solúveis e capacidade tampão excelentes para permitirem um processo fermentativo adequado, o que permite boa conservação do alimento.

No entanto, as forrageiras utilizadas como pastagens não apre-

sentam as mesmas características de ensilabilidade do milho e do sorgo. Assim, necessita-se de técnicas interventivas para aperfeiçoarem o processo fermentativo e, com isso, permitirem um ambiente que conserve o material ensilado por determinado período. Para aperfeiçoar a utilização dessa fonte de recurso alimentar, o emprego de aditivos, tais como enzimáticos bacterianos, absorventes, químicos, etc., tem sido recomendado.

O emprego de resíduos da agroindústria como aditivo de silagem de capins tropicais vem sendo estudado (POMPEU et al., 2002; NEIVA et al., 2002 e 2003; FERREIRA et al., 2004 e 2009; ANDRADE, 2013), demonstrando resultados promissores no aperfeiçoamento dos parâmetros fermentativos e do valor nutritivos destas silagens.

A utilização de resíduo de cervejaria desidratado na ensilagem de ponta de cana-de-açúcar (Figura 1) melhorou o valor nutritivo e os parâmetros fermentativos da silagem (ANDRADE, 2013). A inclusão de 20% de resíduo de cervejaria desidratado possibilitou que a mistura alcançasse 34,85% de MS quando comparado a não inclusão (24,99% de MS), sendo esse primeiro valor mais interessante para o processo fermentativo. Também houve aumentos nos teores de PB e de ácido láctico e reduções na concentração do FDNcp e do N-NH₃.

No trabalho de Andrade (2013) observa-se que a inclusão de 20% do resíduo de cervejaria desidratado reduziu quase totalmente as perdas por efluentes, sendo que o autor recomenda a inclusão de 15% de resíduo de cervejaria desidratado em silagens de ponta de cana-de-açúcar, pois foi o valor onde ocorreu o máximo de produção de ácido láctico. Mas quando se observou os resultados de desempenho animal estes foram maiores com 20% de inclusão.

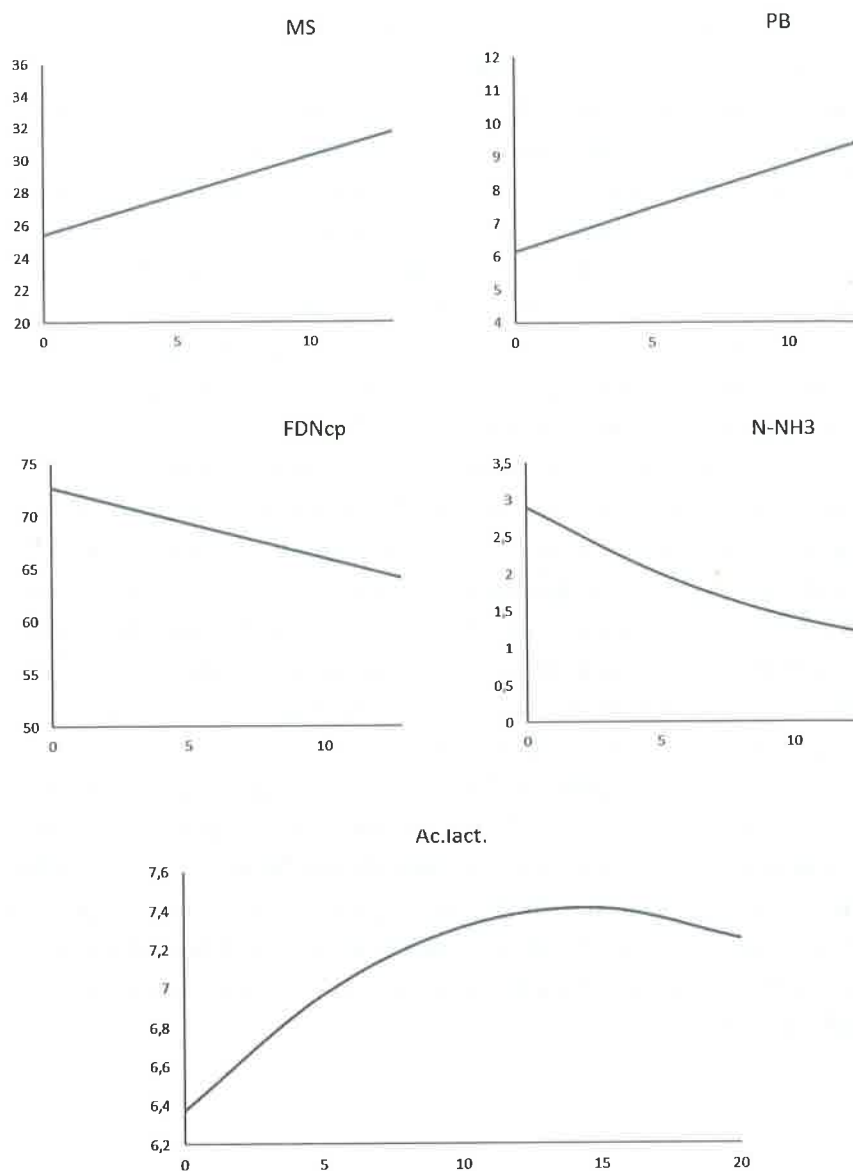


Figura 1. Teores de matéria seca (a - % MS), proteína bruta (b - % PB), fibra em detergente neutro livre de cinzas e proteína (c - % FDNcp), N-NH₃ (d - %) e Ácido láctico (e - % Ac.lact.) de silagens de ponta de cana-de-açúcar com diferentes teores de resíduo de cervejaria desidratado (%). (Adaptado de Andrade, 2013).

Como afirmam Neiva et al. (2003), boa parte desses resíduos da agroindústria são descartados próximo ao pátio das indústrias e tem poluído o ambiente. O aproveitamento dos vários subprodutos do processamento de frutas surge como uma das alternativas mais promissoras na atualidade. Os dados de pesquisa já divulgados permitem que se utilizem vários materiais (abacaxi, acerola, caju, manga, goiaba, maracujá, etc.) como aditivo na ensilagem do capim elefante, assim como a casca de café como alternativa (FARIA, 2005) nas regiões produtoras. O uso dos subprodutos, tanto melhora a qualidade fermentativa das silagens como promove maior consumo e ganho de peso.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de alimentos não convencionais na alimentação animal deve ser criterioso, pois esses devem ser utilizados em situações de oportunidade, facilitando a logística de produção de volumosos na propriedade, garantindo assim menor custo de produção. No entanto, a observação quanto ao transporte ou compra de alimentos com alta umidade pode ser ilusório e não viável quando se contrapõe aos verdadeiros teores de matéria seca. A viabilidade econômica deve ser sempre observada anterior a compra desses alimentos.

Atualmente os resultados de pesquisas dão suporte para utilização de muitos subprodutos na forma de silagem. Mesmo assim, mais estudos devem ser motivados em relação aos materiais com potencial de uso, e avançar no tocante ao uso de aditivos mais adequados para cada situação, processos de ensilagem e assim por diante.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHÃO, J.J.S.; PRADO, I.N.; PEROTTO, D. et al. Digestibilidade de dietas contendo resíduo úmido de mandioca em substituição ao milho para tourinhos em terminação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, n.4, p.512-518, 2006.

- ALEXANDRINO, A.M.; FARIA, H.G.; SOUZA, C.G.M. et al. Aproveitamento do resíduo de laranja para a produção de enzimas lignocelulolíticas por *Pleurotus ostreatus*. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.27, n.2, p.364-368, 2007.
- ANDRADE, J. O. **Silagem da ponta da cana-de-açúcar aditivada com resíduo de cervejaria desidratada na alimentação de ovinos**. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2013. 58p.
- ASHBELL, G.; DONAHAYE, E. Losses in orange peel silage. *Agricultural Wastes*, v.11, p.73-77, 1984.
- ASHBELL, G., DONAHAYE, E. Laboratory trials on conservation of orange peel silage. *Agricultural Wastes*, v.15, p.133-137, 1986.
- BARROSO, D.D.; ARAÚJO, G.G.L.; SILVA, D.S. et al. Resíduo desidratado de vitivinícolas associado a diferentes fontes energéticas da alimentação de ovinos: consumo e digestibilidade aparente. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 30, n.4, p. 767-773, 2006.
- BARTHOLO, G.F.; MAGALHÃES FILHO, A. A.R.; GUIMARÃES, P.T.G. et al. Cuidados na colheita, no preparo e no armazenamento do café. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.14, n.162, p. 33-34, 1989.
- BRAZILIAN ASSOCIATION OF CITRUS EXPORTERS – CitrusBr - **Global consumption of orange juice: statistics**. 2013. <<http://www.citrusbr.com/en/citrusbr/subjects/statist.asp>>. Acesso em: 26 fev. 2014.
- BURGI, R. Utilização de subprodutos agroindustriais na alimentação de ruminantes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PASTAGENS, 8., 1986, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: FEALQ, 1986. p. 101-117.
- CABRAL FILHO, S.L.S. **Avaliação do resíduo de cervejaria em dietas de ruminantes através de técnicas nucleares e correlatas**. Dissertação (Mestrado)-Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.
- CALDAS NETO, S. F.; ZEOULA, L. M.; BRANCO, A. F. et al. Mandioca e resíduos das farinhas na alimentação de ruminantes: digestibilidades total e parcial. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 26, n.6, p. 2099-2108, 2000.

- CARVALHO, P. L. O.; MOREIRA, I.; FURLAN, A. C. et al. Sticky coffee hull silage on the feeding of growing and finishing pigs. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.40, n.2, p.343-351, 2011.
- CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. **Produção de fécula fica estagnada e margem diminui em 2012**. São Paulo, SP: Esq/USP. 2013. Disponível em: http://www.cepea.esaq.usp.br/pdf/Cepea_CensoFecula2013.pdf. Acesso em: 05 de março de 2014.
- CEREDA, M. P. Caracterização dos Subprodutos da Industrialização da Mandioca. In: CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. **Manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização da mandioca**. São Paulo: Fundação Cargil, v.4, 2001, p. 13-37.
- COMPANIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Levantamentos de Safra**. Levantamento da Safra de Grãos, Café, Cana-de-Açúcar e Laranja (Área Plantada, Produtividade e Produção). 2014. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php/premiodevideospaa/docS/conteudos.php?a=1253&t=>. Acesso em 06 de março de 2014.
- DALANHOLLI, R.R.; RODRIGUES, G.J.; VELHO, J.P. et al. Silagem de casca de mandioca em substituição a silagem da planta inteira de milho na alimentação de cordeiros - biometria *in vivo*. *Revista Técnico-Científica do IFSC*, v. 3, n. 1, p. 766. 2012.
- DANTAS, F.R.; ARAÚJO, G.G.L.; GONZAGA NETO, S. et al. Composição bromatológica e pH de silagens de maniçoba com adição de resíduo de vitivinícola. In: CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 4., 2006, Petrolina, PE. *Anais...* Brasília: SNPA, 2006.
- DONADEL, E.; CERDÓTES, L.; RIBEIRO FILHO, H.M.N. et al. Aspectos bromatológicos da silagem de casca de mandioca (*manihot esculenta crantz*) desensilada em diferentes períodos. *Revista Técnico-Científica do IFSC*, v. 3, n. 1, p. 712. 2012.
- FARIA, D. J. G. **Composição químico-bromatológica e produção de efluentes de silagens de capim-elefante com casca de café**. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa – Viçosa – MG. 59p. 2005.

- FERNANDES, T.; ZAMBOM, M.A.; POZZA, M.S.S. et al. Produção e Qualidade do Leite de Vacas Alimentadas com Silagem de Resíduo Úmido de Fécula de Mandioca em Substituição ao Milho Moido da Ração. In: Congresso Brasileiro de Zootecnia, 21., 2011, Maceió. **Anais...** Maceió - AL. 2011.
- FERREIRA, A.C.H., NEIVA, J.N.M., RODRIGUEZ, N.M. et al. Avaliação nutricional do subproduto da agroindústria de abacaxi como aditivo de silagem de capim-elefante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.2, p.223-229, 2009.
- FERREIRA, A.C.H., NEIVA, J.N.M., RODRIGUEZ, N.M. et al. Valor Nutritivo das Silagens de Capim-Elefante com Diferentes Níveis de Subprodutos da Indústria do Suco de Caju. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1380-1385, 2004.
- GAMEIRO, A.H.; BARROS, G.S.C. ; ANTIQUEIRA, T.R. et al. **A indústria do amido de mandioca**. Brasília: Embrapa, 2003.
- GERON, L. J. V; ZEOULA, L. M; BRANCO, A. F. et al. Caracterização, fracionamento protéico, degradabilidade ruminal e digestibilidade in vitro da matéria seca e proteína bruta do resíduo de cervejaria úmido e fermentado. **Acta Animal Science**. Maringá, v. 29, n. 3, p. 291-299, 2007.
- GERON, L. J. V; ZEOULA, L. M; JACCO ARNOLD ERKEL, J. A. et al. Coeficiente de digestibilidade e características ruminais de bovinos alimentados com rações contendo resíduo de cervejaria fermentado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.9, p.1685-1695, 2008.
- GIESE, E.C.; DEKKER, R.F.H.; BARBOSA, A.M. Orange bagasse as substrate for the production of pectinase and laccase by *Botryosphaeria rhodina* MAMB-05 in submerged and solid state fermentation. **BioResources**, v.3, n.2, p.335-345, 2008.
- GOBBI, K.F.; ABRAHÃO, J.J.S.; MOLLETA, J.L. et al. Desempenho e características de carcaça de tourinhos mestiços alimentados com ração contendo silagem de bagaço de laranja substituindo a silagem de sorgo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 49., 2012, Brasília. **Anais...** Brasília: SBZ, 2012. CD-ROM.
- GONÇALVES, J.A.G. **Silagem de resíduo úmido de fécula de mandioca na alimentação de ruminantes**. 2011. 52f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2011.
- GONÇALVES, J.A.G; ZAMBOM, M.A.; FERNANDES, T. et al. Composição químico-bromatológica e perfil de fermentação da silagem de resíduo úmido de fécula de mandioca. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 2, p. 502-511. 2014.
- GROXKO, M. **Mandioca: Análise da conjuntura agropecuária, safra 2012**: Disponível : http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/mandiocultura_2012_13.pdf. Acesso em 01/03/2014.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Rio de Janeiro, v.25 n° 2 p.1-88. 2012.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE - **Levantamento sistemático da produção agrícola: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil**. 2014. Disponível em: <[ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistemtico_da_Producao_Agricola_\[mensal\]/Fasciculo/lspa_201401.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistemtico_da_Producao_Agricola_[mensal]/Fasciculo/lspa_201401.pdf)>. Acesso em: 26 fev. 2014.
- ÍTAVO, L.C.V.; SANTOS, G.T.; JOBIM, C.C. et al. Aditivos na conservação do bagaço de laranja "in natura" na forma de silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.5, p.1474-1484, 2000a.
- ÍTAVO, L.C.V.; SANTOS, G.T.; JOBIM, C.C. et al. Composição e digestibilidade aparente da silagem de bagaço de laranja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.5, p.1485-1490, 2000b.
- ÍTAVO, L.C.V.; SANTOS, G.T.; JOBIM, C.C. et al. Substituição da silagem de milho pela silagem do bagaço de laranja na alimentação de vacas leiteiras. Consumo, produção e qualidade do leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.5, p.1498-1503, 2000c.
- ÍTAVO, L.C.V.; SANTOS, G.T.; JOBIM, C.C. et al. Avaliação da silagem de bagaço de laranja com diferentes aditivos por intermédio dos parâmetros de fermentação ruminal de ovinos e contribuição energética dos ácidos graxos voláteis. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.5, p.1491-1497, 2000d.

- JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G.; REIS, R.A. et al. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.101-120, 2007 (supl. especial).
- JOBIM, C. C. Produção de forragens conservadas para alimentação de bovinos. In: SANTOS, G. T.; MASSUDA, E.M., KAZAMA, D.C.S.; JOBIM, C. C.; BRANCO, A.F. **Bovinocultura Leiteira**. Bases zootécnicas, fisiológicas e de produção. Maringá: Ed. uem, p. 309- 356, 2010.
- KOZLOSKI, G. V. **Bioquímica de ruminantes**. 2ed. 216p. Santa Maria - UFSM, 2009.
- LEONEL, M.C. O farelo, subproduto da extração de fécula de mandioca. CEREDA, M.P. (ed.) **Manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização da mandioca**. v.4, Fundação Cargill, São Paulo, p.211-218. 2001.
- MACEDO, C.A.B.; MIZUBUTI, I.Y.; MOREIRA, F.B. et al. Comportamento ingestivo de ovinos recebendo dietas com diferentes níveis de bagaço de laranja em substituição à silagem de sorgo na ração. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.1910-1916, 2007.
- MEGÍAS, M.D.; MARTINEZ-TERUEL, A.; GALLEGÓ, J.A. et al. Chemical changes during the ensiling of orange peel. **Animal Feed Science and Technology**, v.43, p.269-274, 1993.
- MELLO, L. M. R. **Vinicultura brasileira panorama 2012**. Bento Gonçalves : Embrapa Uva e Vinho, 2013. 5p. (Embrapa Uva e Vinho. Comunicado Técnico, 137).
- MENEZES, D.R.; ARAUJO, G.G.L.; SOCORRO, E.P. et al. Níveis de ureia em dietas contendo co-produto de vitivinícolas e palma forrageira para ovinos Santa Inês. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.61, n.3, p.662-667, 2009.
- MODESTO, E.C.; SANTOS, G.T.; VILELA, D. et al. Caracterização químico-bromatológica da silagem do terço superior da rama de mandioca. **Acta Scientiarum**. v.26, p.137-146, 2004.

- MODESTO, E.C., SANTOS, G.T., ZAMBOM, M.A. et al. Consumo, digestibilidade e parâmetros ruminais em vacas gestantes alimentadas com silagem de rama de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.5, p.944-950, 2008.
- MUCK, R.E. Dry matter level on alfafa silage quality. II. Fermentation products and starch hydrolysis. **Transaction of ASAE**, v.33, p.373-381, 1988.
- NEIVA, J. N. M. ; FERREIRA, A. C. H. ; LOUSADA JUNIOR, J. E. et al. Uso de subprodutos da agroindústria na ensilagem do capim elefante. In: Seminário Nordestino de Pecuária-PEC-Nordeste, 7, 2003, Fortaleza-CE. **Anais do PEC-Nordeste**. Fortaleza-CE: FAEC, 2003. v. 5. p. 1-11.
- NEIVA, J. N. M.; VIEIRA, N. F.; PIMENTEL, J. C. M. et al. Avaliação do valor nutritivo de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum Schum*) com diferentes níveis de subproduto da goiaba. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECHNIA, 39., 2002, Recife. A produção animal e a sociedade brasileira: **Anais...** Recife: UFRPE: SBZ, 2002. 4 p. 1 CD-ROM.
- PAGNONCELLI, M. G. B. et al. Lactic bacteria from coffee cherries as starters for coffee husk silage. In: VII SEMINÁRIO BRASILEIRO DE HIDRÓLISE ENZIMÁTICA DE BIOMASSAS, 2002, Maringá, 2002. **Anais...** Maringá: UEM, p. 214.
- PEREIRA, M.S.; RIBEIRO, E.L.A.; MIZUBUTI, I.Y. et al. Consumo de nutrientes e desempenho de cordeiros em confinamento alimentados com dietas com polpa cítrica úmida prensada em substituição à silagem de milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.1, p.134-139, 2008.
- PINTO, A.P.; MIZUBUTI, I.Y.; RIBEIRO, E.L.A. et al. Avaliação da silagem de bagaço de laranja e silagem de milho com diferentes períodos de armazenamento. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.29, n.4, p.371-377, 2007.
- PINTO, A.P.; MIZUBUTI, I.Y.; RIBEIRO, E.L.A. et al. Avaliações das silagens de bagaço de laranja e de milho com diferentes aditivos proteicos. **Semina Ciências Agrárias**, v.33, suplemento 2, p.3305-3314, 2012.
- POEHLMAN, J. M. **Adaptation an distribution**. In: Rasmusson, D. C (Ed) Barley. Agronomy Monography. n° 26. ASA - CSSA - SSSA. Madison, WI. Madison - WI. American Society of America, Publishers, 1985.

- POMPEU, R. C. F. F.; NEIVA, J. N. M.; PIMENTEL, J. C. M. et al. Avaliação do valor nutritivo de silagens de capim elefante (*Pennisetum purpureum*) com diferentes níveis de subproduto do melão (*Cucumis melo*). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. A produção animal e a sociedade brasileira: **Anais...** Recife: UFRPE: SBZ, 2002. 4 p. 1 CD-ROM.
- RÊGO, F.C.A.; LUDOVICO, A.; LIMA, L.D. et al. Cinética de fermentação ruminal *in vitro*, composição química e perfil de ácidos graxos da silagem de bagaço de laranja com fubá de milho. **Semina Ciências Agrárias**, v.34, n.6, suplemento 2, p.4037-4046, 2013.
- RÊGO, F.C.A.; LUDOVICO, A.; SILVA, L.C. et al. Comportamento ingestivo de ovinos recebendo dietas com diferentes níveis de bagaço de laranja em substituição à silagem de sorgo na ração. **Semina Ciências Agrárias**, v.33, suplemento 2, p.3411-3420, 2012.
- ROGÉRIO, M.C.P.; ARAUJO, G. G. L.; ALVES, M. J. et al. Resíduos de frutas na alimentação de gado de leite. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2009, p. 88-115.
- ROTAVA, R. Subprodutos da uva para utilização em dietas de frango de corte. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2007. 70p.
- SILVA, M. E. T. Avaliação da degradabilidade ruminal de silagens e de cascas de café submetidas à fermentação no estado sólido em búfalos (*Bubalus bubalis* L.) fistulados. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 135p. 2005.
- SILVA, V. B; FONSECA, C. E. M; MORENZ, M. J. F. et al. Resíduo úmido de cervejaria na alimentação de cabras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.7, p.1595-1599, 2010a.
- SILVA, M. A. A; FURLAN, A. C; MOREIRA, I. et al. Avaliação nutricional e desempenho da silagem de raiz de mandioca contendo ou não soja integral em dietas para suínos. **Acta Scientiarum Animal Sciences**. Maringá, v. 32, n. 2, p. 155-161, 2010b.

- SILVA JÚNIOR, C.P.A.; GOMES, F.A.; LIMA, M.O. et al. Qualidade da silagem de capim Napier consorciado com a parte aérea de cultivares de mandioca, ensilada no município de Cruzeiro do Sul – AC. **Enciclopedia Biosfera**, v.7, n.3, p.882-890, 2011.
- SOUZA, L. C. Valor nutricional do resíduo úmido de cervejaria *in natura* conservado sob condições aeróbias ou anaeróbias. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Oeste do Paraná – UNIOESTE. Marechal Candido Rondon. 2010.
- SOUZA, L. C.; ZAMBOM, M. A.; POZZA, M.S.S. et al. Development of microorganisms during storage of wet brewery waste under aerobic and anaerobic conditions. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa - MG, v. 41, n. 1, p. 188-193, 2012.
- VALENÇA, R.L. Silagem de bagaço de laranja pré-seco na alimentação de cordeiros. 2013. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão. 2013.
- WEISSBACH, F. The future of forage conservation In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FORAGE QUALITY AND CONSERVATION, 2., 2011, São Pedro, SP. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2011. p. 319-363.

USO ESTRATÉGICO DE ADITIVOS EM SILAGENS: QUANDO E COMO USAR?

Patrick Schmidt¹
Camilla Maciel de Souza¹
Bleine Conceição Bach¹

1. INTRODUÇÃO

Dos assuntos relacionados à conservação de forragens, o uso de aditivos na produção de silagens, há algumas décadas, vem sendo o mais pesquisado. Uma vasta gama de substâncias, orgânicas ou inorgânicas, bióticas ou abióticas, tem sido estudada no intuito de modificar o processo fermentativo, reduzir perdas e/ou melhorar o valor nutricional das silagens. Os aditivos usados no processo de ensilagem devem elevar a recuperação de nutrientes e energia da forragem, com consequente benefício no desempenho dos animais (Kung Jr., 2009). Nesse contexto, os resultados obtidos são extremamente variáveis e muitas vezes inconclusivos.

Os trabalhos de pesquisa têm sido os balizadores da aplicação prática de aditivos nas fazendas. A eficiência técnica e econômica dos produtos, e a otimização das doses, são fatores que devem ser considerados no estabelecimento de protocolos de pesquisa com aditivos. Contudo, muitas vezes, metodologias inadequadas e erros no planejamento dos ensaios impedem a interpretação e utilização dos dados.

A grande variabilidade nos resultados de experimentos avaliando aditivos dificulta a tomada de decisão na escolha de qual produto usar para cada tipo de forragem a ser ensilada. Schmidt (2008) afirma que a resposta ao uso de um determinado aditivo deve ser avaliada em um conjunto de ensaios, avaliando-se as tendências de respostas por meio de metanálise. Baseados nessa premissa, Zopollatto et al. (2009) compararam resultados

¹ Centro de Pesquisas em Forragicultura (CPFOR) Universidade Federal do Paraná

do uso de inoculantes microbianos em silagens de milho, sorgo, cana-de-açúcar e gramíneas tropicais no Brasil, e verificaram que para maior parte das variáveis estudadas, a frequência de respostas positivas é inferior a 40%. Os autores concluem que avaliações de respostas previamente exploradas são fundamentais para se obter conclusões consistentes na utilização de aditivos microbianos.

A escolha de um aditivo para aplicação no campo, sem critérios bem definidos, pode levar a frustrações que, se não técnicas, tem forte apelo econômico. Embora não haja dados oficiais, uma pequena parte dos fazendeiros usa aditivos na ensilagem, e os que o fazem muitas vezes são influenciados por informações leigas ou comerciais. Novinski (2013), em levantamento de dados no campo, verificou que em apenas 24% das fazendas os aditivos eram usados nas silagens de milho. Nas propriedades assistidas por técnicos, esse valor era de 31,4%. Em pesquisa realizada por Bernardes (2012), verificou-se que 29% dos produtores usavam aditivos na ensilagem, e 59% dos técnicos entrevistados recomendavam o uso de algum aditivo.

Woolford (1984) afirma que, por questões práticas, os fazendeiros têm pouca oportunidade para avaliar a efetividade de um aditivo nas condições de sua fazenda, uma vez que é difícil impor um tratamento controle para essa avaliação. Assim, eles simplesmente usam aditivos esperando que cumpram o que lhes é prometido; por outro lado, fazendeiros menos informados utilizam aditivos de forma equivocada, como substitutos para o bom manejo dos silos. Esse cenário parece ter se alterado pouco no decorrer das últimas três décadas.

Dessa forma, a decisão sobre quando usar um aditivo, qual escolher e como aplicar depende de um conhecimento sobre o desafio que a forragem apresenta para ser ensilada, e como os aditivos em questão funcionam e interferem no processo. O presente artigo tem por objetivo pontuar alguns parâmetros importantes a se considerar, em função da forragem disponível, para a tomada de decisão sobre a aplicação de aditivos no processo de ensilagem.

2. CLASSIFICAÇÃO DOS ADITIVOS

Existem diversas formas relatadas na literatura para se classificar aditivos para silagem, em função de suas características físico-químicas, finalidade de uso ou ação esperada. O “aditivo ideal” é aquele que proporciona segurança no seu manuseio, contribui na redução de perdas de matéria seca (MS), propicia a melhoria da qualidade higiênica da silagem, restringe fermentações secundárias, aumenta o valor nutritivo e melhora a estabilidade aeróbia, além de oferecer o maior retorno na produção animal em relação ao seu custo (Henderson, 1993). Contudo, dificilmente todas essas características serão encontradas em um único aditivo.

Woolford (1984) afirma que a busca por aditivos se deve a dificuldade em se atingir o “teor ideal de MS” durante a ensilagem, em função das variações climáticas, e a anaerobiose em função dos tipos de silos usados. Esse autor descreve que a pesquisa com aditivos seguiu distintas fases de “modismos” nas classes dos produtos investigados. A classificação proposta por esse autor é apresentada na Tabela 1. Com base nela podemos afirmar que os estimulantes da fermentação são os principais aditivos aplicados em silagens na atualidade, com destaque aos inoculantes microbianos comercialmente disponíveis.

McDonald et al. (1991) classificam os aditivos para silagem em cinco principais grupos: estimulantes de fermentação (culturas bacterianas e fontes de carboidratos); inibidores de fermentação (ácidos e outros); inibidores de deterioração aeróbia; nutrientes; e absorventes. Dentro da divisão proposta por esses autores, alguns produtos se enquadram em mais de uma categoria, algumas vezes com ações antagônicas em diferentes etapas do processo.

De forma mais simplista, Nussio e Schmidt (2004) propuseram a classificação dos aditivos mais frequentemente usados no Brasil em três grupos: aditivos químicos, aditivos microbianos e sequestrantes de umidade. Nessa classificação, o grupo dos aditivos químicos tem maior apelo para aplicação em silagens de cana-de-açúcar, enquanto os sequestrantes de umidade são recomendados para aplicação em forragens úmidas, como os capins tropicais e de clima temperado. Já os aditivos microbianos cobrem

uma vasta gama de possibilidades.

Os inoculantes microbianos, basicamente, se dividem em dois grupos principais de microrganismos: as bactérias homofermentativas (ou heterofermentativas facultativas), e as bactérias heterofermentativas. O primeiro grupo representa microrganismos capazes de maximizar a produção de ácido láctico e acelerar a queda no pH das silagens. O segundo grupo representa microrganismos capazes de produzir outros ácidos além do láctico, com foco em elevar a estabilidade das silagens expostas ao ar. Embora o tema estabilidade aeróbia de silagens seja um assunto dos mais estudados nos trabalhos científicos avaliando aditivos, o aquecimento das silagens parece ser um problema mais teórico do que prático, quando o bom manejo dos silos é adotado. Problemas de “aquecimento” das silagens não estão entre as principais queixas dos fazendeiros com conhecimento mínimo do processo.

Tabela 1. Classificação dos aditivos para silagens

Classe	Subclasse	Modo de ação	Exemplos ¹
Acidificantes diretos	Ácidos inorgânicos Ácidos orgânicos	Reduzir o pH da silagem no início do processo e induzir mudanças qualitativas na microflora	Ácidos sulfúrico e hidrocloreto, ácidos fórmico e acrílico. Ácidos acético* e propiônico*
Inibidores da fermentação	Esterilizantes de ação direta Esterilizantes de ação indireta	Inibir a microflora em geral, imediatamente ou após a liberação do princípio ativo	Formaldeído, hexaminas
Estimulantes da fermentação	Substratos	Estimular a microflora pelo fornecimento de substrato	Melaço. Cana-de-açúcar*, açúcar*, fontes de amido* ou pectina*
	Enzimas	Aumentar a disponibilidade de substratos a partir de componentes não fermentescíveis	Enzimas celulolíticas e amilolíticas. Xilanases*, hemicelulases* e pectinases*
	Culturas microbianas	Estabelecer a dominância de bactérias ácido-láticas eficientes	<i>Lactobacillus</i> , <i>Pediococcus</i> *, <i>Propionibacterium</i> *, <i>Enterococcus</i> *
Antimicrobianos específicos	Antibióticos Antibióticos sintéticos Outros agentes antimicrobianos	Desencorajar o crescimento de microrganismos espoliadores	Bacitracina, Streptomicina, Bronopol, Natamicina*
Nutrientes ²	Energia Nitrogênio e minerais	Melhorar o valor nutricional da silagem	Amido, cereais. Farelos* e subprodutos agrícolas*. Ureia, carbonato de cálcio,

¹ Nomes marcados com asterisco foram adicionados pelos autores da presente revisão.

² Alguns aditivos nutrientes também podem ser classificados como estimulantes da fermentação.

Fonte: Adaptado de Woolford (1984).

Nesse artigo abordaremos não os aditivos como foco principal, mas as forragens recomendadas para a ensilagem, com suas especificidades, desafios e oportunidades para melhoria na qualidade do produto final, associadas à aplicação de aditivos. As forragens serão agrupadas em: milho; sorgo; cana-de-açúcar; capins tropicais e de clima temperado; e outras forragens e resíduos.

3. APLICAÇÃO DE ADITIVOS NAS FORRAGENS

Do ponto de vista prático, os três eventos mais importantes para se obter silagens de qualidade são: 1) rápida remoção do ar; 2) rápida produção de ácido lático, resultando em rápido abaixamento do pH; e 3) contínua exclusão do ar da massa ensilada, durante o armazenamento e após a abertura do silo (Kung Jr., 2009). Obedecendo a esses cuidados, a maior parte dos problemas associados à produção de silagens estará resolvida. Para isso, o manejo adequado da ensilagem, desde o planejamento do processo até o fornecimento da silagem aos animais, deve ser cuidadosamente realizado.

Em geral, o manejo adequado do processo é a opção de maior viabilidade econômica, e a resposta mais frequente aos fazendeiros que se queixam da qualidade, das perdas e do baixo consumo propiciado por suas silagens. Porém, em alguns casos, a aditivização em silagens bem produzidas pode acarretar ganhos adicionais ao processo e, nesses casos, o emprego dos aditivos é bastante recomendado.

3.1 Milho

Para que se possa decidir sobre o uso de aditivos em silagens de milho, deve-se inicialmente analisar as características dessa planta, que ocupa posição de destaque na produção de silagens. O milho, além da alta produtividade, atinge facilmente teor de MS ótimo para ensilagem (30-35% de MS), possui adequado teor de carboidratos fermentescíveis, baixa capacidade tampão e fermentação microbiana adequada (Zopollatto e Sarturi, 2009).

Quando o manejo agrônomo e a ensilagem são realizados dentro dos padrões aceitáveis de qualidade, seguindo-se as recomendações técnicas para produção e manejo das silagens, o uso de aditivos é totalmente dispensável. Microrganismos indesejáveis (leveduras, clostrídeos) não parecem ser problemáticos nessas silagens, dispensando o uso de aditivos inibidores. E o teor adequado de umidade e carboidratos torna descabida a aplicação dos sequestrantes de umidade ou nutrientes em silagens de milho.

Em alguns casos, porém, condições de ambiente desfavorável (altas temperaturas, seca, pragas) ou problemas de manejo (adubação deficiente, baixa disponibilidade de mão de obra ou maquinário, falhas no planejamento) obrigam o produtor a colher a planta de milho fora dos padrões desejáveis. Colheita de plantas muito secas (>35% de MS), por exemplo, dificultam a compactação e retirada do ar, e prolongando o tempo de respiração das células vegetais. Ainda, a elevação no teor de MS deprime o crescimento de bactérias lácticas, reduzindo a taxa e extensão da fermentação (Kung Jr., 2009). Por isso, silagens de milho colhidas muito secas devem ser inoculadas com bactérias homo e heterofermentativas para otimizar o abaixamento do pH.

Para o presente trabalho, foram revisados 37 artigos científicos publicados nos últimos 10 anos, que avaliaram o uso de aditivos em silagens de milho. Dentre estes, 30 avaliaram inoculantes microbianos, sete avaliaram aditivos químicos, nove avaliaram produtos enzimáticos e três estudaram a adição de suplementos de carboidratos.

Os aditivos químicos (ácidos orgânicos, conservantes, óleos essenciais e amônia) proporcionaram efeitos muito variados na composição e estabilidade das silagens. O número pequeno de trabalhos que os avaliaram dificulta a recomendação prática destes aditivos. Como o maior interesse da aplicação é a elevação da estabilidade aeróbia dessas silagens, mesmo os resultados positivos são questionáveis, uma vez que esse problema é associado ao manejo inadequado. O mesmo pode ser afirmado para os aditivos enzimáticos (com foco em solubilizar parte da FDN e elevar carboidratos solúveis).

O uso de bactérias ácido-láticas (BAL) como inoculantes tem sido

o principal foco das pesquisas de aditivos para silagens de milho. Mais de 24 combinações diferentes de espécies e cepas bacterianas foram utilizadas nos trabalhos revisados. A inoculação com BAL homofermentativas, teoricamente, resulta em um processo fermentativo mais eficiente, com menor perda de matéria seca, maior teor de ácido láctico e menores teores dos ácidos acético, propiônico e butírico. Como esses ácidos possuem maior efeito antifúngico em relação ao ácido láctico, essas silagens tendem a apresentar menor estabilidade aeróbia.

A bactéria homolática (heterofermentativa facultativa) mais estudada na ensilagem de milho é o *Lactobacillus plantarum* (LP), seja como inoculante único ou combinado com BAL homo ou heterofermentativas. Dentre os oito trabalhos que avaliaram a inoculação com o LP como aditivo isolado, nenhum proporcionou melhora substancial na qualidade das silagens. Em dois de cinco trabalhos, o aditivo reduziu a estabilidade aeróbia das silagens, e as respostas sobre perdas são inconclusivas. A ausência de efeitos positivos, na maioria das vezes, se deve ao fato de que as silagens controle (não inoculadas) já apresentam grande população de BAL, boas características de fermentação, pH baixo, perdas de MS reduzidas e boa estabilidade. Estas características são consequência da boa ensilabilidade da planta de milho.

A BAL heterofermentativa mais avaliada em pesquisas nos últimos 10 anos foi o *Lactobacillus buchneri* (LB), com foco principal em elevar a estabilidade aeróbia das silagens. Dentre os 15 artigos que avaliaram a estabilidade aeróbia de silagens de milho inoculadas com LB, 13 verificaram efeitos positivos para esta variável, que geralmente é decorrente da maior concentração de ácido acético, e menor contagem de leveduras nas silagens. Em apenas um de 12 artigos este aditivo melhorou substancialmente a qualidade das silagens (Huisden et al., 2009), e, em apenas um de 10, reduziu a perda de MS (Reich e Kung Jr., 2010). Dois trabalhos avaliaram o desempenho de animais, e um apresentou resultados positivos em consumo de MS e ganho de peso em cordeiros (Nkosi et al., 2009).

Kristensen et al. (2010) realizaram experimento de campo em 39 fazendas e verificaram que inoculantes de BAL heterofermentativas

melhoraram a estabilidade aeróbica e alteraram o padrão de fermentação das silagens de milho, enquanto a adição de BAL homofermentativas não foram consideradas interessantes para essas silagens, pois não pareceram superar a flora epifítica da planta, ou alterarem a fermentação. Contudo, nenhum tratamento afetou a produção de leite, e mesmo as silagens mais estáveis acarretaram produções similares às silagens homofermentadas menos estáveis.

A forma mais viável para reduzir a degradação aeróbia é mediante boas práticas de manejo, começando pelo dimensionamento correto do silo, para proporcionar avanço médio diário no uso da silagem superior a 20 cm. Durante o enchimento do silo deve-se prezar por tamanho de partícula uniforme e não superior a 2 cm, com compactação cuidadosa, rapidez no enchimento e vedação adequada do silo (preferencialmente com pesos sobre a lona). Finalmente, o cuidado deve ser mantido na etapa do fornecimento aos animais, com retirada uniforme de todo o painel.

Os cuidados no manejo irão prevenir fortemente o aquecimento das silagens de milho. Se, contudo, não for possível a aplicação de alguma dessas medidas, pode-se considerar o uso de inoculante heterolático (preferencialmente *Lactobacillus buchneri* a uma concentração mínima de 10^5 ufc/g) para reduzir perdas de MS durante o contato da silagem com o ar.

3.2 Sorgo

De forma semelhante ao milho, o sorgo apresenta boa ensilabilidade, propiciando teor de MS adequado na colheita (28-33% de MS), com teor suficiente de carboidratos solúveis e baixa capacidade tampão. Dessa forma, a decisão pela ensilagem do sorgo se deve à características agrônômicas como menor sensibilidade à seca, e menor exigência em fertilidade dos solos, com maior tolerância ao alumínio. Plantas de sorgo para ensilagem podem apresentar produtividades de MS semelhantes à do milho (Oliveira et al., 2009), sendo ainda possível aproveitar a rebrota para um segundo corte, elevando sua produtividade.

Na literatura são encontrados poucos artigos sobre uso de aditivos

em silagens de sorgo, em virtude do menor uso dessa planta em relação ao milho, e possivelmente devido ao bom padrão fermentativo, que dispensa a adição de microrganismos e outras substâncias. De oito artigos avaliados, dois utilizaram aditivos químicos (ureia e carbonato de cálcio), dois avaliaram fontes de nutrientes (melaço e leucena) e seis avaliaram inoculantes microbianos.

A adição de ureia obviamente elevou o teor de proteína bruta das silagens, e reduziu parcialmente os componentes fibrosos. Porém as perdas fermentativas não foram avaliadas. Em geral não há recomendação prática para aplicação de aditivos químicos em silagens de sorgo bem manejadas.

Os trabalhos que avaliaram a adição de bactérias homofermentativas (Vieira et al., 2004; Abdelhadi e Tricarico, 2009; Lima et al., 2010; Lima et al., 2011;) e heterofermentativas (Thomas et al., 2013; Tabacco et al., 2011) não encontram melhorias significativas na fermentação ou qualidade das silagens. A predominância da fermentação láctica no processo de ensilagem, quando realizado seguindo-se as recomendações técnicas, dispensa o uso de aditivos para plantas de sorgo.

3.3 Cana-de-açúcar

Entre as forragens usadas para produção de silagens no Brasil, a cana-de-açúcar é certamente a que apresenta maior risco de perdas e, por isso, o uso de aditivos no processo é considerado obrigatório.

A cana-de-açúcar quando colhida no estágio correto de maturidade apresenta teor de matéria seca adequado à ensilagem (29 a 33% de MS) e abundância de carboidratos solúveis (sacarose), que permitem o rápido crescimento microbiano e abaixamento do pH, com valores inferiores a 4,0 após 72 horas de fermentação (Pedroso et al., 2005). Contudo, o alto teor de sacarose e a grande população epifítica de leveduras na cana-de-açúcar (Ávila et al., 2010) acarreta intensa fermentação etanólica nas silagens dessa forragem, resultando em elevadas perdas de MS, alto teor de etanol nas silagens e prejuízo no desempenho dos animais (Nussio e Schmidt, 2004; Pedroso et al., 2006; Schmidt et al., 2014).

Aditivos sequestrantes de umidade ou nutrientes não devem ser usados na ensilagem da cana-de-açúcar madura, pois não há evidências de que esses reduzam as perdas, em detrimento da dificuldade para aplicação dos mesmos a campo. E tampouco, o excesso de umidade ou escassez de carboidratos solúveis são problemas em silagens de cana.

A escolha de um aditivo para ensilagem da cana-de-açúcar deve considerar o potencial para inibir desenvolvimento de leveduras e assegurar maior recuperação de MS. Dezenas de potenciais aditivos têm sido testados com esse fim, porém os resultados são variáveis e, muitas vezes contraditórios, para o mesmo aditivo ou cepa bacteriana.

A busca por trabalhos publicados nos últimos 10 anos, nas principais revistas científicas indexadas, resultou em 43 artigos que avaliaram aditivos em silagens de cana-de-açúcar. Trinta diferentes aditivos foram avaliados, sendo oito espécies microbianas, quinze substâncias químicas e sete sequestrantes de umidade/nutrientes.

A bactéria heterofermentativa *Lactobacillus buchneri* (LB) é o aditivo mais pesquisado em silagens de cana (25 artigos). Embora os resultados possam ser bastante contraditórios, em parte influenciados pela metodologia aplicada, nove artigos (36%) verificaram resultados positivos dessa inoculação.

Schmidt (2009) avaliou resultados de 31 experimentos sobre aplicação de LB em silagens de cana, e verificou 42 e 47% de resultados positivos para as variáveis perdas de MS e teor de etanol, com menor incidência de resultados positivos para consumo (14%) e desempenho de ruminantes (22%). Ávila et al. (2009) compararam diferentes cepas de LB na ensilagem de cana e verificaram que esse microrganismo é eficaz em elevar o teor de ácido acético nas silagens, em detrimento do ácido láctico, o que reduz a população de leveduras e a produção de etanol nas silagens.

Em 17 artigos que quantificaram as perdas fermentativas durante a ensilagem, seis verificaram redução e dois relatam elevação nessa variável. O *L. buchneri* é adicionado às silagens com o intuito de melhorar a fermentação e diminuir as perdas, porém em oito ensaios que avaliaram ambas variáveis, apenas dois observaram respostas positivas para as duas

avaliações. A baixa dosagem aplicada na maior parte dos trabalhos (50.000 ufc/g) pode ser uma das causas.

A análise conjunta dos resultados disponíveis deixa claro que, dentre os inoculantes microbianos disponíveis até o momento, o LB (preferencialmente em dosagens superiores a 100.000 ufc/g) é a melhor opção para ensilagem da cana.

Dentre os aditivos químicos avaliados, a ureia e a cal virgem são os mais estudados. A ureia diluída em água, quando aplicada em doses de 0,7 a 1,0% da massa verde (MV), parece ser efetiva em reduzir a população de leveduras, em decorrência da liberação de amônia, sem comprometer o pH final das silagens. Em 14 artigos avaliados, quatro verificaram resultados positivos do uso desse aditivo. Houve redução de perdas em dois trabalhos, e elevação em um, entre seis que avaliaram essa variável. Da mesma forma, dois de quatro ensaios verificaram a redução na população de leveduras, contudo sem resultar em silagens de melhor qualidade. Schmidt (2009) relata redução nas perdas de matéria seca em 8 de 13 experimentos usando esse aditivo. Como benefício adicional, a elevação no teor de nitrogênio das silagens deve ser considerada.

Dos nove artigos que avaliaram a cal virgem (ou óxido de cálcio) como aditivo, cinco relataram resultados positivos. A cal virgem é um aditivo de baixo custo, que tem se mostrado bastante efetivo em melhorar aspectos qualitativos das silagens de cana-de-açúcar, quando aplicada em dosagens de até 1,0% da MV. Esse aditivo é o que apresenta maior eficiência nas avaliações em silos experimentais (Schmidt, 2009), porém pode acarretar depressão do consumo e desempenho de animais. Embora Rabelo et al. (2013) tenham relatado aumento do consumo voluntário e ganho de peso de ovelhas alimentadas com silagens de cana contendo 1,0% de cal virgem, Magalhães et al. (2013) não verificaram melhora no desempenho de ovelhas alimentadas com silagens de cana contendo esse aditivo, e os resultados de desempenho ainda são pouco conclusivos.

Apesar da grande disponibilidade de dados, a pesquisa sobre silagens de cana ainda precisa de longa evolução e refinamento metodológico, para balizar a escolha de um aditivo eficaz. A contribuição nutricional dos

componentes voláteis dessa silagem não pode ser desprezada, e avaliações baseadas em determinações de MS em estufa devem ser observadas com cautela. Novas opções de cepas bacterianas e aditivos deverão surgir, e os estudos considerando consumo e desempenho de animais serão cada vez mais importantes.

3.4 Capins tropicais e de clima temperado

Os capins usados para pastejo, tanto os de clima tropical (C4) quanto os temperados (C3) apresentam dificuldades para conservação na forma de silagens. As principais são o alto teor de umidade (no momento do melhor valor nutritivo), e a baixa concentração de carboidratos solúveis.

A deficiência em carboidratos solúveis reduz a possibilidade de ação das BAL, resultando em menor quantidade de ácido lático. A diluição dos ácidos na maior umidade presente na forragem natural agrava o problema, dificultando a redução do pH. Dessa forma, silagens de capim são propensas a fermentações secundárias (com maiores perdas de MS) e crescimento de microrganismos indesejáveis, sobretudo os clostrídeos (Arcuri et al., 2004).

A ensilagem de capins com umidade superior a 70% implica em alto risco de perdas por efluentes e obtenção de silagens de baixa qualidade. Existem duas formas de contornar este problema: 1) adicionando sequestrantes de umidade, no intuito de elevar o teor de MS da massa ensilada, ou 2) realizar o emurchecimento (pré-secagem) da forragem, antes de levá-la ao silo.

O emurchecimento é a prática comumente adotada na Europa e América do Norte e, por tradição, utilizada com maior frequência no sul do Brasil, para confecção de silagens de pastagens de inverno. Essa prática exige maior investimento inicial em maquinários, porém sua execução é mais simples. A redução do teor de água na forragem concentra os carboidratos solúveis, diminui a ocorrência de fermentações clostrídicas e favorece o abaixamento do pH.

A aplicação de sequestrantes de umidade é prática usual no Brasil, sobretudo para ensilagem de gramíneas tropicais. Além de corrigir a MS, alguns materiais fornecem carboidratos solúveis e estimulam a fermenta-

ção. Em experimentos usando silos laboratoriais, essa prática é realizada facilmente, contudo em silos convencionais se torna trabalhosa e de difícil execução, devido à dificuldade de homogeneizar o aditivo à forragem, normalmente adicionados em proporções superiores a 10%. Ainda, os custos dos coprodutos agroindustriais estão sujeitos às variações do mercado, e podem ter seu uso restringido por razões econômicas. Assim, há tendência de redução dessa prática e aumento no uso do emurchecimento como forma de se produzir silagens de capins, atrelados à maior disponibilidade de maquinários eficientes.

Dos 43 artigos que avaliaram aditivos em silagens de gramíneas tropicais, 31 ensaios utilizaram o capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) como forragem. Isso se deve à sua alta produtividade e facilidade de manejo. Dentre as outras gramíneas estudadas destacam-se as braquiárias (5 artigos); *Cynodon spp.* (5), milheto (1) e *Panicum maximum* (3).

Em 29 ensaios, foram testados diferentes aditivos sequestrantes de umidade (polpa cítrica; subprodutos da indústria de mandioca, maracujá biodiesel; resíduos de colheita de soja e algodão; farelos, etc). O uso desses aditivos é bastante efetivo em reduzir o pH das silagens, reduzir a quebra de proteína em amônia e diminuir a produção de efluentes. Por diluição, quanto maior a qualidade do sequestrante usado, menor o teor de FDN e maior a digestibilidade da MS, o que tem levado a maior consumo e desempenho de ruminantes, principalmente quando a comparação é estabelecida com a o nível zero de inclusão (controle).

Em apenas quatro trabalhos foram utilizados aditivos químicos (ureia, benzoato de sódio), porém sem resultados relevantes. Leveduras e fungos parecem não se problema em silagens de capim adequadamente confeccionadas, o que restringe o uso dessa classe de aditivos.

Em 16 ensaios foram avaliadas a adição de inoculantes microbianos em capins tropicais. A adição de bactérias homofermentativas (7) ou heterofermentativas (2), isoladamente, não foi eficaz em melhorar a qualidade e a fermentação das silagens. Gramíneas possuem baixas quantidades de carboidratos solúveis, o que pode limitar o desenvolvimento adequado da população bacteriana adicionada, tornando dispensável a adição de

inoculantes microbianos em silagens de capins com umidade original. A associação de sequestrantes de umidade a inoculantes microbianos pode ser bastante favorável, porém essa possibilidade tem sido pouco explorada na literatura, provavelmente em decorrência do maior custo resultante.

O uso de aditivos na ensilagem de gramíneas temperadas (com teores de MS entre 14 e 49%) foi avaliado em 14 artigos, em que foram utilizadas 14 combinações diferentes de aditivos biológicos e seis tipos de aditivos químicos. A efetividade dos aditivos químicos foi extremamente variável entre diferentes espécies de gramíneas, entre estágios de maturidade, entre diferentes colheitas da mesma forragem, e entre diferentes teores de MS, devido à extensão da pré-secagem.

Bactérias ácido-láticas homofermentativas foram avaliadas em 11 ensaios, sendo que nenhum deles encontrou melhora substancial na qualidade das silagens. O pH das silagens inoculadas foi menor em 9 de 17 casos (53%). Menores perdas de matéria seca foram relatadas em 4 de 7 casos, e na maioria dos estudos, a estabilidade aeróbia foi igual ou menor que a das silagens não inoculadas. As bactérias heterofermentativas não proporcionaram resultados mais animadores, sendo positivas apenas em alguns casos isolados.

O uso de aditivos na ensilagem de capins, seja de clima tropical ou temperado, ainda não apresenta embasamento suficiente para que se possa padronizar uma recomendação de algum aditivo que seja efetivo para todas as plantas. Em geral, aditivos nutrientes e sequestrantes são bastante positivos quando usados em silagens de capins com alta umidade. O uso de inoculantes microbianos em forragens sem correção do teor de MS não é efetivo nem viável. O uso de bactérias homofermentativas em silagens pré-secadas é uma possibilidade que deve ser mais estudada, sobretudo em análises de campo.

3.5 Outras forragens e resíduos

Muitos materiais podem ser conservados sob forma de silagem, desde que apresentem as características para uma adequada fermentação

lática: teor de matéria seca entre 30% a 35%, mínimo de 3% de carboidratos solúveis na MS e baixo poder tampão (McDonald et al., 1991).

Pesquisando a literatura recente, foram encontrados artigos que avaliaram o uso de aditivos na fermentação de 15 materiais diferentes dos convencionalmente usados e já citados. A alfafa foi a forragem mais estudada, em 12 trabalhos publicados. Também foram realizados ensaios com aditivos em silagens de outras leguminosas (6), resíduos da agroindústria (7), grãos úmidos (2) e espiga ou palha de milho (2).

No tocante ao uso de aditivos, a silagem de alfafa merece destaque, pois assim como as gramíneas, sua fermentação é dificultada pelo alto teor de umidade presente na planta, além da alta capacidade tampão que dificulta o abaixamento do pH. Dessa forma, para ensilagem da alfafa faz-se necessário o emurchecimento e a inoculação com BAL homoláticas, para garantir fermentação adequada e pH abaixo de 4,5 (Mohammed et al., 2012). O uso de inoculantes microbianos em silagens emurchecidas de alfafa foi avaliado em seis artigos, sendo que em apenas dois a adição foi eficaz em melhorar a fermentação e reduzir o pH.

Para tomada de decisão sobre uso de aditivos em silagens de outros materiais, deve-se conhecer suas características e prever os possíveis problemas, para assim saber a real possibilidade de mudança na dinâmica fermentativa decorrente da aditivização.

Resíduos de úmidos de frutas (bagaços), provenientes da agroindústria (maracujá, caju, maçã, banana, abacaxi, etc) são ricos em carboidratos solúveis e fermentam facilmente. Contudo, podem conter alto teor de umidade, e também favorecer o desenvolvimento de leveduras. Aditivos específicos para esses casos devem ser adotados, conforme descrito para cana-de-açúcar ou capins.

Frações do processamento de plantas (pontas de cana, entrecasca de palmito, plantas de milho verde sem espiga, etc) em geral são bastante úmidas, e se comportam de forma semelhante aos capins, necessitando dos mesmos cuidados.

4. CUIDADOS NA APLICAÇÃO DE ADITIVOS

Mais importante do que a escolha de um aditivo adequado, independente da cultura a se ensilar, é a correta aplicação do mesmo durante o processo. Falhas na aplicação tem sido uma causa importante da falta de respostas esperadas de aditivos, relatadas por fazendeiros. O acompanhamento do processo pelo técnico ou responsável, o treinamento da equipe de campo e a correta distribuição do aditivo são cuidados para se assegurar o benefício esperado. Aqui faremos algumas breves recomendações práticas, importantes para a aplicação de aditivos:

- 1) Usar sempre água limpa e sem cloro (poço, tanque, chuva), principalmente na diluição de aditivos microbianos;
- 2) Homogeneizar muito bem o aditivo e distribuir a aplicação de forma uniforme em toda a forragem. A distribuição do aditivo (manual ou automatizada) deve ser corretamente calibrada. O aditivo age na superfície onde está em contato e sua difusão no silo é pequena. É comum ver diluições preparadas para 50 toneladas acabarem após a colheita de 5 ou 6 toneladas, deixando 90% da silagem sem aditivos;
- 3) Instruir o pessoal de campo sobre os cuidados no processo, para evitar erros na distribuição do aditivo. Da mesma forma, fiscalizar o serviço. São comuns relatos de "esquecimentos" na hora de aplicar os aditivos, quando a equipe de campo desconhece a importância do processo que estão executando.
- 4) Inoculantes microbianos são bactérias vivas liofilizadas, e devem ser armazenadas e manejadas com cuidado, ao abrigo de luz direta ou altas temperaturas, para que sejam efetivas. Após aberto o aditivo deve ser usado imediatamente ou cuidadosamente armazenado em geladeira. Não misturar aditivos em recipientes sujos, com restos de combustível, produtos químicos ou gordurosos, etc.
- 5) As recomendações leigas não devem prevalecer em detrimento do embasamento técnico-científico (e não técnico-comercial), independentemente do aditivo escolhido. Esqueça as receitas caseiras, misturas com sal, açúcar, calcário, refrigerante (!), etc. Muita pesquisa tem sido feita

para ajudar a tomar essas decisões. Desconfie de quem tiver “o melhor aditivo”, pois ele não existe.

5. CONCLUSÕES

Apesar da grande disponibilidade de informações relativas à aditivação de silagens, muitos erros ainda são cometidos na escolha de um aditivo para uso a campo, ou mesmo no desenho de experimentos científicos. Conhecer as características intrínsecas a cada planta forrageira, bem como o modo de ação de cada aditivo, é fundamental para se avaliar possíveis benefícios decorrentes da aplicação dos mesmos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDELHADI, L.O.; TRICARICO, J.M. Effects of stage of maturity and microbial inoculation at harvest on nutritive quality and degradability of grain sorghum whole-plant and head-chop silages. **Animal Feed Science and Technology**, v.152, p.175-185, 2009.
- ARCURI, P.B.; CARNEIRO, J.C. LOPES, F.C.F. Microrganismos indesejáveis em forragens conservadas. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2., Maringá, 2004. **Anais...** Maringá: UEM, 2004. p.172-197.
- ÁVILA, C.L.S.; BRAVO MARTINS, C.E.C.; SCHWAN, R.F. Identification and characterization of yeasts in sugarcane silages. **Journal of Applied Microbiology**, v.109, p.1677-1686, 2010.
- ÁVILA, C.L.S.; PINTO, J.C.; FIGUEIREDO, H.C.P.; SCHWAN, R.F. Effects of an indigenous and a commercial *Lactobacillus buchneri* strain on quality of sugar cane silage. **Grass and Forage Science**, v.64, p.384-394, 2009.

BERNARDES, T.F. **Levantamento das práticas de produção e uso de silagens em fazendas produtoras de leite no Brasil**. 2012. Disponível em: <<http://www.milkpoint.com.br/pdf/EBOOK-SILAGEM.pdf>>. Acesso em 11/03/2014.

- HENDERSON N. Silage additives. **Animal Feed Science and Technology**, v.45, p.35-56, 1993.
- HUISDEN, C.M.; ADESOGAN, A.T.; KIM, S.C. et al. Effect of applying molasses or inoculants containing homofermentative or heterofermentative bacteria at two rates on the fermentation and aerobic stability of corn silage. **Journal of Dairy Science**, v.92, p.690-697, 2009.
- KRISTENSEN, N.B.; SLOTH, K.H.; HØJBERG, O. et al. Effects of microbial inoculants on corn silage fermentation, microbial contents, aerobic stability, and milk production under field conditions. **Journal of Dairy Science**, v.93, p.3764-3774.
- KUNG JR., L. Side effects of microbial inoculants on silage fermentation In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FORAGE QUALITY AND CONSERVATION, 1., 2009, São Pedro. **Proceedings...** Piracicaba: FEALQ, 2009. p.7-26.
- LIMA, R.; LOURENÇO, M.; DÍAZ, R.F. et al. Effect of combined ensiling of sorghum and soybean with or without molasses and lactobacilli on silage quality and in vitro rumen fermentation. **Animal Feed and Silage Technology**, v.155, p.122-131, 2010.
- LIMA, R.; DÍAZ, R.F.; CASTRO, A. et al. Multifactorial models to assess responses to sorghum proportion, molasses and bacterial inoculant on in vitro quality of sorghum-soybean silages. **Animal Feed and Silage Technology**, v.164, p.161-173, 2011.
- MAGALHÃES, A.F.; PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P. et al. Intake, performance and nutrient digestibility of sheep fed sugarcane treated and ensiled with calcium oxide or urea. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.42, p. 691-699, 2013.

McDONALD P., HENDERSON A.R.; HERON S.J.E. **Biochemistry of silage**, 2.ed. Marlow, UK: Chalcombe Publications, 1991. 343p.

MOHAMMED, R.; STEVENSON, D.M.; BEAUCHEMIN, K.A. et al. Changes in ruminal bacterial community composition following feeding of alfalfa ensiled with a lactic acid bacterial inoculants. **Journal of Dairy Science**, v.95, p.328-399, 2012.

NKOSI, B.D.; MEESKE, R.; PALIC, D. et al. Effects of ensiling whole crop maize with bacterial inoculants on the fermentation, aerobic stability, and growth performance of lambs. **Animal Feed Science and Technology**, v.154, p.193-203, 2009.

NOVINSKI, C.O. **Composição de micotoxinas e bromatologia de silagens de milho em silos de grande porte utilizando imagens em infravermelho**, 2013. Dissertação (Mestrado em ciências veterinárias) – Universidade Federal do Paraná, 2013. 83f.

NUSSIO, L.G.; SCHMIDT, P. Tecnologia de produção e valor alimentício de silagens de cana-de-açúcar. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2., 2004, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM, 2004. p.1-33.

OLIVEIRA, S.G.; BERCHIELLI, T.T.; REIS, R.A. et al. Fermentative characteristics and aerobic stability of sorghum silages containing different tannin levels. **Animal Feed Science and Technology**, n.154, p.01-08, 2009.

PEDROSO, A.F.; NUSSIO, L.G.; BARIONI Jr., W. et al. Performance of Holstein heifers fed sugarcane silages treated with urea, sodium benzoate or *Lactobacillus buchneri*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.649-654, 2006.

PEDROSO, A.F.; NUSSIO, L.G.; PAZIANI, S.F. et al. Fermentation and epiphytic microflora dynamics in sugar cane silage. **Scientia Agricola**, v.62, p.427-432, 2005.

RABELO, F.H.S.; RESENDE, A.V.; RABELO, C.H.S. et al. Consumo e desempenho de ovinos alimentados com silagens de cana-de-açúcar tratadas com óxido de cálcio e cloreto de sódio. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.65, p.1158-1164, 2013.

REICH, L.J.; KUNG Jr., L. Effects of combining *Lactobacillus buchneri* 40788 with various lactic acid bacteria on the fermentation and aerobic stability of corn silage. **Animal Feed Science and Technology**, v.159, p.105-109, 2010.

SCHMIDT, P. Aditivos químicos e biológicos no tratamento de cana-de-açúcar para alimentação de bovinos. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 3., 2008, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM, 2008. p.117-152.

SCHMIDT, P. Improved efficiency of sugarcane ensiling for ruminant supplementation. In: International Symposium on Forage Quality and Conservation, 2., 2009, São Pedro. **Proceedings...** Piracicaba: FEALQ, 2009. p.47-72.

SCHMIDT, P.; NUSSIO, L.G.; QUEIROZ, O.C.M. et al. Effects of *Lactobacillus buchneri* on the nutritive value of sugarcane silage for finishing beef bulls. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.43, p.8-13, 2014.

TABACCO, E.; RIGHT, F.; QUARANTELLI, A. et al. Dry matter and nutritional losses during aerobic deterioration of corn and sorghum silages as influenced by different lactic acid bacteria inocula. **Journal of Dairy Science**, v.94, p.1409-1419, 2011.

THOMAS, M.E.; FOSTER, J.L.; McCUISTION, K.C.; et al. Nutritive value, fermentation characteristics, and in situ disappearance kinetics of sorghum silage treated with inoculants. **Journal of Dairy Science**, v.96, p.7120-7131, 2013.

VIEIRA, F.A.P.; BORGES, I.; STEHLING, C.A.V. et al. Qualidade de silagens de sorgo com aditivos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.56, p.764-772, 2004.

WOOLFORD, M.K. **The silage fermentation**. New York: Microbiology series, 350p.

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

ZOPOLLATO, 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.73-90.

IMPACTO DA TECNOLOGIA DE ENSILAGEM NO VALOR NUTRICIONAL DA SILAGEM E NA RESPOSTA ANIMAL.

Igor Quirrenbach de Carvalho¹
Clóves Cabreira Jobim²

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o quarto maior produtor mundial de leite de vaca, sendo superado apenas por Estados Unidos, Índia e China (FAO, 2011). Apesar de grande produtor, a produtividade no Brasil é baixa (1.417 L/vaca/ano). Entre os Estados brasileiros, o Paraná é o terceiro em volume de produção (4,0 bilhões L/ano), com produtividade de 2.455L/vaca/ano. Entre os municípios do Brasil, Castro tem o maior volume de produção (227 milhões L/ano), com produtividade de 7.510 L/vaca/ano, muito superior à média brasileira e paranaense (IBGE, 2012).

O que caracteriza a região de Castro (Centro-oriental paranaense) é o emprego de alta tecnologia na produção de leite, com grandes investimentos em genética e manejo dos animais. Mas sem dúvida, um dos principais fatores responsáveis pela alta produtividade de leite nessa região é a alimentação dos animais, na qual a silagem de milho é o alimento utilizado em maior quantidade, compondo em torno de 38% da dieta dos animais (Janssen, 2009). Anualmente, cerca de 13.000 ha de milho são cultivados pelos 650 produtores das Cooperativas Capal, Batavo e Castrolanda, que produzem em torno de 1 milhão de litros de leite por dia.

A grande adoção dessa forragem pelos produtores se dá pela alta produção por área, alta qualidade nutricional, baixo custo por quilo de

¹ Fundação ABC- Castro-PR

² Prof. Departamento de Zootecnia. Universidade Estadual de Maringá.

matéria seca e possibilidade de armazenagem por longo período de tempo (Embrapa, 2005).

Nos últimos anos as técnicas de cultivo de milho para silagem evoluíram bastante. Algumas delas como época de semeadura correta, escolha de híbridos de alta produção e qualidade, fertilização em níveis adequados, controle de plantas daninhas, pragas e doenças, redução do espaçamento entre fileiras e aumento da população de plantas, permitiram grande aumento na produção de massa (Oliveira, 2001; Lauer et al., 2001).

Contudo, a cadeia de produção da silagem de milho não compreende somente a fase de campo. É necessário que a massa produzida seja colhida, ensilada, armazenada e utilizada de maneira adequada, para que os nutrientes das plantas cheguem aos animais com o mínimo de perdas. Por isso, é fundamental o estudo das etapas de ensilagem e utilização.

Uma consideração importante, é que a maior parte dos fatores determinantes de perdas e da qualidade final da silagem está sob o controle dos produtores. Como por exemplo: teor de matéria seca, tamanho de partículas, compactação, tipo de silo, tipo de máquina empregada na ensilagem e retirada do silo, uso de aditivos, vedação e forma de retirada da silagem (Allen et al., 2003).

Portanto, o produtor pode interferir em diversos processos para obter uma silagem a ser ofertada aos animais com a menor perda possível em quantidade e qualidade, o que resultará em menor custo com alimentação dos animais e maior produção de leite.

A qualidade da silagem de milho é bastante variável nas propriedades da região Centro-oriental paranaense, conforme análises de laboratório da Fundação ABC em Castro. Esse cenário pode ser extrapolado para várias regiões leiteiras no Brasil. Isso ocorre pelos distintos níveis tecnológicos na produção de silagem.

Assim, este texto tem o objetivo de apresentar os resultados de trabalho desenvolvido no Estado do Paraná, visando identificar os sistemas de produção e os fatores que afetam a qualidade da silagem, a dieta dos animais, a produção e a qualidade do leite.

2. PROCEDIMENTOS ADOTADOS NA COLETA DE DADOS EM PROPRIEDADES

Entre os meses de março a julho de 2011 foram visitadas 95 propriedades, em oito municípios da região Centro-oriental paranaense (Arapoti, Carambeí, Castro, Curiúva, Jaguariaíva, Piraí do Sul, Ponta Grossa e Tibagi), nas quais foram avaliadas as silagens de 108 silos que eram utilizadas na alimentação dos animais. As propriedades visitadas possuíam de 1,5 a 120 ha destinados à produção de silagem, de 10 a 600 vacas em lactação e produção de leite de 17,7 a 42,2 kg/vaca/dia. Ao todo, as 95 propriedades cultivaram 2.852 ha de milho para silagem na safra 2010/2011 e possuíam 10.061 vacas em lactação, sendo a maior parte da raça Holandesa (82%). As propriedades utilizavam os sistemas semiconfinamento (74%), confinamento (23%) e "a pasto" (3%), com duas (77%) ou três ordenhas diárias (23%).

Nos silos visitados, as avaliações "in loco" foram densidade da matéria natural, temperatura da silagem, tipo de silo (trincheira ou superfície), cor da lona de polietileno (preta, branca, preta e branca, preta e cinza), cobertura sobre a lona (terra, sem, outros) e forma de retirada da silagem (manual com garfo, trator com concha, desensiladora tipo fresa, cortador de silagem em bloco).

Um questionário foi aplicado aos produtores com relação à colheita da silagem (própria ou terceirizada), tipo de máquina ensiladora (automotriz ou montada), híbrido de milho utilizado, com ou sem a tecnologia Bt para controle de insetos, se houve aplicação de fungicida na lavoura e se foi aplicado inoculante durante a ensilagem.

As avaliações de perdas foram qualitativas, utilizando a escala: ausente, baixa, média e alta. Foram avaliadas as perdas por descarte de silagem, camada deteriorada abaixo da lona e efluentes.

As avaliações físicas realizadas nas silagens foram temperatura, densidade da matéria natural (DEMN), densidade da matéria seca (DEMS), distribuição e tamanho médio de partículas (TMP) através das peneiras Penn State.

Foi coletada uma amostra composta (cinco pontos) de cada silo e

enviada ao laboratório da Fundação ABC para determinação da estabilidade aeróbia (Moran, 1996) e análises químicas (MS, PB, FDA, FDN, NDT, VRN, DIVMS, amido, pH e micotoxina Zearalenona).

Como nem todas as propriedades possuíam dieta balanceada ou realizavam controle leiteiro, foram obtidas informações de 50 propriedades quanto à dieta dos animais e de 59 propriedades quanto à produção e qualidade do leite.

As informações sobre as dietas obtidas foram quantidade de silagem de milho por animal, porcentagem de silagem de milho na dieta, porcentagem de volumoso na dieta, quantidade total de MS ofertada por animal e teores de MS, PB, FDA, FDN, amido, extrato etéreo e NDT, expressos na base seca.

As avaliações de produção e qualidade do leite (proteína, gordura, lactose, sólidos e CCS) foram realizadas pela Associação Paranaense de Criadores de Bovinos da Raça Holandesa (APCBRH).

As análises estatísticas foram realizadas conforme a natureza dos dados e objetivo do trabalho. Foram utilizados (i) Teste Exato de Fischer, com análise de Qui-quadrado (χ^2), (ii) Correlação de Pearson, (iii) estatística descritiva, (iv) análise de variância, (v) comparação de médias pelo teste Tukey, (vi) análise de componentes principais e (vii) análise de agrupamento. Os programas estatísticos utilizados foram o SAS 9.3 e o SPSS Statistics 17.0.

3. CENÁRIO DOS RESULTADOS OBTIDOS

Com relação às características das lavouras e procedimentos na ensilagem, constata-se que houve diversidade de adoção de tecnologias, com coeficientes de variação entre 20 a 52% (Tabela 1).

Tabela 1. Variáveis coletadas, descrição, frequência e coeficientes de variação observados em 108 silos

Variável	Descrição e Frequência (%)					CV (%)
Colheita	Terceirizada (65%)	Própria (35%)				29,1
Máquina	Automotriz (55%)	Montada (45%)				32,3
Híbrido Milho*	P32R22H (16%)	DKB330 (12%)	P32R22 (11%)	P30R50 (9%)	P30R50H (7%)	39,8
Empresa Híbrido	Atlântica (5%)	Dow (7%)	Syngenta (6%)	Monsanto (29%)	Pioneer (53%)	28,1
Ciclo Híbrido	Normal (51%)	Precoce (17%)	Superprecoce (32%)			49,5
Tecnologia Bt	Não (59%)	Sim (41%)				35,1
Evento Bt	Convencional (59%)	Yieldgard (14%)	Herculex (27%)			52,1
Indicado Silagem	Não (20%)	Sim (80%)				22,5
Aplic. Fungicida	Não (53%)	Sim (47%)				34,1
Inoculante	Não (81%)	Sim (19%)				32,9
Tipo Silo	Superfície (25%)	Trinc. Terra (46%)	Tr. Concreto (29%)			36,1
Cor Lona	Preta (49%)	Preta Branca (39%)	Branca (10%)	Preta Cinza (2%)		53,3
Cobertura Lona	Terra (85%)	Sem (7%)	Outros (8%)			20,5
Retirada Silagem	Garfo (62%)	Concha (22%)	Desensiladora (16%)			31,8

* Outros (45%)

Ao todo foram utilizados 27 híbridos, 80% deles indicados para silagem pelos órgãos de pesquisa. Foi verificada elevada utilização de colheita terceirizada (65%) e máquinas automotrizas (55%). No Brasil, 41% dos produtores terceirizam a colheita e apenas 10% utilizam máquinas automotrizas (Bernardes, 2012). O uso de inoculantes bacterianos na ensilagem foi presente em apenas 19% das silagens, semelhante ao levantamento de Bernardes (2012).

A maior parte dos silos era do tipo trincheira na terra (46%) e revestido de concreto (29%). A lona preta foi a mais utilizada (49%), seguida da dupla face preta e branca (39%). Na maior parte dos silos a lona foi coberta com terra (85%) e a retirada da silagem realizada de forma manual com garfo (62%).

De forma geral, a qualidade e características físicas médias das silagens avaliadas foram boas (Tabela 2). Contudo, ao avaliar a dispersão dos dados, observou-se que apenas 30% das silagens estavam com teor de MS adequado, entre 30 e 35%. Apenas 15% das silagens apresentavam densidade da MS acima de 240 kg/m³, recomendado por Holmes & Muck (2008). E apenas 12% das amostras possuíam distribuição do tamanho de partículas adequado de acordo com Lammers (1996).

Tabela 2. Análises descritivas dos parâmetros químicos e físicos das silagens avaliadas.

Variável	Unidade	Média	Mínimo	Máximo	CV%
MS	%	31,19	23,83	47,00	13,91
PB	%	7,96	5,83	9,33	9,02
FDA	%	25,29	18,43	34,98	13,66
FDN	%	45,93	35,89	61,30	11,09
NDT	%	70,14	63,35	74,94	3,45
Amido	%	33,22	19,59	43,94	15,10
pH		3,91	3,65	4,19	2,66
DIVMS	%	71,92	62,79	78,88	3,59
VRN	%	142,30	93,56	187,62	14,03
Zearalenona	ppb	308,52	0,00	1000,00	78,17
Temp. Painei	°C	25,45	18,04	37,40	15,45
Estab. Aeróbia	h	65,56	0,00	120,00	60,19
DEMV	kg m ⁻³	686,20	505,43	877,69	11,56
DEMS	kg m ⁻³	212,05	167,61	274,60	11,49
Peneira 1 (> 19mm)	%	8,15	1,23	47,61	73,77
Peneira 2 (8-19mm)	%	65,92	36,60	83,30	14,87
Peneira 3 (1,18-8mm)	%	24,98	11,25	53,11	33,92
Peneira 4 (<1,18mm)	%	0,95	0,02	4,61	88,80
Tam. Médio					
Partículas	mm	9,60	6,27	15,50	13,42

Os maiores coeficientes de variação ocorreram para estabilidade aeróbia da silagem, que variou de 0 a 120 horas (CV 60%), quantidade de partículas retidas nas peneiras 1 e 4 (CV 74 e 89%), e teor de Zearalenona que variou de 0 a 1000 ppb (CV 78%). A variação no tamanho de partículas é devido a regulação das máquinas de colheita e decisão do produtor. Algumas silagens eram instáveis e/ou possuíam níveis elevados de Zearalenona, o que é preocupante. Estas variáveis necessitam serem melhores estudadas, já que alguns produtores conseguiram produzir silagens estáveis e sem presença de micotoxina (Zearalenona).

A frequência e a magnitude das perdas de silagem estão apresentadas na Tabela 3. O descarte de silagem teve a maior frequência entre as perdas avaliadas, estando presente em 97% dos silos. Perdas por camada deteriorada foram observadas em 33% dos silos, próximo ao encontrado por Borreani & Tabacco (2012), que avaliaram silos comerciais em 100 fazendas na Itália, e observaram que 29 e 46% dos silos possuíam camada

deteriorada no inverno e verão, respectivamente. A perda por efluentes foi observada em 27% dos silos.

Tabela 3. Frequência e magnitude das perdas de silagem

Agente determinante	Ausente ¹		Baixa		Média		Alta	
	n ²	%	n	%	n	%	N	%
Efluente	79	73,15	17	15,74	6	5,56	6	5,56
Camada Deteriorada	72	66,67	20	18,52	11	10,19	5	4,63
Descarte de Silagem	3	2,78	47	43,52	44	40,74	14	12,96

¹ Avaliações qualitativas na escala: ausente, baixa, média e alta.

² Número de silos de um total de 108.

A presença de efluentes não foi afetada pelas variáveis referentes ao processo de ensilagem e características dos silos.

A camada deteriorada abaixo da lona foi afetada pelo tipo do silo, cobertura da lona e forma de retirada da silagem (Tabela 4). Os silos tipo trincheira apresentaram menor ocorrência de perdas por camada deteriorada classificada como “alta” em relação aos silos de superfície (1,23% x 14,81%), possivelmente devido à menor densidade da matéria natural (DEMN) em relação aos silos trincheira (Bolsen et al., 2012).

Tabela 4. Frequência de perdas pela camada deteriorada de silagem abaixo da lona em função do tipo de silo, cobertura da lona e retirada da silagem.

Variável	Ausente ¹		Baixa		Média		Alta	
	n ²	%	N	%	n	%	N	%
Tipo de Silo								
Trincheira (81)	57	70,47	15	18,52	8	9,88	1	1,23
Superfície (27)	15	55,56	5	18,52	3	11,11	4	14,81
Cobertura da Lona								
Terra (92)	66	71,74	15	16,30	9	9,78	2	2,17
Outros (8)	1	12,50	4	50,00	2	25,00	1	12,50
Sem (8)	5	62,50	1	12,50	0	0,00	2	25,00
Retirada da Silagem								
Bloco (2)	0	0,00	2	100,00	0	0,00	0	0,00
Desensiladora (15)	9	60,00	4	26,67	2	13,33	0	0,00
Garfo (67)	47	70,15	13	19,40	5	7,46	2	2,99
Concha (24)	16	66,67	1	4,17	4	16,67	3	12,50

¹ Avaliações qualitativas na escala: ausente, baixa, média e alta.

² Número de silos de um total de 108.

A cobertura da lona com terra reduziu a ocorrência de perdas por camada deteriorada classificada como “alta”, em relação aos silos onde não foi colocado nenhum material sobre a lona (2,17% x 25,00%). Os silos que foram cobertos com algum material que não a terra (pneus, sacos de areia ou palha), tiveram resultado intermediário (12,50%). Os resultados obtidos nesse trabalho corroboram com Bernardes (2009) e Amaral et al. (2012) que observaram menores perdas quando se utilizou terra ou bagaço de cana na cobertura da lona de vedação dos silos.

A retirada da silagem com a concha também aumentou a frequência de silos com alta perda por camada deteriorada (12,50%), em relação às retiradas com garfo (2,99%), desensiladora ou bloco (0%). O revolvimento irregular da silagem no painel do silo, causado pela concha, causa fissuras, permitindo que o oxigênio penetre profundamente na massa ensilada, favorecendo a deterioração (Holmes, 2009).

A colheita de silagem com automotriz apresentou maior frequência de perdas classificadas como “alta” por descarte de silagem em relação à colheita com máquina montada (20,34% x 4,08%) (Tabela 5). Isso pode ter ocorrido em função das máquinas automotriz produzirem grande volume de massa colhida por hora, excedendo a capacidade de compactação, ou ainda, pelo maior tamanho de partículas, já que essas máquinas possuem processador de grãos, permitindo a regulação para maior tamanho do picado. Em consequência da maior porosidade da silagem, a atividade microbiológica é favorecida (Muck et al., 2003), aumentando as perdas e o descarte de silagem, como observado por D'Amours & Savoie (2005).

Tabela 5. Frequência de perdas por descarte de silagem em função do tipo de máquina empregada na colheita do milho

Variável	Ausente ¹		Baixa		Média		Alta	
	n ²	%	N	%	n	%	n	%
	Tipo de Máquina							
Automotriz (59)	2	3,39	20	33,90	25	42,37	12	20,34
Tratorizada (49)	1	2,04	27	55,10	19	38,78	2	4,08

¹ Avaliações qualitativas na escala: ausente, baixa, média e alta.

² Número de silos de um total de 108.

As perdas por camada deteriorada não tiveram relação com as características físicas e químicas da silagem. As perdas pela produção de efluentes foram maiores quando os teores de MS eram mais baixos ($P < 0,05$), pois o volume de efluente é influenciado pelo conteúdo de MS (Oliveira, 2010; Schmid et al., 2011).

Observou-se maior frequência de perdas por descarte de silagem quando a DEMN da silagem era menor, e o tamanho médio de partículas e a temperatura do painel do silo eram maiores ($P < 0,05$). O aumento da DEMN da silagem diminui a porosidade da silagem (Holmes, 2009), que reduz a infiltração de O_2 e o desenvolvimento de microrganismos aeróbios, que causam a elevação da temperatura e da decomposição da silagem (Bolsen et al., 1993).

Quanto à composição química da silagem, não houve relação com os tipos de perdas avaliadas, com exceção dos valores de pH e perda por efluente. Este fato é interessante, pois evidencia que as perdas de nutrientes ficam limitadas às regiões periféricas do silo, principalmente nas camadas superior e lateral, onde a compactação e a vedação não são tão eficientes (D'Amours & Savoie, 2005) e a infiltração de O_2 é maior (Borreani et al., 2007).

Como as perdas físicas de silagem não tiveram efeitos sobre a composição nutricional da silagem, também não houve alteração dos níveis nutricionais das dietas, produção e constituintes do leite, com exceção do teor de gordura *verso* camada deteriorada.

As características físicas da silagem mais influenciadas pelas tecnologias de ensilagem ($P < 0,01$) foram a densidade da matéria seca (DEMS), peneiras 2 e 3 e tamanho médio de partículas (TMP).

Quando a colheita da silagem foi realizada com máquina automotriz, houve maior DEMS em relação à colheita com máquina montada (Tabela 6). Contudo, a DEMS de ambas as máquinas estão abaixo do recomendado de 240 kg/m³ (Holmes & Muck, 2008). O efeito encontrado no presente trabalho foi o contrário do esperado, talvez devido aos produtores que realizam a colheita com máquina montada, utilizarem o trator de maior potência para a colheita da forragem e o de menor potência (e peso) para fazer a compactação.

Tabela 6. Efeito do tipo de máquina utilizada na colheita sobre as características físicas da silagem

Máquina	MS (g/kg)	DEM _N (kg/m ³)	DEM _S (kg/m ³)	P1 (g/kg)	P2 (g/kg)	P3 (g/kg)	P4 (g/kg)	TMP (mm)
Automotriz	320	688	218 a	82	700 a	210 b	10	10,1 a
Montada	302	684	205 b	81	610 b	300 a	9	9,0 b

MS: teor matéria seca; DEM_N: densidade da matéria natural; DEM_S: densidade da matéria seca; P1: peneira 1 (>19 mm); P2: peneira 2 (8 a 19 mm); P3: peneira 3 (1,18 a 8 mm); P4: peneira 4 (<1,18 mm); TMP: tamanho médio de partículas.

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05).

A colheita da silagem com as máquinas automotrizs resultaram em maior tamanho médio de partículas. Como estas máquinas são equipadas com mecanismo processador de grãos, os produtores têm utilizado maior tamanho de partículas, a fim de aumentar a quantidade de fibra fisicamente efetiva, que favorece a atividade de mastigação, pH ruminal e conteúdo de gordura do leite (Mertens, 1997; Zebeli et al., 2008). Contudo, conforme verificado na peneira 3 (210 g/kg), a quebra de grãos não tem sido suficiente, pois essa peneira possui relação com a quebra de grãos, sendo recomendado entre 300 e 400 g/kg (Lammers et al., 1996).

A DEMS também foi afetada pelo tipo de silo e desensilagem (Figuras 1 e 2).

Os silos de superfície tiveram menor DEMS em relação aos do tipo trincheira, possivelmente pela maior dificuldade de compactação que resulta em menor DEMS (Ruppelet al., 1995; Oliveira, 2001; Bolsen et al., 2012).

A desensilagem, com utilização de trator com concha, também promoveu menor DEMS, já que este tipo de equipamento destrutura a massa ensilada pelo revolvimento irregular da silagem no painel do silo (Muck & Rotz, 1996; Holmes, 2009).

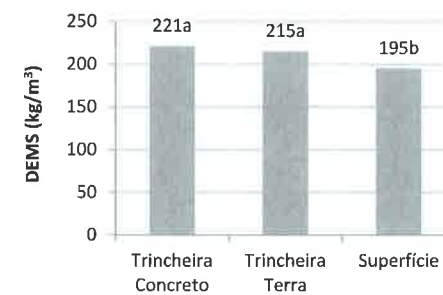


Figura 1 - Densidade da matéria seca (DEMS), conforme o tipo de silo.

Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste Tukey (P<0,05).

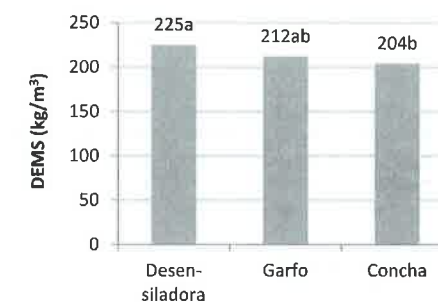


Figura 2 - Densidade da matéria seca (DEMS) conforme a forma de desensilagem.

Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste Tukey (P<0,05).

As características que mais se relacionaram com o valor nutricional da silagem foram densidade da matéria seca (DEMS) e teor de MS. As silagens com maior DEMS tiveram menores teores de FDA, FDN e maiores teores de amido, NDT, DIVMS e VRN. O maior teor de amido e o menor teor de fibras favorece a compactação, aumentando a DEMS. A correlação entre DEMS e o teor de amido nas silagens pode ser explicada pela alta densidade dos grãos de milho, que no Brasil varia entre 1,218 e 1,292 g/cm³ (Correa et al., 2002), superior à densidade das partículas fibrosas (<1,000 g/cm³).

O teor de MS também teve alta relação com o valor nutricional da qualidade da silagem. Quanto maior o teor de MS, menor os teores de FDA e FDN e maiores os teores de amido, NDT e VRN. Com o avanço no teor

de MS da forragem, o conteúdo de grãos de milho aumenta, reduzindo a concentração de fibras por efeito de diluição (Zopollatto, 2009).

A única variável física que teve tendência ($P < 0,10$) de afetar positivamente a produção de leite foi a DEMS (Tabela 7). Isso poderia ser explicado pelo melhor valor nutricional da silagem com maior DEMS. Contudo, o teor de gordura e de sólidos do leite reduziu com maior DEMS, possivelmente pelo efeito de diluição pelo maior volume de leite produzido (Cunha et al., 2008).

Tabela 7 - Correlações entre as características físicas das silagens com a produção e qualidade do leite. Coeficientes de determinação e nível de significância

	DEMN	DEMS	MS	P1	P2	P3	P4	TMP
Leite	0,14811	0,25005	0,11239	-0,14023	0,07906	-0,01506	0,00494	-0,01260
	0,26290	0,05610	0,39670	0,28940	0,55170	0,90990	0,97040	0,92450
Gordura	0,16297	-0,35536	-0,44316	0,00195	-0,01406	0,03682	-0,27178	0,01624
	0,21750	0,00570	0,00040	0,98830	0,91580	0,78190	0,03730	0,90280
Proteína	0,00131	-0,08576	-0,08461	0,17394	-0,23164	0,15298	0,02890	-0,08189
	0,99220	0,51840	0,52400	0,18770	0,07750	0,24740	0,82800	0,53750
Lactose	0,27504	0,09612	-0,11605	-0,01606	-0,01100	0,01872	-0,00670	0,00900
	0,05850	0,51570	0,43220	0,91380	0,94090	0,89950	0,96390	0,95160
Sólidos	0,21864	-0,34325	-0,42458	0,00820	0,09404	-0,06600	-0,35124	0,11995
	0,13540	0,01690	0,00260	0,95590	0,52409	0,65580	0,01440	0,41680
CCS	-0,05135	-0,14228	-0,09878	0,00169	0,13121	-0,12462	-0,12825	0,11696
	0,69930	0,28240	0,45670	0,98990	0,32190	0,34700	0,33300	0,37770

DEMN: densidade da matéria natural; DEMS: densidade da matéria seca; MS: teor matéria seca; P1: peneira 1 (>19 mm); P2: peneira 2 (8 a 19 mm); P3: peneira 3 (1,18 a 8 mm); P4: peneira 4 (<1,18 mm); TMP: tamanho médio de partículas.

As variáveis referentes aos sistemas de produção de silagem foram analisadas pelo método da análise fatorial em componentes principais, sendo criados dois componentes principais sintéticos (CP1 e CP2), que explicaram 44,27% da variância acumulada (Figura 3).

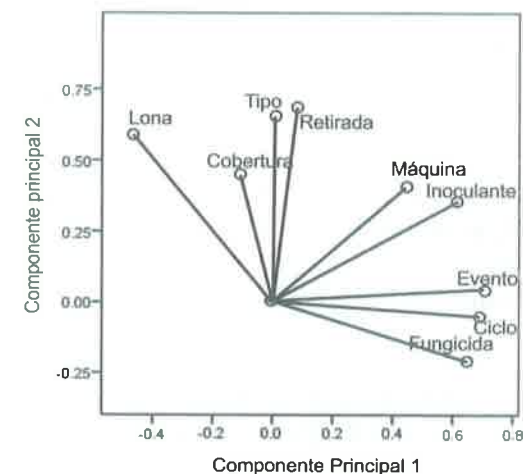


Figura 3 - Componentes principais e variáveis referentes aos sistemas de produção de silagem.

O CP1 explicou 24,39% da variação total da análise e foi marcado pelas tecnologias de condução da lavoura e de ensilagem (ciclo do híbrido de milho, evento Bt, aplicação de fungicida na cultura, tipo da máquina empregada na colheita da silagem e uso de inoculante na ensilagem). As variáveis híbrido de milho e tecnologia Bt também estão relacionadas com esse componente, pois estão correlacionadas com ciclo e evento Bt.

O CP2 explicou 18,88% da variação total da análise e foi marcado pelas características inerentes ao silo (tipo de silo, cor da lona, cobertura sobre a lona e forma de retirada da silagem).

O primeiro componente (CP1) exprime, portanto, a dimensão do emprego de tecnologia na condução da lavoura e processo da ensilagem. O segundo componente (CP2) exprime o investimento no silo propriamente dito e na desensilagem.

Através da análise de agrupamento, foram formados quatro grupos distintos, porém homogêneos entre si. Os grupos ficaram dispostos ao longo dos dois eixos dos componentes principais (Figura 3).

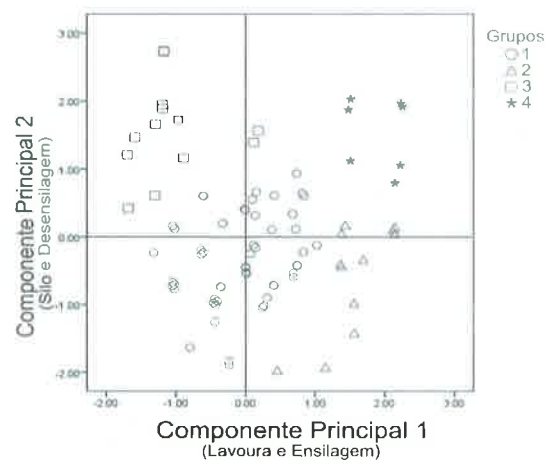


Figura 4 - Distribuição espacial dos silos de acordo com dois componentes principais.

Grupo 1: médio investimento na lavoura/ensilagem e silo/desensilagem; Grupo 2: alto investimento na lavoura/ensilagem e baixo no silo/desensilagem; Grupo 3: baixo investimento na lavoura/ensilagem e alto no silo/desensilagem; Grupo 4: alto investimento na lavoura/ensilagem e silo/desensilagem.

O grupo 1 teve a maior quantidade de representantes (74 silos). Os representantes desse grupo se concentram próximo ao centro dos eixos dos componentes 1 e 2, representados por produtores que utilizam médio nível de investimento em tecnologia tanto na lavoura e ensilagem como no silo e desensilagem. O grupo 2 (12 silos) representa bom investimento na lavoura, mas baixo investimento na estrutura de armazenagem e descarga do silo. O grupo 3 (15 silos) representa menor investimento na condução da lavoura e ensilagem, porém agrupa silos bem feitos e com retirada adequada. O grupo 4 teve a menor quantidade de representantes (7 silos). Este grupo, apesar de menor, se destaca frente aos demais por possuir alto investimento tecnológico, tanto na lavoura e ensilagem (CP1) como na estrutura de armazenagem e desensilagem (CP2).

Quanto aos aspectos físicos e químicos das silagens, o grupo 4 apresentou os melhores resultados, com maior densidade da matéria seca (DEMS), menor teor de FDN, maior teor de MS e valor relativo nutricional (VRN) (Tabela 3). Porém, este grupo apresentou a maior temperatura no painel do silo (29,4°C). Portanto, o maior investimento realizado pelos

produtores desse grupo na condução da lavoura, ensilagem e utilização, refletiu em melhores características físicas (DEMS e MS) e químicas da silagem (FDN e VRN).

A maior temperatura observada nas silagens do grupo 4 pode estar relacionada à maior quantidade de substâncias não fibrosas, que são preferidas pelos microrganismos aeróbicos (Jobim et al., 2007).

Tabela 9 - Variáveis físicas e químicas das silagens de milho para cada grupo de silos

Variáveis	Grupos de Silos				Média	P>f
	1	2	3	4		
Características físicas						
MS (g/kg)	312 ^{ab}	285 ^b	319 ^{ab}	338 ^a	312	0,049
DEMN (kg/m³)	679	734	671	715	686	0,088
DEMS (kg/m³)	210 ^b	207 ^b	213 ^b	240 ^a	212	0,015
Temperatura Silo (°C)	24,6 ^b	25,5 ^{ab}	28,0 ^{ab}	29,4 ^a	25,5	<0,001
Estabilidade Aeróbia (h)	65,5	54,0	73,6	68,6	65,6	0,644
Peneira 1 (g/kg)	76	103	93	74	81	0,430
Peneira 2 (g/kg)	646	674	700	694	659	0,203
Peneira 3 (g/kg)	267	218	203	221	250	0,014
Peneira 4 (g/kg)	10	5	8	11	9	0,228
TMP (mm)	9,3	10,4	10,3	9,8	9,6	0,008
Características químicas						
pH	3,9	3,9	3,9	4,0	3,9	0,534
PB (g/kg)	79	81	81	81	80	0,573
FDA (g/kg)	255	251	251	235	253	0,513
FDN (g/kg)	467 ^a	453 ^{ab}	449 ^{ab}	410 ^b	459	0,025
Amido (g/kg)	329	345	320	370	332	0,118
DIVMS (g/kg)	716	725	726	730	719	0,254
NDT (g/kg)	700	703	703	714	701	0,510
VRN (g/kg)	140 ^b	144 ^{ab}	145 ^{ab}	162 ^a	142	0,037
Zearalenona (ppb)	320	263	291	303	308	0,882

MS: teor matéria seca; DEMN: densidade da matéria natural; DEMS: densidade da matéria seca; P1: peneira 1 (>19 mm); P2: peneira 2 (8 a 19 mm); P3: peneira 3 (1,18 a 8 mm); P4: peneira 4 (<1,18 mm); TMP: tamanho médio de partículas.

Grupo 1: médio investimento na lavoura/ensilagem e silo/desensilagem; Grupo 2: alto investimento na lavoura/ensilagem e baixo no silo/desensilagem; Grupo 3: baixo investimento na lavoura/ensilagem e alto no silo/desensilagem; Grupo 4: alto investimento na lavoura/ensilagem e silo/desensilagem.

O grupo 4, de maior investimento na lavoura, ensilagem, silo e desensilagem, foi formado por propriedade com maior área destinada à silagem (84 ha), maior número de animais (342) e tecnologia de produção

mais intensiva (Tabela 10). Das sete propriedades desse grupo, cinco possuíam sistema de confinamento dos animais, com maior número de lotes de alimentação (média 4,2) e maior número de ordenhas diárias (média 2,6). Além disso, fornecia maior quantidade de silagem de milho aos animais (9,3 kg/vaca/dia) e maior quantidade da dieta total (23,8 kg/vaca/dia) com maior teor de PB (165 g/kg).

Tabela 10 - Características do sistema de produção, composição da dieta, produção e composição do leite relativo aos grupos de silos

Variáveis	Grupos				Média	P>f
	1	2	3	4		
Sistema de produção						
Número de lotes	1,9 ^b	2,3 ^b	2,7 ^b	4,2 ^a	2,4	<0,001
Número de tratos	2,1	2,3	1,9	2,1	2,1	0,416
Número de animais	92 ^b	114 ^b	140 ^b	342 ^a	120	<0,001
Número de lactações	2,3	2,1	2,5	2,5	2,4	0,164
Dias em lactação	198	198	204	235	204	0,068
Área para silagem (ha)	24,1 ^b	35,3 ^b	40,5 ^b	84,0 ^a	31,5	<0,001
Número de ordenhas (dia)	2,1 ^b	2,4 ^{ab}	2,3 ^{ab}	2,6 ^a	2,2	0,021
Torção de abomaso (%/mês)	0,5	0,9	0,6	0,4	0,6	0,914
Composição da dieta						
Silagem milho (kg/vaca/dia)	8,1 ^{ab}	7,0 ^b	8,0 ^{ab}	9,3 ^a	8,1	0,122
Sil. Milho:dieta (g/kg)	382	334	373	391	378	0,573
Volumoso:dieta (g/kg)	528	506	522	512	523	0,845
Oferta dieta (kg/vaca/dia)	21,3 ^b	20,8 ^b	21,2 ^b	23,8 ^a	21,5	0,010
MS (g/kg)	437	416	450	494	445	0,278
PB (g/kg)	153 ^b	158 ^{ab}	157 ^{ab}	165 ^a	155	0,001
FDA (g/kg)	203	209	196	211	203	0,310
FDN (g/kg)	360	366	350	351	357	0,636
Amido (g/kg)	266	250	264	272	264	0,667
NDT (g/kg)	713	706	718	731	716	0,165
Produção e composição do leite						
Produção leite (L/vaca/dia)	29,5 ^b	30,7 ^b	30,5 ^b	36,6 ^a	30,6	0,008
Gordura (g/kg)	34	34	33	31	33	0,339
Proteína (g/kg)	32 ^a	32 ^a	32 ^a	30 ^b	32	0,018
Lactose (g/kg)	46	45	46	46	46	0,514
Sólidos (g/kg)	120	120	119	116	119	0,168
CCS (1.000 células/mL)	332 ^{ab}	468 ^{ab}	524 ^a	315 ^b	394	0,004

Grupo 1: médio investimento na lavoura/ensilagem e silo/desensilagem; Grupo 2: alto investimento na lavoura/ensilagem e baixo no silo/desensilagem; Grupo 3: baixo investimento na lavoura/ensilagem e alto no silo/desensilagem; Grupo 4: alto investimento na lavoura/ensilagem e silo/desensilagem.

Todos estes fatores inerentes à qualidade da silagem, sistema de produção e dieta utilizada, resultaram em maior produção de leite do grupo 4 em relação à média (36,6 x 30,6 L/vaca/dia). O leite deste grupo teve menor teor de PB (30 g/kg) e CCS (315.000 células/mL) em relação à média de 32 g/kg e 394.000 células/mL. O menor teor de PB do leite desse grupo pode ser explicado pelo efeito de diluição pelo maior volume (Cunha et al., 2008). A menor CCS pode estar relacionada ao melhor manejo dos animais, mas também à melhor qualidade nutricional e sanitária da silagem.

Analisando os resultados dos silos do grupo 4, fica evidenciado que melhores práticas de condução da lavoura, ensilagem, manejo do silo e desensilagem resultam em melhor valor alimentício da forragem. O valor alimentício é definido como interação do valor nutricional com o consumo, e quando aliada ao bom manejo dos animais, resulta em maior produção de leite (Jobim et al., 2007).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A maior parte das silagens da região Centro-oriental paranaense apresenta valores inadequados de MS, densidade da matéria seca (DEMS) e tamanho de partículas. A DEMS e o teor de MS tiveram relação positiva com o valor nutricional da silagem, que leva à maior inclusão de silagem na dieta, mas resulta em menor teor de gordura e sólidos do leite.

As perdas físicas de silagem são reduzidas com melhores práticas de ensilagem e utilização da silagem, contudo não se relacionam com a dieta e produção de leite.

O nível tecnológico empregado nas lavouras e na ensilagem é elevado na região Centro-oriental paranaense, principalmente com utilização de híbridos de milho de alta tecnologia e colheita terceirizada com máquinas automotrizas.

Os investimentos nos silos são baixos, sendo a maior parte dos silos do tipo trincheira de terra, cobertos com lona preta e terra e a desensilagem é manual.

Os indicadores técnicos que marcam a diferença entre as silagens estão relacionados ao nível de investimento na cultura do milho e no processo de ensilagem, no silo e na desensilagem.

Propriedades com maiores investimentos na produção de silagem e com sistemas de produção mais intensivos possuem silagem de melhor qualidade e maior produção de leite por vaca.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, M.S.; COORS, J.G.; ROTH, G.W. Corn Silage. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Eds.) **Silage science and technology**. Madison: American Society of Agronomy; Crop Science Society of America; Soil Science Society of America, 2003. p.547-608.
- BERNARDES, T.F. **Levantamento das práticas de produção e uso de silagens em fazendas leiteiras no Brasil**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2012. 17p. (E-book).
- BOLSEN, K.K.; DICKERSON, J.T.; BRENT, B.E. et al. Rate and extent of top spoilage losses in horizontal silos. **Journal of Dairy Science**, v.76, n.10, p.2940-2962, 1993.
- BOLSEN, K.K.; BOLSEN, R. E.; WIGLEY, S. et al. Economics of sealing maize silage in bunker silos and drive-over piles: an Excel spreadsheet. In: INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, 16., 2012, Hämeenlinna. **Proceedings...** Hämeenlinna: University of Helsinki, 2012. p.286-287.
- BORREANI, G.; TABACCO, E.; CAVALLARIN, L. A new oxygen barrier film reduces aerobic deterioration in farm-scale corn silage. **Journal of Dairy Science**, v.90, n.10, p.4701-4706, 2007.
- BORREANI, G.; TABACCO, E. Effect of silo management factors on aerobic stability and extent of spoilage in farm maize silages. In: INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, 16., 2012, Hämeenlinna. **Proceedings...** Hämeenlinna: University of Helsinki, 2012. p.71-72.
- CORREA, C.E.S.; SHAVER, R.D.; PEREIRA, M.N. et al. Relationship Between Corn Vitreousness and Ruminant In Situ Starch Degradability. **Journal of Dairy Science**, v.85, n.11, p.3008-3012, 2002.
- CUNHA, R.P.L.; MOLINA, L.R.; CARVALHO, A.U. et al. Mastite subclínica e relação da contagem de células somáticas com número de lactações, produção e composição química do leite em vacas da raça Holandesa. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, n.1, p.19-24, 2008.
- D'AMOURS, L.; SAVOIE, P. Density profile of corn silage in bunker silos. **Canadian Biosystems Engineering**, v.47, n.2, p. 2.21-2.28, 2005.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA [2005]. **Custos de forrageiras**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2005. Disponível em: <<http://www.cnpqgl.embrapa.br/nova/informacoes/custos/custos2.php>>. Acesso em: 2 mai. 2012.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO [2011]. **Faostat**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/569/default.aspx#ancor>>. Acesso em: 29 abr. 2012.
- HOLMES, B.J. **Software applications for sizing silos to maximize silage quality**. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF FORAGE QUALITY AND CONSERVATION, 1., 2009, São Pedro. **Proceedings...** Piracicaba: USP, 2009. p.189-208.
- HOLMES, B.; MUCK, R.E. [2008]. **Bunker silo silage density calculator**. Disponível em: <<http://www.uwex.edu/ces/crops/uforage/storage.htm>>. Acesso em: 6 mar. 2013.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE [2012]. **Produção da pecuária municipal 2012**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2012/>>. Acesso em: 29 abr. 2013.
- JANSSEN, H.P. **Adubação nitrogenada para rendimento de milho silagem em sucessão ao azevém pastejado, pré-secado e cobertura em Sistemas integrados de produção**. 2009. 91f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

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

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

LAUER, J.G.; COORS, J.G.; FLANNERY, P.J. Forage yield and quality of corn cultivars developed in different eras. **Crop Science**, v.41, n.5, p.1449-1455, 2001.

MERTENS, D. R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.80, n.7, p.1463, 1997.

MORAN, J.P.; WEINBERG, G.; ASHBELL, Y.H. et al. A comparison of two methods for the evaluation of the aerobic stability of whole crop wheat silage. In: INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, 11., 1996, Aberystwyth. **Proceedings...** Aberystwyth: University of Wales Aberystwyth, 1996. p.162-163.

MUCK, R.E.; ROTZ, C.A. Bunker silo unloaders: an economic comparison. **Applied Engineering in Agriculture**, v.12, n.3, p.273-280, 1996.

MUCK, R.E.; MOSER, L.E.; PITT, R.E. Postharvest factors affecting ensiling. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Eds.) **Silage science and technology**. Madison: American Society of Agronomy; Crop Science Society of America; Soil Science Society of America, 2003. p.251-304.

OLIVEIRA, J.S. Manejo do silo e utilização da silagem de milho e sorgo. In: CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; RODRIGUES, J.A.S. et al. (Eds.) **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. p.473-518.

OLIVEIRA, L.B.; PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P. et al. Perdas e valor nutritivo de silagens de milho, sorgo-sudão, sorgo forrageiro e girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.1, p.61-67, 2010.

RUPPEL, K.A.; PITT, R.E.; CHASE, L.E. et al. Bunker silo management and its relationship to forage preservation on dairy farms. **Journal of Dairy Science**, v.78, n.1, p.141-153, 1995.

SCHMIDT, P.; NOVINSKY, C.O.; JUNGES, D. Riscos ambientais oriundos de compostos orgânicos voláteis e do efluente produzido por silagens. In: SIMPÓSIO: PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 4., 2011, Maringá. **Anais...** Maringá: Sthampa, 2011.

ZEBELI, Q.; DIJKSTRA, M.T.; TAJAJ, M. et al. Modeling the adequacy of dietary fiber in dairy cows based on the responses of ruminal pH and milk fat production to composition of the diet. **Journal of Dairy Science**, v.91, n.5, p.2046-2066, 2008.

ZOPOLLATO, M.; NUSSIO, L.G.; MARI, L.J. Alterações na composição morfológica em função do estágio de maturação em cultivares de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.3, p.452-461, 2009.