

FATORES QUE DETERMINAM A QUALIDADE DE SILAGENS E FENOS

Adriana Guim¹ e João Vitor Fernandes Clemente²

¹Professora do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, bolsista produtividade CNPq – adriana.guim@ufrpe.br;

²Zootecnista, doutorando do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UFRPE, bolsista CNPq - jvc_fernandes@hotmail.com.

INTRODUÇÃO

A forma mais econômica para explorar racionalmente a produção de ruminantes é aquela realizada em ambientes que permitam o pastejo pelo maior tempo possível durante o ano. No entanto, são raras as regiões do mundo que não apresentam produção estacional de forragens. Além disso, a variabilidade qualitativa e quantitativa de forragens entre as estações chuvosa e seca é tida como um dos grandes entraves para o fornecimento de volumosos de elevado valor alimentício ao longo de todo ano. Esses fatos comprometem a produtividade dos rebanhos e ressaltam a necessidade da realização de ajustes entre a demanda e suprimento de forragem, por meio de adequado planejamento alimentar.

Sob esta ótica, é evidente que a forragem disponível nas pastagens, durante o período seco, não garante os nutrientes em quantidade suficiente para atender integralmente as necessidades nutricionais dos animais em pastejo (Roth et al., 2017; Sampaio et al., 2017). Destaca-se ainda que apesar das espécies forrageiras tropicais superarem as espécies temperadas quanto à capacidade fotossintética, taxa de crescimento, eficiência no uso da água e nutrientes, no que se refere à qualidade, as espécies tropicais e subtropicais, de um modo geral, são inferiores às de clima temperado (Jacques, 1994). Cenário típico das pastagens brasileiras.

Neste panorama, o corte e armazenamento da forragem excedente registrada no período das águas para alimentar os animais durante os meses em que a forragem fresca não está disponível, passa a ser a opção mais viável para reduzir a deficiência de volumoso no período de escassez. Dentre os sistemas conservação de forragem, a fenação e a ensilagem são as opções mais utilizadas (Rutz e Muck, 1994). Para produção de feno, a forragem é normalmente seca no campo até atingir conteúdo de umidade inferior a 200 g/kg e o material desidratado é armazenado em fardos de diferentes tamanhos, formatos e densidade. Para produção de silagem, a forragem cortada (com umidade ao redor de 700 a 500g/kg, dependendo do tipo de armazenamento utilizado) é processada (para redução do tamanho de partícula) e compactada (para expulsão do oxigênio) em silos de diferentes tamanhos e formatos, em sacos ou até mesmo “embrulhada” formando grandes pacotes (Rotz, 2001).

No entanto, há de se considerar que esses processos de conservação, provocam alterações na

composição química da forragem, podendo, em função da magnitude das perdas impostas pelos processos, comprometer o nutritivo do material conservado. As perdas médias na confecção de feno são estimadas entre 24 e 28% da matéria seca inicial da forragem (Rutz e Muck, 1994), com a maior parte dessa perda ocorrendo durante o corte/desidratação e cerca de 5% durante o armazenamento. Já para produção de silagem, Rutz e Muck (1994) citam que estimativa média das perdas ficam entre 14 a 24% com cerca de metade dessas perdas ocorrendo durante o armazenamento. Desta forma, a expulsão do ar do interior do silo para garantir condições de anaerobiose, entre outros fatores, tem papel importante neste processo.

Por outro lado, deve-se levar em conta que as perdas durante o processo de conservação podem e devem ser minimizadas, contudo, não podem ser totalmente eliminadas. Assim sendo, para elencar os fatores que determinam a qualidade de silagens e fenos faz-se necessário compreender o que acontece em cada etapa da fenação e ensilagem para buscar ações que sejam capazes de tornar mínimas as perdas.

FENO versus SILAGEM

Não há dúvida sobre a importância da conservação de forragem para eficiência dos sistemas de produção animal e que, entre estes, os mais empregados são a ensilagem e a fenação. Contudo, estes métodos não aumentam o valor nutritivo de uma cultura, eles apenas tentam preservar, o máximo possível, o que estava disponível na planta no momento do corte (Van Soest, 1994).

A produção de forragem de alta qualidade começa com o corte. As plantas forrageiras devem ser cortadas com a maturidade correta para otimizar a produção e a qualidade. No entanto, para a maioria das culturas forrageiras verifica-se que o avançar da maturidade é acompanhado pela maior produção de matéria seca, mas com declínio em seus componentes digestíveis. Considerando que o pico máximo da produção de matéria digestível é anterior ao pico máximo da produção de matéria seca (Figura 1), é necessário estabelecer um nível ótimo de corte em que concilie rendimento máximo por área e qualidade. Usualmente, para a maioria das forrageiras esse nível ótimo de corte ocorre entre o final do estágio vegetativo e início do reprodutivo (Van Soest, 1994; Rotz, 2003).

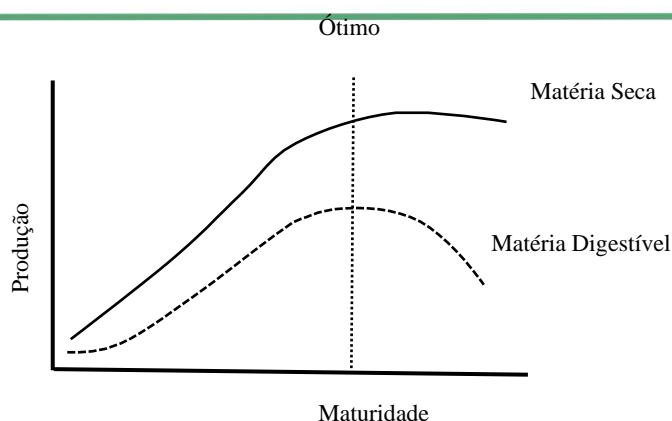


Figura 1. Relação entre a produção de matéria seca e matéria digestível e o estágio de crescimento da planta. Fonte: adaptado de Van Soest (1994)

As medidas mais importantes da qualidade da forragem são os teores de fibra e energia. À medida que o nível de fibra aumenta, o conteúdo de energia geralmente diminui, assim o teor de fibra em detergente neutro (NDF) da forragem pode refletir adequadamente tanto sua concentração de componentes menos digestíveis como sua concentração energética (Rotz, 2003). Neste contexto, o objetivo na produção de forragem é obter baixos teores de FDN para o consumo máximo de energia com forragem adequada.

Na ensilagem e fenação, as perdas são inevitáveis, apesar de minimizáveis. Dentre estas perdas incluem aquelas provocadas pela separação física de material forrageiro, principalmente das folhas, e aquelas induzidas pela depleção interna ou degradação de nutrientes das plantas. Primariamente são os carboidratos solúveis que são degradados pela respiração das plantas e dos microrganismos, com possíveis perdas de outros nutrientes também (Rutz e Muck, 1994; Van Soest, 1994). Essas perdas provocam substancial redução da matéria seca altamente digestível, aumento do teor de fibra e consequente redução da concentração de energia.

De forma resumida, Rutz e Muck (1994) agruparam as perdas provocadas pelos processos de conservação da forragem em cinco categorias: 1) perdas por respiração das plantas; 2) danos provocados pela chuva durante os processos; 3) perdas induzidas pelos maquinários; 4) perdas durante armazenamento do feno e 5) perdas durante armazenamento no silo.

As perdas de matéria seca são observadas em ambos os sistemas de conservação (Figura 2). Na fenação, o prolongamento do tempo de desidratação da cultura aumenta as perdas por respiração, pois estas diminuem à medida que a planta vai perdendo água, chegando próximo a zero quando o conteúdo de umidade chega a 260 a 400 g/kg de matéria natural (Rutz e Muck (1994). Durante a permanência da forragem no campo para desidratação há ainda a chance de ocorrer perdas por lixiviação (em caso de ocorrência de chuvas) e por mecanização (quando o material mais seco é manuseado com

ancinhos). Contudo, na fase de armazenamento do feno as perdas são menores, mas dependentes do conteúdo de umidade (maiores serão as perdas em maior conteúdo de umidade dos fenos). Por outro lado, na ensilagem o maior percentual de perdas concentra-se na fase de armazenamento (Figura 2), sendo mais associadas ao tipo de silo e ao manejo imposto durante seu enchimento, que por sua vez é influenciado pelo conteúdo de umidade da forragem no momento da ensilagem.

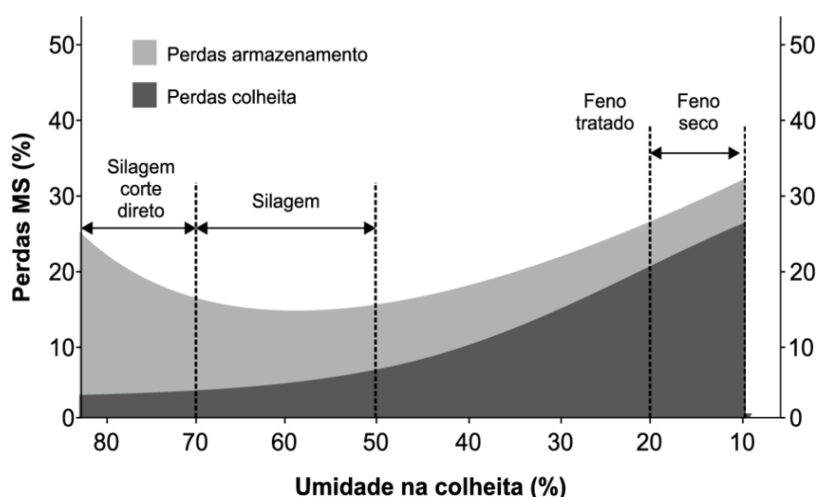


Figura 2. Perda de matéria seca em relação ao conteúdo de umidade no momento do corte. Fonte: adaptado de Pitt, citado por Van Soest (1994).

Cada sistema de conservação de forragem oferece vantagens e desvantagens em relação ao outro. A produção de silagem apresenta como vantagem a possibilidade de intensa mecanização na confecção e a silagem é facilmente utilizada em rações de mistura completa para fornecimento aos animais. Por outro lado, a produção de silagem requer mais energia para a colheita, manuseio e fornecimento aos animais; exige maior investimento em máquinas e estrutura de armazenamento, fatos que podem elevar os custos do processo. A produção de feno oferece como vantagens o fato de seu produto, quando enfardado, requerer menor espaço para armazenamento, é de fácil transporte e venda. Em contrapartida, o processo de perda d'água na fenação não é tão simples como aparenta, tornando o processo altamente dependente das condições climáticas da região (Reis et al., 2001; Guim et al., 2010; Evangelista, 2013).

Desta forma, a escolha pela adoção do método de conservação, além da avaliação em termos econômicos e o custo da energia despendida no processo, depende das características da propriedade, das condições climáticas em que está inserida e o próprio sistema de exploração de ruminantes. Mas é oportuno expor que apesar da conhecida eficácia das técnicas de conservação de forragem, verifica-se baixo o nível de adoção no Brasil. Todavia, dentre os meios de conservação de excedentes forrageiros, a fenação em comparação à ensilagem, ainda é a técnica um pouco mais utilizada (Guim et al., 2010; Neres e Ames, 2015).

FENO

Tradicionalmente o feno é definido como uma forragem seca ao ar para um conteúdo de umidade suficientemente baixo que se torna estável às condições de ambiente (Van Soest, 1994). O princípio básico da fenação é a preservação do valor nutritivo mediante a rápida desidratação da forragem (de 80 a 85% de umidade para 10% a 15%, em curto espaço de tempo), visando a paralisação da atividade respiratória das plantas e dos microrganismos. Assim, a qualidade do feno está associada não só aos fatores relacionados com as plantas que serão fenadas como também às condições climáticas a que serão submetidas durante a secagem e ainda a forma que o material desidratado será armazenamento.

As operações envolvidas na produção de feno incluem implantação da cultura, aplicação de fertilizante, corte, revolvimento da forragem, enleiramento, enfardamento, recolhimento e armazenamento dos fardos (Reis, 2001). Quanto a escolha e implantação da cultura é preciso se atentar às características desejáveis das espécies forrageiras para fenação, como: elevada produção, tolerância a cortes baixos e elevado vigor de rebrota após corte (ambos dependentes das condições de fertilidade e umidade do solo), facilidade para a desidratação e reduzida perda de folhas.

É válido lembrar que para garantir alta produção de forragem há a necessidade de se aumentar a disponibilidade de nutrientes no solo, mantendo quantidades adequadas de cálcio, nitrogênio, fósforo, potássio e microelementos. Da mesma forma, calagem e adubações, baseadas nos resultados de análise do solo, deverão ser feitas no plantio.

➤ Desidratação da forragem

A rápida redução da concentração de umidade é essencial para redução das perdas de matéria seca e de valor nutritivo do feno. Pela Figura 3 (a) percebe-se que em condições constantes de ambiente e a forragem disposta em finas camadas para secar, a desidratação segue uma curva tipicamente exponencial onde a taxa de perda de umidade diminui à medida que a planta vai secando. Segundo ROTZ (1995), no início do processo de desidratação a taxa de perda de água é muito rápida porque as plantas inicialmente contêm alta umidade (70 a 80%) e essa umidade está próxima à superfície da planta e pode facilmente ser transpirada, pois nesta fase os estômatos permanecem abertos e o déficit da pressão de vapor entre a forragem e o ar é alto. À medida que as plantas vão perdendo umidade, a taxa de secagem diminui constantemente até um conteúdo de umidade de equilíbrio (Figura 3a), onde a pressão de vapor da umidade contida na planta é a mesma que a do ambiente circundante. Nestas condições, as plantas podem permanecer neste ambiente por tempo indeterminado, sem mais alterações no teor de umidade.

De outro ponto de vista, quando a secagem é feita no campo em condições climáticas favoráveis para tal (Figura 3b) e o material cortado é disposto em leiras, a curva de desidratação da forragem é diferente daquela registrada em condições ambientais constantes (Figura 3a). As frequentes alterações que ocorrem ao redor da leira causam grandes flutuações na taxa de secagem, que passa a apresentar uma curva com muitos ciclos de reidratação e secagem antes de atingir umidade suficientemente baixa para o armazenamento (Figura 3 b).

Assim, pode-se inferir que a taxa de secagem no campo é influenciada principalmente pelas características da planta, da leira e do ambiente de secagem. Os fatores relativos às plantas que afetam a taxa de secagem são (ROTZ, 1996 e 2003): a) Conteúdo de umidade inicial; b) Espécie forrageira e; c) Características físicas da forragem. Para este último, destacam-se (MacDonald e Clark, 1987): a) espessura da cutícula (\uparrow espessura \downarrow taxa de secagem); b) relação folha/caule (\uparrow relação \uparrow taxa de secagem); c) espessura do caule (\uparrow espessura \downarrow taxa de secagem); d) densidade dos estômatos(\uparrow densidade \uparrow taxa de secagem).

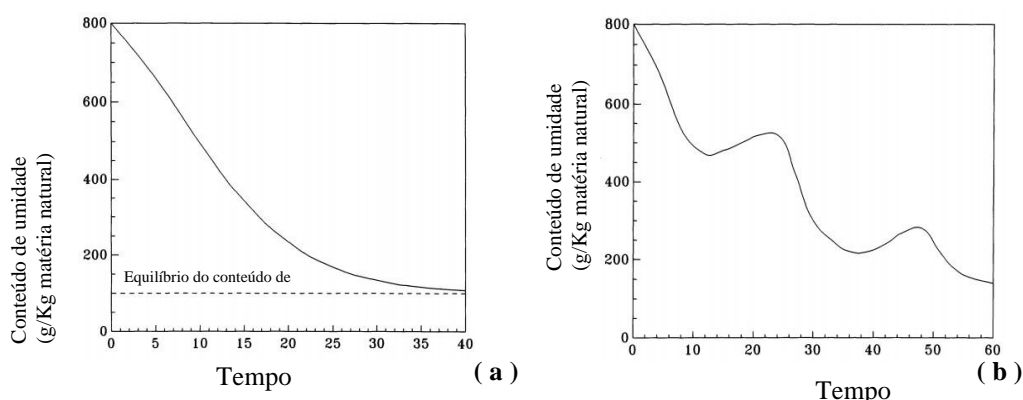


Figura 3. Curva típica de secagem de plantas forrageiras: (a) em condições ambientais uniformes; (b) a campo, em boas condições climáticas. Fonte: adaptado de Rotz (1995).

Segundo Evangelista e Lima (2013) a temperatura, a umidade relativa (UR) do ar, a velocidade do vento e a radiação solar impactam significativamente sobre a velocidade de desidratação da forragem, interferindo, assim, na qualidade do feno. Os autores apontaram ainda que, mesmo sem a ocorrência de chuvas, a velocidade do vento, a temperatura e a umidade relativa do ar podem tornar o dia inapropriado à produção de feno.

O manuseio da forragem no campo também influencia a taxa de secagem, como: a) procedimentos mecânicos da forragem levam revolvimento da leira aumentando a quantidade de energia solar e de vento que atingem a superfície da forragem cortada e com isso promove a aceleração da taxa de secagem; b) a colheita da forragem quando apresenta elevada proporção de folhas tenras resulta em leiras mais pesadas do que aquelas de plantas que possuem maior percentagem de caules,

dificultando a circulação de ar e aumentando a resistência à perda de água, reduzindo a taxa de secagem; c) a altura de corte reflete na porção de caule que permanece no solo, impondo a magnitude do contato da forragem com o solo, que impacta diretamente na circulação de ar na base da leira (Rotz, 1995 e 2001).

➤ **Armazenamento**

Com o alcance da umidade inferior a 20% o feno já pode ser armazenado (enfardado, a granel, em galpões, entre outros). Quando adequadamente protegido, o feno permanece com sua qualidade estável durante o armazenamento com pequenas perdas devido a atividade de microrganismos (Reis, 1996). Vale lembrar que alterações na qualidade devido ao armazenamento são pequenas, desde que os fenos apresentem baixa de umidade.

Por outro lado, em fenos armazenados com alto conteúdo umidade as principais causas de perdas de MS são atribuídas a ininterrupção da respiração celular e ao desenvolvimento de bactérias, fungos e leveduras (Reis, 2001). Como consequência, os carboidratos solúveis, compostos nitrogenados e vitaminas são consumidos, diminuindo o conteúdo celular e aumentando os constituintes da parede celular, o que resulta em diminuição do valor nutritivo.

A intensa atividade de microrganismos na oxidação dos componentes solúveis de fenos armazenados com alto teor de umidade resulta na produção de CO₂, água e calor, elevando ainda mais a umidade e provocando aumento considerável na temperatura do feno. Alta umidade combinada a temperaturas superiores a 55° C desencadeiam uma reação química (reação de Maillard) que induzem a complexação de carboidratos solúveis e grupos aminas dos aminoácidos formando polímeros indigestíveis semelhantes a lignina. O resultado imediato é a queda brusca na digestibilidade da proteína. Em casos extremos, a elevação da temperatura do feno pode levar a combustão espontânea.

Considerando o exposto, fica evidente que o armazenamento de feno com alta umidade é extremamente danoso para a preservação de seus nutrientes, sendo viável esta prática apenas mediante ao uso de aditivos que controlam o desenvolvimento de microrganismos (Mahanna, 1994, Dulcet et al., 2006).

➤ **Feno de qualidade**

A produção animal é um processo contínuo que requer constante fornecimento de alimentos em quantidade e qualidade. Considerando a sazonalidade da produção de forragem, o objetivo de todas as tecnologias e procedimentos na conservação de forragem é manter o maior valor nutritivo possível da forragem que está em crescimento, em termos quantitativos e qualitativos, a um custo viável



I SIMPÓSIO PARAIBANO DE CONSERVAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS

Tecnologias e Inovações para a Pecuária Nordestina
19 a 21 de Setembro - 2019



(Weissbach, 2011).

O termo “qualidade de forragem” é amplamente definido como o potencial para produzir uma resposta animal desejada a partir de determinada ingestão de forragem. Trata-se de uma mistura complexa de atributos nutricionais que a forragem precisa reunir para que o animal responda em desempenho. Dentre estes, elenca-se (Putnam, 2011): alta qualidade de energia digestível, elevado consumo potencial, bom nível proteico (incluindo a proteína que escapa da degradação ruminal), fibra efetiva digestível no rúmen, baixo conteúdo de cinzas e balanço de minerais, entre outros.

Assim, resume-se que para produção de fenos de qualidade, considerando os aspectos descritos nos itens anteriores, é preciso: acertar na escolha e na época de colheita da planta forrageira, minimizar as perdas durante o processo no campo e no armazenamento.

Na Tabela 1 estão sumarizados alguns critérios para avaliação da qualidade de fenos. É oportuno destacar que para que um feno seja considerado de boa qualidade, todos critérios práticos precisam atender ao desejável simultaneamente. Essas características físicas do feno apontadas nos critérios práticos são importantes e complementares às análises laboratoriais para avaliação dos fenos.

Tabela 1. Critérios práticos e bromatológicos para avaliação da qualidade de fenos

Item	Índice Desejado	Indicativo
<i>Critérios práticos</i>		
Percentual de folhas	Alto	É um dos atributos mais fortes para predição da qualidade do feno: ↑ folha ↑ qualidade
Ligação folha-haste	Forte	Frágil ligação folha-haste leva a perda de qualidade durante a alimentação animal
Fungos e bolores	Ausente	Ambos levam a redução de consumo e podem prejudicar a saúde animal e de quem o manipula
Textura	Macia	Fenos muito seco/grosseiro podem provocar irritação na boca, interferindo na sua aceitação pelo animal.
Odor	Agradável (típico de feno)	Animais reagem de forma positiva aos fenos com odores atrativos. Odores desagradáveis podem reduzir o consumo.
Temperatura do fardo	Menor que a temperatura ambiente	Fardos quentes indicam umidade inadequada no enfardamento ou armazenamento, com consequentes perdas de matéria seca
Conteúdo de plantas daninhas	Ausente	A presença de plantas daninhas reduz o valor nutritivo do feno e ainda denota os maus cuidados com o campo de feno.
Terra, gravetos ou materiais estranhos	Ausente	A presença de materiais estranhos pode comprometer a sanidade e a integridade física dos animais que irão consumi-lo
<i>Critérios bromatológicos</i>		
Concentração de fibra	Baixo, porém não demasiadamente	A conteúdo de FDN prediz eficientemente a concentração de energia e o consumo potencial, mas é importante para o correto funcionamento ruminal
Fibra digestível	Alta	Qualifica o conteúdo de fibra, requer método <i>in vitro</i> (FDNd) para sua determinação
Concentração de Proteína	Alta	O fornecimento suficiente de proteína é o indicativo chave de qualidade
Proteína vinculada a parede celular	Baixa	Alto teor de proteína vinculada a parede celular (PIDA) sinaliza indisponibilidade da proteína e pode indicar superaquecimento do feno
Cinzas	Baixa	Altos teores de cinzas implicam em redução da qualidade do feno pela redução do conteúdo de matéria orgânica e ainda podem indicar contaminação com terra.

SILAGEM

Ensilagem é definida como um processo de conservação de alimentos suculentos, mais comumente forragens verdes, armazenados em um sistema anaeróbio (silos), onde sua preservação é feita a partir da fermentação ácida de açúcares presentes no material (McDonald et al., 1991; Van Soest, 1994).

➤ Etapas envolvidas na produção de silagem

A confecção de silagem pode ser dividida em 6 etapas: 1) implantação/tratos culturais; 2) colheita ou corte; 3) fragmentação e ou trituração do material; 4) transporte até o silo, carregamento

ou enchimento do silo; 5) compactação da massa e; 6) vedação do silo.

Para maximização da produção, ao ensilar o excedente da pastagem, no início do período chuvoso deve-se fazer o corte de uniformização (ao redor de 15 cm do solo) e proceder as adubações de manutenção em função da análise do solo. Em caso de implantação de lavoura, deverá ocorrer a correção do solo em termos de acidez, fósforo e matéria orgânica, seguido do preparo do solo e uso de híbrido adaptado a região.

A colheita da forragem deve ser no momento ideal, respeitando a relação entre as características nutritivas e rendimento por área. A rapidez no processo de colheita é um dos principais fatores para se obter silagem de boa qualidade. Após a picagem e exposição ao oxigênio a planta continua com o processo oxidativo promovendo o consumo de carboidrato solúvel (Pereira et al., 2008). Assim, quanto mais tempo à forragem ficar exposta ao ar maior será a perda de nutrientes nesta fase.

No entanto, as perdas de matéria seca e alterações da qualidade ocorrem durante cada um dos estágios do processo de ensilagem, reduzindo os atributos nutricionais do produto final (silagem). Os principais estágios onde ocorrem estas perdas são durante a colheita no campo, respiração e fermentação no interior do silo, produção de efluente e exposição ao oxigênio, seja no interior do silo ou no momento do descarregamento para fornecimento aos animais (Borreani et al., 2018).

➤ Fases do processo no interior do silo

O processo da ensilagem silagem no interior do silo, em condição ideal, comumente é dividido em quatro fases, ilustradas na Figura 4. Na primeira (aeróbica), o oxigênio retido no interior do silo é utilizado para a respiração das plantas, prevalecendo condições anaeróbicas na maior parte do silo. Na fase seguinte (proliferação de bactérias naturais), ocorre o rompimento das membranas celulares, liberando o conteúdo celular que proporciona a proliferação das bactérias naturais. Na terceira fase (fermentação), as bactérias lácticas se multiplicam rapidamente, convertendo os açúcares principalmente a ácido lático, que se acumula e reduz o pH. Se a queda do pH for suficiente, o crescimento bacteriano será limitado, iniciando, então, a quarta fase (estável), onde a atividade bioquímica é baixa ou inexistente, que permanece até que o silo seja aberto e exposto ao oxigênio, iniciando a deterioração aeróbica (Cleale et al., 1990; Pitt, 1992).

Comumente, as fermentações da silagem levam a perdas, mas os produtos finais são essenciais para sua preservação. Além disso, estes compostos tem alto conteúdo de energia e são fontes de nutrientes importantes para o animal (Daniel e Nussio, 2011).

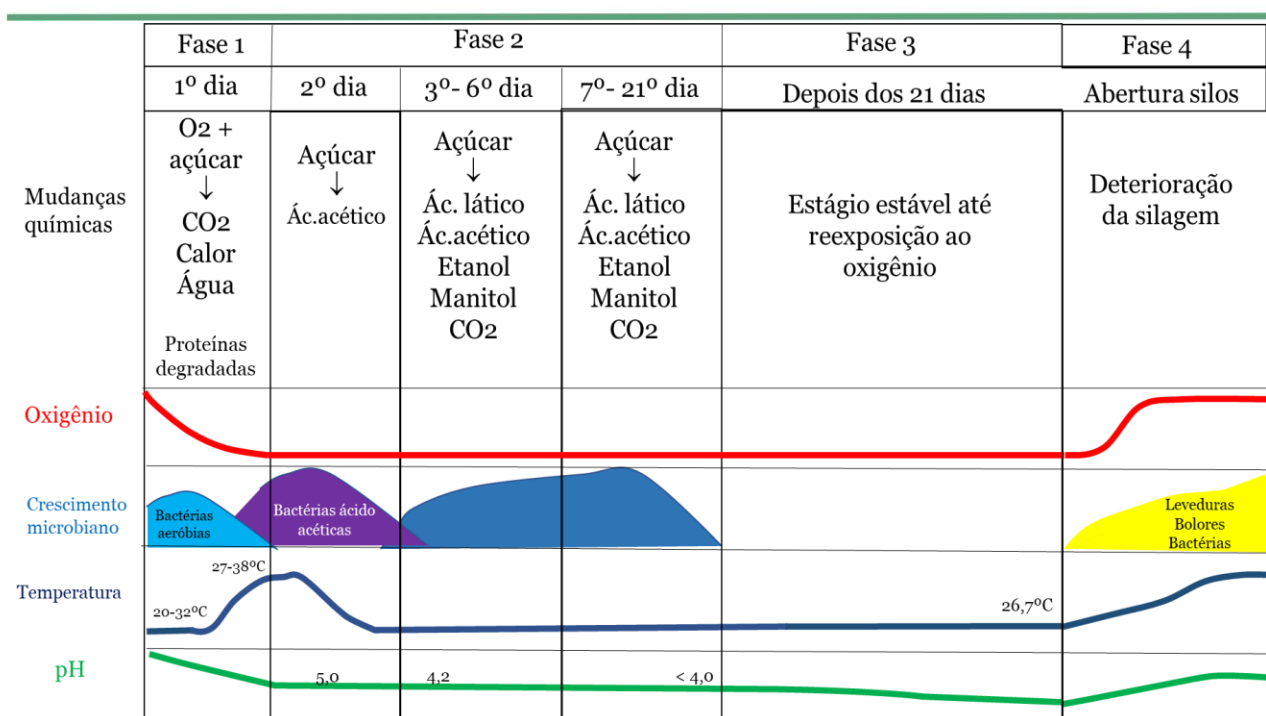


Figura 4. Fases da ensilagem no interior do silo em condições ideais. Fonte: adaptada da imagem da Hubbard Feeds (<http://www.hubbardfeeds.com/tipsandtools/beef/beef-tech-line/guidelines-for-optimal-production-of-corn-silage-earlage-and-hm-corn>)

Do ponto de vista fermentativo (Figura 4), a fase aeróbica (fase 1) é indesejável, mas trata-se de uma fase obrigatória no processo de ensilagem. Sua duração fica na dependência do manejo na ensilagem, como rapidez no processo de colheita, trituração e descarregamento, bem como eficiência e rapidez na compactação e vedação final do silo. No início da fase 2, as enterobactérias e as bactérias heterofermentativas consomem os açúcares e produzem ácido acético, que proporciona a queda do valor do pH para baixo de 5,0, e criam um ambiente favorável para as bactérias ácido lácticas (BAL) homofermentativas. A queda do pH sinaliza o final da fase anaeróbia inicial, que geralmente ocorre entre 24 a 72 horas após a ensilagem. No entanto, quando a acidez não é suficiente para prevenir a multiplicação dos clostrídios, ocorre o que se chama de fermentação secundária. Do terceiro ao sexto dia da fermentação, as bactérias homo e heterofermentativas seguem consumindo os açúcares e a concentração de ácidos acético e láctico, etanol, manitol e dióxido de carbono começa a aumentar, reduzindo ainda mais o valor de pH (4,2). Do sétimo ao vigésimo primeiro dia da fermentação é a fase mais longa da fermentação, que é finalizada com a redução do pH (inferior a 4), inibindo assim o crescimento microbiano. Desta forma, com a queda e inibição da atividade microbiana a silagem entra numa fase estável (fase 3) e permanece nela até que o silo seja aberto e a silagem seja exposta ao oxigênio. Na abertura do silo, o ambiente torna-se aeróbico (fase 4) e as leveduras passam a consumir os carboidratos solúveis residuais e ácidos orgânicos. Como consequência há aumento da temperatura e aparecimento de bolores e bactérias envolvidas na

deterioração aeróbia de silagens (Pitt, 1990; McDonald et al., 1991; Borreani et al., 2018).

➤ Características relevantes das plantas para o sucesso da produção de silagem

A qualidade da silagem irá depender da qualidade da matéria prima utilizada, de seu índice de fermentescibilidade, do manejo da ensilagem e do eventual uso de aditivos. Segundo Woolford (1984), o teor de matéria seca, capacidade tamponante da cultura e os carboidratos solúveis em água são os responsáveis por o sucesso na produção de silagem de diferentes culturas.

O teor ideal de matéria seca da forragem a ser ensilada é entre 300 a 350 g/kg, mas é válido alertar que esses valores foram definidos para silagem de milho (McDonald et al., 1991). Para gramíneas tropicais os valores de matéria seca são bem variáveis, pois com teores bem menores que os ideais vistos para silagem de milho, pode-se obter silagens com adequado padrão fermentativo (Santos et al., 2016). Forragem com baixo teor de matéria seca facilita a compactação e consequentemente a eliminação do ar no interior do silo. No entanto, teores de umidade elevados proporcionam a produção de ácido butírico, acético e amônia pelas bactérias do gênero *Clostridium* e enterobactérias, além de favorecer a liberação de efluentes, resultando silagens de elevado pH e baixo que propicia grande perda de nutrientes (Santos & Zanine, 2006).

Teores mais elevados de umidade proporcionam baixa pressão osmótica, o que favorece o desenvolvimento de bactérias do gênero *Clostridium* sp. Estas desdobram açúcares, ácido láctico, proteínas e aminoácidos em ácido butírico, acético, amônia, gás carbônico e aminas, com perdas quanti e qualitativas (Wilkinson, 1983), obtendo-se silagem de má qualidade. A Figura 5 ilustra relação entre o teor de umidade da planta e crescimento de clostrídios.

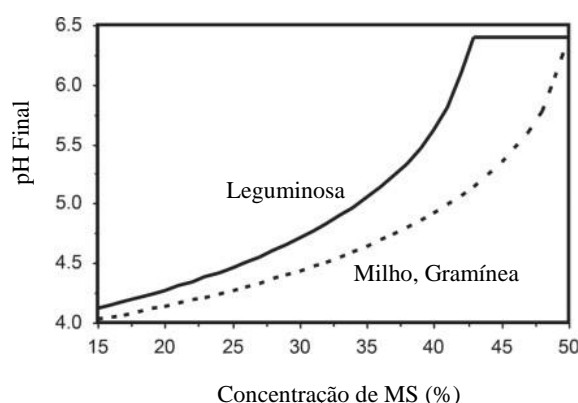


Figura 5. Valor de pH abaixo do qual o crescimento de *Clostridium tyrobutyricum* cessa. Fonte: adaptado de Driehus et al (2018), citando Leibensperger and Pitt.

Outra característica importante da planta que impacta na qualidade das silagens é a concentração de carboidratos solúveis em água, que são os substratos primários para as BAL e

determinam o êxito na conservação. Quanto mais açúcares solúveis a planta apresentar, maior será a produção de ácido láctico nas fases iniciais da fermentação, resultando em maior a velocidade de queda do pH na massa ensilada e inibição do crescimento dos clostrídios. A quantidade mínima de carboidratos solúveis que as plantas devem conter está ligada à espécie forrageira (López, 1975). Plantas com alto teor de açúcar e baixa quantidade de proteína, como o milho, costumam oferecer condições favoráveis para que ocorra ótima fermentação durante a ensilagem.

Por outro lado, as gramíneas forrageiras não graníferas, devido ao baixo teor de açúcar são menos propícias à boa fermentação e obtenção de um produto final dentro dos padrões de qualidade em termos de pH, nitrogênio amoniacal, ácidos orgânicos, temperatura e umidade. A Figura 6 ilustra a importância da relação conteúdo de umidade da forragem e seus efeitos na qualidade da silagem. Nota-se que quanto menor o teor de MS (maior umidade), maior quantidade de carboidratos são requeridos para uma adequada fermentação.

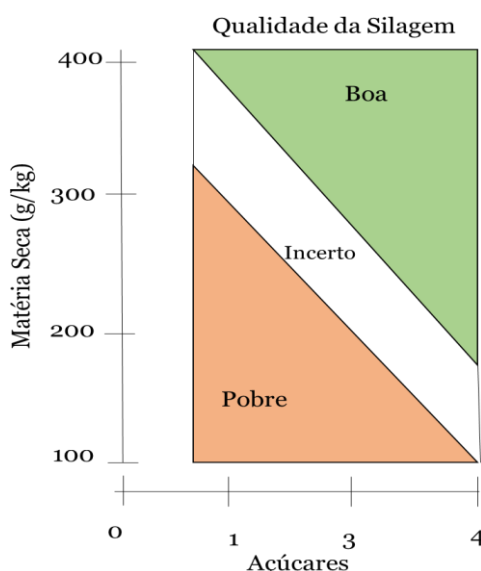


Figura 6. Relação entre o teor de matéria seca e a relação açúcar: capacidade tampão e seus efeitos sobre a qualidade final da silagem (Adaptado de Woelford, 1984).

A intensidade com que a forragem resiste à mudança de pH durante a ensilagem é mensurada pela capacidade tamponante. Assim, forragens com poder tampão elevado, necessitam de maior quantidade de açúcares para viabilizarem maior produção de ácido láctico pelas BAL e consequente queda do pH para níveis adequados à conservação (Tosi, 1973; Silveira, 1988).

Segundo Weissbach e Honig, citados por Weissbah (2011) a fermentabilidade de uma determinada cultura refere-se a sua ensilabilidade. E esta está em função de dois parâmetros: a relação carboidrato solúvel em água (CSA) e capacidade tampão (CT) e o teor de matéria seca da forragem. O autor menciona ainda que quanto menor a relação CSA/CT mais matéria seca é exigida

para alcançar fermentação desejável (Figura 7).

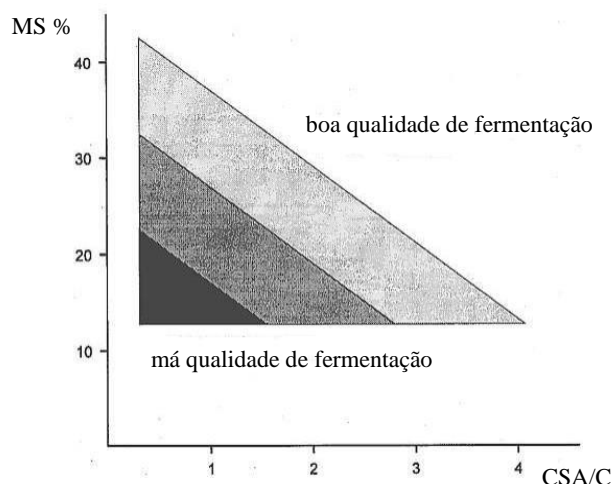


Figura 7. Frequência de fermentação de baixa qualidade (silagens contendo ácido butírico) afetada pela relação carboidrato solúvel em água e capacidade tampão (CSA/CT) e matéria seca. Fonte: adaptado de Weissbach (2011).

PRÁTICAS QUE CONDUZEM À SILAGEM DE QUALIDADE

A redução do tamanho das partículas das plantas, a compactação imposta na massa ensilada e o manejo da silagem após abertura do silo interferem sobremaneira a qualidade do produto final (McDonald et al 1991). O importante é realizar o corte bem feito. Para isso, é preciso realizar a manutenção da máquina forrageira, regulação das facas e contra-facas.

Para Rinne e Sepällä, (2011), a definição e determinação do tamanho de partícula é um equívoco. Estes autores alegam que muitos métodos incluindo a passagem por peneiras de material seco ou úmido de acordo a variados protocolos, análise de imagem em microscópio ou difração a laser são usadas para determinação do tamanho de partícula, embora a fibra fisicamente efetiva seja amplamente usada na literatura científica. Os diferentes métodos normalmente não são intercambiáveis, o que complica a interpretação dos resultados dos vários resultados experimentais.

No entanto, é preciso ter em mente que forragens com tamanho de partícula muito grande, dificultará a compactação da massa, permitirá maior seleção da silagem resultante pelos animais, resultando em maiores sobras no cocho. Já partículas muito pequenas, apesar de favorecerem a fermentação da massa (dada a maior disponibilidade de substrato para as BAL, facilitação da compactação e remoção de oxigênio), poderão acarretar problemas metabólicos em decorrência a redução mastigação e ruminação, queda na digestibilidade dos nutrientes em especial da fibra, além de baixo rendimento do maquinário (McDonald et al., 1991; Rinne e Sepällä, 2011),.

Neste contexto, percebe-se que a compactação imposta na massa ensilada também colabora

significativamente para obtenção de silagens de melhor qualidade. Recomenda-se densidade no silo variando entre 550 a 600 g/kg de MV ou 150 a 225 kg MS/ m³ (McDonald et al. 1991; Holmes & Muck (1999). Jobim et al (2007) alertaram que embora o termo “densidade” seja internacionalmente adotado, é indevidamente usado para definir a massa específica (kg de MV ou MS/m³) de uma silagem armazenada. A densidade de um corpo é a relação entre as massas específicas do corpo e de um líquido padrão (água), nas mesmas condições, e é adimensional (não possui unidade). A massa específica é a razão entre a massa de uma quantidade da substância e o volume por ela ocupado.

A expulsão do oxigênio da massa ensilada auxilia na redução na redução do tempo de respiração pelos microrganismos aeróbios presentes na massa ensilada. Quanto mais rápido o O₂ residual for esgotado, mais cedo as fermentações anaeróbias terão início. É oportuno destacar que as perdas de MS podem ser reduzidas em aproximadamente 2% para cada 50 kg de MS/m³ (Ruppel et al., 1995).

Da mesma forma que a vedação do silo durante o armazenamento é importante, o descarregamento do silo também é uma prática importante na obtenção de boa silagem. A presença de O₂ favorece o crescimento de microrganismos aeróbios. As leveduras metabolizam o ácido láctico a CO₂, água e calor. Isso leva ao aumento da temperatura e pH da silagem, estimulando o crescimento de fungos e bactérias sensíveis a acidez, levando ao aumento da produção de micotoxinas. Uma vez que o processo de deterioração aeróbica tenha iniciado é praticamente impossível cessá-lo. Nutricionalmente, a estabilidade aeróbia é definida como a duração do tempo que silagem permanece fresca e não estraga depois que é exposta ao ar. A estabilidade de silagens é fortemente influenciada pela presença de O₂, pH, atividade dos microrganismos aeróbios e a concentração de carboidratos solúveis residuais e temperatura. Estes últimos possuem menor impacto se os demais fatores forem minimizados (Honig e Woolford, 1979; McDonald et al., 1991, Guim et al 2002; Borreani et al., 2018)

Assim, pode-se inferir que as perdas após a abertura do silo estão associadas ao manejo imposto ao silo, como taxa de retirada do material ensilado (↑ taxa ↓ perdas) e movimentação da massa ensilada (↑ movimentação ↑ deterioração do painel do silo).

PRÁTICAS NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE SILAGENS NO CAMPO

As propriedades organolépticas da silagem não mensuram seu valor nutritivo, mas podem indicar os tipos de fermentação que ocorreram, se o material foi bem ou mal preservado. A cor pode variar do



I SIMPÓSIO PARAIBANO DE CONSERVAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS

Tecnologias e Inovações para a Pecuária Nordestina
19 a 21 de Setembro - 2019



verde-claro, amarelado (milho), amarelo-pálido ou do levemente amarronzada ao verde pardo (sorgo) e preta. Neste último caso, a cor preta é fundamentalmente imposta pela temperatura (denotando intensa transformação da massa). Forragens úmida também resultam em silagens mais escuras, pelo aumento da temperatura no interior do silo. As silagens ácidas normais apresentam um cheiro característico (ácido, doce, agradável). Silagens acéticas apresentam cheiro forte de vinagre, que geralmente é rejeitado pelos animais. Fermentações butíricas conferem ao produto um cheiro penetrante, desagradável, muitas vezes de amoníaco. Esse cheiro indica grandes perdas nos princípios nutritivos (Silveira, 1988; Tayarol Martin, 1997; Oliveira et al. 1998).

Na Tabela 2 estão sumarizados alguns critérios práticos complementares a avaliação da qualidade de silagens, mas é necessário deixar evidente que a avaliação do valor nutritivo é muito mais ampla e requer muitas outras variáveis para tal.

Tabela 2. Critérios práticos para avaliação de silagens no campo

Item	Observação	Indicativo
Odor	Agradável – Ácida típico	Processo de fermentação bem conduzido
	Vinagre	Fermentação acética, indicado silagens de qualidade razoável
	Material em decomposição	Fermentação secundária, silagem péssima, com grandes perdas nos princípios nutritivos
Cor	Verde	Processos bem conduzidos → silagem de boa qualidade
	Marrom	Denota certo aquecimento da massa → silagem razoável
	Escura	Aquecimento intenso → silagem péssima, com grandes perdas nos princípios nutritivos
Mofo	Baixa ou nula	Presença apenas nas regiões próximas a parede do silo, sem grande comprometimento
	Médio	Problemas medianos na expulsão de oxigênio → qualidade razoável
	Alto	Silagem de péssima qualidade
Umidade	Quando uma porção de silagem é submetida à pressão nas mãos → fluido escorre entre os dedos	Maior que 80% (< 20% MS)
	Quando uma pequena porção de silagem é submetida pressão moderada → a superfície interna da mão apresenta-se úmida, mas quando submetida a pressão vigorosa observa-se fluido	75 a 80 % de umidade (20 a 25 % MS)
	Ao se abrir a mão, após ter se exercido ligeira pressão, a porção de silagem continua apresentando formato arredondado. Não se consegue obter o fluido, mesmo exercendo bastante pressão, apenas se a porção for torcida.	75 a 70% de umidade (25 a 30% MS)
	Ao se torcer uma porção de silagem a superfície interna da mão torna-se ligeiramente úmida	70 a 35% (30 a 35% MS)
	Sob pressão ou torção da porção de silagem a superfície interna da mão tende a permanecer mais seca	Maior que 65% (<35% MS)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A variabilidade qualitativa e quantitativa de forragens entre as estações chuvosa e seca é tida como um dos grandes entraves para o fornecimento de volumosos de elevado valor alimentício ao longo de todo ano. Esses fatos comprometem a produtividade dos rebanhos e ressaltam a necessidade da realização de ajustes entre a demanda e suprimento de forragem, por meio de adequado planejamento alimentar.

Neste contexto, não há dúvida sobre a importância da conservação de forragem para eficiência dos sistemas de produção animal. Dentre eles, os mais empregados são ensilagem e a fenação. Contudo, estes métodos não aumentam o valor nutritivo de uma cultura, eles apenas tentam preservar, o máximo possível, o que estava disponível na planta no momento do corte.

Deve-se levar em consideração que as perdas inerentes aos processos de conservação não podem ser totalmente eliminadas, contudo podem e devem ser minimizadas. Para tal, faz-se necessário a compreensão do que acontece em cada etapa destes processos para buscar ações que sejam capazes reduzir as perdas e viabilizem a produção de fenos e silagens de qualidade, impactando positivamente sobre os sistemas de produção de ruminantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADESOGAN, A. T. **Challenges of tropical silage production**. Pag- es 139–154 in Proc. 15th Int. Silage Conf., Madison, WI. G. A. Broderick, A. C. Adesogan, L. W. Bocher, K. K. Bolsen, F. E. Contreras-Govea, J. H. Harrison, and R. E. Muck, ed. 2009.

ADESOGAN, A. T., and Y. C. NEWMAN. Silage harvesting, storing and feeding. **IFAS Extension, University of Florida**, Gainesville. 2014.

BERNARDES, T.F.; AMARAL, R.C.; NUSSIO, L.C. Sealing strategies to control the top losses in horizontal silos IN Simpósio Internacional de Qualidade e Conservação de Forragem, 2009. Eds. Nussio; Zopollatto, M.; Reis, R.A. L.G. **Proceeding...** Piracicaba: FEALQ, 2009 p.209-224.

BORREANI, G.; TABACI, E; SCHMIDT, R.J.; HOLMES, B.J.; MUCK, R.E. Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silage. *Journal Dairy Science*. V.101, 3952-3979, 20188.

CLEALE, R.M. et al. Effect of inoculation of whole plant corn forage with *Pediococcus acidilactici*

e *Lactobacillus xylosus* on preservation of silage and heifer growth. **Journal Dairy Science**, Champaign, v.73, p.711-8, 1990.

DANIEL, J.L.P.; NUSSIO, L.G. Contribution of silage volatile compounds for the animal nutrition. In: II Simpósio Internacional de Qualidade e Conservação de Forragem, 2011. Eds Daniel, J.L.P., Zopollatto, M.; Nussio, L.G. **Proceeding...** Piracicaba: FEALQ, 2011 p.257-277.

DRIEHIUS, F.; WILKINSON, J. M.; JIANG, Y.; OGUNADE, I.; ADESOGAN, A. T. Silage review: Animal and human health risks from silage. **Journal of Dairy Science**. v.101.p.4093–4110. 2018

DULCET, E.; KASZKOWIAK, J.; BOROWSKI, S.; MIKOŁAJCZAK, J. Effects of Microbiological Additive on Baled Wet Hay. *Biosystems Engineering*. Volume 95, Issue 3, November 2006, p. 379-384. 2006

EVANGELISTA, A.R.; LIMA, J.A. Produção de feno. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 34, n. 277, p. 43 - 52, nov./dez. 2013

GUIM, A.; LIMA, GUILHERME FERREIRA DA COSTA ; AGUIAR, E.M . **Práticas de manejo na conservação e armazenamento do capim-elefante**. In: Mário de Andrade Lira, Mércia Virginia Ferreira dos Santos, José carlos Batista Dubeux Jr, Alexandre Carneiro Leão de Mello. (Org.). *Capim Elefante - fundamentos e perspectivas*. 1ed.Recife: EDU, 2010, v. unico, p. 193-229.

HOLMES, B. J. Density in silage storage. *Silage for Dairy Farms: Growing, Harvesting, Storing and Feeding Conference Proceedings (NRAES-181)*, Natural Resource, **Agriculture and Engineering Service**, Ithaca, NY. 2006

HOLMES, B.J.; MUCK, R.E. Factors affecting bunker silo densities. 1999. 7p. Disponível em: <<http://www.uwex.edu/ces/crops/uwforage/BunkDens3.PDF>> Acesso em: 05 de setembro de 2019.

HONIG,H.; WOOLFORD,M.K. Changes in silage exposure to air. In: *FORRAGE CONSERVATION IN THE 80's*, Brighton, 1979. European Grassland Society. **Proceeding...** Oxford, British Grassland.



JACQUES, A.V.A. **Caracteres morfofisiológicos e suas implicações no manejo.** In: CARVALHO, M.M.; ALVIM, M.J.; XAVIER, D.F. et al.. Capim-elefante: produção e utilização. Juiz de Fora: Embrapa-CNPGL, 1994. p.31-46.

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

MACDONALD, A.D.; CLARK, E.A. Water and quality loss during field drying of hay. **Advances in Agronomy** ., Madison. v.41, p. 407-437. 1987

MAHANNA, B. Hay additive review : where we've been, where we're going. IN: National Alfalfa Symposium, 24. February 24-25, 1994. **Proceeding...** Renaissance Hotel, Springfield, IL.

MCALLISTER, T. A. and A. N. HRISTOV. The fundamentals of making good quality silage. **Adv. Dairy Technol.** 12:381–399. 2000.

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

MUCK, R. E. and J. T. DICKERSON. **Storage temperature effects on proteolysis in alfalfa silage.** Trans. ASAE 31:1005–1009. 1988.

MUCK, R. E., and R. E. PITT. Ensiling and its effect on crop quality. Page 57 in **Proc. National Silage Prod. Conf.**, NRAES Cooperative Extension, Ithaca, NY 1993.

NERES, M.A.; AMES, J.P. Novos aspectos relacionados à produção de feno no brasil. **Scientia Agraria Paranaensis – SAP.** Marechal Cândido Rondon, v. 14, n. 1, jan./mar., p. 10-17, 2015

OLIVEIRA, J. S. **Produção e Utilização de Silagem de Milho e Sorgo.** Juiz de Fora: EMBRAPA-CNPGL, 1998. 34 p. (EMBRAPA-CNPGL. Circular Técnica, 47).

PAHLOW, G.; R. E. MUCK; F. DRIEHUIS; S. J. W. H. OUDE ELFERINK; S. F.

SPOELSTRA. **Microbiology of**

ensiling. Pages 31–93 in *Silage Science and Technology* (Agronomy Series No. 42). D. R. Buxton, R. E. Muck, and H.

J. Harrison, ed. **American Society of Agronomy**, Madison, WI. 2003.

PEREIRA, R. G. A.; TOWNSEND, C. R.; COSTA, N. L; MAGALHÃES, J. A. Processo de ensilagem e plantas a ensilar.

Embrapa Rondônia, Porto Velho – RO. 2008.

PITT, R.E. Microbial and enzymatic additives for ensiling. In: CORNELL NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURES, 54, Rochester, NY, 1992. **Proceedings...** Ithaca, NY, Cornell University, 1992. p.137-147.

PUTNAM, D. Marketing of conserved forages based upon quality attributes. In: II Simpósio Internacional de Qualidade e Conservação de Forragem, 2011. Eds Daniel, J.L.P., Zopollatto, M.; Nussio, L.G. **Proceeding...** Piracicaba: FEALQ, 2011 p.257-277.

REES, D. V. H. The aerobic deterioration of grass silages and its effects on water-soluble carbohydrates and the associated heat production. **Journal of the Science of Food and Agriculture.** 33:499–508. 1982.

REIS, R.A Processamento e conservação de fenos. In: WORKSHOP SOBRE O POTENCIAL FORRAGEIRO DO GENERO CYNODON, 1996, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: EMBRAPA-CNPGL, 1996.

REIS, R.A., MOREIRA, A.L., PEDREIRA, M.S. Técnicas para produção e conservação de fenos de forrageiras de alta qualidade. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS (2001 – Maringá). Eds Editores Clóves Cabreira Jobim, Ulysses Cecato, Júlio César Damasceno e Geraldo Tadeu dos Santos. –

Anais... Maringá : UEM/CCA/DZO, 2001. 319P

RINNE, A.; SEPPÄLÄ. Particle size effects of forages on the ensiling process and animal



performance. In: II Simpósio Internacional de Qualidade e Conservação de Forragem, 2011. Eds Daniel, J.L.P., Zopollatto, M.; Nussio, L.G. **Proceeding...** Piracicaba: FEALQ, 2011 p.233-256.

ROTH, M.T.P.; RESENDE, F.D.; OLIVEIRA, I.M.; *et al.* Does supplementation during previous phase influence performance during the growing and finishing phase in Nellore cattle? **Livestock Science**. v. 204, p. 122-128, 2017.

ROTZ, C. A.; MUCK, R.E. Changes in forage quality during harvest and storage. In NATIONAL CONFERENCE ON FORAGE QUALITY, EVALUATION AND UTILIZATION held at University of Nebraska, Lincoln, on 13 -15 april, 1994. Editor-in-chief George C. Fahrey Jr; associate editors, Lowell E. Moser; David R. Mertens and Michael Collins. **Proceeding...**Madson: ASA: CSSA: SSSA, 1994. 998p.

ROTZ, C.A. How to Maintain Forage Quality during Harvest and Storage. **Advances in Dairy Technology**. v.15, p. 227- 239, 2003.

ROTZ, C.A. Mechanization: Planning and selection of equipment. In: International Grassland Congress, XIX. 2001. São Pedro. **Proceedings...**Piracicaba: Brazilian Society of Animal Husbandry. p. 763-768. 2001

ROTZ,C.A. Field curing of forages. In: Post-harvest physiology and preservation of forages. Moore, K.J., Kral, D.M., Viney, M.K. (eds). **American Society of Agronomy Inc.**, Madison, Wisconsin. p. 39-66.1995

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 Dairy Science**. v. 78, p.141-153, 1995.

SAMPAIO, R.L.; RESENDE, F.D.; REIS, R.A., et al. The nutritional interrelationship between the growing and finishing phases in crossbred cattle raised in a tropical system. **Tropical Animal Health Production**. v.49, p.1015-1024, 2017.

SANTOS, E. M.; Parente, H. N.; OLIVEIRA, J. S. de; Parente, M. O. M. **Ensilagem de Plantas Forrageiras para o Semiárido**. 1. ed. São Luís: EDUFMA, v. 1. 317p. 2016..



SANTOS, E.M.; ZANINE, A.M. Silagem de gramíneas tropicais. **Colloquium Agrariae**, v.2, n.1, p.32-45, 2006. SILVEIRA, A.C. Produção e utilização de silagens. In: SEMANA DE ZOOTECNIA, 2, 1988, Campinas. **Anais...**

Campinas: Fundação Cargill. 1988. p.119-134.

SILVEIRA, A.C. Produção e utilização de silagens. In: SEMANA DE ZOOTECNIA, 2, 1988, Campinas. **Anais...**

Campinas: Fundação Cargill. 1988. p.119-134.

TAYAROL MARTIN, L.C.T. **Volumosos Conservados**. In: BOVINOS – VOLUMOSOS SUPLEMENTARES. São

Paulo: Nobel, 1997. p.82-138

TOSI, H. Conservação de forragem como consequência do manejo. In: Simpósio sobre manejo de pastagens. 1973, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: 1973. p. 117-140

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. London: Cornell University.1994.429p.

WEISSBACH, F. The future of forage conservation. In: II Simpósio Internacional de Qualidade e Conservação de Forragem, 2011. Eds Daniel, J.L.P., Zopollatto, M.; Nussio, L.G. **Proceeding...** Piracicaba: FEALQ, 2011 p.319-363

WILKINSON, J. M. Silages made from tropical and temperate crops. 1. The ensiling process and its influence on feed value. **World Anim. Rev.**, Roma, v. 45, n. 45, p. 36- 42, 1983

WILKINSON, J. M.; K. K. BOLSEN; C. J. LIN. History of silage. **Silage Science and Technology** (Agronomy Series No. 42). Buxton D. R., R. E. Muck, and H. J. Harrison, ed. American Society of Agronomy, Madison, WI. Pages 1–30 2003.

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

YAMAMOTO, Y.; P. GAUDU; A. GRUSS. **Oxidative stress and oxygen metabolism in lactic**



I SIMPÓSIO PARAIBANO DE CONSERVAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS

Tecnologias e Inovações para a Pecuária Nordestina
19 a 21 de Setembro - 2019



acid bacteria. Pages 91–102 in Lactic Acid Bacteria and Bifidobacteria: Current Progress in Advanced Research. K. Sonomoto and A. Yokota, ed. Caister Scientific Press, Norfolk, UK. 2011.

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