



IMPORTÂNCIA DO TAMANHO DE PARTÍCULA E DO USO DE INOCULANTE BACTERIANO EM SILAGENS

IMPORTANCE OF PARTICLE SIZE AND USE OF BACTERIA IN INOCULANT SILAGES

IMPORTANCIA DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA Y EL USO DE INOCULANTE EN ENSILAJES

RÊGO, A. COUTINHO,^{1*} Dr, OLIVEIRA, M. DAL SECCO,² Dr, SIGNORETTI, R. DIAS,³ Dr.

¹Universidade Federal Rural da Amazônia, Avenida Presidente Tancredo Neves, N° 2501 Bairro: Montese Cep: 66.077-830
Cidade: Belém-Pará-Brasil.

²Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Jaboticabal, Brasil.

³Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, APTA, Colina, São Paulo, Brasil.

Palavras chave:

Conservação,
Lactobacillus plantarum,
Propionibacterium acidipropionici,
Ruminante,
Silo

Resumo

Objetivo-se com a presente revisão discutir a importância do ajuste adequado do tamanho de partícula no momento da colheita da planta do milho a ser ensilada e do uso ou não de inoculante bacteriano. Silagens têm recebido maior ênfase por parte dos pecuaristas, por exigir tecnologia simples e apresentar excelentes resultados, sendo a confecção menos limitada por fatores climáticos, quando comparada com a fenação. O tamanho de corte de partículas pode contribuir em modificações na fermentação da massa ensilada, através de diferentes densidades obtidas no silo, esse pode ainda provocar mudanças nas atividades mastigatórias e no desempenho de ruminantes. A fermentação no silo é um processo complexo e dinâmico que é afetado por grande variedade de fatores inerentes ao manejo, por isso, tem-se intensificado o uso de inoculantes bacterianos para acelerar a fermentação da forragem e assegurar baixas perdas durante o processo de descarregamento. Ainda existe um grande espaço para pesquisas no sentido de elucidar os verdadeiros efeitos do ajuste no tamanho de partícula associada ao uso de inoculantes bacterianos tanto no que se refere ao ambiente do silo como principalmente ao desempenho animal.

Key words:

Conservation,
Lactobacillus plantarum,
Propionibacterium acidipropionici,
Ruminant,
Silo.

Abstract

Objective with this review discuss the importance of proper adjustment of the particle size at harvest of corn silage and the use or non use of inoculants. Silages have received greater emphasis by the ranchers, by requiring simple technology and provide excellent results, with the confection less limited by climatic factors compared with haying. The particle sizes can contribute to changes in the fermentation of silage by means of different densities in the silo, this may also cause changes in chewing activities and performance of ruminant animals. The fermentation in the silo is a complex and dynamic process that is affected by variety of factors inherent to the management therefore has intensified the use of bacterial inoculants to accelerate the fermentation of forage ensure low losses during the unloading process. There is still a large space for research to elucidate the effect of setting the true effects in particle size associated with the use of bacterial inoculants in relation to the silo environment and mainly as animal performance.

INFORMACIÓN

Recibido: 12-02-2015;

Aceptado: 20-05-2015.

Correspondencia autor:

anibalcr@gmail.com

Palabras clave:

Conservación,
Lactobacillus plantarum,
Propionibacterium acidipropionici,
Rumiante,
Silo

Resumen

El objetivo de la presente revisión es discutir sobre la importancia del ajuste adecuado del tamaño de partícula en el momento de la colecta de la planta de maíz al ser ensilada y del uso o no de inoculante bacteriano. Los ensilajes han sido ampliamente utilizados por los ganaderos por exigir tecnologías simples y presentar resultados satisfactorios, ya que esta tecnología de conservación es menos dependiente de factores climáticos, en comparación al heno. El tamaño de corte de las partículas puede causar modificaciones en la fermentación de la masa ensilada, a través de diferentes densidades obtenidas en el silo, lo que a su vez puede provocar modificaciones en la actividad masticatoria e en el desempeño de los rumiantes. La fermentación en el silo es un proceso complejo y dinámico que es afectado por una gran variedad de factores inherentes al manejo, por eso, se ha intensificado el uso de inoculantes bacterianos para acelerar la fermentación del forraje y disminuir las pérdidas durante el proceso de descargue. Todavía existe un gran espacio para investigar sobre los verdaderos efectos del ajuste en el tamaño de partícula asociada al uso de inoculantes bacterianos, tanto en lo que se refiere al ambiente del silo como al desempeño animal.

Introdução

A produção de ruminantes no mundo é influenciada ao longo do ano pela quantidade de alimento que o produtor dispõe para ser utilizado pelos rebanhos. Isso se deve em grande parte às consequências causadas pela estacionalidade da produção de volumosos, influenciada pela variação nas estações climáticas ao longo do ano como, modificação nos índices pluviométricos, temperaturas e luminosidade. Em alguns países como o Brasil, grande parte da produção de ruminantes é à base de pastagens e acompanha a disponibilidade desta ao longo do ano, fazendo com que o preço dos produtos (leite e carne) no mercado esteja correlacionado negativamente com a disponibilidade de forragens. Maiores preços do produto em época de falta de forragem estimulam o pecuarista a utilizar estratégias de produção de alimento para serem usadas nos períodos críticos do ano. Dessa forma, o uso de forragens conservadas tem sido amplamente recomendado, desde que seja usada de forma adequada para evitar prejuízos no processo de produção.

Silagens têm recebido maior ênfase por parte dos pecuaristas, por exigir tecnologia simples e apresentar excelentes resultados, sendo a confecção menos limitada por fatores climáticos, quando comparada com a fenação. Dentre várias espécies forrageiras utilizadas na produção de silagem, o milho é a cultura mais utilizada no mundo, pois apresenta características de ensilabilidade próxima ao ideal, como, boas concentrações de carboidratos solúveis, poder tampão e teores de matéria seca ideal quando a planta atinge um bom acúmulo de amido está apta à colheita. A vantagem do milho está na adaptabilidade a climas de diferentes regiões, pois existe no mercado uma grande disponibilidade de materiais genéticos nas diferentes regiões do mundo. Outras culturas também ganham destaque na produção de silagem como, sorgo, capins tropicais, cana-de-açúcar e milheto.

Assim como em outras culturas, ainda existem algumas dúvidas no manejo da ensilagem. O tamanho de corte de partículas, segundo alguns autores, pode contribuir em modificações na fermentação da massa ensilada, através de diferentes densidades obtidas no silo e, conseqüentemente, alterações nas concentrações de oxigênio presente. O tamanho de partículas pode ainda provocar mudanças nas atividades mastigatórias e no desempenho de ruminantes. Porém, poucas são as pesquisas no sentido de avaliar o tamanho ideal de partículas no processo de ensilagem da planta e o impacto no desempenho produtivo de ruminantes.

A fermentação no silo é um processo complexo e dinâmico que é afetado por grande variedade de fatores inerentes ao manejo. Assim, faz-se necessário assegurar boa qualidade da silagem, pois altos são os investimentos na condução da cultura, nos processos de enchimento e retirada da silagem, além de nem sempre a fermentação no interior do silo ocorrer de forma satisfatória. Deste modo, tem-se intensificado o uso de inoculantes bacterianos para acelerar a fermentação da forragem e assegurar baixas perdas durante o processo de descarregamento.

Diante do exposto, objetiva-se com a presente revisão discutir os principais efeitos do tamanho de partículas e do uso de inoculantes bacterianos em silagens para a produção de ruminantes.

Aspectos gerais sobre silagem

Em muitas partes do mundo, conservar forragem é essencial na produção de ruminantes, ao longo de períodos em que essa não está disponível. Em muitas regiões onde existe algum tipo de restrição ao crescimento de forrageiras, quer seja por quedas nas temperaturas ou pelos baixos índices pluviométricos, conservar forragem torna-se uma obrigação. Assim, o pecuarista precisa lançar mão de alternativas no armazenamento de alimento, como a ensilagem.

WOOLFORD (1984) definiu silagem como sendo o produto formado quando capins ou outro material suficientemente úmido, sujeito a deterioração por microrganismos aeróbios são armazenados anaerobicamente. A silagem é o produto produzido a partir da ensilagem, que é armazenado em estruturas denominadas silo (WILKINSON, 2003).

WILKINSON *et al.* (2003) subdividiu o processo de ensilagem em quatro principais fases de duração e intensidade, que não são separadas precisamente uma da outra, são elas: fase aeróbia inicial, fase inicial de fermentação (anaeróbia), fase estável e fase de descarregamento (Fig. 1).

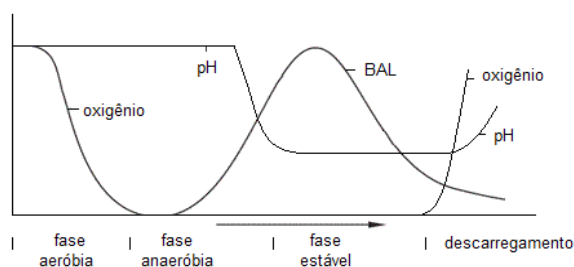


Figura 1. Representação do processo fermentativo no silo.

A fase aeróbia inicia-se quando a forragem é colhida e é caracterizada pela predominância de microrganismos aeróbios na superfície da forragem. Durante essa fase o material recém cortado e picado continua a respirar dentro da estrutura do silo, utilizando oxigênio presente entre as partículas. Durante o enchimento do silo as proteases iniciam a decomposição de proteínas a aminoácidos e carboidrases aumentam a quantidade de carboidratos disponíveis para a fermentação (WILKINSON *et al.*, 2003). Esta fase de enchimento deve ser rápida, uma vez que as bactérias aeróbias consomem carboidratos solúveis que poderiam estar disponíveis para bactérias produtoras de ácido lático. Quando o oxigênio é eliminado da massa e o fechamento do silo é feito rapidamente, a fase continuará por poucas horas e os efeitos da anaerobiose são minimizados (McDONALD *et al.*, 1991).

Após o oxigênio ter sido utilizado pelas bactérias aeróbias na primeira fase, da-se início a fase anaeróbia. Nessa fase inicia-se o crescimento da população de bactérias produtoras de ácido lático, fermentando carboidratos solúveis a ácido lático. Alta concentração de ácido lático é desejável para inibir o crescimento de microrganismo que deteriore a massa ensilada. A preservação é causada pelos baixos valores de pH no interior do silo dando início a fase estável da fermentação, onde o pH permanece baixo até a abertura. Praticamente nenhum processo de deterioração irá ocorrer na massa enquanto o oxigênio

permanecer em concentrações baixas. Valores de pH entre 3,8 e 4,2 é indicativo de silagem de qualidade (McDONALD *et al.*, 1991) na maioria das culturas.

Posteriormente à fase de fermentação inicial, poucas mudanças ocorrem, desde que o silo permaneça fechado, por isso essa fase é denominada de estável. Nessa fase a população de bactérias produtoras de ácido lático (BAL) diminui um pouco e apenas algumas enzimas tolerantes a acidez continuam ativas, causando uma lenta hidrólise nos carboidratos estruturais e de reserva (PAHLOW *et al.*, 2003). A fase de descarregamento do silo refere-se à silagem propriamente dita, uma vez que trata-se do produto da fermentação que pode ser fornecida aos animais. Esta fase é importante pois pesquisas demonstram que quase 50% da MS da silagem podem ser perdidas a partir da decomposição aeróbia secundária. Microrganismos, principalmente leveduras e fungos, proliferam, metabolizando açúcares, ácido lático, e outros ácidos a CO₂, água e calor (ROOKE e HATFIELD, 2003), por isso, medidas de temperatura no painel do silo e mensurações da concentração de CO₂ são utilizados para avaliar a estabilidade aeróbia da silagem. As reações relacionadas a essa fase podem ocorrer em qualquer parte da superfície do silo, desde que seja exposta ao oxigênio, no armazenamento ou no descarregamento. Populações elevadas de leveduras e bolores podem levar a perdas significativas devido à deterioração aeróbia da silagem.

A gestão adequada do processo de ensilagem é vital para reduzir essas perdas e melhorar a estabilidade aeróbia da silagem. Quando isso não ocorre o produtor é induzido, a lançar mão de alternativas que possam diminuir as perdas ao longo do processo de ensilagem, como o uso de aditivos para melhorar o perfil de fermentação e a estabilidade aeróbia da silagem.

Tamanho de partículas

Na prática, um dos pontos que são considerados na tomada de decisão por parte do pecuarista é o tamanho de corte da partícula com que será picada a forragem a ser ensilada. Segundo MUCK *et al.* (2004), na produção de silagem, aspectos relacionados ao tamanho de corte das partículas podem afetar a densidade, a fermentação, a produção de efluente e, indiretamente, a deterioração aeróbia.

O processo de compactação é diretamente relacionado à densidade da silagem, ou seja, quanto maior a compactação, maior a quantidade de forragem por metro cúbico no silo. Por sua vez, a densidade afeta diretamente o custo de armazenamento no silo, pois quanto maior a densidade da massa, menor será o volume exigido no armazenamento da silagem e,

conseqüentemente, menor o custo. Entretanto, a busca pela máxima compactação pode aumentar consideravelmente as perdas por efluentes (MUCK *et al.*, 2004)

A forragem ensilada com tamanho de partículas maior tende a apresentar maior dificuldade de expulsão do oxigênio, ao longo do processo de compactação, em virtude da maior porosidade da massa. Com tamanho de partículas menor, obtém-se melhor expulsão do oxigênio em decorrência da melhor acomodação destas no silo.

O comprimento de partículas pode afetar o processo de fermentação no silo, promovendo rápidas taxas de crescimento de bactérias produtoras de ácido láctico, rápida queda de pH, menor pH final e reduzida susceptibilidade a fermentações por *Clostridium* spp. (MUCK *et al.*, 2004). De acordo com McDONALD *et al.* (1991) o tamanho de partículas, quando inferior a 20 mm, pode atuar positivamente sobre a disponibilidade de carboidratos solúveis, e conseqüentemente, estimular o crescimento de bactérias produtoras de ácido láctico. MURDOCH *et al.* (1955) relatam que tratamentos físicos, com o intuito de obter partículas menores melhoram as características fermentativas da silagem, em particular, reduzindo a concentração de ácido butírico. Desse modo, picar a forragem finamente no processo de ensilagem facilita a compactação no silo, reduz os espaços com ar entre as partículas e faz com que carboidratos tornem-se facilmente disponíveis a bactérias produtoras de ácido láctico. Esse processo ajuda prevenir aquecimento, produção de bolores e deterioração.

A deterioração aeróbia da silagem é diretamente relacionada ao fluxo de oxigênio no silo, que no momento da ensilagem e durante o processo de retirada da silagem é diretamente proporcional à porosidade. O aumento no fluxo de oxigênio dentro do silo provoca maior crescimento de microrganismos aeróbios, consumindo produtos da fermentação e carboidratos não estruturais (MUCK *et al.*, 2004).

NEUMANN *et al.* (2007) avaliaram o efeito do tamanho de partículas (0,2 a 0,6 cm ou 1,0 a 2,0 cm) e altura de corte ensilagem (15,2 cm ou 38,6 cm) das plantas de milho para sobre as perdas e o valor nutritivo das silagens e verificaram que nas silagens com partículas maiores ocorreram maiores perdas físicas na desensilagem. Este resultado foi justificado pela susceptibilidade das silagens com partículas grandes à deterioração após abertura dos silos, possivelmente em virtude da menor compactação destas silagens. Partículas grandes permitem uma maior penetração do oxigênio e conseqüentemente o início da atividade microbiana aeróbia, levando a possíveis perdas de

MS. Tais perdas podem ser correlacionadas com modificações na composição química da silagem. RUPPEL *et al.* (1995) observaram grandes aumentos na concentração de fibra em detergente ácido (FDA) durante o processo de ensilagem de forragem com partículas grandes, relacionando com as perdas de MS.

Normalmente, é comum a busca por tamanho de partículas excessivamente pequeno para obtenção de altas densidades no silo, melhores perfis de fermentação e auxílio na manutenção do valor nutritivo da silagem (McDONALD *et al.*, 1991). No entanto, tal prática exige mais tempo para colher a forragem e impede maior rapidez no processo de colheita e enchimento, que é facilitado quando a colhedora é regulada para maior tamanho de partículas.

Na nutrição de vacas leiteiras, o balanceamento das dietas pode ser influenciado pela composição química e pelas características físicas do alimento, especificamente o tamanho de partículas. Esse por sua vez, pode influenciar a atividade mastigatória, secreção salivar, pH no rúmen e percentagem de gordura no leite (MERTENS, 1997). Além dos aspectos fluxo salivar e tamponamento do rúmen, o tamanho de partículas influencia o valor nutricional do alimento, pois afeta a taxa de passagem, e conseqüentemente, o consumo de MS, a digestão e utilização de nutrientes pelos microrganismos ruminais e por fim o desempenho animal (SAENZ, 2005).

Ao variar o tamanho de partículas da silagem de milho em dietas para vacas leiteiras, KONONOFF *et al.* (2003) observaram aumento linear no consumo de MS e de fibra em detergente neutro (FDN) com a diminuição do tamanho das partículas, o mesmo efeito foi observado por STOCKDALE e BEAVIS (1994) e WEIGAND *et al.* (1993). As partículas menores tendem a aumentar o consumo, pois permanecem menos tempo no rúmen, fazendo com que a passagem destas pelo trato digestivo seja mais rápida (UDÉN, 1988). No entanto, a digestibilidade ruminal, particularmente da fibra, pode ser reduzida. Essa redução na digestibilidade dar-se-á pelo pouco tempo de permanência da fração fibrosa no rúmen, limitando assim a ação da microbiota ruminal. Por outro lado, quando o conteúdo ruminal chega ao ponto onde algum incremento não é possível, devido a partículas grandes ou pela baixa qualidade da forragem, a taxa de passagem da ingesta determina o consumo de alimento (SAENZ, 2005).

No balanceamento de dieta, é importante identificar o teor e a origem da fibra e também as características de efetividade em produzir ruminação, salivação e movimentação peristáltica do rúmen, ou seja, a fibra efetiva. No início dos anos 90 passou-se a utilizar o conceito de efetividade de fibra dos alimentos e de

acordo com MERTENS (1997), dois conceitos são de fundamental importância no entendimento da resposta animal, são eles: FDN fisicamente efetivo (FDNfe) e FDN efetivo (FDNe). Segundo MERTENS (1997), a FDNfe corresponde às características físicas da fibra (tamanho das partículas) que influenciam a atividade mastigatória e a natureza bifásica do conteúdo ruminal. Já a FDNe, está relacionada com a capacidade do alimento em substituir a forragem ou volumoso da dieta de vacas leiteiras, sem modificar a porcentagem de gordura do leite produzido.

Algumas pesquisas têm demonstrado que a atividade mastigatória é a característica que reflete as propriedades químicas e físicas do alimento como, FDN, tamanho de partículas, fragilidade intrínseca e umidade (de BOEVER, *et al.*, 1993; SUDWEEKS *et al.*, 1975; WELCH *et al.*, 1970). Por esse motivo, ensaios de comportamento no sentido de mensurar a atividade mastigatória de vacas leiteiras são de fundamental importância quando se avaliam as características físicas da dieta.

Tabela 1. Efeito do tamanho de partículas na atividade mastigatória de vacas leiteiras.

Alimento e forma física	FDN (% da MS)	Atividade mastigatória total		Referência
		(min/kg de MS)	(min/kg de FDN)	
Alfafa				
Grande (7,83 mm)	45,2	28,1	85,2	YANSARI <i>et al.</i> (2004)
Média (4,04 mm)		22,9	69,9	
Pequena (1,1 mm)	45,2	17,9	54,5	
Alfafa (silagem)				
Grande (19,1 mm)	46,2	24,6	105,7	YANG e BEAUCHEMIN (2007)
Pequena (7,9 mm)	44,7	22,5	102,3	
Alfafa (feno)				
Grande (25 mm)	55,0	52,0	95,0	SANTINI <i>et al.</i> (1983)
Pequeno (5 mm)	45,0	30,0	66,0	
Aveia				
Grande (6,68 mm)	53,3	41,5		LEONARDI <i>et al.</i> (2005)
Média (5,19 mm)	54,9	36,8		
Milho (silagem)				
Grande (19,1 mm)	49,3	30,3	95,6	YANG e BEAUCHEMIN (2006b)
Média (11 mm)	46,3	28,9	94,9	
Pequena	47,8	28,5	90,7	
Milho (silagem)				
Grande (8,8 mm)	33,2	26,5	82,1	KONONOFF <i>et al.</i> (2003)
Pequena (7,4 m)	32,9	23,5	74,4	

MS = matéria seca; FDN = fibra em detergente neutro; min = minutos.

Pode-se observar na Tabela 1 que a forragem com tamanho de partículas reduzido diminuiu a atividade mastigatória por kg de MS e FDN. As forragens picadas podem reduzir a atividade de mastigação entre 20 e 40%. A forragem picada com tamanho de partículas médio, de 5 mm, resulta em aproximadamente 57% da mastigação, quando comparada com forragem contendo tamanho médio de 25 mm (SANTINI *et al.*, 1983).

O aumento nos teores de gordura do leite de vacas alimentadas com dietas contendo predominantemente partículas grandes, são justificadas pela maior relação acetato : propionato no rúmen (ARMENTANO e PEREIRA, 1997). Estas modificações, fizeram com que estes autores utilizem o critério de gordura no leite para determinar efetividade da fibra. Quanto à produção de leite, respostas de aumento ou diminuição na produção podem estar ligadas a mudanças no consumo de MS e amido, quando o tamanho das partículas é alterado (YANG & BEAUCHEMIN, 2006a).

Desta forma, a escolha do tamanho de picagem de partículas no momento da ensilagem deve ser avaliada, no sentido de obter melhores respostas no processo de fermentação dentro do silo e as conseqüências no desempenho animal.

Inoculante bacteriano

O conceito do uso de culturas bacterianas como inoculante para melhorar o perfil de fermentação no processo de ensilagem é conhecido desde o início do século XX. Inicialmente, os experimentos não foram bem sucedidos, principalmente pelo uso de inoculantes com microrganismos mortos (SPOELSTRA *et al.*, 1991) e pela baixa taxa de inoculação.

Tais entraves foram superados e, a partir disso, intensificou-se no mundo o uso de inoculantes bacterianos contendo cepas selecionadas de bactérias produtoras de ácido láctico (BAL), cujo principal objetivo seria reduzir a influência da ação de microrganismos que depreciam a forragem ensilada ao longo do processo de fermentação. Inicialmente, estudos foram realizados com bactérias que cresciam vigorosamente e produziam máxima quantidade de ácido láctico em curto intervalo de tempo (WEINBERG e MUCK, 1996). No entanto, testes comprovaram que tais bactérias viriam a causar problemas na estabilidade aeróbica das silagens, exigindo pesquisas com inoculantes que melhorassem a estabilidade aeróbica na fase de descarregamento do silo.

Para o perfeito entendimento do modo de ação de inoculantes ao longo do processo de conservação da forragem, faz-se necessário caracterizar e conhecer cada um deles. As bactérias utilizadas como inoculante no processo de ensilagem, podem ser divididas basicamente em dois grupos segundo o produto final formado, as que produzem ácido láctico (BAL) e as produtoras de ácido propiônico (BAP). De acordo com os produtos finais produzidos durante a fase de fermentação, as mesmas podem ser divididas em homofermentativas e heterofermentativas (WEINBERG e MUCK, 1996), sendo as homofermentativas aquelas que produzem somente ácido láctico como ácido

orgânico e as heterofermentativa produzem além de ácido láctico, ácido acético e propiônico.

As bactérias pertencentes ao grupo das homofermentativas produzem ácido láctico, pela via Embden-Meyerhof-Parnas (EMP). Essa via tem um rendimento energético de duas moléculas de ácido láctico e 2 ATP por mol de glicose oxidada. No silo, a ação desses microrganismos resulta em rápida taxa de fermentação dos carboidratos solúveis, menor proteólise e deaminação, pela inibição de *Clostridium*, menor protease da planta pela maior concentração de ácido láctico e menor concentração de ácido acético, butírico e de etanol. As rápidas taxas de produção de ácido láctico são devido ao curto 'lag time' de ação do inoculante (KUNG JUNIOR *et al.*, 2003).

Já as bactérias produtoras de ácido láctico heterofermentativas, produzem ácido láctico, ácido acético, etanol e CO₂, pois esses microrganismos não possuem a enzima frutose-difosfato aldolase. Assim, glicose 6-fosfato é fermentada via ácido 6-fosfoglicônico, com rendimento energético de apenas 1 ATP. No caso das bactérias produtoras de ácido propiônico, existe conversão de 3 moles de lactato a 2 moles de propionato, 1 mol de acetato e 1 mol do CO₂ (KUNG JUNIOR *et al.*, 2003). A ação das bactérias heterofermentativas provoca aumentos na estabilidade aeróbia, já que, esses microrganismos produzem ácido acético ou propiônico em condições anaeróbias que agem como inibidor de leveduras e fungos na fase de descarregamento (DANNER *et al.*, 2003). Na Tabela 2 são listados alguns dos microrganismos comuns, que têm sido estudados como inoculantes em silagens.

Tabela 2. Microrganismos estudados como inoculante em silagens.

Bactéria	Classificação	Principal produto final
<i>Lactobacillus plantarum</i>	Homofermentativa	Ácido láctico
<i>Pediococcus acidilactici</i>	Homofermentativa	Ácido láctico
<i>Enterococcus faecium</i>	Homofermentativa	Ácido láctico
<i>Lactobacillus buchneri</i>	Heterofermentativa	Ácido láctico, acético, propanediol, CO ₂
<i>Propionibacterium acidipropionici</i>	Heterofermentativa	Ácido propiônico, acético, CO ₂
<i>Propionibacterium shermanii</i>	Heterofermentativa	Ácido propiônico, acético, CO ₂

Deste modo, inúmeros trabalhos têm mostrado os efeitos provocados pela ação desses inoculantes. ZHANG *et al.* (2009) avaliaram silagem de alfafa inoculada com *Lactobacillus plantarum* e observaram que, no segundo dia após a vedação dos silos, os valores de pH diminuíram e as concentrações de ácido láctico aumentaram, comparadas à silagem não tratada, mostrando a eficiente produção de ácido láctico dessas bactérias. HU *et al.* (2009) ao avaliar silagens de milho inoculadas com *Lactobacillus buchneri*, observaram altas concentrações de ácido acético, menor população de leveduras e aumento na estabilidade aeróbia, quando comparada a silagens não tratadas (189 *versus* 50 horas), enfatizando o poder de inibição

de microrganismo aeróbios, por essas bactérias. Alguns estudos realizados em condições de laboratório mostraram que bactérias produtoras de ácido propiônico, tais como *Propionibacterium acidipropionici* e *Propionibacterium shermanii*, aumentaram a estabilidade de silagens de forragens com umidade baixa e alta (WEINBERG *et al.*, 1995; FILYA *et al.*, 2004), inibindo leveduras e fungos em virtude das altas concentrações de ácido propiônico e acético nas silagens.

Essas evidências podem ser melhores observadas nas Figs. 2 e 3, com resultados da compilação de doze estudos (DRIEHUIS *et al.*, 2001; FILYA, 2003a; FILYA, 2003b; FILYA *et al.*, 2004; MUCK, 2004; FILYA *et al.*, 2006a; FILYA *et al.*, 2006b; FILYA e SUCU 2007a; FILYA e SUCU 2007b; ZHANG *et al.*, 2009; FILYA e SUCU, 2010; ARRIOLA *et al.*, 2011) de 2001 a 2011, em que autores avaliaram a ação de inoculantes contendo cepas de bactérias homofermentativas ou heterofermentativas, em diferentes tipos de silagens (alfafa, aveia, milho, sorgo e trigo), além de silagens sem inoculação (controle).

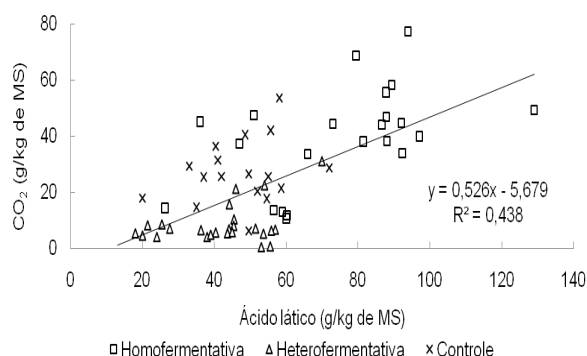


Figura 2. Concentração de CO₂ em função da concentração de ácido láctico em silagens inoculadas ou não com bactérias homofermentativa ou heterofermentativa.

Maiores concentrações de ácido láctico nas silagens estimulam o crescimento de leveduras e bolores que consomem esse ácido e produzem CO₂, conseqüentemente, maiores perdas de MS são observadas (Fig. 2). Observando-se a distribuição dos pontos, nota-se que as amostras inoculadas com cepas de bactérias homofermentativas (representada pela forma quadrado) concentram-se na grande maioria na extremidade direita da reta, onde as maiores concentrações de ácido láctico levam a maiores concentrações de CO₂, ou seja, o uso de inoculantes com cepas de bactérias homofermentativas, induzem a maior produção de ácido láctico no início do processo de fermentação no silo, que serve de substrato posteriormente para ação de microrganismos aeróbios na fase de descarregamento. Por outro lado, o uso exclusivo de inoculantes contendo bactérias heterofermentativas induz a menor concentração final de ácido láctico, pois tais bactérias utilizam ácido láctico para a produção de ácido acético e propiônico, que inibem a deterioração

aeróbia da silagem por leveduras e fungos (DANNER *et al.*, 2003). Isso pode ser observado pela distribuição dos pontos em forma de triângulo na extremidade esquerda da reta. Silagens não inoculadas apresentaram a distribuição concentradas na região intermediária da reta, ou seja, concentrações intermediárias de ácido láctico e CO₂ (representada pela forma x).

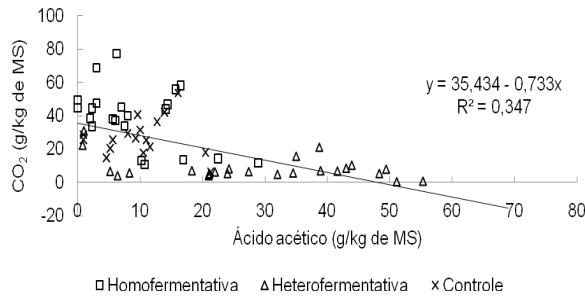


Figura 3. Concentração de CO₂ em função da concentração de ácido acético em silagens inoculadas ou não com bactérias homofermentativa ou heterofermentativa.

Já as concentrações de ácido acético afetaram negativamente as concentrações de CO₂ das silagens e conseqüentemente as perdas de MS durante o processo de fermentação (Fig. 3). A maioria das silagens inoculadas com cepas de bactérias heterofermentativas, produziram maiores quantidades de ácido acético que agiu como inibidor do crescimento de microrganismos aeróbios e resultaram em menores perdas de MS representada pela baixa concentração de CO₂, quando comparadas as silagens inoculadas com bactérias homofermentativas (DANNER *et al.*, 2003). Já as silagens não inoculadas

produziram pouco ácido acético e apresentaram relativa produção de CO₂.

Diante do exposto, trabalhos vêm sendo conduzidos no sentido de associar a boa fermentação na ensilagem provocada pelo uso de inoculantes contendo bactérias homofermentativas e melhoras na estabilidade aeróbia por inoculantes com bactérias heterofermentativas. Algumas pesquisas indicam que combinações desses dois tipos de inoculantes aumentam a estabilidade aeróbia de silagens de capins (DRIEHUIS *et al.*, 2001), sorgo (FILYA, 2003b) e milho (HUISDEN *et al.*, 2009), através da redução da população de leveduras e mofos, bem como perdas de MS quando comparada com silagens não tratadas. Entretanto, outros estudos não evidenciaram mudanças na estabilidade aeróbia de silagens inoculadas com combinações de cepas dessas bactérias (FILYA e SUCU, 2010).

No Brasil, estudos com inoculantes bacterianos na ensilagem intensificou-se nos últimos quinze anos, onde predominou o uso de inoculantes contendo BAL. Na Tabela 3, podemos observar o resultado de onze estudos brasileiros onde foram avaliados os efeitos do uso de inoculante bacteriano na ensilagem de forrageiras sob os parâmetros de fermentação no silo, composição química das silagens, digestibilidade *in vitro* e desempenho animal. A maioria dos estudos apontou a capacidade dos inoculantes em modificar o perfil de fermentação das silagens, diferentemente da resposta animal, onde poucos estudos indicaram mudanças. Já para composição química das silagens e digestibilidade *in vitro* alguns estudos apresentaram esses parâmetros alterados.

Tabela 3. Compilação de pesquisas brasileiras utilizando inoculante bacteriano na ensilagem.

Referência	Cultura	Microrganismo	Fermentação	pH	Composição	DIVMS	Desempenho
Bernardes <i>et al.</i> , 2008	capim-marandu	<i>L. plantarum</i> + <i>P. acidipropionici</i>	EFL, *RMS	0	*PB, °FDN, °FDA	0	°CMS, °DMS
		<i>L. buchneri</i>	EFL, *RMS	0	*PB, °FDN, °FDA	0	°CMS, °DMS
Ribeiro <i>et al.</i> , 2009	capim-marandu	<i>L. plantarum</i> + <i>P. acidilactici</i>	*PMS	-		+	
Paziani <i>et al.</i> , 2009	capim-tanzânia	<i>L. plantarum</i>		0	°PB, °FDN, °FDA		°CMS, °DMS
Pedroso <i>et al.</i> , 2006	cana-de-açúcar	<i>L. buchneri</i>					*Ganho de Peso
Pedroso <i>et al.</i> , 2007	cana-de-açúcar	<i>L. plantarum</i>	*PMS, *EFL	+	*FDN, °FDA	+	
		<i>L. buchneri</i>	PMS, *EFL	-	*FDN, *FDA	-	
Schmidt <i>et al.</i> , 2007	cana-de-açúcar	<i>L. plantarum</i>		0		0	°CMS
		<i>L. buchneri</i>		+		0	°CMS
Siqueira <i>et al.</i> , 2007a	cana-de-açúcar	<i>L. plantarum</i> + <i>P. acidipropionici</i>			*PB, °FDN, °FDA	+	
		<i>L. buchneri</i>			*PB, °FDN, *FDA	++	*DMS
Siqueira <i>et al.</i> , 2007b	cana-de-açúcar	<i>L. plantarum</i> + <i>P. acidipropionici</i>	*EFL, *RMS	-			
		<i>L. buchneri</i>	EFL, *RMS	-			
Pedroso <i>et al.</i> , 2006	cana-de-açúcar	<i>L. plantarum</i>	*PMS, °EA	-		-	
		<i>L. buchneri</i>	°PMS, *EA	0		0	
Roth <i>et al.</i> , 2010	cana-de-açúcar	<i>L. buchneri</i>	°PMS	-		0	
Pedroso <i>et al.</i> , 2011	cana-de-açúcar	<i>L. buchneri</i>		0	°PB, °FDN, °FDA		0 CMS, + Conversão

(+) aumento; (-) diminuição; (0) sem efeito; EFL = efluente; RMS = recuperação de matéria seca; PMS = perda de matéria seca; EA = estabilidade aeróbia; CMS = consumo de matéria seca; DIVMS = digestibilidade *in vitro* da matéria seca; DMS = digestibilidade da matéria seca; CFDN = consumo de fibra em detergente neutro.

Os inoculantes bacterianos específicos podem também promover efeitos no desempenho animal mesmo se não existir efeito na fermentação da silagem. A maioria dos estudos com inoculantes são realizados com silos laboratoriais e a avaliação através do desempenho animal ainda é pouco explorada (MUCK, 1993). Estudos sobre os efeitos da aplicação de inoculante na ensilagem sobre o desempenho específico de vacas leiteiras são poucos e os disponíveis na literatura têm produzido resultados ambíguos. MUCK (1993) revisando estudos publicados de 1985 a 1992 que utilizaram inoculantes homofermentativos, relatou que a aplicação de inoculante aumentou o consumo de MS (CMS) e o ganho de peso em cerca de 25% dos estudos, enquanto que a eficiência alimentar e a produção de leite foram aumentados em 45 e 40% dos estudos, respectivamente.

KUNG *et al.* (1993) observaram que vacas leiteiras alimentadas com silagem de milho inoculada com *L. plantarum* apresentaram CMS e produção de leite aumentados em 3,5%. WOHLT (1989) relatou que vacas leiteiras alimentadas com silagem de milho inoculadas com *L. plantarum* produziram 0,7 kg/dia de leite a mais do que vacas alimentadas com silagem não inoculada. Quando vacas leiteiras foram alimentadas com silagem de alfafa inoculada com *L. buchneri* 40788 aumentaram

a produção de leite (KUNG *et al.*, 2003), já alimentadas com silagem de cevada inoculadas com *L. buchneri* 40788 não apresentaram produção afetada (TAYLOR *et al.*, 2002). Da mesma forma ARRIOLA *et al.* (2011) avaliando vacas alimentadas com silagem de milho inoculadas com bactérias homofermentativa e heterofermentativa observaram que a inoculação não afetou o consumo e a produção de leite. KAMARLOIY e YANSARI (2008) avaliaram silagem de milho inoculada com *Lactobacillus plantarum* e *Propionibacterium acidipropionici* no desempenho de bovinos de corte e verificaram aumentos na digestibilidade e no CMS. Assim, mais pesquisas são necessárias para avaliar o efeito da combinação de cepas de bactérias homofermentativas e heterofermentativas sob o perfil da fermentação no silo e na resposta animal.

Portanto, ainda existe um grande espaço para pesquisas no sentido de elucidar os verdadeiros efeitos do ajuste no tamanho de partícula associada ao uso de inoculantes bacterianos, tanto no que se refere ao ambiente do silo como principalmente ao desempenho animal. Esses ajustes devem ser direcionados e explorados de forma mais específica em culturas que ainda não possuam um manejo padrão na ensilagem, como, milheto, sorgo e cana-de-açúcar.

Referências

- ARMENTANO, L.; PEREIRA, M.N. 1997. Measuring the effectiveness of fiber by animal response trials. *Journal of Dairy Science* 80(7):1416-1425.
- ARRIOLA, K.G.; KIM, S.C.; ADESOGAN, A.T. 2011. Effect of applying inoculants with heterolactic or homolactic and heterolactic bacteria on the fermentation and quality of corn silage. *Journal of Dairy Science* 94(3):1511-1516.
- BERNARDES, T.F.; REIS, R.A.; AMARAL, R.C.; SIQUEIRA, G.R.; ROTH, A.P.T.P.; ROTH, M.T.P.; BERCHIELLI, T.T. 2008. Perfil fermentativo, estabilidade aeróbia e valor nutritivo de silagens de capim-marandu ensilado com aditivos. *Revista Brasileira de Zootecnia* 37(10):1728-1736. Disponível em URL: http://www.scielo.br/readcube/epdf.php?doi=10.1590/S1516-35982008001000003&pid=S1516-35982008001000003&pdf_path=rbz/v37n10/03.pdf&lang=pt
- DANNER, H.; HOLZER, M.; MAYRHUBER, E.; BRAUN, R. 2003. Acetic acid increases stability of silage under aerobic conditions. *Applied and Environmental Microbiology* 69(1):562-567. Disponível em URL: <http://aem.asm.org/content/69/1/562.full.pdf+html>
- De BOEVER, J.L.; de SMET, A.; de BRABANDER, D.L.; BOUCQUE, C.V. 1993. Evaluation of physical structure. 1. Grass silage. *Journal of Dairy Science* 76(1): 140-153. Disponível em URL: [http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(93\)77333-6/pdf](http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(93)77333-6/pdf)
- DRIEHUIS, F.; OUDE ELFERINK, S.J.W.H; Van WIKSELAAR, P.G. 2001. Fermentation characteristics and aerobic stability of grass silage inoculated with *Lactobacillus buchneri*, with or without homofermentativa lactic acid bacteria. *Grass and Forage Science* 56(4):330-343. Disponível em URL: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1365-2494.2001.00282.x/pdf>

- FILYA, I. 2003a. The effect of *Lactobacillus buchneri* and *Lactobacillus plantarum* on the fermentation, aerobic stability, and ruminal degradability of low dry matter corn and sorghum silages. *Journal of Dairy Science* 86(11):3575-3581. Disponível em URL: [http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(03\)73963-0/pdf](http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(03)73963-0/pdf)
- FILYA, I. 2003b. The effect of *Lactobacillus buchneri*, with or without homofermentative lactic acid bacteria, on the fermentation, aerobic stability and ruminal degradability of wheat, sorghum and maize silages. *Journal of Applied Microbiology* 95(5):1080-1086.
- FILYA, I.; SUCU, E. 2010. The effects of lactic acid bacteria on the fermentation, aerobic stability and nutritive value of maize silage. *Grass and Forage Science* 65(4):446-455. Disponível em URL: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2494.2010.00763.x/pdf>
- FILYA, I.; SUCU, E. 2007a. Effect of a chemical preservative on fermentation, aerobic stability and nutritive value of whole-crop wheat silage. *Journal of Applied Animal Research* 32(2):133-138.
- FILYA, I.; SUCU, E. 2007b. The effect of bacterial inoculants and a chemical preservative on the fermentation and aerobic stability of whole-crop cereal silages. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 20(3):378-384.
- FILYA, I.; SUCU, E.; KARABULUT, A. 2006a. The effect of *Lactobacillus buchneri* on the fermentation aerobic stability and ruminal degradability of maize silage. *Journal of Applied Microbiology* 101(6):1216-1223.
- FILYA, I.; SUCU, E.; KARABULUT, A. 2006b. The effects of *Propionibacterium acidipropionici* and *Lactobacillus plantarum*, applied at ensiling, on the fermentation and aerobic stability of low dry matter corn and sorghum silages. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology* 33(5):353-358.
- FILYA, I., SUCU, E.; KARABULUT, A. 2004. The effect of *Propionibacterium acidipropionici*, with or without *Lactobacillus plantarum*, on the fermentation and aerobic stability of wheat, sorghum and maize silages. *Journal of Applied Microbiology* 97(4):818-826. Disponível em URL: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2672.2004.02367.x/pdf>
- HU, W.; SCHMIDT, R.J.; McDONELL, E.E.; KLINGERMANN, C.M.; KUNG, L. Jr. 2009. The effect of *Lactobacillus buchneri* 40788 or *Lactobacillus plantarum* MTD-1 on the fermentation and aerobic stability of corn silages ensiled at two dry matter contents. *Journal of Dairy Science* 92(8):3907-3914. Disponível em URL: [http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(09\)70713-1/pdf](http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(09)70713-1/pdf)
- HUISDEN, C.M.; ADESOGAN, A.T.; KIM, S.C.; OSOSANYA, T. 2009. 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* 92(2):690-697. Disponível em URL: [http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(09\)70375-3/pdf](http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(09)70375-3/pdf)
- KAMARLOIY, M.; YANSARI, A.T. 2008. Effect of microbial inoculants on the nutritive value of corn silage for beef cattle. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 11(8):1137-1141.
- KONONOFF, P.J. HELNRICHS, A.J. LEHMAN, H.A. 2003. The effect of corn silage particle size on eating behavior, chewing activities, and rumen fermentation in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 83(10):3343-3353. Disponível em URL: <http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1734&context=animalscifacpub>
- KUNG JUNIOR, L.; STOKES, M.R.; LIN, C. J. 2003. Silage Additives. Págs. 305-360. Em: Buxton, D.R., Muck, R.E., Harrison, J.H. (Eds.). *Silage Science and Technology*. Agron. Monogr. 42. ASA, CSSA, and SSSA. Madison, WI, USA,.
- KUNG JUNIOR, L.; CHEN, J.H.; KRECK, E.M.; KNUTSEN, K. 1993. Effect of microbial inoculants on the nutritive value of corn silage for lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 76(12):3763-3770.
- LEONARDI, C.K.; SHINNERS, K.J.; ARMENTANO, L.E. 2005. Effects of different dietary geometric mean particle length and particle size distribution of oat silage on feeding behavior and productivity performance of dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 88(2):698-710.

- McDONALD, P, HENDERSON, A.R., HERON, S. 1991. *The biochemistry of silage*. 2.ed. Marlow: Chalcombe. USA.
- MERTENS, D. R. 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 80(7):1463–1482.
- MUCK, R.E. 2004. Effects of corn silage inoculants on aerobic stability. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers* 47(4):1011-1016. Disponível em URL: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.168.2804&rep=rep1&type=pdf>
- MUCK, R.E. 1993. The role of silage additives in making high quality silage. P. Págs. 106-118. Em: *Proc. National Silage Production Conference*. NRAES-67. Northeast Reg. Agric. Eng. Serv., Coop. Ext. Ithaca, NY, USA.
- MURDOCH, I.C.; BALCH, D.A.; HOLDSWORTH, M. C.; WOOD, M. 1955. The effect of chopping, lacerating and wilting herbage on the chemical composition of silage. *Grass and Forage Science* 10(2):181-188. Disponível em URL: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2494.1955.tb00021.x/pdf>
- NEUMANN, M.; MÜHLBACH, P.R.F.; NÖRNBERG, J.L. 2007. Efeito do tamanho de partículas e da altura de corte de plantas de milho na dinâmica do processo fermentativo da silagem e no período de desensilagem. *Revista Brasileira de Zootecnia* 36(5):1603-1613. Disponível em URL: <http://www.scielo.br/pdf/rbz/v36n5s0/a20v3650.pdf>
- PAHLOW, G.; MUCK, R.E.; DRIEHUIS, F. 2003. Microbiology of ensiling. Págs. 31-93. Em: Buxton, D.R., Muck, R.E., Harrison, J.H. (Eds.). *Silage Science and Technology*. Agron. Monogr. 42. ASA, CSSA, and SSSA. Madison, WI, USA.
- PAZIANI, S.F.; NUSSIO, L.G.; LOURES, D.R.S. SCHMIDT, P.; ZOPOLLATTO, M.; RIBEIRO, J.L. 2009. Comportamento ingestivo e digestão de nutrientes em bovinos de corte alimentados com silagem de capim. *Acta Scientiarum Animal Science* 31(4):373-380. Disponível em URL: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAnimSci/article/view/5782/5782>
- PEDROSO, A.F.; RODRIGUES, A.A.; BARIONI JÚNIOR, W.; BARBOSA, P.F.; SANTOS, F.A.P.; NUSSIO, L.G. 2011. 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* 40(6):1181-1187. Disponível em URL: http://www.scielo.br/readcube/epdf.php?doi=10.1590/S1516-35982011000600004&pid=S1516-35982011000600004&pdf_path=rbz/v40n6/04.pdf&lang=pt
- PEDROSO, A.F.; NUSSIO, L.G.; LOURES, D.R.S.; PAZIANI, S.F.; IGARASI, M.S.; COELHO, R.M.; HORII, J.; RODRIGUES, A.A. 2007. Efeito do tratamento com aditivos químicos e inoculantes bacterianos nas perdas e na qualidade de silagens de cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Zootecnia* 36(3):558-564. Disponível em URL: <http://www.scielo.br/pdf/rbz/v36n3/a06v36n3.pdf>
- PEDROSO, A.F.; NUSSIO, L.G.; BARIONI JÚNIOR, W.; RODRIGUES, A.A.; LOURES, D.R.S.; CAMPOS, F.; RIBEIRO, J.L.; MARI, L.J.; ZOPOLLATTO, M.; JUNQUEIRA, M.; SCHMIDT, P.; PAZIANI, S.F.; HORII, J. 2006. Performance of holstein heifers fed sugarcane silages treated with urea, sodium benzoate or *Lactobacillus buchneri*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 41(4):649-654. Disponível em URL: http://www.scielo.br/readcube/epdf.php?doi=10.1590/S0100-204X2006000400015&pid=S0100-204X2006000400015&pdf_path=pab/v41n4/29812.pdf&lang=en
- RIBEIRO, J.L.; NUSSIO, L.G.; MOURÃO, G.B.; QUEIROZ, O.C.M.; SANTOS, M.C.; SCHMIDT, P. 2009. Efeito de absorventes de umidade e de aditivos químicos e microbianos sobre o valor nutritivo, o perfil fermentativo e as perdas em silagens de capim-marandu. *Revista Brasileira de Zootecnia* 38(2):230-239. Disponível em URL: http://www.scielo.br/readcube/epdf.php?doi=10.1590/S1516-35982009000200003&pid=S1516-35982009000200003&pdf_path=rbz/v38n2/a03v38n2.pdf&lang=pt
- ROOKE, J.A.; HATFIELD, R.D. 2003. Biochemistry of ensiling. Págs. 95-139. Em: Buxton, D.R., Muck, R.E., Harrison, J.H. (Eds.), *Silage Science and Technology*. Agron. Monogr.42. ASA, CSSA, and SSSA. Madison, WI, USA.
- ROTH, A.P.T.; REIS, R.A.; SIQUEIRA, G.R. 2010. Sugarcane silage production treated with additives at different times post burning. *Revista Brasileira de Zootecnia* 39(1):88-96. Disponível em URL: http://www.scielo.br/readcube/epdf.php?doi=10.1590/S1516-35982010000100012&pid=S1516-35982010000100012&pdf_path=rbz/v39n1/12.pdf&lang=en

RUPPEL, K.A.; PITT, R.E.; CHASE, L.E.; GALTON, D.M. 1995. Bunker silo management and its relationship to forage preservation on dairy farms. *Journal of Dairy Science* 78(1):141-153.

SAENZ, E.A.C. 2005. Modelagem da redução do tamanho de partículas na alimentação de ruminantes. *Ciência e Agrotecnologia* 29(4):886-893. Disponível em URL: http://www.scielo.br/readcube/epdf.php?doi=10.1590/S1413-70542005000400023&pid=S1413-70542005000400023&pdf_path=cagro/v29n4/a23v29n4.pdf&lang=pt

SANTINI, F.J.; HARDIE, A.R.; JORGENSEN, N.A.; FINNER, M.F. 1983. Proposed use of adjusted intake based on forage particle length for calculation of roughage indexes. *Journal of Dairy Science* 66(4):811-820. Disponível em URL: [http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(83\)81861-X/pdf](http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(83)81861-X/pdf)

SCHMIDT, P.; MARI, L.J.; NUSSIO, L.G.; PEDROSO, A.F.; PAZIANI, S.F.; WECHSLER, F.S. 2007. Aditivos químicos e biológicos na ensilagem de cana-de-açúcar. 1. Composição química das silagens, ingestão, digestibilidade e comportamento ingestivo. *Revista Brasileira de Zootecnia* 36(5):1666-1675. Disponível em URL: <http://www.scielo.br/pdf/rbz/v36n5s0/a27v3650.pdf>

SIQUIERA, 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. 2007a. Associação entre aditivos químicos e bacterianos na ensilagem de cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Zootecnia* 36(4):789-798. Disponível em URL: <http://www.scielo.br/pdf/rbz/v36n4/06.pdf>

SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.P.; PIRES, A.J.V.; BERNARDES, T.F.; AMARAL, R.C. 2007b. Perdas de silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos e bacterianos. *Revista Brasileira de Zootecnia* 36(6):2000-2009. Disponível em URL: <http://www.scielo.br/pdf/rbz/v36n6s0/08.pdf>

SPOELSTRA, S. F. 1991. Chemical and biological additives in forage conservation. Págs 48-70. Em: Pahlow, G.; Honig, H. (Eds.). *Proceedings of a Conference on Forage Conservation Towards 2000*. Landbauforschung Volkenrole, Sonderheft 123. Germany.

STOCKDALE, C. R.; BEAVIS, G. W. 1994. Nutritional evaluation of whole plant maize ensiled at three chop lengths and fed to lactating dairy cattle. *Australian Journal Experimental Agriculture* 34(6):709-716.

SUDWEEKS, E.M.; McCULLOUGH, M.E.; SISK, L.R.; LAW, S.E. 1975. Effects of concentrate type and level and forage type on chewing time of steers. *Journal of Animal Science* 41(1):219-224.

TAYLOR, C.C.; RANJIT, N.J.; MILLS, J.A.; NEYLON, J.M.; KUNG, L.Jr. 2002. The effect of treating whole-plant barley with *Lactobacillus buchneri* 40788 on silage fermentation, aerobic stability, and nutritive value for dairy cows. *Journal of Dairy Science* 85(7):1793-1800.

UDÉN, P. 1988. The effect of grinding and pelleting hay on digestibility, fermentation rate, digesta passage and rumen and faecal particle size in cows. *Animal Feed Science and Technology* 19(1):145-157.

WEIGAND, E.; MEYER, U.; GUTH, N. 1993. Intake, chewing activity and carbohydrate digestibility by lactating dairy cows fed maize silage with different physical structure. *Journal Animal Physiology Animal Nutrition* 69(1):120-132.

WEINBERG, Z. G., G. ASHBELL, K. K. BOLSEN, G. PAHLOW, Y. HEN; A. AZRIELI. 1995. The effect of a propionic acid bacterial inoculant applied at ensiling, with or without lactic acid bacteria, on the aerobic stability of pearl millet and maize silages. *Journal Applied Bacteriology* 78(1):430-436.

WEINBERG, Z.G.; MUCK, R.E. 1996. New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage. *FEMS Microbiology Reviews* 19(1): 53-68.

WELCH, J.G.; SMITH, A.M.; GOBSON, K.S. 1970. Rumination time in four breeds of dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 53(1):53-89. Disponível em URL: [http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(70\)86153-7/pdf](http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(70)86153-7/pdf)

WILKINSON, J.M.; BOLSEN, K.K.; LIN, C.J., 2003. History of silage. Págs. 1-30. Em: Buxton, D.R., Muck, R.E., Harrison, J.H. (Eds.). *Silage Science and Technology*. Agron. Monogr. 42. ASA, CSSA, and SSSA. Madison, WI, USA.

WOHLT, J.E. 1989. Use of a silage inoculant to improve feeding stability and intake of a corn silage-grain diet. *Journal of Dairy Science* 72(2):545-551. Disponível em URL: [http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(89\)79139-6/pdf](http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(89)79139-6/pdf)

WOOLFORD, M.K. 1984. *The silage fermentation*. Marcel Dekker, New York. USA.

YANG, W.Z.; BEAUCHEMIN, K.A. 2007. Altering Physically Effective Fiber Intake Through Forage Proportion and Particle Length: Chewing and Ruminal pH. *Journal of Dairy Science* 90(60):2826-2838. Disponível em URL: [http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(07\)70094-2/pdf](http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(07)70094-2/pdf)

YANG, W.Z.; BEAUCHEMIN, K.A. 2006a. Increasing the physically effective fiber content of dairy cow diets may lower efficiency of feed use. *Journal of Dairy Science* 86(7):2694-2704. Disponível em URL: [http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(06\)72345-1/pdf](http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(06)72345-1/pdf)

YANG, W.Z.; BEAUCHEMIN, K.A. 2006b. Physically effective fiber: method of determination and effects on chewing, ruminal acidosis, and digestion by dairy cows. *Journal of Dairy Science* 89(7):2618-2633. Disponível em URL: [http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(06\)72339-6/pdf](http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(06)72339-6/pdf)

YANSARI, A.T.; VALLZADEH, R.; NASERLAN, A. 2004. Effects of alfalfa particle size and specific gravity on chewing activity digestibility, and performance of Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science* 87(11): 3912-3924.

ZHANG, T.; LI, L.; WANG, X.; ZENG, Z.; HU, Y.; CUI, Z. 2009. Effects of *Lactobacillus buchneri* and *Lactobacillus plantarum* on fermentation, aerobic stability, bacteria diversity and ruminal degradability of alfalfa silage. *World Journal Microbiology Biotechnology* 25(6):965-971.