
**Grupo de Estudos em
Forragicultura e Pastagens**



**Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA)
Universidade de São Paulo**

TECNOLOGIAS PARA CONSERVAÇÃO DE FORRAGENS: FENAÇÃO E ENSILAGEM

Disciplinas:

ZAZ 1376 – Produção e Conservação de Forragens

Professores Responsáveis:

Profa. Lilian Elgalise Techio Pereira

Prof. Ives Cláudio da Silva Bueno

ZAZ 0328 – Forragicultura II

Professores Responsáveis:

Profa. Lilian Elgalise Techio Pereira

Prof. Valdo Rodrigues Herling

Pirassununga – 2015

Sumário

FENOS E FENAÇÃO	2
1. Introdução	2
2. Espécie forrageira e adubação	2
3. O processo de fenação	5
a) Corte.....	5
b) Secagem	8
c) Armazenamento	11
4. Fatores que interferem no valor nutritivo e perdas	12
5. Aditivos para conservação de fenos.....	13
6. Considerações finais	15
SILAGENS E ENSILAGEM	16
1. Introdução.....	16
2. Conceitos	16
3. Etapas do processo de ensilagem.....	16
a) Colheita.....	17
b) Picagem.....	20
c) Enchimento do silo	21
d) Compactação.....	22
e) Vedação	23
4. O processo de fermentação	26
a) Fase aeróbica.....	26
b) Fase anaeróbica.....	27
c) Fase de estabilização.....	29
d) Fase de deterioração aeróbia.....	30
5. Manejo da silagem após abertura do silo.....	31
6. Tipos de silo	33
7. Características relevantes de plantas para ensilagem.....	36
8. Perdas no processo de ensilagem.....	38
9. Principais espécies indicadas	39

FENOS E FENAÇÃO

1. Introdução

Os sistemas de exploração de bovinos são, em sua grande maioria, baseados em pastagens. Contudo, oscilações na disponibilidade de fatores climáticos ao longo do ano determinam redução na produção e queda no valor nutritivo, gerando déficit de forragem durante o período seco. A conservação de forragem por meio do processo de fenação é uma alternativa para suprir as deficiências quantitativas e qualitativas das pastagens durante a época seca.

O princípio básico da fenação resume-se na **conservação do valor nutritivo da forragem pela rápida desidratação (redução da umidade da forragem fresca de 70 a 80% para 15 a 18%), uma vez que a atividade respiratória das plantas, bem como a dos microrganismos é paralisada quando a disponibilidade de água na forragem é reduzida.** O feno é o alimento obtido após a desidratação. Forragens destinadas a produção de feno podem ser obtidas pela conservação do excedente de pasto em áreas de pastejo ou em áreas exclusivas de cultivo para essa finalidade. A qualidade do feno está associada a fatores relacionados à planta, às condições climáticas durante o processo de secagem e ao sistema de armazenamento empregado.

As vantagens da fenação incluem a possibilidade de armazenamento de forragem por longos períodos com pequenas alterações em valor nutritivo; inúmeras plantas forrageiras podem ser utilizadas no processo; pode ser produzido e utilizado em grande e pequena escala; pode ser colhido, armazenado fornecido aos animais manualmente ou por processos inteiramente mecanizados e pode atender o requerimento nutricional de diferentes categorias animais.

2. Espécie forrageira e adubação

Atualmente, é possível ferrar todo tipo de planta forrageira, bastando para isso utilizar métodos e equipamentos adequados para seu processamento. Contudo, algumas espécies forrageiras apresentam maior facilidade, principalmente quanto à velocidade de desidratação, atingindo o ponto de feno mais rapidamente e expondo a forragem a menores riscos de perdas de MS e valor nutritivo.

São características desejáveis de espécies forrageiras para fenação: alta produção de forragem e ótimo valor nutritivo, tolerância a cortes baixos, elevado vigor de rebrotação após o corte, facilidade para a desidratação e reduzida perda de folhas. A rebrotação depende das condições de fertilidade e umidade do solo, bem como do grau de tolerância das plantas forrageiras ao corte.

Espécies de crescimento cespitoso de porte elevado e que formam touceiras podem ter seu processo de rebrotação prejudicado pelos cortes em função de danos às touceiras e perfilhos. Um fator de extrema importância na determinação da capacidade de rebrotação refere-se à precocidade do alongamento do caule da planta forrageira (gramínea), que é dado pela elevação do meristema apical acima do solo, tornando-se vulnerável à eliminação. Gramíneas cespitosas, que têm elevação rápida do meristema apical, têm menor velocidade de rebrotação após o corte comparada às gramíneas estoloníferas, porém são mais fáceis de serem cortadas. **Adicionalmente, plantas com colmos compridos e/ou grossos apresentam menor velocidade de perda**

de água durante o processo de desidratação, o que resulta em fenos de pior valor nutritivo.

Entre as gramíneas para a fenação, em regiões tropicais, podem ser mencionadas: pangola, jaraguá, colômbio, gordura, rhodes, kikuio, espécies do gênero *Cynodon* em geral, braquiárias, etc. Entre as leguminosas, encontram-se: alfafa, soja perene, siratro, centrosema, *Arachis*, estilosantes e outras, de preferência com colmos mais finos e com hábito de crescimento prostrado.

Além destes aspectos, é importante reportar que a fertilidade do solo exerce influência na produção e valor nutritivo (VN) de plantas forrageiras. A disponibilidade de nutrientes no solo afeta o VN das plantas forrageiras, permitindo que elas absorvam elementos químicos essenciais aos animais e aumentem a produção de forragem de excelente qualidade pelo estímulo do crescimento.

Quantidades adequadas de calcário, nitrogênio, fósforo, potássio e microelementos são necessários para garantir altas produções de forragem e manter a persistência das plantas desejáveis no 'stand' por longos períodos.

Calagem e adubações feitas por ocasião do plantio deverão ser baseadas nos resultados de análise do solo. A calagem e a adubação fosfatada, na maioria dos solos brasileiros, são práticas recomendadas. A correção de solo deve ser feita com o calcário dolomítico ou calcítico, preferentemente o primeiro para atender à demanda de magnésio, que é um nutriente importante no crescimento da planta forrageira. A quantidade de calcário a ser aplicada é baseada nos resultados da análise do solo, elevando-se a saturação de bases para 70% (V=70%). A distribuição do calcário deverá ser em lanço (manual ou mecanicamente - máquinas apropriadas) em toda a superfície do solo e incorporado à profundidade de 20 a 30 cm por aração e gradagem. O período compreendido entre a calagem e o plantio deve ser considerado, levando-se em conta a presença de umidade suficiente no solo, para que ocorra a reação do calcário no solo. Sem umidade no solo, não há como o calcário reagir; assim, essa operação deverá ser realizada pelo menos 30 dias antes do plantio.

Com referência à adubação de plantio, recomenda-se apenas a utilização do fósforo, uma vez que o nitrogênio e o potássio, utilizados durante esta fase, podem ser supridos pela matéria orgânica que será mineralizada, disponibilizando esses nutrientes para o crescimento inicial das plantas. Não se tem recomendado a aplicação de nitrogênio e de potássio por ocasião do plantio, a não ser que os resultados de análise de solo indiquem uma deficiência pronunciada de matéria orgânica e de potássio na solução do solo. A recomendação da adubação fosfatada de plantio prende-se ao fato de ser o fósforo o nutriente mais importante durante as fases de germinação e estabelecimento da planta forrageira.

Embora as gramíneas tropicais respondam intensamente às doses de nitrogênio, a adubação nitrogenada deve ser restrita na implantação das plantas forrageiras. Da mesma forma que a adubação potássica, a nitrogenada também deve ser aplicada em cobertura, com 60 a 100 kg de nitrogênio/ha, quando a planta forrageira cobrir de 60 a 70% do solo, visando ao maior aproveitamento do fertilizante. Aplicações anteriores a esse período só são recomendáveis se a planta forrageira apresentar deficiência (amarelecimento das folhas mais velhas); nesses casos, deve-se aplicar, no máximo, 50 kg/ha de N.

A utilização de fontes solúveis deve ser feita para maior eficiência, e a aplicação deverá ser localizada próxima à muda, sugerindo-se, portanto, para melhor aproveitamento do adubo, o plantio em sulco ou em cova. No plantio das mudas a lanço,

a aplicação da adubação fosfatada deve ser superficial, em área total, com leve incorporação. Com relação à adubação potássica para a fase de estabelecimento, é recomendável considerar a classe de disponibilidade de potássio no solo, podendo variar de 30 a 60 kg/ha de K_2O , correspondendo a 50 e 100 kg/ha de cloreto de potássio.

A necessidade de adubação de manutenção está associada à elevada remoção de nutrientes do solo. Para efeito de cálculos, pode-se considerar uma remoção média de: 16 kg de N, 5 kg de P_2O_5 e 20 kg de K_2O , para cada tonelada de feno produzida. Na produção de feno, deve-se observar que é intensa a remoção de nutrientes, pois toda forragem é recolhida, além da não reciclagem de nutrientes pelas fezes e urina pela ausência de animais em pastejo.

Para a reposição dos nutrientes, recomenda-se aplicar P de uma única vez no início do período chuvoso, enquanto as adubações com o N e K deverão ser fracionadas e aplicadas após cada corte, durante o período chuvoso. Em áreas irrigadas para a produção de feno, este fracionamento deverá ser realizado durante todo o ano.

Na escolha do adubo nitrogenado, o sulfato de amônio é o mais recomendado para aplicações em cobertura. O emprego da ureia é possível quando houver adequada umidade no solo e em dias não muito quentes. A adubação de manutenção deverá ser feita uniformemente em toda a área, usando-se adubadeiras de tração motorizada ou adubação manual. Os micronutrientes podem ser aplicados em dose única, juntamente com o P, no caso de solos reconhecidamente deficientes. Para monitorar a fertilidade natural do solo, é recomendável que seja feita anualmente a amostragem do solo para fins de análise, e correção e adubação conforme necessidade.

O terreno deve ser fértil, de preferência plano ou com declividade favorável à mecanização e livre de tocos, cupins ou pedras, para facilitar os tratos culturais, o corte e depois a fenação.

❖ Cuidados com a área:



Figura 1. Condições não recomendadas para o processo de fenação.

O controle de plantas invasoras é essencial para produção de fenos de excelente VN. Estas plantas normalmente afetam o VN do feno, pois possuem baixa DIVMS e aceitabilidade. Além disso, algumas podem ser tóxicas ou possuir espinhos, o que causa sérios danos aos animais que os consomem.

3. O processo de fenação

O PROCESSO DE FENAÇÃO

Definida a espécie forrageira, as fases do processo são:

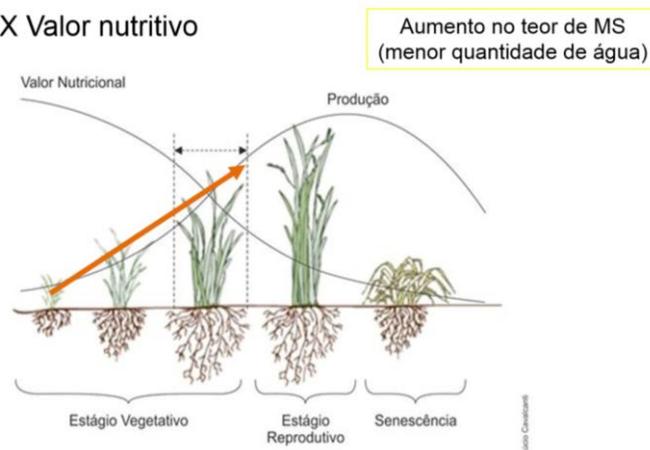


a) Corte

Com o crescimento da planta ocorrem alterações que resultam na elevação dos teores dos compostos estruturais, tais como a celulose, a hemicelulose e a lignina e, paralelamente, diminuição do conteúdo celular. Qualquer que seja a espécie/cultivar a ser utilizada, a planta deve ser cortada quando ocorrer equilíbrio entre produtividade por hectare e valor nutritivo. Cortes no início da fase de crescimento vegetativo trariam como desvantagens, menor rendimento forrageiro e ainda alto teor de umidade da planta forrageira. Cortes durante a fase de crescimento reprodutivo teriam como desvantagens, maior lignificação das células e menor digestibilidade da proteína e energia. A época ideal de corte seria aquela em que a planta forrageira estaria com o maior equilíbrio entre quantidade e qualidade.

Momento adequado de corte:

- Produção X Valor nutritivo



Portanto, esta época não pode ser definida em termos somente de crescimento ou de datas de cortes pré-fixadas, mas sim em períodos de descanso da cultura, condições

locais do meio, nível de fertilização, aspectos econômicos, etc. Convém, portanto, enfatizar que a qualidade da forragem à época do corte é de importância primária na qualidade do feno.

Tabela 1 – Proporção de folhas, digestibilidade in vitro da matéria seca e teor de proteína bruta do feno de gramíneas em diferentes intervalos entre cortes.

Idade rebrotação	Folhas (%)	Idade rebrotação	PB (%)	Idade rebrotação	DIVMS (%)
42	53	28	7,1	28	59,0
56	42	35	7,0	42	58,5
70	41	42	6,5	63	57,7
85	37	56	6,2	84	54,5
Fonte: Pereira & Reis (2001) Coastcross		Fonte: Ataide Júnior et al. (2000) Tifton-85		Fonte: Gonçalves et al. (2003) Tifton-85	

Recomendações gerais (não comprovadas cientificamente):

Gramíneas:

- Da emissão da infloresc. ao início da floração
- Azevém, festuca, falaris pré-floração
- Aveia grão leitoso

Leguminosas:

- Início do florescimento ao florescimento pleno produção/qualidade
- Alfafa e trevo vermelho 10% da floração
- Trevo-branco início da floração até 50% desta

Consórcio:

- Geralmente indicado pela gramínea

As plantas do gênero *Cynodon* prestam-se muito bem para a produção de feno. Nas espécies deste gênero, a colheita mecânica de forragem é feita à altura de aproximadamente 5-10 cm do solo. Ao observar os dados referentes à pesquisas em que se analisou o efeito de frequências e alturas de corte na produção e recuperação de plantas, concluí-se que o intervalo de cortes mais apropriado é por volta de 4 a 5 semanas. Os capins dos gêneros *Brachiaria* e *Digitaria* podem ser cortados de 10 a 15 cm, enquanto que plantas de crescimento ereto como *Avena*, *Hyparrhenia*, *Panicum* e *Pennisetum* as alturas de corte são de 10 a 20 cm. Em termos de leguminosas, a altura de corte normalmente utilizada é de 8 a 10 cm do nível do solo.



Altura de corte interfere sobre

Valor nutritivo do feno



Recuperação da planta



Circulação de ar na base das leiras



A época de corte deve ser aquela que permita secagem rápida e uniforme e recolhimento com umidade adequada. As condições ambientais que favorecem esses aspectos são dias ensolarados e elevadas temperaturas, com pouca nebulosidade, baixa umidade relativa do ar e presença de ventos. O corte deve ser iniciado pela manhã, após secagem do orvalho e em dias não sujeitos à chuva.

→ Equipamentos

O corte ou ceifa pode ser realizado de forma manual (no caso de pequenas propriedades) ou mecanizado.

- No corte manual, pode ser utilizar alfanje, foice ou roçadeira costal mecanizada. O rendimento nesse método é baixo. A forragem cortada pela manhã deve ser revolvida à tarde, utilizando garfo ou rastelo. Essa operação deve ser repetida pela manhã e à tarde no dia seguinte. A forragem deve ser enleirada no final da tarde, o que evita a reidratação, em leiras fofas para facilitar a circulação de ar.

- O corte da planta forrageira em sistemas mecanizados é realizado com segadeira. Segadeiras simples executam apenas o corte, deixando a forragem espalhada no próprio local. Existem dois tipos: segadeira de barra, mais simples e mais baratas, e segadeira circular de disco ou tambor rotativo, as quais são mais eficientes para corte de espécies

estoloníferas ou tombadas, contudo exige maior potência do trator que tem maior gasto de combustível. Espécies eretas ou que formam touceiras podem ter suas estruturas dilaceradas pela segadeira de barras, o que prejudica a rebrotação.

- Segadeiras condicionadoras são equipamentos de maior custo e rendimento, indicadas para corte de plantas com maior quantidade de colmos ou colmos espessos. Rolos compactadores realizam o esmagamento da forragem, o que acelera a desidratação e favorece secagem mais uniforme de folhas e colmos por aumentar a superfície de exposição da planta ao ar.

A vantagem da segadeira condicionadora é executar, numa só operação, o corte e o esmagamento da planta (por meio de dois rolos compactadores), deixando a forragem disposta em leiras frouxas, o que permite maior circulação de ar.

O esmagamento de caule e hastes - porções mais úmidas e de secagem mais lenta - aumenta a superfície de exposição da planta ao ar, possibilitando uma secagem mais rápida e uniforme da forragem.



- Roçadeiras não devem ser utilizadas para corte da forragem, pois além de dilacerar as plantas, picam a forragem, o que aumenta a proporção de perdas e dificulta o recolhimento.

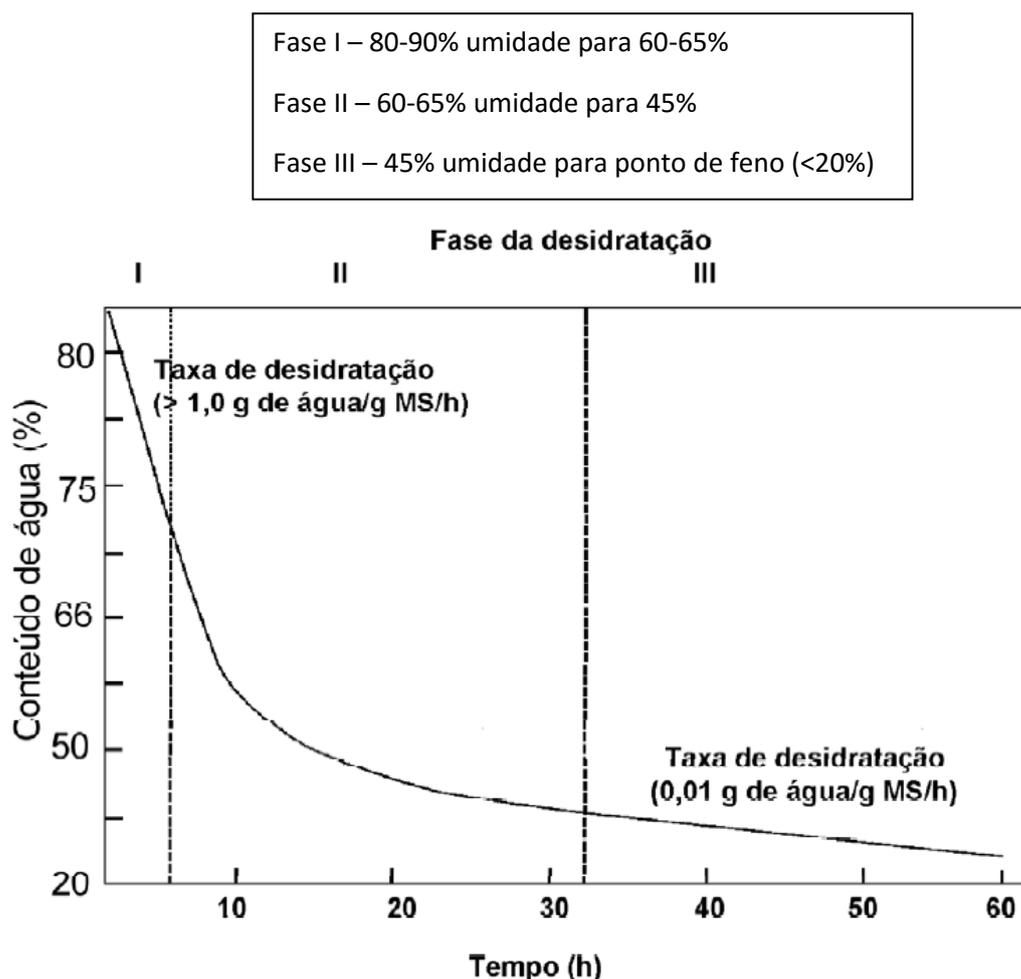
- Condicionadores químicos mantêm os estômatos da planta abertos, acelerando a perda de água. Entre estes estão a fusicoccina, quinetina, azida sódica. Carbonato de potássio ou de sódio e herbicidas dessecantes também podem ser utilizados para acelerar a secagem.

b) Secagem

A planta forrageira ao ser cortada para fenação contém de 70 a 80% de umidade. Após o corte ocorre a supressão do suprimento de água pelas raízes e a evaporação contínua da superfície foliar leva ao pré-murchamento, secagem e morte das células. Durante a secagem alguma atividade enzimática prossegue e nutrientes podem ser perdidos. Assim, quanto mais rapidamente ocorrer a secagem e, conseqüentemente a morte das células, menor será a perda de valor nutritivo. Uma vez transformada em vapor, a água se move da planta para o ambiente, seguindo o princípio da difusão da umidade. A difusão é controlada pelo gradiente de pressão de vapor entre a superfície do vegetal e o ambiente, sendo influenciada, principalmente pela temperatura e a seguir pelo teor de água da planta.

A curva de secagem das plantas forrageiras apresenta formato tipicamente exponencial (Figura abaixo), de tal forma que cada unidade adicional de perda de água, requer maior tempo. Embora o padrão de perda de água em condições constantes de ambiente seja uniforme, o período de secagem pode ser convenientemente dividido em

três fases, as quais diferem **na duração, na taxa de perda de água e na resistência à desidratação**.



Fonte: Adaptado de Jones & Harris (1979)

Disponível: <http://www.beefpoint.com.br/radares-tecnicos/conservacao-de-forragens/principios-basicos-no-processo-de-fenacao-desidratacao-da-forragem-29418/>

Fase I: curta duração, elevada taxa de perda de água e menor resistência à desidratação

A primeira etapa de secagem é rápida e envolve intensa perda de água, nesta fase os estômatos permanecem abertos e o déficit da pressão de vapor entre a forragem e o ar é alto e a perda de água pode chegar a 1 g/g de MS/hora. Embora, os estômatos se fechem em aproximadamente 1 hora após o corte, ou quando as plantas possuem de 65 a 70% de umidade, cerca de 20 a 30% do total de água é perdido nesta primeira fase da secagem.

Fase II: duração depende das características das folhas e da planta, perda de água via evaporação cuticular, aumento na resistência à desidratação

Durante o processo de secagem, quando a forragem é enleirada, a progressiva perda de água e o sombreamento, promovem o fechamento dos estômatos, resultando em aumento na resistência à desidratação. A superfície da planta é recoberta por uma camada

de proteção, cuja porção externa é uma cutícula cerosa que é relativamente impermeável. Nessa segunda fase de secagem, após o fechamento dos estômatos, a perda de água acontece via evaporação cuticular. Assim, a estrutura das folhas, as características da cutícula e a estrutura da planta afetam a duração desta fase de secagem. A resistência cuticular e a camada limítrofe do tecido vegetal com o ambiente tornam-se as principais barreiras à perda de água. As leiras produzidas pela maioria das segadeiras são compactas e altas. A resistência da leira na fase inicial de secagem é o principal fator que limita a perda de água, pois a superfície (topo) seca mais rápido que a base. Dessa forma, a taxa de desidratação pode ser aumentada com o uso de ancinhos para revirar a forragem. Da mesma forma, na segunda fase a secagem ainda pode ser rápida com uso de ancinhos, pois se reduz a compactação através das viragens e revolvimento. O uso frequente de ancinhos é mais eficiente quando o conteúdo de água da forragem varia entre 66 e 50%. Em leguminosas o uso de ancinhos deve ser evitado, pois a perda de folhas pode ser elevada.

Fase III: baixa taxa de perda de água, elevada resistência à desidratação, sensibilidade às condições climáticas (plasmólise)

Na fase final da secagem, ou seja, na terceira etapa, em função da plasmólise, a membrana celular perde a sua permeabilidade seletiva, ocorrendo rápida perda de água. A fase inicia-se quando a umidade da planta atinge 45%, sendo menos influenciada pelo manejo e mais sensível às condições climáticas do que as anteriores, principalmente à umidade relativa do ar.

Embora o metabolismo da planta tenha se reduzido na terceira fase de desidratação, a forragem torna-se susceptível aos danos causado pelo meio ambiente, tais como reidratação, lixiviação e queda de folhas. Esta fase continua até a forragem atingir teor de água adequado, o qual permite o armazenamento do feno sem a continuação dos processos metabólicos da planta e de microrganismos. Nessa fase o revolvimento deve ser evitado, pois a perda de folhas pode ser acentuada.

Algumas maneiras práticas para verificação do ponto de feno, quando a forragem apresenta menos de 20% de umidade, são: - quando os nós apresentam consistência de farinha e sem umidade; e ao torcer um feixe de forragem, não deve surgir umidade, e ao soltar, o material volta lentamente à posição inicial. Com a prática, a pessoa identifica o ponto do feno pelo tato e cor. A determinação do ponto de feno pode ser feita também utilizando estufas e micro-ondas. Nesse caso, o material é pesado antes e após a sua retirada do equipamento, e por diferença de peso, se determina a umidade.

→ Fatores que interferem no processo de desidratação

Fatores climáticos e edáficos

Os fatores climáticos e de solo constituem o ambiente para secagem do material no campo. Fatores de clima como radiação solar, temperatura, umidade do ar e velocidade do vento e de solo, particularmente umidade, interferem na velocidade de perda de água. Vale lembrar que, a umidade relativa do ar, que tem grande influência na qualidade do feno, em regiões que naturalmente apresentam umidade relativa do ar acima de 60-70%, fica impossibilitada de elaborar bons fenos.

Fatores ligados à planta

O hábito de crescimento, teor de umidade (ou %MS) no momento do corte, relação folha:colmo e comprimento e espessura dos colmos, espessura da cutícula e densidade de estômatos. Do ponto de vista de desidratação, o avanço no estágio de desenvolvimento resulta em vantagens para o processo de perda de água, mas é prejudicial para a qualidade da forragem, ocorrendo alterações que resultam na elevação dos teores de compostos estruturais, tais como a celulose, a hemicelulose e lignina e, paralelamente, a diminuição do conteúdo celular. De maneira geral, na prática, a fim de assegurar nível de umidade adequado para o armazenamento, o corte das plantas deve ser realizado mais tardiamente.

Fatores de manejo

Momento do corte (qualidade x quantidade, ou frequência de corte) e altura do corte (circulação do ar na base da leira), revolvimento das leiras (não deve ser feita na fase final, perda de folhas) e tamanho das leiras (uniformidade de secagem e compactação).

c) Armazenamento

Para o armazenamento de feno, podem ser aproveitadas as construções já existentes na propriedade, ou construir galpões rústicos, levando-se em consideração que devem ser locais ventilados e livres de umidade. O feno pode ser acondicionado em fardos, solto e em medas.

- "Medas" são montes de feno organizados ao redor de um mastro ou tutor, normalmente no próprio campo de produção. Essa é a forma de armazenamento mais indicada para criações extensivas ou semiextensivas. Para construção da meda, deve-se escolher um local nivelado, com um tutor de madeira de 3 a 6 metros de altura e marcar uma circunferência com o diâmetro de $2/3$ da altura ao redor desse tutor, devendo-se limitar a altura a 4m. Iniciar a colocação de feno em camadas bem compactadas, voltando a fechar a partir daí até ao topo da meda, formando um cone. Para arrematar, deve-se fazer um chapéu de sapé, de lona plástica ou similares para evitar a penetração de água das chuvas. Para melhor proteção da meda, é necessário que se construam cercas para impedir o acesso dos animais, e uma pequena canaleta ao seu redor, para proteção contra as enxurradas. A principal vantagem nesse sistema é o menor custo no armazenamento, pois não necessita de abrigos, não tem despesas com o transporte e tem fácil acesso para o gado. Entretanto, as desvantagens são as perdas por lavagem em consequência da água da chuva e a fermentação, o que contribui para reduzir o valor nutritivo do feno, além do desperdício no momento da utilização pelos animais. Para fins de cálculos, considera-se que 1 m^3 de meda comporta de 50 a 60 kg de feno.

- Armazenamento solto - Neste caso, há necessidade de galpões reservados para esse fim; porém, neste método de armazenamento, o feno ocupa mais espaço do que no sistema de fardo, dificultando o manuseio no transporte, o controle da quantidade ou estoque de feno existente na propriedade.

- Armazenamento em fardos apresenta algumas vantagens em relação ao armazenamento de feno solto; o material enfardado ocupa menor espaço, tem melhor conservação, facilita o transporte, melhora o controle sobre incidência de fungos e possibilita o controle da quantidade ou do estoque de feno existente na propriedade. Para

o processamento dos fardos, pode-se usar enfardadeira manual ou mecânica para o amarrado do fardo com arame ou cordão apropriado; no entanto, esse método é mais caro e trabalhoso do que o armazenamento do feno solto. Os fardos podem ser retangulares, cilíndricos ou (rolões). As dimensões dos fardos podem ser variáveis; geralmente são 0,40 m de largura por 1,00 m de comprimento e altura de 0,30 m. No uso de enfardadeiras mecânicas automáticas, essas captam a forragem enleirada, fazem a prensagem dos fardos, que são deixados no campo, para, posteriormente, serem recolhidos. O rendimento é variável, dependendo da enfardadeira, podendo chegar a 12 T por hora. Em 1 m³ de feno corretamente enfardado, armazenam-se aproximadamente 90-100 kg de material. Em regiões com baixa possibilidade de chuvas, pode-se usar enfardadeiras que confeccionam rolos de feno prensado, com peso superior a 500 kg, que são armazenados no campo, podendo os animais terem acesso direto. Esse tipo de equipamento só é justificável para grandes produções.

4. Fatores que interferem no valor nutritivo e perdas

Fatores ligados à planta

O valor nutritivo do feno depende do valor da forragem cortada e dos tratamentos culturais, particularmente adubações. As perdas de nutriente no preparo do feno iniciam-se imediatamente após o corte, ocasionadas pela ação de enzimas no material a ser desidratado e pelas reações de oxidação e respiração, que são inevitáveis durante a secagem. A principal perda ocorre na fração carboidratos solúveis, como consequência da respiração aeróbica. Alterações em virtude da ação enzimática podem ocorrer com relação à proteína, ocasionando perda de nitrogênio, bem como redução na digestibilidade aparente da proteína bruta. Por outro lado, a secagem promove diminuição na concentração de compostos tóxicos, como glicosídeos cianogênicos, proteínas solúveis causadoras de timpanismo.

Fatores ambientais

A ocorrência de chuvas durante a secagem no campo pode ocasionar perdas de até 100% da matéria seca. As chuvas, na fase final da secagem, causam maiores perdas do que aquelas que ocorrem no início da fenação. Há de se considerar que a ocorrência de chuvas pode causar perdas indiretas, uma vez que prolonga o tempo de secagem, aumentando as atividades de respiração e fermentação. Além disso, a forragem que foi submetida à chuva, para complementar a secagem, deverá sofrer processamento intenso no campo, o que pode resultar em aumento nas perdas de folhas e elevação de custos.

Considerando que na última fase de secagem as células sofreram plasmólise, a lixiviação de nutrientes em função da reidratação pode ser elevada e a qualidade do feno piorada.

Perdas durante a secagem

As perdas mecânicas, durante o processamento no campo, podem ocorrer em virtude do dilaceramento de folhas e caules, no momento do corte, considerando-se que essas frações fragmentadas não serão recolhidas pela enfardadeira. Da mesma forma, revolvimentos excessivos podem promover elevada perda de folhas. Perdas por

fermentação podem ocorrer em casos onde a umidade do solo ou da leira é muito elevada e revolvimentos não são realizados.

Perdas no armazenamento

As principais causas de perdas de matéria seca no armazenamento de fenos com alta umidade estão relacionadas à continuação da respiração celular e ao desenvolvimento de bactérias, fungos e leveduras. A intensa atividade de microrganismos promove aumento na temperatura do feno, podendo-se registrar valores acima de 65 °C e até combustão espontânea. As condições de alta umidade e temperaturas acima de 55 °C são favoráveis à ocorrência de reações não enzimáticas entre os carboidratos solúveis, resultando em compostos denominados produtos de reação de "Maillard", causando uma coloração marrom no feno, e perdas de até 70% do valor nutricional (menor DIVMS, perda de proteínas solúveis e CHO).

Perdas no fornecimento podem ser evitadas pelo processamento do material. A picagem e a moagem facilitam o manuseio, promove maior consumo destes pelos animais e reduz as perdas. O consumo voluntário de feno pode aumentar de 10 a 30% com a moagem, quando comparado com fenos de fibra longa ou picado. As perdas durante a alimentação podem ocorrer em qualquer que seja o sistema usado e a magnitude destas varia com o sistema. O principal objetivo é estabelecer práticas de manejo que possibilitem aos animais consumirem a maior parte do feno a eles ofertada. As perdas na alimentação incluem pisoteio, queda de folhas, deterioração química e física, contaminação fecal e rejeição. Bal et al. (s/d) determinaram que as perdas de feno na alimentação são inferiores a 2%, em condições de bom manejo, e superiores a 60%, em situações de manejo deficitário. É aceitável perdas de 3 a 6% na maioria do sistema de alimentação.

Tabela 6 - Previsão de perdas (%), durante o processo de fenação em diferentes condições de secagem no campo

Fonte de perdas	Ótimas		Normais		Adversas	
	P	C	P	C	P	C
FORAGEM cortada		100		100		100
Corte/condicionamento	5	95	10	90	20	80
Respiração	5	90	10	81	15	68
Ancinho	5	86	10	73	20	54
Lixiviação	0	86	10	66	15	46
Enfardamento	5	81	10	59	20	37
Armazenamento	5	77	10-20	53-47	30	26
Manuseio	5	74	10	48-43	30	18
FORAGEM consumida		74		48-44		18

P – Perdido (%); C – Conservado (%).

Fonte: MacDonald & Clark (1987)

5. Aditivos para conservação de fenos

Amônia anidra e ureia, Ácido propiônico, Propionato de amônio

Uma alternativa na conservação de fenos enfardados com alta umidade (20 a 30%) pode ser o uso de aditivos que controlam o desenvolvimento desses fungos. Esses aditivos devem apresentar algumas características essenciais, como: a) baixa toxicidade para os mamíferos; b) efeito fungistático; c) manuseio fácil e seguro; d) ser solúvel em água.

A inibição do crescimento de microrganismos com ácidos é conseguida pela manutenção de uma concentração mínima de ácido na fração aquosa do feno. Contudo, este possui ação corrosiva em equipamentos e são voláteis.

Dentre os aditivos mais usados para a conservação de fenos com alta umidade, destaca-se a amonização, pela amônia-anidra, ou pelo uso da uréia como fonte de amônia. A amônia atua no controle de fungos pela elevação do pH do meio, além da ação fungistática, atua sobre a fração fibrosa da forragem, solubilizando a hemicelulose, aumentando o nitrogênio não proteico na forragem, melhorando a digestibilidade e consumo de matéria seca. A aplicação de 1 a 2% de amônia-anidra na matéria seca inibe o desenvolvimento de fungos dos gêneros *Aspergillus* e *Penicillium*, durante o armazenamento do feno.

Da mesma forma, o uso de ureia (2,0% da MS) diminui a incidência de fungos *Aspergillus*, mas com baixa eficiência sobre os fungos *Penicillium*. Embora o uso de aditivos seja uma alternativa adequada para a conservação de fenos armazenados com alta umidade, a adoção de tecnologia que possa onerar o custo de produção deve ser analisada criteriosamente pelos produtores.

Aditivos para conservação de fenos

Aplicação

- **Aplicação durante o enfardamento:** Dos sistemas disponíveis a aplicação durante o enfardamento tem sido o mais utilizado, pois acarreta pequenas alterações no processo tradicional de fenação.



- **Aplicação no armazenamento:** Este sistema evita complicações durante a colheita da forragem e permite tratar o feno por mais de uma vez e assim, corrigir as falhas que podem ocorrer no processo.

Um bom feno deve possuir coloração esverdeada, cheiro agradável, boa porcentagem de folha, ser macio, livre de impurezas, como terra, ervas daninhas e elementos tóxicos como, fungos "MOFOS", e ter bom consumo e digestibilidade.



Classificação do feno: de acordo com a secagem				
FENO A		FENO B		FENO C
30 h secagem		Seco passado		Úmido
Sem chuvas		Sem chuvas		Com chuva
Forrageira	Tipo	Umidade	PB (%MS)	FDN (%MS)
Gramínea	A	15 – 10	> 13	< 65
	B	15 – 10	9 - 13	65 - 69
	C	18 – 15	< 9	> 69
Leguminosa	A	18 – 15	> 22	< 41
	B	18 – 15	19 - 22	41 - 46
	C	25 – 20	< 19	> 46

6. Considerações finais

O feno é uma alternativa para suprimento de forragem na época seca do ano, quando a disponibilidade e qualidade da pastagem são limitadas. Para tanto, a forragem deve ser cortada e desidratada até que permaneçam entre 15 e 20% de umidade. A taxa de secagem é favorecida pela presença de maior proporção de folhas e caules finos, que depende da espécie e do adequado momento de corte (quantidade x qualidade), adequado processamento do material no campo, que inclui espalhamento, viragem e enleiramento para acelerar a desidratação. Processamento adequado e condições climáticas favoráveis resultam em produção de feno de qualidade em dois ou três dias.

Aspectos de um feno de qualidade

Características desejáveis:

1. Alta relação folha:caule
2. Caules finos e macios
3. Coloração esverdeada (indicativo de menores perdas)
4. Estádio vegetativo ideal
5. Não conter substâncias estranhas (plantas daninhas, plantas tóxicas, terra, etc.)
6. Não conter bolores
7. O cheiro deve ser agradável
8. Deve ter boa aceitação pelos animais



SILAGENS E ENSILAGEM

1. Introdução

O fato de se ter muita forragem de boa qualidade numa época do ano e pouca forragem de má qualidade em outra época faz o produtor ter grandes prejuízos em seus rebanhos com perda de peso, aumento da mortalidade, baixa produção de carne e leite e baixa produtividade na época seca. Neste quadro, torna-se imprescindível a conservação de forragens de excelente qualidade, produzidas na época das chuvas, para serem utilizadas no período de estiagem ou seca.

Na conservação de forragens, busca-se criar condições em que as características químicas e físicas do alimento, ou seja, seu valor nutritivo, sejam preservadas. Uma das maneiras de se conservar a forragem é pela ensilagem. Contudo, a ensilagem não é um processo mágico que converte volumoso de má qualidade em um alimento succulento e rico em nutrientes. Portanto, o que determinará a qualidade da silagem será o correto manejo da cultura a ser ensilada, colheita no ponto de corte adequado, e a adoção de técnicas adequadas durante o enchimento e compactação do silo, e processos de vedação que garantam o correto armazenamento.

2. Conceitos

De acordo com Novaes et al. (2004):

Ensilagem – Processo de conservação de forragem/grãos por meio da acidificação da massa em decorrência da fermentação microbiana em condições de anaerobiose.

Silagem - é o produto oriundo da conservação de forragens úmidas (planta inteira) ou de grãos de cereais com alta umidade (grão úmido) pela fermentação em meio anaeróbio, ambiente isento de oxigênio.

Silo – estrutura/local de armazenamento da silagem

A ensilagem tem como objetivo a conservação da forragem verde, com um elevado teor de umidade e mínimo de perdas, sem a formação de produtos tóxicos para o animal. Para tal é necessário:

1. Atingir e manter condições de anaerobiose (ausência de O₂), para limitar a atividade oxidativa das enzimas da planta e da flora aeróbia, pois produzem perdas consideráveis;

2. Impedir o desenvolvimento da flora butírica, que causa putrefação e decomposição dos ácidos graxos em gás carbônico, amônia e compostos nitrogenados, que podem ser tóxicos. Esta flora não sobrevive a pH baixo e o modo de inibi-los é favorecer o desenvolvimento da flora láctica, pois esta conduz ao abaixamento rápido do pH do meio, o que impede o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis e conserva a forragem por períodos prolongados.

3. Etapas do processo de ensilagem

A ensilagem, como processo de conservação, consiste em um conjunto de operações destinadas à produção de silagem, que pode ser dividido em etapas:

a) Colheita ou corte	
b) Fragmentação ou trituração do material	
c) Transporte até o silo e carregamento ou enchimento do silo	
d) Compactação	
e) Vedação do silo	

a) Colheita

A rapidez no processo de colheita é um dos principais fatores para a obtenção de boa silagem. A forragem cortada continua a respirar (células ainda vivas) até a morte das células ou até que todo o oxigênio do meio seja removido (isso ocorre dentro do silo). Isso quer dizer que haverá consumo de carboidratos da planta, com liberação de CO₂ e

produção de calor e, portanto, com perda de MS muito digestível. Dessa forma, para minimizar as perdas de energia durante a respiração, deve-se favorecer a rápida remoção do oxigênio do meio.

A retirada do oxigênio do meio se dá por:

➔ **Respiração aeróbia:** a presença de oxigênio favorece a respiração dos microrganismos aeróbios. Nesse processo ocorre consumo de carboidratos e oxigênio, com liberação de CO₂ e calor, causando aumento da temperatura no interior do silo. Nessa etapa, portanto, a velocidade de enchimento do silo irá determinar quanto de oxigênio residual ficará na massa ensilada.

➔ **Compactação adequada:** (importância do tempo de compactação e tamanho das camadas e de partículas) a compactação expulsa o ar contido no interior do silo e, sobretudo, impede a sua renovação. Se a compactação é eficaz (imediate e intensa), a expulsão do ar é rápida, não há renovação de ar e a temperatura no interior do silo não ultrapassa os 20°C. A compactação é eficaz, quando o tamanho das partículas é adequado.

Na colheita, a altura do corte das plantas, tanto do milho quanto do sorgo, ocorre normalmente entre 15 e 20 cm do solo. A elevação da altura do corte para 30 a 50 cm melhora o valor nutritivo da silagem e a digestibilidade, pois a maior porcentagem de lignina e potássio encontra-se no terço inferior da planta. Entretanto, quanto maior a altura do corte, menor será o volume colhido por hectare.

O ponto ideal para o corte do milho e do sorgo para a ensilagem deve ser quando planta apresenta de 28 a 35% de MS. O baixo teor de matéria seca tem sido apontado como uma das principais limitações, uma vez que a elevada umidade da forragem ensilada resulta na produção excessiva de efluentes, que não apenas dificultam o manejo, mas também lixiviam nutrientes altamente digestíveis, o que diminui o valor nutritivo das silagens, tal como o aumento da proteólise e o estabelecimento de bactérias clostrídicas (Santos et al., 2013). Teores acima de 38% não são preconizados, pois aumenta a resistência da massa de silagem à compactação durante a sua confecção, reduzindo a densidade. Altos teores de matéria seca (acima de 40%) também exigem maior potência do equipamento que realiza a colheita para manter o tamanho de partícula uniforme. Além destes fatores, quando o grão atinge a maturidade fisiológica, a digestibilidade do amido decresce, principalmente em híbridos de milho que apresentam grão do tipo flint (duro).

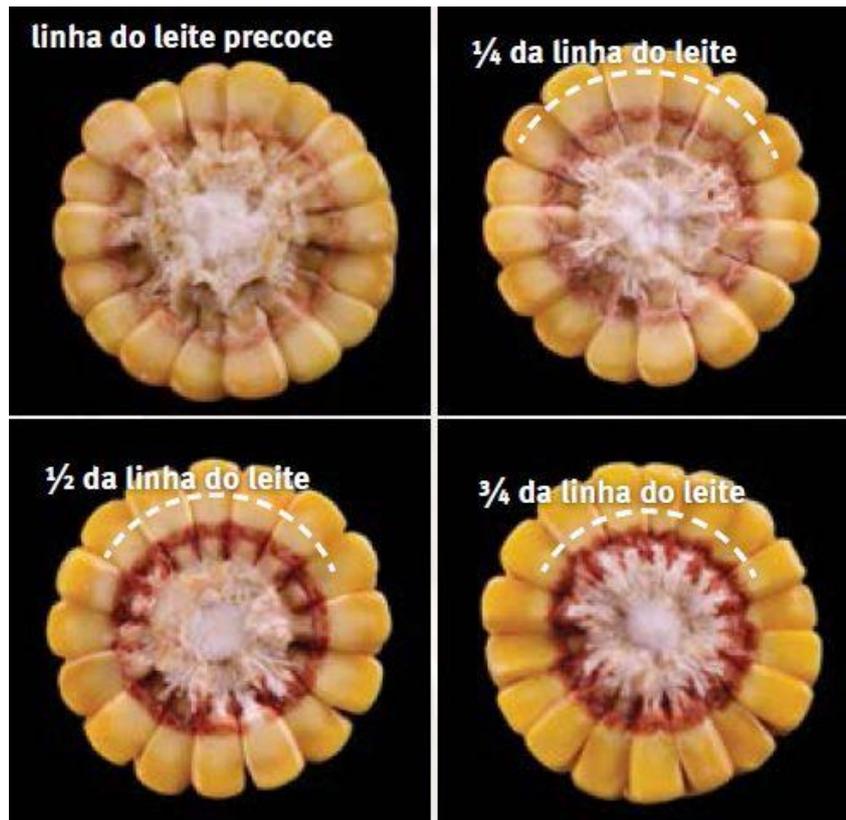
Teor de MS da silagem	Consequências	
< 28-30%	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Menor produção de matéria seca por hectare; ➤ Possibilidade de ocorrência de fermentação indesejável, pelo excesso de umidade (fermentação butírica); ➤ Perda de nutrientes pela água que escorre do silo (efluentes); ➤ Menor quantidade de grão na silagem (amido), o que interfere na qualidade e digestibilidade 	 <p>Milho antes do ponto</p>

<p>30-35%</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Melhor compactação e melhor fermentação da massa ensilada; ➤ Melhor produção de matéria seca por hectare; ➤ Melhor valor nutritivo; ➤ Maior consumo pelos animais. 	
<p>> 35%</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Dificuldade de corte com obtenção de partículas grandes; ➤ Dificuldade de fracionamento de grãos (amido não disponível); ➤ Dificuldade de compactação do material ensilado, formando bolsões de ar que favorecem o desenvolvimento de fungos não desejáveis; ➤ Pior qualidade e digestibilidade da silagem. 	

Fonte: Guia de campo sementes Agrocere: milho e sorgo silagem. Desenvolvimento Tecnológico Monsanto do Brasil.

Tabela 4. Potencial de produção e teor de Matéria Seca (MS) da planta de milho conforme estágio de maturação

Estágio de maturação	Potencial de produção		
	Grãos	Planta	*Teor MS%
Florescimento	0	55	15
Formação grão	10	60	20
Leitoso	50	75	25
Farináceo	75	85	30
Farináceo-duro (50% linha leite)	95	100	35
Duro	100	100	45



Fonte: Fenologia do Milho.

Disponível em: <http://www.pioneersementes.com.br/milho/fenologia-do-milho>

b) Picagem

No momento da ensilagem as plantas devem ser picadas de tal forma que apresentem tamanhos de partícula uniformes, a fim de garantir densidade mínima de 550 a 650 kg/m³, para a boa preservação da silagem e menor sobra no cocho por seleção do animal. A picagem favorece a compactação da massa e facilita a retirada de oxigênio, o que determina melhor fermentação, pois aumenta a interação entre o substrato e os microrganismos.

Da mesma forma, a homogeneidade da massa ensilada favorece fermentações mais rápidas e uniformes, resultando em melhor valor nutritivo do produto final. A variação do tamanho das partículas deve estar entre 0,5 a 2,5 cm, sendo que a variação entre o maior e o menor tamanho não deve ultrapassar 20%.

O tamanho de partículas depende da velocidade de alimentação da máquina e do mecanismo picador, do número e regulagem das facas e contrafacas e da planta a ser ensilada. Para garantir o tamanho médio das partículas é preciso redobrar a atenção com a manutenção e afiação das facas e contrafacas da ensiladeira, durante a ensilagem.

O tamanho das partículas está diretamente relacionado com a facilidade de compactação e com a densidade da massa ensilada, além de interferir no consumo e desempenho dos animais



O excesso de picagem provoca distúrbios digestivos, pela redução do tempo de mastigação e ruminação, o que provoca menor salivacão e queda na liberação de bicarbonato de sódio no rúmen, via saliva, resultando em queda no pH ruminal (acidose). Outro efeito é a queda da digestibilidade da silagem, devido à alta taxa de passagem pelo rúmen, não havendo tempo suficiente para ataque das bactérias sobre a forragem.

De maneira geral, o tamanho das partículas para silagens de planta inteira de milho e sorgo deve variar entre 0,5 e 2,0 cm e silagem de gramíneas tropicais entre 2 e 4 cm.

Peneira	Tamanho	Silagem Milho	Pré-secado	Dieta Total
1	> 19 mm	3-8%	10-20%	2-8%
2	8 a 19 mm	45-65%	45-75%	30-50%
3	1,18 a 8 mm	30-40%	20-30%	30-50%
4	< 1,18 mm	<5%	<5%	<20%



Fonte: Fundação ABC, Separador de partículas Penn State, conhecido como SPSS.

Disponível em:

http://www.fundacaoabc.org.br/forragicultura/banco_forragens/Tamanho_Partículas_Silagem.pdf

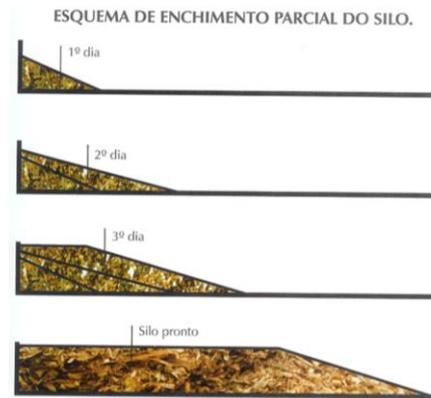
c) Enchimento do silo

A velocidade no enchimento do silo e adequada compactação da massa determina a quantidade de oxigênio residual na massa ensilada. A taxa de enchimento influencia no valor nutricional final da silagem. O enchimento lento, a falta de compactação e o atraso na vedação são procedimentos que concorrem para aerar a massa e promover perdas no processo.

Não deve haver intervalos no enchimento do silo superiores à 10 horas, e o fechamento total deve ocorrer entre 3 a 5 dias do seu início.

O ideal é que se proceda compactação intensa a cada camada de 15 a 30 cm de espessura

Quanto maior teor de oxigênio deixado dentro do silo, maior será a respiração celular e mais tempo as bactérias aeróbias estarão presentes no ambiente



Recomenda-se o abaulamento da parte superior antes do fechamento do silo para facilitar o escoamento da água de chuva. Lembre-se de que, se ocorrer chuva durante o enchimento é preciso cobrir o silo para evitar a entrada de água, que prejudicará a qualidade da fermentação da massa ensilada.

d) Compactação

Como regra, o trator utilizado na compactação deve apresentar peso igual ou superior a 40% da massa de forragem que chega ao silo por hora de trabalho efetiva. Exemplo:

Massa de forragem que chega ao silo = 10 t/hora

Peso do trator: 10 t/ha x 40%

Resultado: peso mínimo do trator deverá ser de 4 t

O tempo de compactação deve ser 1,0 a 1,2 vezes o turno de colheita. Ou seja, 10 horas de colheita e 10 a 12 horas de compactação.

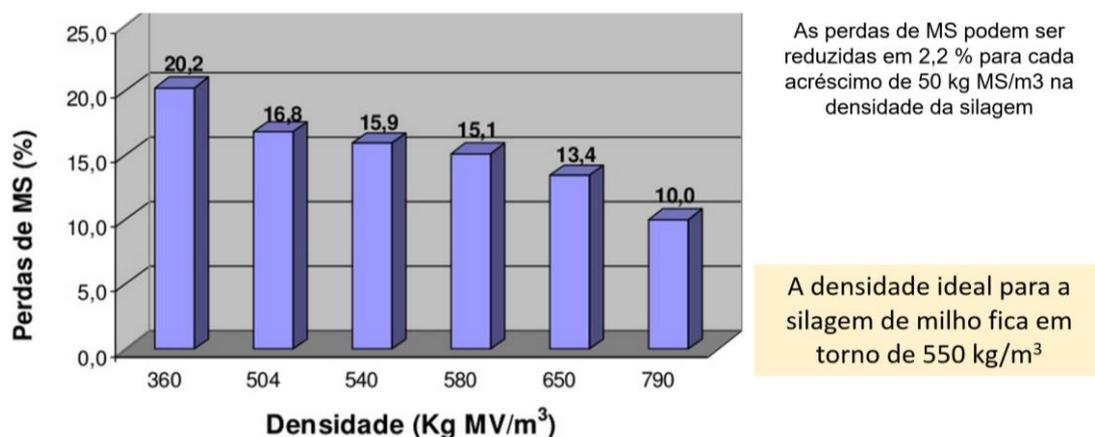
A forma mais eficiente de compactação é quando se utiliza tratores que apresentam maior peso por área. Evite tratores para compactação com pneus largos e/ou com rodado duplo, por causa do menor peso por área.



Faça a compactação da massa ensilada em todos pontos do silo, dando preferência a tratores pesados ou de rodagem mais fina

A distribuição do material que chega ao silo deve ser uniforme. Efetuar a compactação, logo após a descarga, de forma contínua. O trajeto do trator sobre a massa ensilada deverá ser em toda largura do silo, deixando a superfície plana, sem sulcos ou

ondulações, uma vez que efetivamente a compactação ocorre nos 30 a 50 cm superior à massa que está sendo ensilada. Portanto, a camada de distribuição da silagem não deve ultrapassar esta faixa de altura. A compactação deve ser feita até que as marcas dos pneus do trator não sejam mais visivelmente acentuadas.



Fonte: Ruppel et al. (1995)

Os principais fatores que interferem na densidade da massa ensilada são:

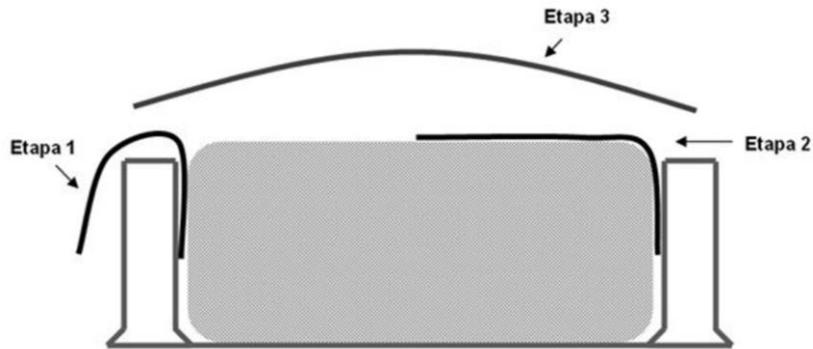
- Teor de MS da forragem
- Tamanho das partículas
- Altura das camadas distribuídas no silo durante o enchimento
- Peso do veículo e pressão exercida sobre a massa ensilada
- Tempo de compactação
- Altura do silo

e) Vedação

As falhas na vedação podem comprometer seriamente a eficiência na conservação de forragens devido ao ingresso de ar na massa, o que se traduz em aumento da temperatura, das perdas pela presença de fungos e possível contaminação de produtos de origem animal (exemplo: leite) com microrganismos indesejáveis.

É fundamental que se proceda a vedação hermética do silo com lona plástica de espessura igual ou maior a 150 micra, deixando um pouco de lona excedente ao longo de toda a borda.

Estudos avaliaram a região periférica de silos trincheira e encontraram que as perdas próximas à parede chegaram ao valor de 76%



Fonte: Casa do Produtor Rural.

Disponível em:

<http://www.clubeamigosdocampo.com.br/artigo/vedacao-de-silos-horizontais-1302>

O emprego de materiais na parte superior do silo provoca adesão entre a lona e a massa ensilada, o que dificulta o caminho do oxigênio na massa.



Fonte: Bernardes et al. (2008)

Disponível: <http://www.beefpoint.com.br/radares-tecnicos/conservacao-de-forragens/vedacao-da-silagem-efeito-da-presenca-de-terra-sobre-a-lona-43555/>

Sacos com areia, dispostos em toda a borda e a cada 5m em faixas transversais, permitem a contenção da lona, evitando a dilatação e danos físicos que permitiria a entrada de ar e água, além de roedores e agentes contaminantes. A colocação de 10 cm de terra ou capim sobre a lona tem sido outra alternativa e tem vantagem a amenização das altas temperaturas na camada superficial do silo, bem como evita danos físicos na lona pelo trânsito de animais.



Cobertura sobre as lonas: à esquerda, tratamento controle - sem proteção; no centro, tratamento com 10 kg/m² de bagaço e a direita, tratamento com 30 kg/m² de terra.



Aspecto visual das silagens na camada inicial: a esquerda, tratamento controle - sem proteção; no centro, tratamento com 10 kg/m² de bagaço e a direita, tratamento com 30 kg/m² de terra.

Fonte: Amaral & Bernardes (2010).

Disponível em:

<http://www.milkpoint.com.br/radar-tecnico/ovinos-e-caprinos/cobertura-da-lona-no-processo-de-vedacao-uma-alternativa-60191n.aspx>

↳ Vedação

Garantir o estabelecimento de anaerobiose e a preservação do material ao longo do tempo de estocagem



A parte superior do silo deve ficar com um formato abaulado para impedir o acúmulo de água da chuva e aumentar a capacidade de estocagem do silo

Existe a opção de uso de uma lona térmica de dupla face (branco em cima e preto embaixo) que reduz a temperatura por conter e refletir melhor os raios solares, melhorando o processo de ensilagem.

As características mais importantes de uma lona para a vedação da silagem são: Espessura, Coloração e Polímero (os) utilizado (os) na confecção do filme. As tipologias dos filmes plásticos utilizados no Brasil para a cobertura de silagens apresentam o

polietileno como principal polímero. Entre as cores, encontram-se lonas pretas, em dupla face e espessuras diversas, variando de 150 a 300 micras.



As perdas nas áreas periféricas do silo são influenciadas pela espessura da lona. Ainda, quanto menor for a espessura maiores são as perdas ao longo da estocagem, pois as flutuações de temperatura (evidente entre o dia e a noite) determinam diferenças de pressão entre o gás no interior do silo e aquele da atmosfera, sendo que tais diferenças causam fluxo de gás, do exterior para o interior e vice-versa, quanto maior for a permeabilidade da lona.

4. O processo de fermentação

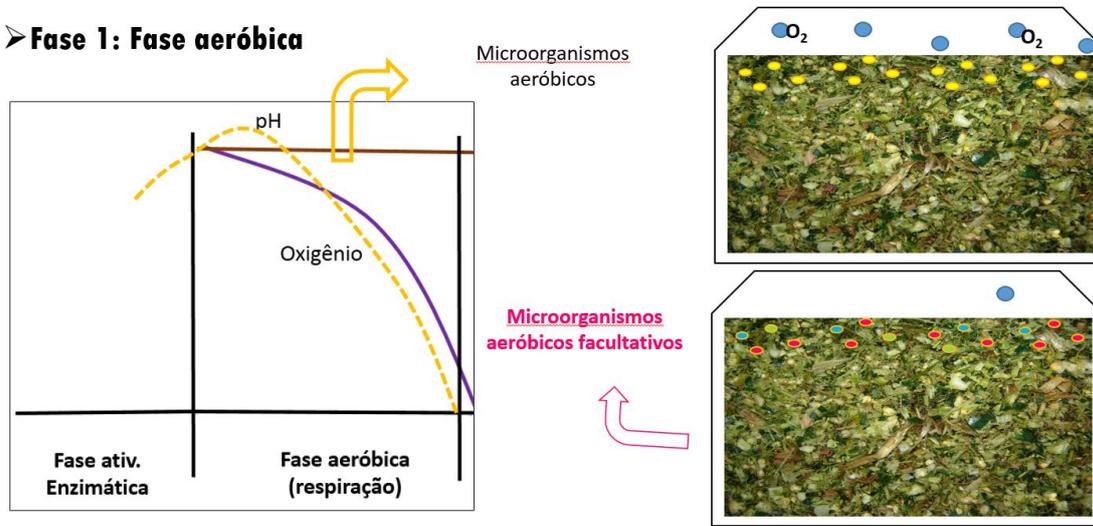
A conservação de forragens na forma de silagem depende diretamente da rápida estabilização do pH. Para que haja rápida estabilização do pH é necessário que o material tenha quantidade mínima de açúcares prontamente fermentáveis. Se a concentração de carboidratos solúveis é adequada, as condições são mais favoráveis para o estabelecimento e crescimento de bactérias lácticas, as quais produzem o ácido láctico.

a) Fase aeróbia

Quando o material é ensilado, ocorre inicialmente uma fermentação aeróbia que se caracteriza pela fermentação em presença de oxigênio junto ao material ensilado. A respiração celular utiliza o oxigênio do ar e os carboidratos solúveis presentes no material, produzindo dióxido de carbono, calor e água, bem como ocorre a hidrólise de amido e hemicelulose a monossacarídeos pela ação das enzimas da planta. Os microrganismos aeróbios também utilizam os carboidratos solúveis, convertendo-os em dióxido de carbono, água e calor. A fase aeróbia é indesejável, entretanto ela é obrigatória no processo de ensilagem, sendo que técnicas adequadas e rapidez no enchimento minimizam as perdas nesse processo. Durante o processo fermentativo ocorre perda de matéria seca e energia, em maior ou menor proporção, em função do tipo de microrganismo atuante na matéria original. As perdas de energia ocasionadas pela fermentação das bactérias ácido-lácticas estão em torno de 0,7 a 1,7%; já as perdas de matéria seca estão correlacionadas com a fermentação de bactérias heterofermentativas,

podendo acarretar perdas de até 24% de matéria seca (principalmente na forma de dióxido de carbono). A fase cessa quando todo o oxigênio é exaurido, com duração de pouco mais de 24 horas, e o pH da silagem inicia a queda nos seus valores.

➤ Fase 1: Fase aeróbica



Não se pode evitar esta fase, mas é possível fazê-la mais breve por meio de:

- Picagem correta
- Umidade adequada ao corte
- Adequada compactação

Essas condições favorecerão o desenvolvimento das bactérias produtoras de ácido láctico e, portanto, a rápida queda do pH.

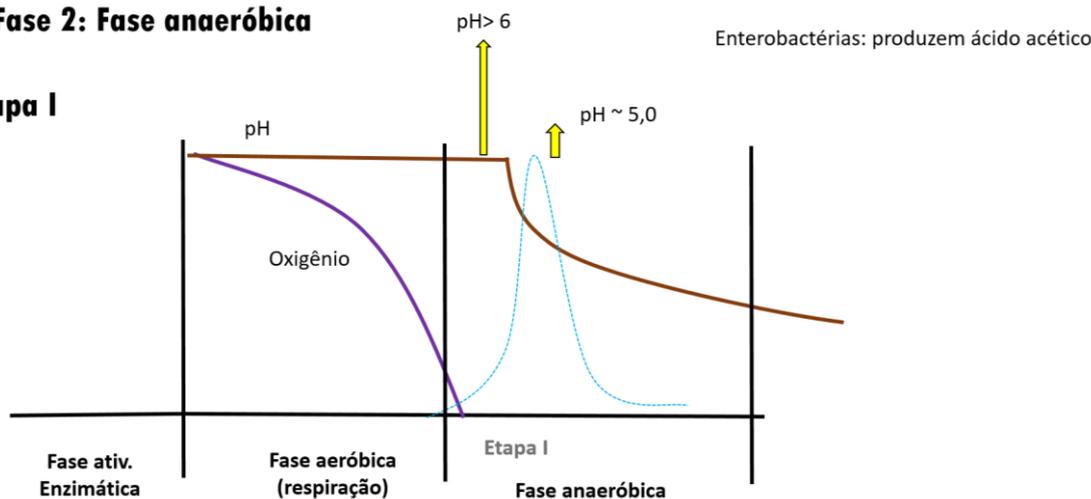
b) Fase anaeróbia

Etapa I:

Quando se esgota o oxigênio no material ensilado, as enterobactérias (produtoras de ácido acético) são as primeiras bactérias a se desenvolverem produzindo AGVs, principalmente ácido acético, com abaixamento do pH de 6,5 para 5,5. Ao mesmo tempo se desenvolvem as bactérias heterofermentativas (produtoras de ácido láctico, etanol, ácido acético e CO₂), promovendo abaixamento do pH de 5,5 para 5,0 (Essa fase dura de 24 a 72 horas). Bactérias anaeróbias do gênero *Clostridium* podem afetar negativamente a qualidade da silagem, se os valores de pH não forem suficientemente baixos para inibir o seu desenvolvimento. Este grupo estritamente anaeróbio fermenta açúcares e ácido láctico produzindo ácido butírico e aminas. Tal fermentação representa significativa perda de matéria seca, e seus produtos reduzem a capacidade de aceitação das silagens pelos animais, promovendo decréscimo no consumo de matéria seca. O controle do desenvolvimento de clostridium é feito através da redução do pH.

➤ Fase 2: Fase anaeróbica

Etapa I

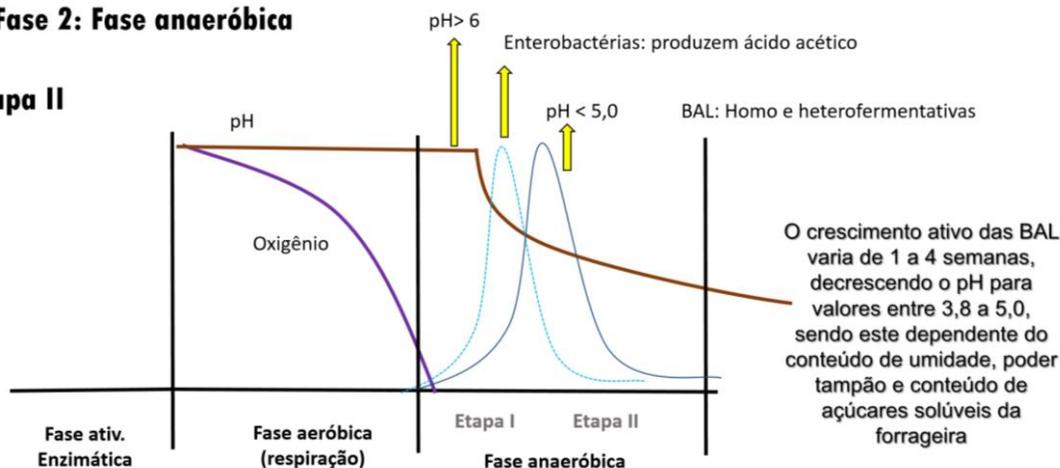


Etapa II:

Com o acúmulo de ácido acético, ocorre o abaixamento do pH, propiciando o aparecimento de bactérias homofermentativas, que são as mais eficientes na produção de ácido láctico, diminuindo de forma rápida o pH. Quando os valores de pH caem abaixo de 5,0, a população de enterobactérias diminui rapidamente, o crescimento das bactérias heterofermentativas e sua ação são inibidas em função da acidez, predominando as bactérias produtoras de ácido láctico. As bactérias lácticas crescem ativamente por 1 a 4 semanas, baixando o pH, normalmente para valores entre 3,8 a 5,0 dependendo do conteúdo de umidade da cultura, capacidade tampão e conteúdo de açúcar.

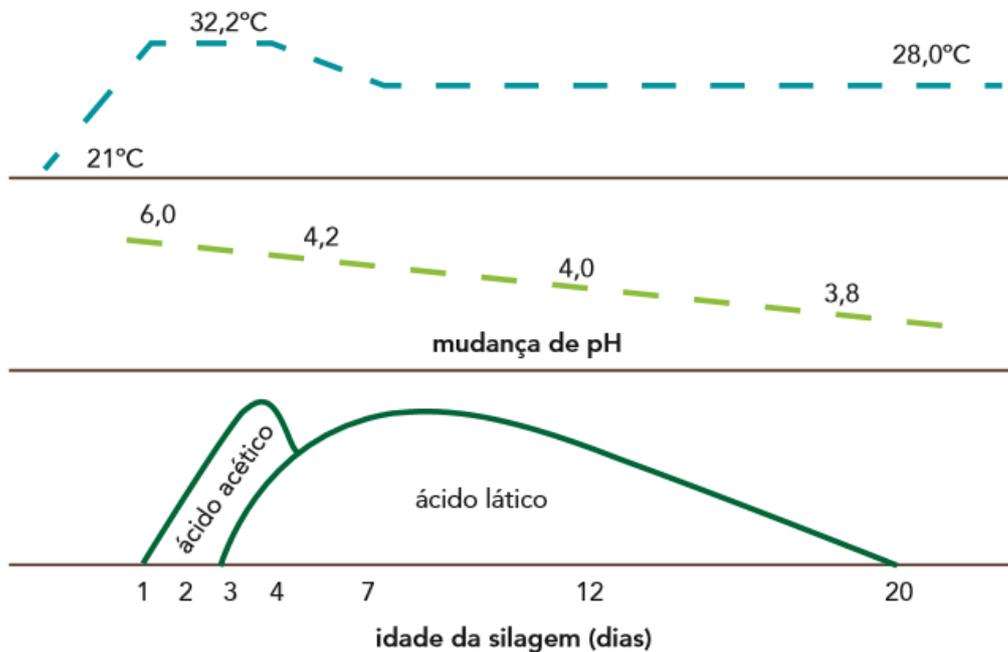
➤ Fase 2: Fase anaeróbica

Etapa II



É normal a ocorrência de outros tipos de ácidos graxos voláteis (acético, propiônico, butírico e láctico), e isoácidos, mas a intensidade deles vai depender das práticas de manejo (umidade e maturidade da cultura, principalmente) e dos tipos de bactérias presentes no material. Entretanto, o ácido que deve estar em maior proporção numa silagem é o láctico, devido à sua maior acidez, eficiência em baixar o pH rapidamente, e capacidade para manter a estabilidade da silagem, tanto na fase anaeróbica como na aeróbica (após a abertura do silo). A produção de ácido láctico representa 60% do total de ácidos orgânicos produzidos, com pico situado entre o 3º e 9º dia. Uma vez que os valores de pH tenham caído o suficiente para inibir o crescimento de todos os microrganismos, ou o substrato tenha se exaurido, as bactérias lácticas tornam-se inativas

e sua população diminui lentamente. O tempo de fermentação ocorre normalmente entre 15 a 20 dias, dependendo, principalmente do teor de carboidratos solúveis, da CT e do conteúdo de umidade da forragem.



Fonte: Adaptação de Pitt e Shaver – University of Wisconsin, 1990 citado em Guia de campo sementes Agroceres: milho e sorgo silagem. Desenvolvimento Tecnológico Monsanto do Brasil.

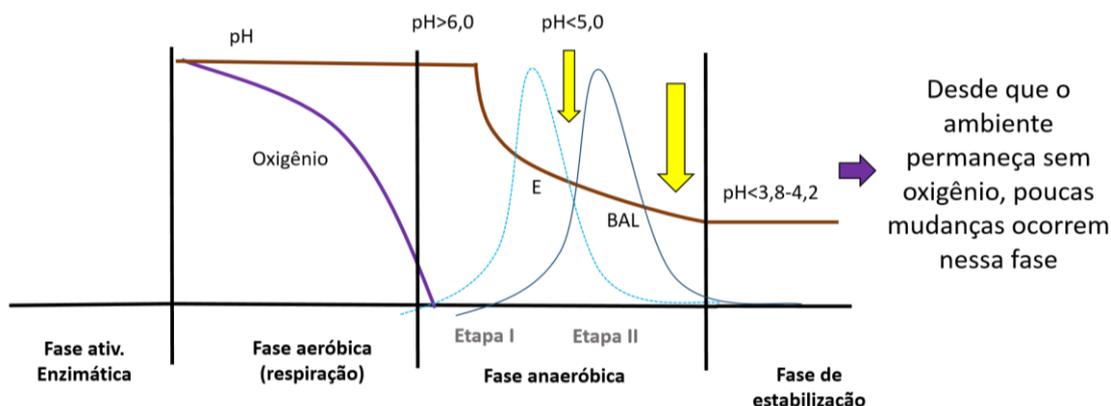
Disponível:

<http://www.sementesagroceres.com.br/pages/BaixarArquivo.aspx?i=manualSilagem.pdf&t=pdf>

c) Fase de estabilização

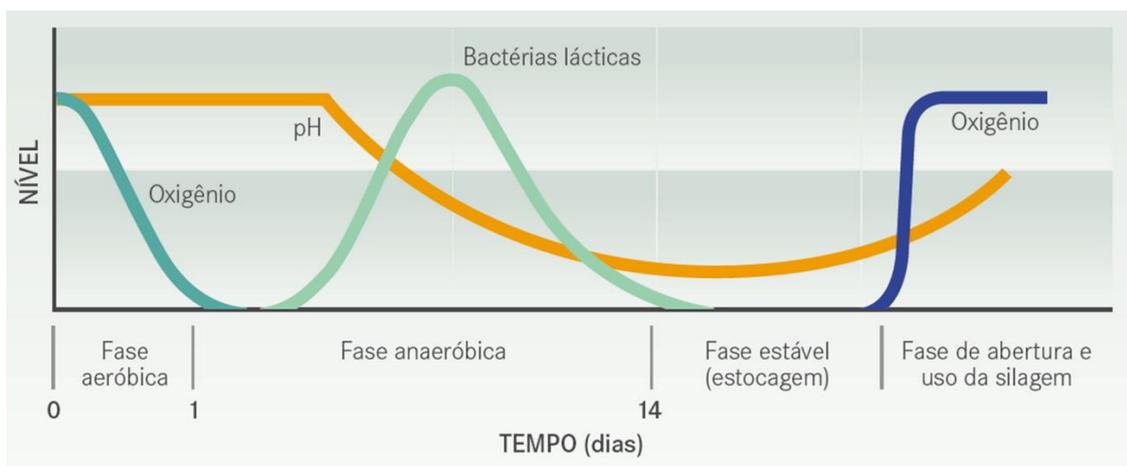
O baixo pH (3,8 a 4,2) inibe a ação das bactérias, interrompendo os processos de fermentação e estabilizando a massa. Esta fase prolonga-se até a abertura do silo, quando o material entra novamente em contato com o ar. Quanto mais rápido se completar o processo fermentativo, mais nutrientes (peptídeos e aminoácidos) serão preservados, melhorando o valor nutritivo da silagem.

➤ Fase 3: Estabilidade



d) Fase de deterioração aeróbia

Quando o silo é aberto, o ambiente anaeróbico responsável pela conservação da silagem passa a ser aeróbio.

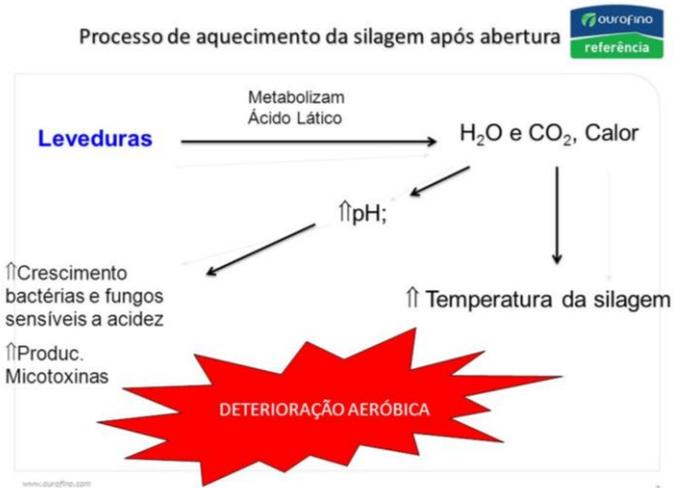


Fonte: Adaptação de Pitt e Shaver, University of Wisconsin, 1990

As leveduras desenvolvem-se promovendo consumo dos ácidos orgânicos e CHO. Nessas condições, os microrganismos multiplicam-se rapidamente dando início ao processo de deterioração da silagem (Guia de campo sementes Agroceres: milho e sorgo - silagem). Esse fenômeno manifesta-se pela elevação acentuada de temperatura e do aparecimento de fungos. Portanto, depois de aberto o silo e iniciada a retirada da silagem, o processo não pode ser interrompido.

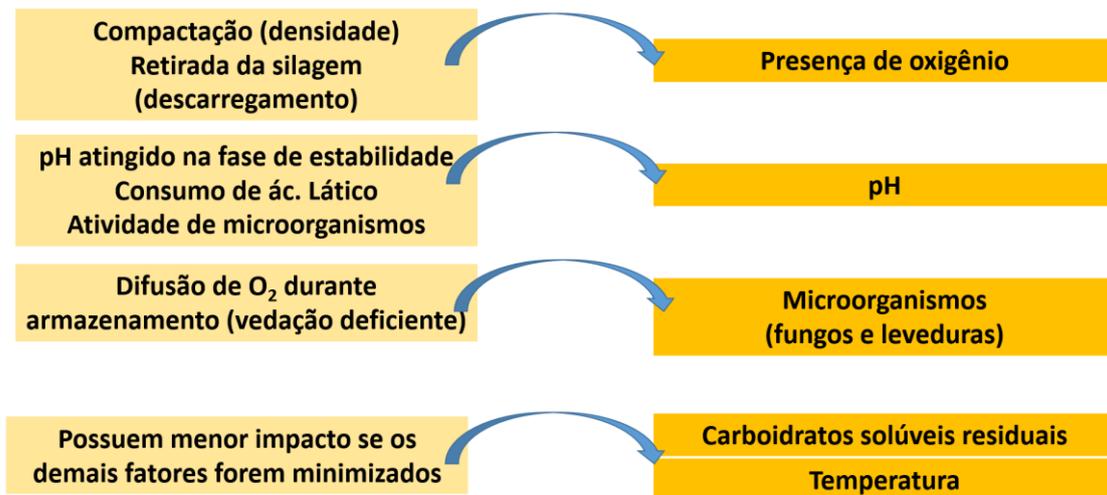
➤ Fase 4: Deterioração aeróbica

As leveduras são os primeiros microrganismos a atuarem na silagem após a exposição ao oxigênio



Estabilidade aeróbia é definida como a velocidade de deterioração da silagem após a abertura do silo. Silagens estáveis apresentam baixa velocidade de deterioração da superfície frontal (painel).

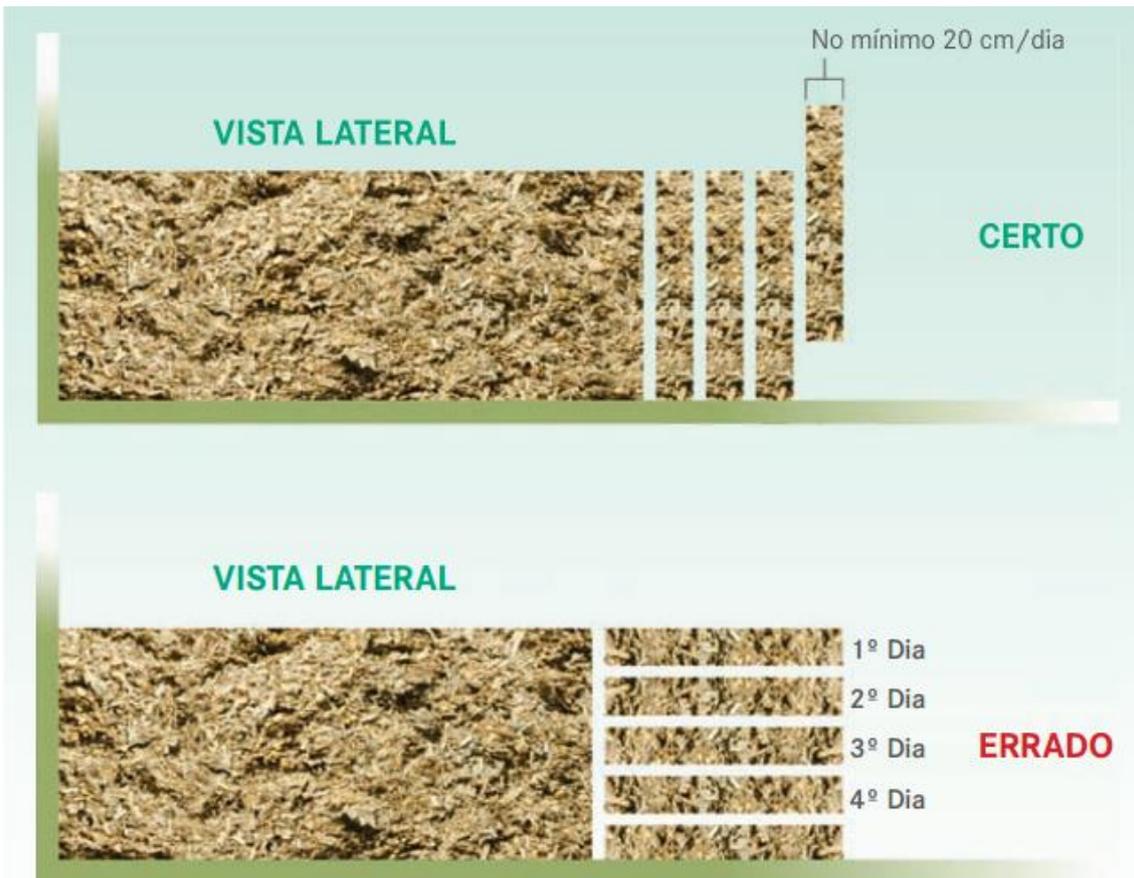
Fatores que afetam a estabilidade aeróbica



5. Manejo da silagem após abertura do silo

As perdas após a abertura do silo estão associadas ao manejo imposto ao silo. Quanto maior a taxa de retirada de material do silo menor serão as perdas. Também, quanto maior a movimentação da massa ensilada maior será a deterioração do painel do silo.

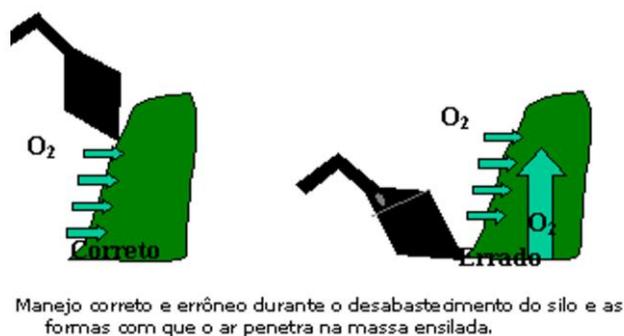
O método mais efetivo de diminuir as perdas é a remoção e o fornecimento imediato da silagem aos animais, com a retirada de camadas paralelas de toda a superfície frontal do silo (painel) com cortes em camadas entre 15 a 30 cm, sempre de cima para baixo.



Perdas de componentes nutritivos, após abertura, podem chegar a 15%, podendo também comprometer a qualidade sanitária, devido ao crescimento de microrganismos patogênicos, reduzindo por consequência o desempenho dos animais.

A extensão da deterioração do material após a abertura está associada à estabilidade aeróbia da silagem. Microrganismos aeróbios degradam o ácido lático com facilidade após a abertura do silo, gerando CO_2 , etanol e ácido acético, além de grande geração de calor. Além disso, há aumento no pH e também, perda de matéria seca. Aminoácidos também são catabolizados e a amônia liberada pela reação pode contribuir para o aumento de pH. Assim, a remoção da silagem deve ser realizada sem promover perturbações na massa remanescente.

O uso de trator com pá carregadeira frontal deve ser evitado. A retirada da silagem deve ser efetuada manualmente (com garfos) ou com máquinas específicas, em seguida a silagem deve ser misturada aos ingredientes concentrados e minerais (dieta pronta) para o imediato fornecimento aos animais.



A retirada e a distribuição lenta diminuem a vida útil da silagem no cocho, que se manifesta com a elevação da temperatura. O ácido láctico conserva a silagem até 24 horas depois da retirada da fatia para o consumo diário. As sobras de silagem no cocho ou da carreta após o fornecimento aos animais devem ser eliminadas. Portanto, é importante retirar do silo apenas o que será fornecido logo em seguida e de uma só vez aos animais, sem deixar sobras.

OBS.: O cheiro de vinagre em algumas silagens é devido à presença do ácido acético. Quanto mais intenso esse cheiro, mais tempo a silagem demorou em baixar o pH, que pode ser decorrente da baixa disponibilidade de CHO solúveis no início da fermentação.

6. Tipos de silo

A escolha do tipo de silo depende:

- Custos de construção
- Facilidade de carregamento e descarregamento
- Eficiência na conservação da silagem
- Tipo de silagem (grão úmido, planta inteira, pré-secado)
- Facilidade de alocação nas proximidades do local de fornecimento aos animais

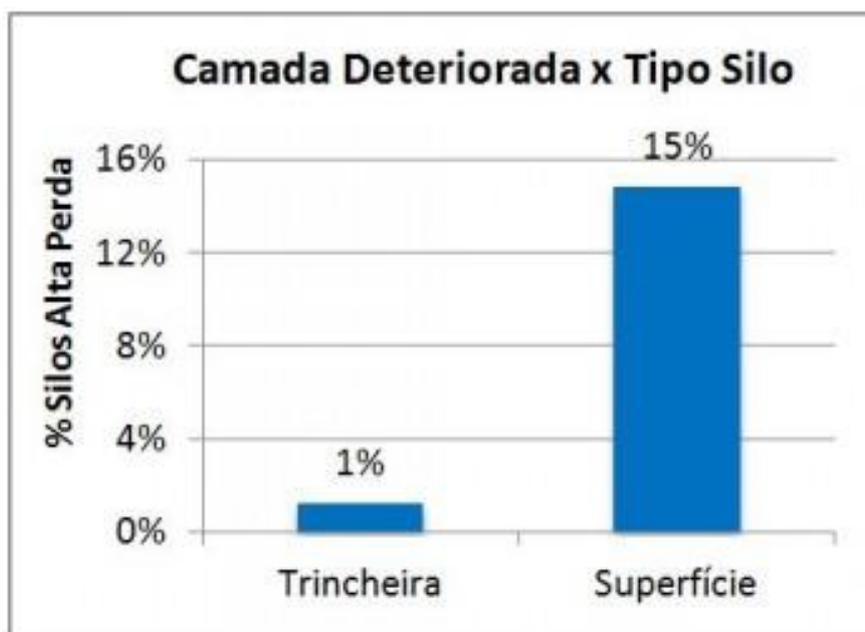
Dentre os vários tipos de silos, os mais empregados têm sido os de "superfície", os do tipo "trincheira" ou Bunker e mais recentemente os do tipo "bag".

➔ O silo de superfície é uma opção de baixo custo, porém pela ausência de paredes laterais e maior superfície para vedação impossibilita a adequada compactação e dificulta a eliminação do ar, provocando maiores perdas. Em geral, a largura máxima é de 5m, pois as lonas no mercado têm até 8m de largura. Na confecção deste tipo de silo deve-se evitar o contato da forragem com o solo, para isso, pode-se forrar a superfície do solo com palhadas, restos culturais, bagaço da cana ou com uma lona. A altura máxima é de 2 m.

Vantagens: O silo de superfície é mais prático e econômico, pouca necessidade de maquinários, flexibilidade quanto ao local e tempo necessário ao carregamento, visto que suas dimensões e a sua localização podem ser variadas a cada enchimento, conforme a necessidade.

Desvantagens: não possuir paredes laterais, o que dificulta uma compactação adequada da massa, e pode resultar em maiores perdas em relação aos outros tipos de silos (podem chegar a 20%).

→ O uso de silos do tipo "bunker" (paredes laterais de madeira ou de alvenaria) ou silo trincheira pode diminuir perdas pela presença de paredes laterais, favorecendo o enchimento e a compactação. As paredes laterais devem ser inclinadas (25%), como também deve haver uma inclinação das laterais para o meio e do fundo para a boca do silo, que pode variar de 1 a 2%, facilitando assim o escoamento de um possível efluente.



→ Os silos bag possuem certa variedade de tamanhos (1,8 a 3,6 m de diâmetro e 30, 60 ou 90 m de comprimento), sendo a dimensão 1,8 por 60 m a mais comum no mercado brasileiro para se estocar silagem. Os silos "bag", em consequência de custo do equipamento, têm sido indicados para propriedades que conservam grande volume de silagem, especialmente de grãos úmidos. O custo ainda é o maior fator limitante, visto a necessidade de um maquinário específico, bem como a impossibilidade de reaproveitamento do plástico utilizado. Contudo, esse tipo de silo resulta em menores perdas com relação aos do tipo superfície ou trincheira. A preferência geral, no entanto, tem sido para o silo tipo trincheira.

Indicado para silagem de planta			
	Silo Superfície	Pontos favoráveis	Pontos desfavoráveis
		- Não envolve construção - Maior flexibilidade quanto ao local do silo	- Maior superfície para vedação - Menor densidade da massa ensilada - Maiores perdas
Indicados para silagem de planta e de grão úmido			
	Silo Trincheira	- Maior densidade da massa ensilada - Facilidade de enchimento - Menores perdas	- Envolve construção do silo - Exige local com declividade
			Silo Bag

Fonte: Guia de campo. DSementes Agroceres

Disponível em:

http://ccpran.com.br/upload/downloads/dow_3.pdf

→ Em pequenas propriedades a silagem pode ser armazenada em bombonas. Outra opção são as estruturas tipo cincho, utilizadas para compactar a massa ensilada. O armazenamento ocorre cobrindo-se a massa com lonas, após a compactação.



Bombonas



Cincho

→ Silos tipo torre são construídos junto à encostas para facilitar o carregamento; possuem cobertura (telhas); compactação só é possível com homens; Retirada é muito trabalhosa; janelas ao longo da parede para descarregamento; ventilação durante compactação.

➤ Torre



Vantagens

- Grande eficiência (perdas mínimas)
- Fácil carregamento
- Valorização estética da propriedade
- Possibilidade de construção mesmo em terrenos com lençol freático superficial

Desvantagens

- Maior custo inicial
- Mão-de-obra especializada para construção
- Necessita de relevo adequado
- Compactação é manual
- Descarregamento dificultado

Tabela 1. Características de silagens de alfafa estocadas em silo torre, bag ou trincheira (modificado de Muck et al., 2009)

Variável	Ano 1			Ano 2		
	Torre	Bag	Trincheira	Torre	Bag	Trincheira
MS (%)	47,5	48,6	46,4	47,8	40,9	36,6
FDN (% MS)	38,0	35,5	37,7	38,5	39,8	42,1
Digestibilidade da fibra (% MS)	49,2b	52,0a	49,6b	46,6d	43,7e	44,2e
pH	4,48b	4,64a	4,68a	4,30d	4,94e	4,91e
Perdas (%)	7,1	12,2	15,6	1,5	10,5	18,2

7. Características relevantes de plantas para ensilagem

A qualidade da silagem irá depender da qualidade da matéria prima utilizada, principalmente da sua “ensilabilidade”, do manejo da ensilagem e do uso eventual de aditivos. Alguns pontos devem ser analisados, para garantir a qualidade da silagem:

a) Teor de umidade: Se o material for muito seco, haverá dificuldade de compactação e o desenvolvimento de mofos e leveduras será favorecido (presença de oxigênio). Se a umidade for muito alta, haverá predomínio da fermentação butírica (desenvolvimento de clostrídios) e produção de efluentes. O teor de umidade também afeta a concentração de outros componentes da forragem, como os açúcares, que são essenciais ao desenvolvimento das bactérias lácticas.

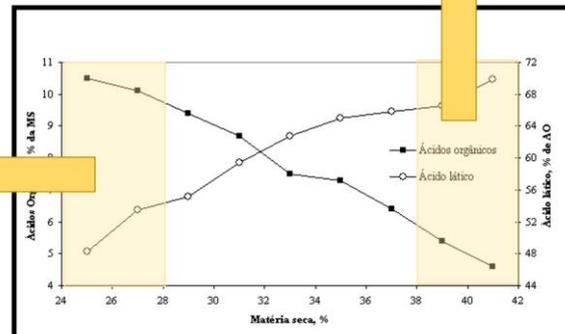
Principais ácidos orgânicos encontrados na silagem:
Lático, acético, butírico, fórmico, propiônico, valérico, succínico ...

Alta %MS
Enterobactérias e bactérias lácticas heterofermentativas → Ácido acético

Baixa estabilidade aeróbia e prod. álcool → atuação de fungos e leveduras

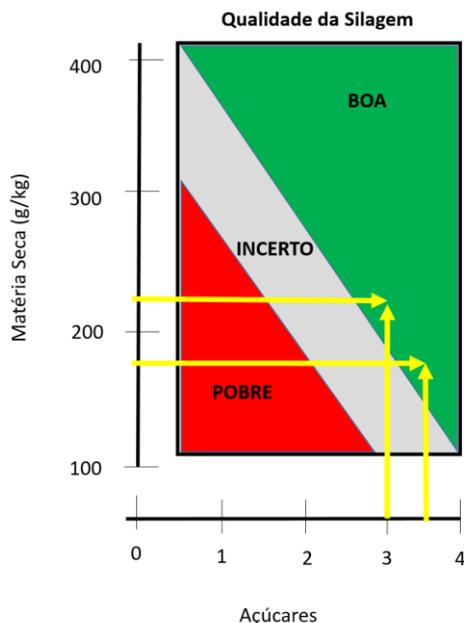
Baixa %MS
Clostrídios → ácido butírico

Enterobactérias e bactérias lácticas heterofermentativas → Ácido acético



b) Quantidade e qualidade dos carboidratos: Os carboidratos das forragens podem ser classificados como: Carboidratos estruturais: componentes da parede celular (celulose, hemicelulose e pectina); Carboidratos de reserva: amido e frutanas; Carboidratos solúveis em água: glicose, frutose, sacarose. CHO's são o nutriente básico para fermentação pelos microrganismos envolvidos no processo de ensilagem. Teores de CHO solúveis acima de 8-10% da MS permitem adequada fermentação

Existe uma relação inversa entre necessidade de carboidratos solúveis e teor de matéria seca do material, para que se tenha uma fermentação adequada (Haigh, 1990).



Quanto menor o teor de matéria seca (mais água), maior quantidade de carboidratos são requeridos para uma adequada fermentação

Woolford (1984)

c) Teor de proteína da planta: Embora as proteínas sejam essenciais à nutrição dos animais, podem ser um elemento negativo na ensilagem devido ao seu poder tampão, que

reduz a velocidade de queda do pH. Leguminosas, plantas no estágio inicial de crescimento e gramíneas de clima temperado normalmente têm maior teor de proteínas.

d) Poder tampão: O “poder tampão”, ou capacidade tamponante, indica a intensidade com que a forragem resiste à mudança de pH durante a ensilagem. Quanto maior o poder tampão maior será a quantidade de ácido necessária para reduzir o pH da silagem, mais longo será o processo fermentativo, maior o consumo de carboidratos solúveis e maiores serão as perdas. Os principais responsáveis pelo poder tampão das forragens são ânions (sais de ácidos orgânicos, fosfatos, sulfatos, nitratos e cloretos), sendo que as proteínas respondem por 10 a 20% do poder tamponante total. Os principais ácidos orgânicos de leguminosas são: málico, cítrico, quínico, malônico e glicérico (ácidos fracos). Dessa forma, o poder tamponante das leguminosas é aproximadamente três vezes maior do que o das gramíneas.

e) Microrganismos epífitos: Os microrganismos existentes na forragem no momento da colheita afetam o processo fermentativo e a qualidade da silagem. Os chamados microrganismos epífitos estão presentes em grande número e muitas espécies, variando de acordo com as condições climáticas e com o tipo de forragem. Pouco pode ser feito para influenciar a população epífita, mas pode-se diminuir a contaminação com microrganismos indesejáveis evitando-se que plantas invasoras, material orgânico em decomposição e solo sejam colhidos juntos com a forragem a ser ensilada. Deve-se também buscar condições que favoreçam o desenvolvimento dos microrganismos desejáveis, colhendo-se plantas com teor correto de matéria seca, picando e compactando adequadamente o material e, eventualmente, utilizando aditivos.

8. Perdas no processo de ensilagem

a) Perdas inevitáveis

Uma parte dos nutrientes é perdida logo após o corte da forragem pela **atividade respiratória residual** da planta. Esta é considerada uma perda não evitável e corresponde a somente 1 a 2% de perdas referentes ao material ensilado.

A ausência total do ar é outro fator imprescindível porque a respiração da planta consome os carboidratos disponíveis para a fermentação natural de ácido láctico. O ar deixado dentro do silo, ou nele penetrando, prolongará a respiração e, em consequência, o conteúdo de carboidratos solúveis será reduzido, aumentando as perdas de nutrientes e diminuindo a quantidade de ácido láctico no produto final. A **fermentação** que ocorre enquanto existe oxigênio no meio também promove perdas, sendo esta considerada inevitável e corresponde a cerca de 2 a 4 %.

O teor de umidade do material a ser ensilado é um dos fatores que deve ser considerado para a redução máxima das perdas, tem grande influência nas reações químicas que ocorrerão durante o armazenamento. Materiais ensilados com excesso de umidade podem apresentar **perdas elevadas por efluentes**, conduzindo à lixiviação de nutrientes, além de favorecer fermentações indesejáveis. Perdas por efluentes consideradas inevitáveis variam entre 5 a 7%.

b) Perdas evitáveis

Fermentações secundárias podem ocorrer no interior do silo em função do ambiente do silo, do teor de MS da planta e da adequação da cultura ao processo de ensilagem. Essas perdas são consideradas evitáveis e podem chegar a 5%.

Perdas por deterioração aeróbia durante o enchimento do silo podem comprometer até 15% do material ensilado. Essas perdas ocorrem em função de inadequações no tempo de enchimento, técnica para descarregar a forragem cortada, densidade da massa ensilada (silo de superfície), vedação e adequação da cultura ao processo de ensilagem.

Da mesma forma, **perdas por deterioração aeróbia durante a ensilagem** podem chegar a 10% e são consideradas evitáveis. Isso ocorre pela vedação e compactação inadequada (oxigênio no meio) assim como pela falta de cuidados referentes ao enchimento do silo.

Processo	Classificação	Perda (%)	Fatores causais
Respiração residual	Inevitável	1 a 2	Enzimas da planta
Fermentação	Inevitável	2 a 4	Microrganismos
Efluente	Inevitável	5 a > 7	Teor de MS;
Fermentação secundária*	Evitável	0 a > 5	Adequação da cultura, Ambiente no silo, Teor de MS
Deterioração aeróbia durante ensilagem	Evitável	0 a > 10	Tempo de enchimento, Densidade do silo, Vedação, Adequação da cultura
Deterioração aeróbia após descarregar	Evitável	0 a > 15	Tempo de enchimento, Densidade do silo, Vedação, Adequação da cultura, Teor de MS, Técnica para descarregar, Estação
Total	-	7 a > 40	-

Fonte: MacDonald et al. (1991)

Em condições normais e para fins de estimativas da área que deverá ser cultivada, para milho e sorgo as perdas durante a colheita e armazenamento são de 15%.

9. Principais espécies indicadas

No Brasil, a silagem de milho é a mais conhecida e praticada, seguida do sorgo, cana, Napier e outras gramíneas forrageiras. Entretanto, é possível ensilar muitos outros produtos e subprodutos agrícolas, tais como: girassol, batata-inglesa, cebola, fécula de mandioca, resíduos cítricos, glúten de milho, borra de malte, etc.

O êxito na produção de silagens depende do teor de MS no momento do corte, teor de CHO solúveis e da capacidade tamponante da cultura. É possível obter silagens de boa qualidade se o teor de CHOs for alto e o poder tampão baixo, mesmo em plantas com baixo teor de MS. Contudo, se o poder tampão é elevado e o conteúdo de CHO baixo, somente se produz silagens boas se o teor de MS for alto. Um teor de CHO entre 6 e 8% é considerado adequado para promover boa fermentação.

Milho e Sorgo

O milho e o sorgo são as espécies mais utilizadas na produção de silagens em virtude do alto conteúdo de energia, facilidade de mecanização na ensilagem e alta produção de MS/ha.

Milho: A produção de silagem de milho de boa qualidade varia de ano para ano em função de uma série de condições, tais como a escolha da cultivar, as condições de clima e solo e o manejo cultural. O rendimento médio do milho é de 11,7 ton de matéria seca/ha (variando de 9 a 16 ton/ha), com a silagem apresentando de 4 a 7% de proteína bruta. Ensilar o milho com teor de matéria seca menor que 30% resultará em perdas de efluentes no silo e com fermentações indesejáveis causadas pelas bactérias de gênero *Clostridium* e Coliformes, por causa da alta presença de água, enquanto que com mais de 40% de matéria seca (MS) ocorre a lignificação da parede celular reduzindo a digestibilidade tanto da planta quanto dos grãos e dificultando a compactação. O corte acima de 40% de MS favorece a penetração de oxigênio com consequente superaquecimento da massa, provocando menor disponibilidade do nitrogênio pela sua aderência à parede celular. Portanto, a determinação correta do ponto de colheita é o passo primordial para a obtenção de silagem de excelente qualidade. **O ponto exato para o corte é quando ele atinge entre 32 a 37% de MS, o que deverá ocorrer no ponto em que os grãos estiverem no estágio farináceo ou entre 100 a 120 dias, mas na ausência desta análise de MS, a linha de leite é uma referência prática. A seção transversal da espiga revela a evolução da linha de leite entre 1/2 a 3/4 na seção longitudinal dos grãos.**



Caso a época de corte seja após o período ideal, redobrar a atenção quanto ao tamanho das partículas (picagem) e compactação. No caso de condições adversas, a melhor referência é o teor de matéria seca da planta. A coloração das folhas não é um bom indicativo de momento de corte, uma vez que plantas bem nutridas deveriam apresentar todos os pares de folhas ainda verdes no momento do corte, enquanto folhas provenientes de plantas mantidas em regime de deficiência nutricional apresentam-se prematuramente senescentes (envelhecem mais cedo), não refletindo o status de umidade e maturidade da planta toda, podendo levar a erros de julgamentos.

A escolha de cultivares de porte alto com elevada produção de massa seca total como era utilizado no passado, mostrou-se inadequada principalmente devido à pequena percentagem de grãos presentes na massa. Vários estudos mostram a importância da espiga na produção e na qualidade da planta do milho. Estes estudos mostram que, sendo responsável por aproximadamente 50% da produção total de matéria seca, a produção de grãos está geralmente correlacionada à produção de matéria seca total na planta. Há um consenso entre extensionistas e pesquisadores que definem a planta ideal para ensilagem como sendo aquela que apresenta alta percentagem de grãos na silagem, que contenha fibras de melhor digestibilidade e, obviamente, apresente alta produtividade de massa. Atualmente, existem diferentes tipos de híbridos de milho disponíveis no mercado. Contudo, na escolha do híbrido tem que se levar em conta principalmente a região do plantio, em relação ao clima e tipo de solo. A silagem de milho possui baixos teores de proteína bruta, fósforo e cálcio, o que torna necessário a suplementação desses nutrientes por meio do uso de alimentos concentrados.

Sorgo: Inúmeros trabalhos relatam o sorgo como gramínea promissora para produção de silagem por apresentar elevado rendimento e características que favorecem o perfil de

fermentação desejável, como adequados teores de matéria seca e de substratos fermentescíveis, além do baixo poder tampão. O sorgo como opção para a produção de silagem tem como principais vantagens a maior tolerância à seca e ao calor, alta produção de matéria seca por hectare, tendo ainda a possibilidade de se utilizar a rebrota que pode atingir até 60% da primeira produção. A cultura do sorgo contribui com 10 a 12% da área total cultivada para silagem no Brasil e destaca-se, de modo geral, por apresentar produtividade de matéria seca (t MS/ha/ano) mais elevada que a do milho, principalmente em condições marginais de cultivo, como nas regiões de solos de baixa fertilidade natural e locais onde é frequente a ocorrência de estiagens longas. O valor nutritivo da silagem de sorgo equivale de 72 a 92% da silagem de milho.

O teor de matéria seca do sorgo varia muito de acordo com a idade de corte. Das frações da planta do sorgo, a panícula é a que mais contribui para maior elevação dos teores de matéria seca, seguido dos colmos e das folhas. Recomenda-se colher num estágio muito semelhante ao do milho, quando os grãos estiverem no ponto de leitoso ao farináceo no meio da panícula, ocasião na qual a planta inteira apresentará teor de matéria seca indicado para ensilagem, em torno de 30%, e as panículas representarão elevada proporção na matéria seca da planta. Em geral, o sorgo, conforme o híbrido, atinge o ponto de corte entre 95 e 120 dias de crescimento vegetativo, com “janela de colheita” na ordem de 7 a 12 dias. A produção média do sorgo é de 40 toneladas de forragem por hectare, variando em função das condições climáticas, do manejo e da variedade. O sorgo possui plantas mais flexíveis que permitem eventuais atrasos no seu corte para ensilagem, e mesmo após o período limite ideal não interfere no corte do material, bem como na sua compactação e na fermentação. Da mesma maneira que o milho existe no mercado, há grande número de cultivares de sorgo disponível comercialmente. Para cada região existe uma cultivar que melhor se adapta.

Cana-de-açúcar

O uso da silagem de cana-de-açúcar tem atraído os produtores mais devido ao seu potencial de produção que seu valor nutritivo, quando comparado com silagens de milho e sorgo. Porém, a utilização de cana-de-açúcar para ensilagem tem algumas restrições, principalmente em relação ao alto teor de carboidratos solúveis e elevada população de leveduras epífitas que levam a processos fermentativos na silagem de cana-de-açúcar, produzindo etanol, além de causar perdas de matéria seca e do valor nutritivo, provoca limitação de consumo. Ao se comparar com outras culturas, uma das vantagens de se produzir silagem com cana-de-açúcar é porque a mão-de-obra concentra-se em apenas um período, pois essa gramínea está no ponto de corte na estação seca, facilitando o processo de ensilagem. Porém, apesar da alta produção aliada com a colheita na época seca, ao se utilizar cana-de-açúcar no processo de ensilagem é necessário utilizar aditivo para diminuir a fermentação alcoólica.

A cana-de-açúcar pode ser colhida após cinco meses do plantio ou da rebrota. Todavia, neste estágio o teor de umidade é elevado, sendo, portanto, necessário adicionar em torno de 4 a 10% de aditivo com alto teor de matéria seca, podendo ser utilizados os farelos de trigo ou arroz, fubá de milho, milho desidratado com palha e sabugo, sorgo moído, feno de leguminosas entre outros produtos, dependendo da disponibilidade de cada um deles na região. O consumo de silagem de cana-de-açúcar tratada com 1% de ureia, utilizada como aditivo para aumentar o teor de proteína da silagem, foi 39% superior ao da silagem sem aditivo e semelhante ao da cana fresca, para ganho de peso e conversão alimentar, em virtude do aumento no teor de proteína bruta da silagem. A adição de ureia (0,5 % da matéria original), juntamente com o rolão de milho (10 % a 12 % da matéria original), tem contribuído para melhorar consumo. O uso de hidróxido de sódio (NaOH) como aditivo na ensilagem de cana-de-açúcar foi estudado por Castrilón

et al. (1978), que observaram melhoria na composição bromatológica da silagem, redução acentuada na produção de etanol em torno de 5,2% para 0,88% na matéria seca, maior teor de ácido láctico, aumento no consumo e no ganho de peso dos animais, em comparação com a silagem sem aditivo.

A produtividade média da cana-de-açúcar, dependendo da região, manejo e variedade, é em média 80 a 120 toneladas por hectare. Dessa forma, silagem de cana-de-açúcar é alternativa viável, desde que se conheçam suas restrições, e a escolha do aditivo na ensilagem vai depender da disponibilidade na região em que for feita a silagem.

Capim-elefante

A utilização de silagem de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) ocorre pela sua elevada produtividade, elevado número de variedades, grande adaptabilidade, facilidade de cultivo, boa aceitabilidade pelos animais, bom valor nutritivo, por ser uma cultura perene e mecanizável e possuir teor adequado de carboidratos solúveis. As variedades de capim-elefante apresentam limitações com relação ao teor de matéria seca que é baixo (20 %). O capim-elefante deva ser cortado entre 50 e 60 dias para se ter boa produção por área e bom valor nutritivo. Quando se trabalha com capim entre 50 e 60 dias alguns fatores como o teor de umidade limita a obtenção de uma silagem de qualidade. Portanto, apresentando teor de matéria seca muito abaixo do desejado. Como solução recomenda-se a utilização de aditivos ou desidratação do material a ser ensilado. Quando cortada entre 60 e 90 dias de crescimento apresenta produtividade média de 50 a 80 toneladas por hectare, por corte.

Existem muitos trabalhos científicos relatando diferentes aditivos para o uso na ensilagem de capim-elefante, como forma de diminuir a umidade do material ensilado, recomendando-se a utilização de material que representa melhor relação custo/benefício na região na qual deseja-se realizar o processo. Dentre os aditivos mais utilizados e que obtiveram bons resultados em pesquisas podem ser citados o farelo de trigo, melaço, rolão de milho, feno de leucena e parte aérea da mandioca, subprodutos da indústria de frutos tropicais, entre outros. Portanto, na escolha do material genético a ser cultivado tem que se optar por aquele que mais atenda as necessidades de manejo, não somente da planta como do processo de ensilagem e que tenha bom desenvolvimento na região do plantio, levando-se em consideração as características climáticas e de solo. E que, para confeccionar uma silagem adequada, utilizando o capim-elefante, é de fundamental importância o uso de aditivo, especialmente no intuito de aumentar o teor de matéria seca e de carboidratos solúveis.

Girassol

O girassol por ser uma planta anual adaptada aos diversos climas, caracterizada principalmente por apresentar maior resistência ao frio e ao calor, que a maioria das culturas mostra ampla adaptabilidade às diferentes condições edafoclimáticas, sendo capaz de tolerar períodos secos e produzir grande quantidade de matéria seca. Esta cultura apresenta menor ciclo de produção e elevada capacidade de extrair a água do solo, sendo uma opção para produção de silagens na época da safrinha ou em local onde a deficiência hídrica impossibilita o cultivo de outras culturas tradicionais, como milho e sorgo. O uso do girassol na alimentação animal na forma de silagem surgiu como boa alternativa para o Brasil, especialmente para a região nordeste, devido aos períodos de déficit hídrico, que impossibilitam a produção de alimentos volumosos de boa qualidade e, conseqüentemente, a manutenção da produção animal durante todo o ano. A silagem de girassol apresenta característica de forragem bem conservada, sem perdas significativas de matéria seca e de energia, e apenas pequenas alterações da fração proteica da forragem

conservada em relação à forragem verde. Contudo, o conteúdo de proteína da silagem de girassol é superior ao das silagens de milho e sorgo. Em contrapartida, apresenta maiores concentrações de lignina e extrato etéreo, que podem ser considerados fatores de restrição à alimentação animal.

A colheita do girassol deve ser realizada entre 90 a 110 dias após o plantio, porém neste estágio o girassol apresenta teor de matéria seca em torno de 18%, tendo então que ser realizado o emurchecimento, exposição ao sol por oito horas. Quando a colheita for mecânica, recomenda-se acrescentar produtos com alto teor de matéria seca na proporção de 4 a 10% do girassol, produtos esses que vai depender da disponibilidade na região, podendo ser os farelos de trigo e arroz, palhas, fubá de milho, feno de leguminosas, entre outros. O cultivo do girassol tem produtividade média em torno de 40 a 70 toneladas de massa verde por hectare. Contudo, o girassol apesar de demonstrar bom potencial de uso, ainda não dispõe de grande número de material genético comercial para o uso forrageiro, se comparado com o milho e sorgo, porém as existentes mostram-se com boa capacidade produtiva.

Outras gramíneas tropicais

Os capins de origem tropical caracterizam-se por baixos teores de carboidratos solúveis e alto poder tampão. Vários trabalhos têm mostrado taxa de carboidratos solúveis abaixo dos 15 % recomendados. Contudo, espécies dos gêneros *Cynodon*, *Panicum* e *Brachiaria* podem ser utilizadas neste processo de conservação. O desenvolvimento de colhedoras de forragem específicas para plantas forrageiras de porte baixo ou médio têm auxiliado na ampliação da ensilagem de “capim”. A elevada produção por área, perenidade das plantas, baixo risco de perdas e maior flexibilidade de colheita são as principais vantagens. Contudo, o baixo teor de CHO, necessários para uma adequada fermentação, baixo teor de MS no corte, alto poder tampão, baixa população autóctone de bactérias produtoras de ácido lático e menor teor energético em comparação ao milho e sorgo e elevado custo de produção limitam a ampliação de sua adoção.

A remoção parcial de água da planta, através do seu emurchecimento, também denominada pré-secagem, tem como finalidade restringir a extensão da fermentação durante o processo de conservação de forragens através da ensilagem e reduzir a incidência de fermentações secundárias indesejáveis. Quando a forragem é cortada e espalhada no campo para secar a perda de umidade é intensa nas plantas ainda vivas. Uma vez que o caule e as folhas foram separados das raízes a umidade perdida não é repostada e, então, começa o murchamento. Imediatamente após o corte, a abertura dos estômatos pode aumentar, mas rapidamente decresce com a secagem. A exposição ao sol logo após o corte faz com que o material cortado desidrate parcialmente, aumentando a concentração de matéria seca da forragem e permitindo a produção de silagem com bom valor nutritivo. Quando cortadas as gramíneas irão apresentar cerca de 80% de umidade e quando expostas ao sol no campo rapidamente chegarão a 65% de umidade, valor considerado ideal para a ensilagem. Geralmente, se recomenda um tempo que pode variar de 4 a 12 horas, dependendo da quantidade de água presente no pasto e da intensidade da radiação solar, temperatura e ventos. Esta técnica é recomendada para capins que possuem alta relação folha/colmo e hastes finas, pois a água presente na planta evapora para o meio ambiente através dos estômatos, pequenas estruturas presentes nas folhas. Porém, deve se tomar cuidado com este tipo de prática, pois, períodos longos de pré-secagem (acima de 24 horas) comprometem a capacidade fermentativa da planta, elevando o risco de perdas.

Outra técnica interessante é o uso de aditivos sequestrantes de umidade, os quais além de elevar os teores de matéria seca e diminuir a produção de efluente, também

podem fornecer substrato para as bactérias fermentadoras, melhorando a qualidade final da silagem. Esses aditivos são farelos e co-produtos agroindustriais secos, normalmente abundantes na região. Eles são misturados à forragem úmida durante a ensilagem, em proporções variando de 50 a 200 kg por tonelada de massa verde. A maior desvantagem do uso desse tipo de aditivo é a mistura com a forragem no silo, que deve ser o mais uniforme possível no intuito de melhorar as características fermentativas da silagem.

PONTO DE COLHEITA

No quadro a seguir são propostas algumas idades de corte para ensilagem, para algumas espécies de gramíneas tropicais cultivadas sob manejo agrônomico adequado (podendo variar em diferentes regiões).

Quadro 1 – Ponto de colheita de algumas forrageiras tropicais para confecção de silagem.

Espécie	Primeiro corte	Cortes subsequentes
<i>Panicum</i> sp.	80-90 dias	45 a 55 dias após rebrote
Capim-elefante	90-100 dias	60 a 70 dias após rebrote
<i>Cynodon</i> sp.	45-55 dias	30-35 dias após rebrote
<i>Brachiaria</i> sp.	70-80 dias	50 dias após rebrote

Entre as várias espécies forrageiras, que podem ser utilizadas pelos produtores, o milheto [*Pennisetum americanum* Leeke] vem sendo explorado como alternativa para períodos de estiagem por apresentar características agrônomicas de resistência à seca, adaptação a solos de baixa fertilidade, crescimento rápido e boa produção de massa. O milheto é uma espécie de duplo propósito, cujos grãos são usados para consumo humano e animal; a planta inteira utilizada como alimento para o gado, na forma de capineira, silagem ou pastejo direto, pois produz grande quantidade de folhagem tenra, nutritiva com teores de proteína bruta de até 24% e digestibilidade variando entre 60 a 78%, além de ser palatável e atóxica. Apesar das características de resistência a baixas precipitações e potencial produtivo, atualmente não é muito cultivado na região nordestina, sendo mais explorado nas regiões sul e sudeste do Brasil. Para ensilar, o milheto deve ser colhido no estágio de grão farináceo que ocorre entre 8 a 12 semanas após o semeio, podendo produzir de 10 a 15 toneladas de matéria verde por hectare.

Referências

Amaral, R.C. & Bernardes, T. Cobertura da lona no processo de vedação: Uma alternativa. 2010.

Disponível em:

<<http://www.milkpoint.com.br/radar-tecnico/ovinos-e-caprinos/cobertura-da-lona-no-processo-de-vedacao-uma-alternativa-60191n.aspx>>. Acesso em 17/11/2015.

Amaral, R.C.; Trindade, J.K.; Gentil, R.S.; Junior, S.J. Princípios básicos no processo de fenação: desidratação da forragem. 2006.

Disponível em:

<<http://www.beefpoint.com.br/radares-tecnicos/conservacao-de-forragens/principios-basicos-no-processo-de-fenacao-desidracao-da-forragem-29418/>>. Acesso em 17/11/2015.

Ataíde Jr., J.R.; Pereira, O.G.; Garcia, R.; Valadares Filho, S. C.; Cecon, P.R.; Freitas, E.V.V. Valor nutritivo do feno de capim-tifton 85 (*Cynodon* spp.) em diferentes idades de rebrota, em ovinos. Rev. Bras. Zootec., n.29, v.6, p. 2193-2199, Suplemento 2, 2000.

Bernardes, T. & Amaral, R. Vedação da silagem: efeito da presença de terra sobre a lona. 2008.

Disponível em:

<<http://www.beefpoint.com.br/radares-tecnicos/conservacao-de-forragens/vedacao-da-silagem-efeito-da-presenca-de-terra-sobre-a-lona-43555/>>. Acesso em 17/11/2015.

Cândido, M. D.; Cutrim, J.A.A.; Silva, R. G.; Aquino, R.M.S. Técnicas de fenação para a produção de leite. Universidade Federal do Ceará - UFC, 2008.

Disponível em:

< <http://www.neef.ufc.br/tec.fen.prodleite.pdf> >. Acesso em 17/11/2015.

Gonçalves, G.D.; Santos, G.T.; Jobim, C.C.; Damasceno, J.C.; Cecato, U.; Branco, A.F. Determinação do consumo, digestibilidade e frações protéicas e de carboidratos do feno de Tifton 85 em diferentes idades de corte. R. Bras. Zootec., v.32, n.4, p.804-813, 2003.

Guia de campo. Sementes Agroceres: Milho e sorgo silagem.

Disponível em:

<http://ccpran.com.br/upload/downloads/dow_3.pdf>. Acesso em 17/11/2015.

Guia de campo. Sementes Agroceres: Milho e sorgo silagem. 40p.

Disponível em:

<<http://www.sementesagroceres.com.br/pages/BaixarArquivo.aspx?i=manualSilagem.pdf&t=pdf>>. Acesso em 17/11/2015.

Jones, L., Harris, C.E. Plant and swath limits to drying. Forage conservation in the 80's. Occasional Symposium. 11. Brit. Grassl. Soc., London, 1979.

MacDonald, A.D. & Clark, E.A. Water and quality loss during field drying of hay. Adv. in Agron.. v. 41, p.407-437, 1987.

McDonald, P.; Henderson, A. R.; Heron, S. J. E. The biochemistry of silage. 2. ed. Marlow: Chalcomb Publishing, 1991. 340 p.

Marassatto, C.M.; Abreu, F.M.; Matavelli, M. Vedação de silos horizontais. Casa do Produtor Rural.

Disponível em:

<<http://www.clubeamigosdocampo.com.br/artigo/vedacao-de-silos-horizontais-1302>>. Acesso em 17/11/2015.

Muck, R. E., Broderick, G. A., Brink, G. E. Effects of silo type on silage quality and losses. In: International Silage Conference, 15, 2009, Madison. Proceedings. Madison: U.S. Dairy Forage Research Center, 2009, p.275-276.

Novaes, L.P.; Lopes, F. C.F.; Carneiro, J. C. Silagem: Oportunidades e pontos críticos. Juiz de Fora/MG, Embrapa, Comunicado Técnico 43, 2004.

Pereira, J.R. & Reis, R.A. Produção de silagem pré-secada com forrageiras temperadas e tropicais. p. 64 – 86. In: Simpósio Sobre Produção e Utilização de Forragens Conservadas (2001 – Maringá). Anais do Simpósio Sobre Produção e Utilização de Forragens Conservadas / Editores Clóves Cabreira Jobim, Ulysses Cecato, Júlio César Damasceno e Geraldo Tadeu dos Santos. Maringá: UEM/CCA/DZO, 2001. 319p.

Pinho, R.M.; Santos, E.M.; Rodrigues, J.A.S.; Macedo, C.H.O.; Campos, F.S.; Ramos, J.P.F.; Bezerra, H.F.C.; Perazzo, A.F. Avaliação de genótipos de milheto para silagem no semiárido. Rev. Bras. Saúde Prod. Animal, vol.14, n.3, p. 426-436, 2013.

Pioneer. Fenologia do Milho.

Disponível em:

<<http://www.pioneersementes.com.br/milho/fenologia-do-milho>>. Acesso em 17/11/2015.

Pitt, R.E & Shaver, R.D. Processes in preservation of hay and silage. In: Dairy Feeding Systems Symposium, Harrisburg, Pennsylvania, 1990. Proceedings... Harrisburg: Nares, 1990. p.72-87.

Quirrenbach, I. Tamanho de Partículas em Silagem de Milho. Fundação ABC. 2011.

Disponível em:

<http://www.fundacaoabc.org.br/forragicultura/banco_forragens/Tamanho_Partículas_Silagem.pdf>. Acesso em 17/11/2015.

Rezende, A.V.; Gastaldello, A.L.; Valeriano, A.R.; Casali, A.O.; Medeiros, L.T.; Rodrigues, R. Uso de diferentes aditivos em silagem de capim-elefante. Ciênc. Agrotec., Lavras/MG, vol.32, n.1, p. 281-287. 2008.

Ruppel, K.A.; Pitt, R.E.; Chase, L.E. Bunker silo management and its relationship to forage preservation on dairy farms. *Journal of Dairy Science*, v.78, n.1, p.141-153, 1995.

Santos, S. F.; Gonçalves, M.F.; Rios, M.P.; Rodrigues, R.D.; Rodrigues, G.G.; Souza, R.R.; Ferreira, I.C. Principais tipos de silos e microrganismos envolvidos no processo de ensilagem. *Vet. Not.*, Uberlândia, v.19. n.2, p.140- 152, 2013.

Valeriano, A. R.; Medeiros, L. T.; Cássia, R.; Carvalho, R.; Athayde, A.A.R.; Rocha, P.G. Ensilagem de Cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) com ênfase no uso de aditivos. *Boletim Técnico, Lavras/MG*, n.72, p.1-20, 2003.

Woolford, M.K. *The silage fermentation*. New York, Marcel Dekker. p.23-132, 1984.