

CONSERVAÇÃO DE FORRAGENS



SISTEMA FAEP



SENAR - ADMINISTRAÇÃO REGIONAL DO ESTADO DO PARANÁ

CONSELHO ADMINISTRATIVO

Presidente: Ágide Meneguette

Membros Titulares

Rosanne Curi Zarattini
Nelson Costa
Darci Piana
Alexandre Leal dos Santos

Membros Suplentes

Livaldo Gemin
Robson Mafioletti
Ari Faria Bittencourt
Ivone Francisca de Souza

CONSELHO FISCAL

Membros Titulares

Sebastião Olímpio Santaroza
Paulo José Buso Júnior
Carlos Alberto Gabiatto

Membros Suplentes

Ana Thereza da Costa Ribeiro
Aristeu Sakamoto
Aparecido Callegari

Superintendente

Pedro Carlos Carmona Gallego

MAITY ZOPOLLATTO

CONSERVAÇÃO DE FORRAGENS

**CURITIBA
SENAR AR/PR
2020**

Depósito legal na CENAGRI, conforma Portaria Interministerial n. 164, data de 22 de julho de 1994, e junto a Fundação Biblioteca Nacional e SENAR AR/PR.

Autor: Maity Zopollatto

Coordenação técnica: Alexandre Lobo Blanco - CRMV-PR 4735 e Jessica Welinski de Oliveira D'angelo - CREA PR 128827/D

Coordenação metodológica: Tatiana de Albuquerque Montefusco

Revisão técnica e final: CEDITEC – SENAR AR/PR

Normalização: Rita de Cássia Teixeira Gusso CRB 9/647

Coordenação gráfica: Carlos Manoel Machado Guimarães Filho

Revisão ortográfica e diagramação: Sincronia Design Gráfico Ltda.

CATALOGAÇÃO NO CENTRO DE EDITORAÇÃO, DOCUMENTAÇÃO E
INFORMAÇÃO TÉCNICA - CEDITEC

Zopollatto, Maity.

Z88

Conservação de forragens / Maity Zopollatto. –
Curitiba : SENAR AR-PR., 2020. - 108 p.

ISBN 978-65-88733-10-3

1. Silagem. 2. Fenação. 3. Produção de feno. 4.
Aditivo. I. Título.

CDU636.085

Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida, por qualquer meio, sem a
autorização do editor.

IMPRESSO NO BRASIL – DISTRIBUIÇÃO GRATUITA



APRESENTAÇÃO

O Sistema FAEP é composto pela Federação da Agricultura do Estado do Paraná (FAEP), o Serviço Nacional de Aprendizagem Rural do Paraná (SENAR-PR) e os sindicatos rurais.

O campo de atuação da FAEP é na defesa e representação dos milhares de produtores rurais do Paraná. A entidade busca soluções para as questões relacionadas aos interesses econômicos, sociais e ambientais dos agricultores e pecuaristas paranaenses. Além disso, a FAEP é responsável pela orientação dos sindicatos rurais e representação do setor no âmbito estadual.

O SENAR-PR promove a oferta contínua da qualificação dos produtores rurais nas mais diversas atividades ligadas ao setor rural. Todos os treinamentos de Formação Profissional Rural (FSR) e Promoção Social (PS), nas modalidades presencial e online, são gratuitos e com certificado.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	7
1 SILAGEM	9
1.1 CONCEITO	10
1.2 ESCOLHA DA FORRAGEIRA	11
1.3 PROCESSO DE ENSILAGEM.....	13
1.3.1 Implantação da lavoura	14
1.3.2 Colheita e picagem	21
1.3.3 Silos	22
1.3.4 Enchimento do silo.....	27
1.3.5 Fechamento do silo.....	30
1.4 FASES DO PROCESSO DE ENSILAGEM	32
1.4.1 Fase aeróbica	32
1.4.2 Fase fermentativa ou anaeróbica e estabilidade	33
1.4.3 Fase aeróbica (abertura)	34
1.5 ADITIVOS.....	36
1.5.1 Aditivos microbianos	37
1.5.2 Aditivos químicos	38
1.5.3 Sequestrantes de umidade	41
1.5.4 Cuidados na aplicação de aditivos	42
1.6 MANEJO DO SILO PÓS-ABERTURA.....	43
1.6.1 Retirada de material.....	43
1.7 AVALIAÇÃO DE SILAGENS	47
1.7.1 Aspectos relacionados ao processo	48
1.7.2 Presença de microrganismos indesejáveis	50
1.7.3 Cor	51
1.7.4 Odor	52
1.7.5 Produção de efluente.....	52
1.8 SILAGEM DE MILHO APÓS GEADA.....	54
1.9 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	55
2 FENAÇÃO	57
2.1 INTRODUÇÃO	57
2.2 PRODUÇÃO, MANEJO E USO DE FENO	57
2.2.1 Planejamento para produção de feno.....	58
2.2.2 Adubação para produção de feno.....	61
2.2.3 Escolha da espécie forrageira	64
2.3 MANEJO DE ÁREAS ESTABELECIDAS PARA PRODUÇÃO DE FENO	67
2.4 CORTE	67

2.4.1 Manejo pós-corte	75
2.4.2 Equipamentos e aplicação	76
2.4.3 Fatores que afetam as taxas de perda de água	79
2.5 ADITIVOS	80
2.5.1 Ácidos orgânicos.....	80
2.5.2 Amônia/Ureia	80
2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	81
3 PRÉ-SECADO	83
3.1 CONCEITO	83
3.2 ESCOLHA DA FORRAGEIRA.....	83
3.3 PROCESSAMENTO E PONTO DE CORTE	85
3.4 FASES DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE GRAMÍNEAS PRÉ-SECADAS	85
3.4.1 Corte, revolvimento, enleiramento, recolhimento e ensilagem	86
3.4.2 Tipos de silo	87
3.4.3 Fechamento e vedação	88
3.5 ADITIVOS.....	89
3.6 MANEJO DO SILO PÓS-ABERTURA.....	89
3.7 PONTOS CRÍTICOS DA PRODUÇÃO DE PRÉ-SECADO	91
3.7.1 Fatores ambientais.....	91
3.7.2 Fatores inerentes à planta	91
3.7.3 Fatores inerentes ao processo	92
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	95
ANEXO 1 – DETERMINAÇÃO DA MATÉRIA SECA EM FORNO DE MICRO-ONDAS DOMÉSTICO	109

INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa posição de destaque na pecuária bovina, com um rebanho de aproximadamente 212 milhões de cabeças, sendo que, destes, 37,4 milhões são bovinos leiteiros. (IBGE, 2014). A produção nacional de leite de vacas chega a 34,3 bilhões de litros, com média de 5,08 L/por animal ordenhado. Essa média é bem baixa se comparada à de países como Argentina e Nova Zelândia, que apresentam sistemas de criação semelhantes, baseados em pastagens.

O estado do Paraná se destaca como o segundo maior produtor de leite do Brasil, tendo produzido, em 2018, 4,3 bilhões de litros, conforme dados da Pesquisa Pecuária Municipal, do IBGE. O Instituto pontua que naquele ano foram ordenhadas 1.356.589 cabeças, com produtividade média de 3.225 l/cabeça/ano, ou 10,75 l/cabeça/dia, se considerada lactação de 300 dias. A alta produtividade se deve a investimentos na melhoria nutricional e na qualidade genética dos animais.

Em relação à nutrição, historicamente a produção de volumoso no Brasil concentra-se no verão, época na qual ocorre maior precipitação e altas temperaturas, resultando em maior crescimento das plantas forrageiras. No entanto, no inverno, as condições climáticas são desfavoráveis, o que resulta em menor crescimento das plantas e, por consequência, baixa digestibilidade da forragem. A fim de não haver declínio na produtividade, faz-se necessária a utilização de estratégias de suplementação, principalmente no período de clima mais seco.

Os processos de conservação de forragens têm por objetivo a preservação com o mínimo de perdas nutricionais. Eles visam diferentes percentagens de matéria seca (MS):

- silagem: de 30 a 35%;
- pré-secado: de 40 a 60%;
- feno: de 75 a 80%.

O uso de silagem, pré-secado e feno é uma alternativa para complementar a alimentação do rebanho e supri-la durante os períodos de escassez de alimento, independentemente da estação do ano.

O objetivo desta publicação é disseminar conhecimentos relacionados à produção de alimentos conservados, de forma a oferecer mais informações para incrementar a eficácia da técnica e a economia da atividade agropecuária.

1 SILAGEM

Atualmente, estima-se que a planta mais utilizada para silagem no Brasil é o milho (50%), seguida pelo sorgo, por capins tropicais, cana-de-açúcar e aveia. (BERNARDES, 2012). Neste levantamento, 272 produtores de leite do Brasil responderam a um questionário sobre as práticas de produção e uso de silagem. Nas fazendas envolvidas na pesquisa, 87% do rebanho são compostos por animais das raças holandesa e girolanda, 10% por animais da raça jersey e o restante por mestiços. A produção varia de menos de 99 litros de leite por dia até mais de 5 mil litros.

Para produção de silagem, na maior parte das fazendas (90,4%) se adota a colheita por colhedora tracionada por trator, enquanto que em apenas 26% se usa a colhedora autopropelida. Em mais de 50% delas se adota a afiação diária de facas das colhedoras durante a ensilagem, enquanto que, em aproximadamente 27%, as facas são afiadas somente no início da colheita.

O uso de aditivos na ensilagem ainda é considerado baixo (29% das propriedades), sendo que o mais utilizado é o inoculante bacteriano, seguido de ureia, cal e até mesmo melaço.

A maioria dos produtores (79%) possui de um a quatro silos na propriedade, com predomínio do tipo trincheira (60%), seguido do silo superfície (38%), do silo bolsa (1%) e do silo tipo bola (1%).

Com relação à lona utilizada, na maioria das fazendas (211) se usa lona dupla face, em 52 se usa lona preta e em nove usam-se os dois tipos de lona. Além disso, 67% dos produtores usam terra como cobertura sobre a lona e 37% usam pneus.

Outra etapa muito importante que foi relatada é o desabastecimento dos silos. Conforme levantamento, 232 fazendas ainda fazem a retirada manual da silagem. A remoção do painel mostrou resultados bem variados: em 29% das fazendas se retira todo o painel diariamente; em 35% se remove $\frac{1}{4}$ do painel; em 21% se retiram $\frac{2}{3}$ e em 15% é feita a remoção de apenas metade do painel. Também se considerou a quantidade de silagem retirada: em 4% das fazendas se retiram fatias inferiores a 10 cm; em 14% delas se remove de 10 a 19 cm; em 20%, de 20 a 29 cm; em 17%, de 30 a 39 cm; em 20% se retiram fatias maiores que 40 cm e 24% dos produtores não responderam. (BERNARDES, 2012).

O descarte da silagem deteriorada no painel do silo no momento do desabastecimento foi relatado por 89% dos produtores, enquanto 11% deles disseram que não adotam essa prática.

Diante do exposto, os responsáveis pelas fazendas relataram que as principais limitações no processo de produção de silagem são: fatores climáticos, mão de obra, equipamentos, custo dos insumos e falta de crédito. Os produtores também relataram que as fases do processo com maiores problemas são a colheita e a compactação, além de apontarem problemas com a qualidade das lonas no processo de vedação.

A assistência técnica também foi relatada, e a pesquisa mostrou que 58% dos consultores não faz avaliação química da silagem antes de incluí-la na dieta dos animais, sendo que a maioria (80%) só avalia o teor de matéria seca (MS) da silagem no momento da abertura do silo.

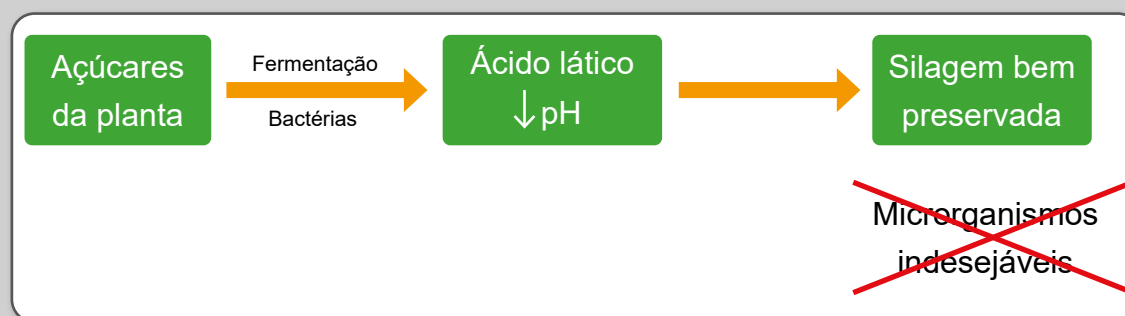
? VOCÊ SABIA?

Matéria seca é a parte que resta de um material após a perda de toda água, por meio de secagem em estufas.

1.1 CONCEITO

A ensilagem é a principal técnica de conservação de forragens. Ela é utilizada como alternativa para suprir a demanda de alimentos volumosos na nutrição de ruminantes em épocas de escassez (inverno), como suplemento em sistemas de pastejo ou como fonte principal para animais em confinamento. Esse processo consiste basicamente na fermentação de carboidratos solúveis em ácido lático (WEINBERG *et al.*, 2007), reduzindo o pH do material e protegendo-o contra a ação de microrganismos indesejáveis e, conseqüentemente, evitando que a forragem entre em processo de deterioração (Figura 1). A fermentação láctica é indispensável para a conservação do material ensilado, que deve ter entre 2 a 3% de ácido lático, atingindo um pH ideal de 3,0 a 4,5.

Figura 1 – Esquema do processo de fermentação dentro do silo.



Fonte – Zopollatto, 2020.

A eficiência da conservação depende do grau de anaerobiose (ausência de oxigênio) gerado no silo e em todas as fases do processo (WOOLFORD, 1990), da presença de bactérias anaeróbias e de substrato para seu crescimento. Além disso, a qualidade do produto final depende também das características iniciais da forragem.

VOCÊ SABIA?

Bactérias anaeróbias são microrganismos que não necessitam de oxigênio e obtêm energia por meio da fermentação do açúcar presente na planta.

Dessa forma, alguns cuidados são necessários, entre eles: a) rapidez na colheita, no transporte e na picagem do material; b) boa compactação, garantindo boa fermentação e um ambiente sem oxigênio e c) dimensionamento adequado do silo, para facilitar a retirada da porção diária de alimento.

Dentre os principais benefícios do uso de silagens, podem-se destacar:

- são alimentos de alto valor nutricional e com custo de produção viável;
- representam alimentos de boa qualidade para o fornecimento em períodos com baixa disponibilidade de pastagens;
- garantem persistência na quantidade de litros de leite produzidos por animal, assegurando boa produção leiteira em períodos de escassez hídrica ou no inverno;
- apresentam níveis energéticos bons e qualidade proteica mediana dependendo da planta, como consequência, o animal terá um alimento nutritivo;
- podem ser conservados por longos períodos.

1.2 ESCOLHA DA FORRAGEIRA

Considerando a necessidade de produzir uma maior quantidade de volumoso para os bovinos, a produção de alimentos conservados na forma de silagem é uma ótima estratégia de manejo para que não ocorra decréscimo de produtividade. Para isso, a escolha da planta a ser ensilada é de suma importância.

Embora sejam utilizadas várias plantas forrageiras anuais e perenes, o milho se destaca dentre elas, sendo o padrão de comparação para qualquer outra silagem. Além do milho, o sorgo também é amplamente difundido por apresentar características agrônômicas semelhantes. Outras plantas usadas, suas características e limitações para produção de silagem são apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Plantas utilizadas para produção de silagem e suas principais características e limitações.

Planta	Características
Cana-de-açúcar	Alta produção de massa (20 a 55 t MS/ha) Boa fonte de energia (alto teor de sacarose) Baixo custo Cultura semiperene (5 anos) Produção de etanol Fibra de baixa qualidade Baixo teor de proteína (3%)
Capins tropicais	Boa produção de massa (> 15 t MS/ha) Baixo teor de MS na ensilagem (< 28% MS) Baixo teor de carboidratos solúveis Equipamentos disponíveis
Aveia	Boa produção de massa (9,5 t MS/ha) Alto teor de proteína (> 7%) Baixo teor de MS na ensilagem (< 28% MS)
Azevém	Boa produção de massa (6 t MS/ha) Baixo teor de MS na ensilagem (< 28% MS) Alto teor de proteína (> 10%)
Alfafa	Alta produção de massa (20 t MS/ha) Alto poder tampão Alto teor de proteína (> 15%) Baixo teor de MS na ensilagem (< 28% MS)

Fonte – Zopollatto, 2020.

No passado, a opção de cultivar milho para produção de silagem no Brasil era determinada com base no porte das plantas (altas) e em seu bom potencial de produção de massa. Entretanto, foi constatado que esse não é um bom parâmetro, pois tais plantas apresentavam baixo potencial de ensilagem e pequena quantidade de grãos. Cruz *et al.* (2001) afirmam que, geralmente, no caso de materiais tardios que apresentem altura da planta e produção elevada de biomassa, os parâmetros de produção são mais baixos.

Além disso, a qualidade da forrageira está intimamente ligada à produção de grãos a serem ensilados. Nussio *et al.* (1992) definiram um padrão mais adequado para a planta de milho: 16% de folhas, 20 a 23% de colmo e 64 a 65% de espiga (74 a 75% de grãos, 7 a 10% de palha e 14 a 17% de sabugo). Para isso, a utilização de cultivares modernos e híbridos de milho e sorgo com maior produtividade, adaptados às condições locais (temperatura, umidade e qualidade química do solo) e tolerantes às doenças são essenciais, pois são mais eficazes. Em relação à qualidade, o nível de matéria seca (MS) digestível serve como bom parâmetro à tomada de decisão (ZOPOLLATTO; SARTURI, 2009), sendo ideal de 32 a 37%, visto que o consumo dos

animais é baseado em kg de MS/animal/dia. Portanto, quanto menor a porcentagem de MS, maior será a fração a ser oferecida aos animais. Além do teor de MS ideal, o material a ser ensilado deve apresentar adequado teor de carboidratos solúveis, baixo poder tampão e boa aceitabilidade e digestibilidade.



VOCÊ SABIA?

O poder tampão 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. Os principais responsáveis pelo poder tampão são fosfatos, sulfatos, nitratos e cloretos presentes nas plantas.

Figura 2 – Lavoura de milho com bom *stand* de plantas.



Fonte – Jrstudiosp, 2020.

1.3 PROCESSO DE ENSILAGEM

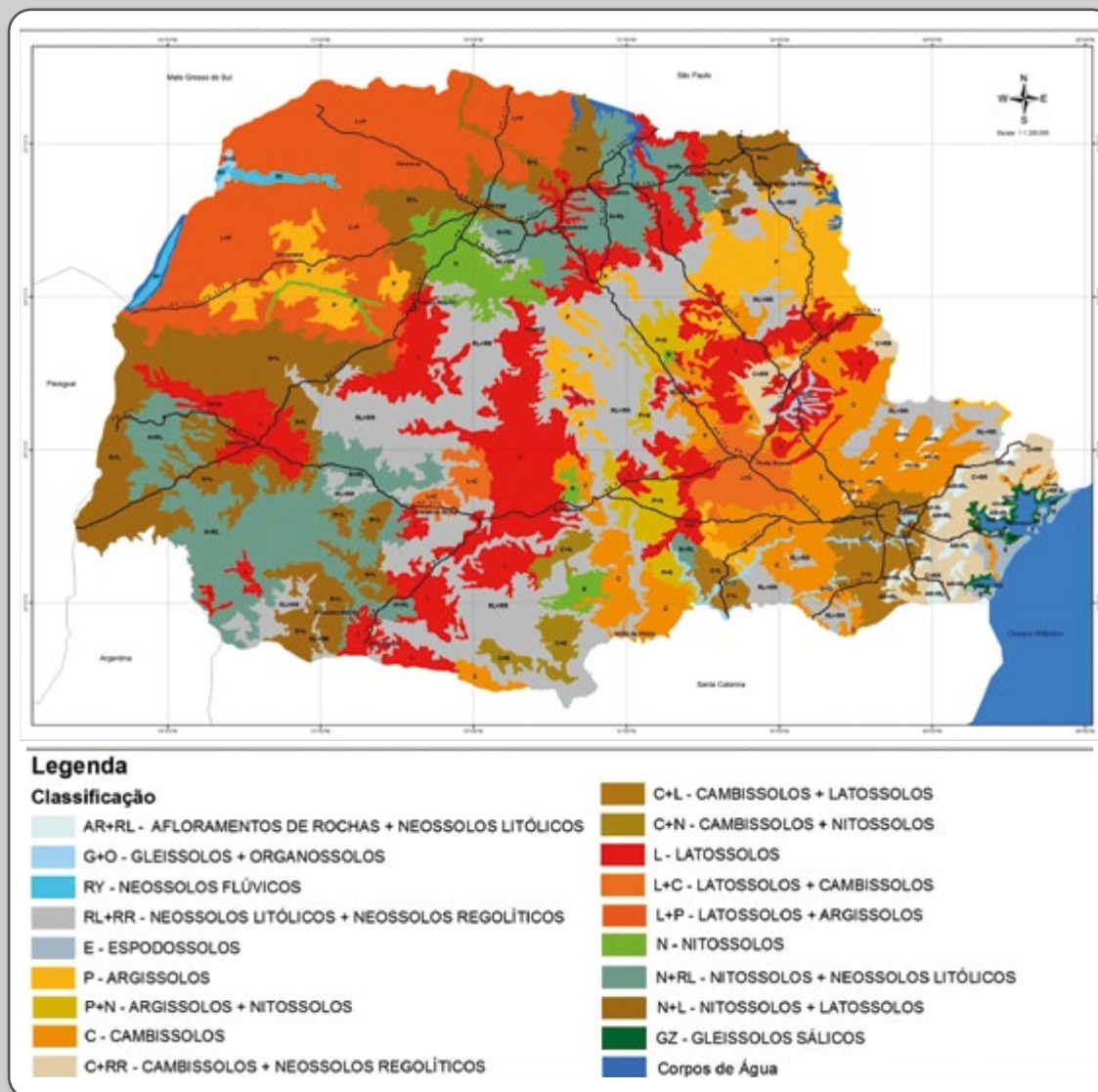
A ensilagem é um processo de conservação que consiste no conjunto de ações destinadas à produção de silagem, desde a implantação da lavoura, passando por ponto de corte, colheita e picagem, pela taxa de enchimento do silo, até o fechamento do silo.

1.3.1 Implantação da lavoura

1.3.1.1 Preparo do solo

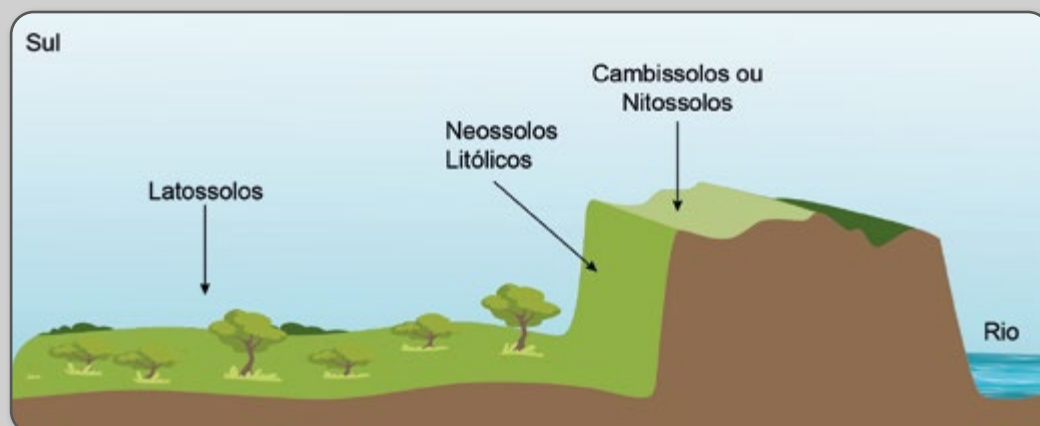
Uma boa silagem, além de depender de fatores do processo de ensilagem, necessita de um correto manejo do solo, água e conhecimento da classe à qual o solo e a planta pertencem. A aptidão agrícola para o cultivo de grãos segue em ordem decrescente no que diz respeito ao solo: latossolo, nitossolo e neossolo. Os dois últimos tipos exigem maiores práticas de conservação devido à menor taxa de infiltração de água no solo, pedras e cascalhos (Figuras 3 e 4).

Figura 3 – Mapa dos solos do Estado do Paraná.



Fonte – Paraná, [s.d.].

Figura 4 – Solos da Região Sul do Brasil.



Fonte – Sincronia Design, 2020.

As práticas mecânicas e vegetativas devem ser consideradas para o bom cultivo. Uma das técnicas mecânicas mais simples é o terraceamento ou “curva de nível”, que tem como finalidade reduzir o escoamento de água das enxurradas, que será armazenada em canais, evitando perdas de solo e água (Figura 5).

Figura 5 – Práticas mecânicas (curva de nível) e vegetativas (plantio direto) para plantio.



Fonte – Agência de Notícias do Paraná, 2015.

Para a prática vegetativa, o fator mais importante é o plantio direto com rotação de cultura. Essa técnica traz ao solo uma diversificação no sistema radicular e na produção de palhada, evitando a exposição do solo sem cobertura. Como consequência, proporciona menor impacto da chuva e da erosão, aumentando a infiltração de água no solo. O plantio direto deve ser realizado em nível, paralelamente à curva de nível.

Essa menor utilização de maquinário acarreta menor custo de produção. No entanto, o preparo convencional do solo ainda acontece, com uma aração a 25 a 30 cm de profundidade, seguida de duas gradagens em sentido cruzado.

Para os cultivares de sorgo de porte alto (maior que 2,80 m), adotam-se maiores espaçamentos entre linhas (0,90 a 1,00 m) e menor densidade de plantio (90 a 110 mil plantas/ha). Para os cultivares de porte médio (até 2,5 m), recomenda-se espaçamentos menores (0,70 a 0,80 m), com densidade maior (120 a 140 mil plantas/ha).

Para os cultivares de milho, as recomendações variam basicamente de 40 000 a 70 000 plantas/ha, sendo as maiores recomendações para os cultivares mais precoces. O espaçamento para a planta de milho pode variar de acordo com o número de sementes por metros lineares. Além da densidade e do espaçamento, o número de sementes utilizadas na semeadura é importante, pois determina a população final desejada (Tabela 1).

Tabela 1 – Número de sementes de milho recomendado para dez metros lineares em relação ao estande e ao espaçamento entre linhas.

Espaçamento entre linhas (m)	Estande (mil plantas/hectare)					
	40	45	50	55	60	65
	Sementes/10 metros lineares					
0,45	18	20	23	25	27	29
0,50	20	23	25	28	30	33
0,70	29	32	36	39	43	46
0,80	38	43	48	53	58	63
0,90	43	49	54	60	65	70
1,00	48	54	60	66	72	78

Fonte – Pereira; Cruz, 1993.

Em geral, são necessários aproximadamente 25% a mais de sementes no plantio para que se garanta a densidade desejada, além de uma profundidade variando de 3 a 5 cm. Em solos mais arenosos, essa profundidade pode ser maior (5 a 8 cm), aproveitando as condições favoráveis de umidade do terreno.

1.3.1.2 Adubação

Para obtenção de bons materiais ensilados, fatores como reposição de nutrientes no solo devem ser levados em consideração, visto que a extração desses nutrientes é maior quando a cultura é destinada a processos de conservação (Tabela 2).

Tabela 2 – Extração média de nutrientes pela cultura do milho com finalidade de conservação em diferentes níveis de produtividade.

Tipo de exploração	Produtividade (t/ha)	Nutrientes extraídos				
		N	P	K	Ca	Mg
Grãos	3,65	77	9	83	10	10
	5,80	100	19	95	17	17
	7,87	167	33	113	27	25
	9,17	187	34	143	30	28
	10,15	217	42	157	32	33
Silagem (matéria seca)	11,60	115	15	169	35	26
	15,31	181	21	213	41	28
	17,13	230	23	259	52	31
	18,65	231	26	271	58	32

Fonte – Coelho; França, 1995.

Dessa forma, a reposição deve ser feita de forma criteriosa, com base na análise do solo e dos níveis de produtividade pretendidos (Tabela 3).

Tabela 3 – Recomendação de adubação da cultura de milho e de sorgo para silagem.

Matéria verde (t/ha)	Nutrientes (kg/ha)						
	N	P ₂ O ₅			K ₂ O		
	Plantio	Baixo ¹	Médio	Alto	Baixo	Médio	Alto
20 a 30	10	60	40	20	50	40	20
30 a 40	20	80	60	20	50	50	20
40 a 60	30	90	80	20	50	50	30

¹Baixo, médio e alto se referem aos resultados obtidos pela análise de solo.

Fonte – Adaptado de Cantarella; Quaggio; Furlani, 1996.

1.3.1.3 Ponto de corte

O momento de corte da planta é quando esta atinge teores de MS entre 30 e 35%. (FERREIRA, 2001). Nessa fase, os grãos da planta de milho devem estar no estágio farináceo-duro e com conformação dentada, geralmente alcançado após aproximadamente 100 a 110 dias de emergência. Para a obtenção de boa qualidade na massa ensilada, a produção de grãos deve representar de 40 a 50% da MS total da planta, sendo 40-50% dos grãos em ponto farináceo. (NUSSIO, 1995).

Afuakwa e Crookston (1984) propuseram um método com base na posição de uma linha divisória da fase leitosa e dura no grão em formação (linha de leite) e que se move da parte superior para a inferior. A linha de leite é uma referência prática quando não é possível a análise bromatológica (Figura 6), mas o corte ocorre após o período ideal. Assim, a melhor referência ainda é o teor de MS da planta. A planta de sorgo deve ser cortada quando tem entre 35 e 38% de MS.



VOCÊ SABIA?

A análise bromatológica é usada para medir a composição química dos alimentos, ou seja, os teores de MS, proteína bruta, fibra bruta, cinzas, gordura, entre outros.

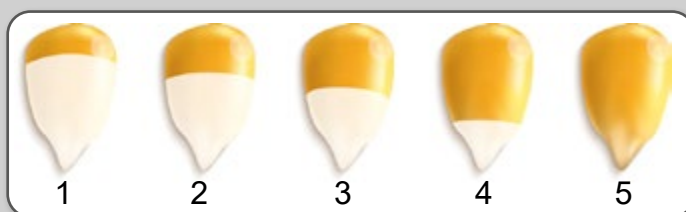
Figura 6 – Linha de leite: referência prática para ponto de corte.



Fonte – Zopollatto, 2020.

No sistema da linha de leite, os graus de amadurecimento são numerados de um a cinco (Figura 7), sendo: (1) estágio farináceo; (2) $\frac{1}{4}$ do grão duro; (3) $\frac{1}{2}$ do grão duro; (4) $\frac{3}{4}$ do grão duro e (5) grão duro (camada preta). Para se observar a linha de leite, quebra-se a espiga ao meio, descarta-se a metade traseira e, nos grãos da parte anterior da outra metade, visualiza-se a linha divisória da parte endurecida e leitosa dos grãos. (HAVILAH; KAISER; NICOL; 1995).

Figura 7 – Graus de amadurecimento do grão de milho.



Fonte – Zopollatto, 2020.

Considerando as condições do Brasil, os estágios de grão farináceo a ½ duro têm sido indicados como o mais recomendável para a ensilagem do milho. Se o período de ensilagem for mais prolongado, inicia-se o processo no estágio grão farináceo, e se for mais rápido, inicia-se mais próximo do estágio de ½ linha de leite. (FERREIRA, 2001).

As vantagens de se cortar a forrageira nesse ponto são:

- a) menor produção da matéria verde, mas aumento significativo na matéria seca por área;
- b) menores perdas no armazenamento, principalmente por efluentes;
- c) aumento no consumo da silagem;
- d) redução de ácidos indesejáveis na fermentação e pH mais elevado (Tabelas 4 e 5).

Tabela 4 – Mudanças na composição e na qualidade de milho cortado para silagem em diferentes estádios de maturidade.

Estádio	MS ¹ (%)	MS (t/ha ⁻¹)	MV ² (t/ha ⁻¹)	% espigas na MS	Consumo de MS (%)
Leitoso	21	9,3	43,8	30,1	75
Pastoso	25	9,3	37,5	39,6	89
Farináceo	26	9,8	37,0	41,0	90
Farináceo/Duro	35	10,8	30,8	56,8	100
Duro	38	9,5	25,0	56,0	98

¹MS: matéria seca; ²MV: matéria verde.

Fonte – Cruz, 2001.

Tabela 5 – Características do milho cortado em diferentes estádios de maturidade.

Estádio	MS ¹ (%)	% espigas na MS	NDT ² na MS (%)	Consumo (% PV) ³
Pré-leitoso	22,4	25,1	70	1,62
Leitoso-farináceo	26,1	42,8	69	1,84
Farináceo	31,9	58,3	67	1,73
Farináceo-duro	37,5	65,4	68	1,89
Duro-vítreo	46,8	62,1	70	1,87
Maduro	54,4	64,9	61	1,84

¹MS: matéria seca; ²NDT: nutrientes digestíveis totais; ³Consumo %PV: consumo em porcentagem do peso vivo.

Fonte – Cruz, 2001.

Os valores obtidos nas Tabelas 4 e 5 demonstram que o milho no estágio farináceo-duro apresenta o melhor ponto de corte, elevando o valor nutricional da planta.

A ensilagem do milho com teor de MS menor que 30% resultará em maiores perdas por efluentes e fermentações indesejáveis devido à alta concentração de água no material. Entretanto, se o material passar de 40% de MS ocorre a lignificação da parede celular, reduzindo a digestibilidade do produto e dificultando sua compactação.

1.3.1.4 Teste do micro-ondas

Basicamente, os métodos para avaliação do teor de MS podem ser classificados em dois tipos: de laboratório e de campo. O método de laboratório mais acessível no campo é o do forno micro-ondas, descrito por Bach e Schmidt (2014) no Anexo I, que representa uma ótima ferramenta para a identificação do ponto de corte da planta. Outro método recente é o *dryer bag*, que consiste em um dispositivo em tecido (Figura 8) desenvolvido para determinação de MS com uso de um secador de cabelo (de 1 900 a 2 000 watts de potência), desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa. A marca amarela no tecido é o limite máximo de concentrado (70-100 g) que pode ser adicionado para determinação de MS, a marca vermelha são as silagens (100-150 g) e a marca verde indica a forragem fresca (cerca de 100 g). A vantagem desse método em relação ao do micro-ondas é que, uma vez iniciada a secagem, não há necessidade de acompanhamento. A primeira checagem de peso deve ser feita após 30 a 40 minutos, depois, a cada cinco minutos até obter peso constante. Já os métodos de campo se baseiam no conhecimento sobre o ciclo da planta e suas características físicas, como é o caso do sistema da linha de leite comentado anteriormente. (FERREIRA, 2001).

Figura 8 – Dryer bag.



Fonte – Machado; Andrade, 2019.

1.3.2 Colheita e picagem

A altura de corte das plantas de milho ou sorgo se situa normalmente entre 15 e 20 cm do solo. No entanto, em plantas cuja altura de corte se situa entre 30 e 50 cm, o valor nutritivo da silagem e a digestibilidade são melhores, pois há maior porcentagem de lignina e potássio no terço inferior da planta. Apesar de a altura de corte melhorar os valores nutricionais, quanto maior ela for, menor será o volume colhido por hectare e mais plantas deverão ser cortadas. Por isso é necessário analisar cada situação para a tomada de decisão.

Depois de realizar todo o planejamento e fazer o corte correto da forrageira a ser ensilada, chega o momento da picagem. O tamanho da partícula deve ser uniforme, entre 6 a 10 mm (Figura 9), e a variação entre o menor e o maior tamanho não deve ultrapassar 20%, a fim de garantir densidade mínima de 600 a 750 kg/m³ de material fresco, para melhor conservação e menor sobra no cocho.

! ATENÇÃO

A variação da altura de corte não garante melhoria da qualidade no restante do processo de ensilagem, apenas melhor qualidade da fibra. No entanto, as etapas de cuidados com a formação e enchimento das espigas, além das demais etapas de ensilagem, são fundamentais para o sucesso da produção.

Figura 9 – Tamanho de partícula.



Fonte – Zopollatto, 2020.

O tamanho das partículas garante aos ruminantes um adequado funcionamento ruminal. A fibra presente no volumoso, nesse caso a silagem, estimula a produção de saliva, que contém íons bicarbonato e fosfato e tem função tamponante, neutralizando ações indesejáveis de ácidos produzidos na fermentação. Ou seja, a silagem, quando

picada no tamanho adequado, promove alta taxa de mastigação, com consequente produção de saliva em quantidades suficientes para que não ocorra, por exemplo, uma acidose pela inclusão de maiores doses de concentrado na dieta.



PRECAUÇÃO

Para quem utiliza dieta total, a repicagem pode gerar problemas de falta de fibra efetiva na dieta, com consequência de queda do percentual de gordura no leite.

Para que o produtor garanta esse bom manejo, é necessária a manutenção da afiação das facas e contrafacas da ensiladeira ou picadora, quando for utilizar o maquinário.

1.3.3 Silos

1.3.3.1 Tipos de silo

Os dois tipos de silo mais utilizados são o superfície e o trincheira (Quadro 2), por isso é importante saber como calcular a capacidade e dimensionamento de cada um deles. (OLIVEIRA *apud* CRUZ *et al.*, 2001).

O silo superfície é o mais econômico, pois não exige qualquer estrutura fixa como paredes laterais. Para fazê-lo, basta amontoar e compactar o material sobre o solo e cobri-lo totalmente com lona plástica.

O silo trincheira é o mais comum, devido ao custo de construção e às facilidades para carregamento, compactação e descarregamento. Nas áreas onde há irregularidades de terreno, é possível aproveitá-las para construir um silo trapezoidal. Em terrenos planos, é necessária a construção de paredes laterais e sua forma deve ser retangular. Independentemente do tipo de seção, a largura mínima do silo (largura inferior, no caso de seção trapezoidal) deve ser, no mínimo, duas vezes a distância entre os pneus traseiros do trator.

Quadro 2 – Principais diferenças entre silo tipo superfície e trincheira.

Tipos de silo	Características
Superfície	Mais econômico Facilidade de abastecimento Estrutura não fixa
Trincheira	Mais comum Facilidade no carregamento e compactação Estrutura fixa

Fonte – Zopollatto, 2020.

O fechamento do segundo tipo de silo pode ser feito de duas maneiras: (i) com pranchões de madeira (Figuras 10 e 11), porém é necessário que durante o carregamento haja acesso pelas laterais ou pela parte de trás e que o silo seja completamente cheio; (ii) compactando o material da “boca” em um ângulo de 45° e usando apenas lona plástica para cobertura (Figura 12).

Figura 10 – Ilustração do fechamento de silo trincheira com madeira.



Fonte – Sincronia Design, 2020.

Figura 11 – Fechamento de silo trincheira com madeira.



Fonte – Zopollatto, 2020.

Figura 12 – Enchimento de silo trincheira com finalização na boca em ângulo de 45°.



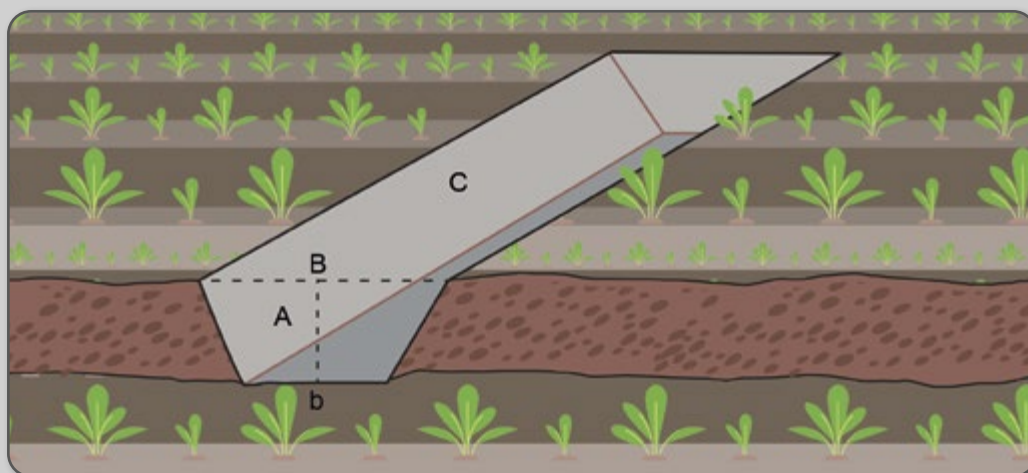
Fonte – Zopollatto, 2020.

1.3.3.2 Capacidade

A capacidade de um silo depende principalmente de seu volume e do nível de compactação, o qual é dependente do tamanho das partículas e do teor de MS do material.

Para os silos tipo trincheira de seção trapezoidal (Figura 13), as bases são de tamanhos diferentes. O volume corresponde então à área da seção transversal multiplicada pelo comprimento.

Figura 13 – Dimensões de um silo trincheira de seção trapezoidal, em que **A** é a altura do silo, **B** é a base maior, **b** é a base menor e **C** é o comprimento do silo.



Fonte – Sincronia Design, 2020.

O cálculo de capacidade é dado pela seguinte equação:

$$\left[\left(\frac{B+b}{2} \right) \times A \right] \times C$$

O valor de B deve ser equivalente a duas vezes a bitola do trator que fará a compactação.

Supondo que para um silo com 6 m de base maior (B), 5 m de base menor (b), 1,8 m de altura (A) e 12 m de comprimento, tem-se:

$$\left[\frac{(6+5)}{2} \right] \times 1,8 = 9,9 \text{ m}^2 \text{ (área da seção transversal)}$$

$$9,9 \text{ m}^2 \times 12 \text{ m} = 118,8 \text{ m}^3 \text{ (volume total do silo)}$$

Se o silo for retangular (5 m de largura) em vez de trapezoidal, o volume será dado por

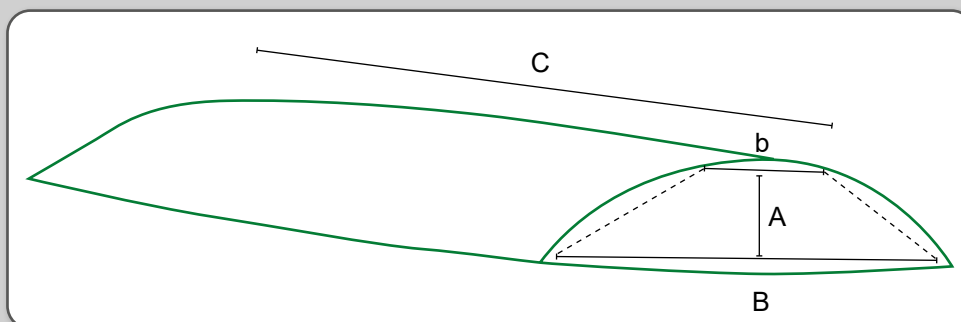
$$(B \times A) \times C$$

$$5 \times 1,8 = 9,0 \text{ m}^2 \text{ (área da seção transversal)}$$

$$9,0 \text{ m}^2 \times 12 \text{ m} = 108 \text{ m}^3$$

O cálculo para estimar o volume de um silo superfície (Figura 14) é semelhante ao do silo trincheira de seção trapezoidal. Entretanto, não é possível obter o valor exato, visto o formato indefinido desses silos.

Figura 14 – Dimensões de um silo superfície.



Fonte – Oliveira, 2001.

**EXERCÍCIO**

Calcule o volume de um silo superfície com 6 m de largura maior (B), 5 m de largura menor (b), 1,5 m de altura (A) e 12 m de comprimento (C).

1.3.3.3 Quantidade de silagem a ser armazenada

Para se chegar à quantidade de silagem que será consumida pelos animais, deve-se responder às seguintes questões:

- Quais categorias irão receber silagem?
- Quantos quilos de silagem serão consumidos por cada animal de cada categoria por dia?
- Há quantos animais em cada categoria?
- Durante quanto tempo os animais receberão silagem?

**EXERCÍCIO**

Calcule a quantidade de silagem a ser consumida por um rebanho de 40 vacas leiteiras com cerca de 450 kg de peso vivo (PV), divididas em 2 lotes de 20 animais cada, por 90 dias de fornecimento. O lote A, de alta produção, ingere 2,5% do PV em MS de uma dieta contendo uma relação volumoso/concentrado de 60:40 por dia, enquanto o lote B, de baixa produção ingere 2,0% do PV em MS da mesma dieta. A silagem da propriedade tem 30% de MS.

1.3.4 Enchimento do silo

Todos os processos descritos influenciam o valor nutricional final da silagem. A taxa de enchimento do silo, por sua vez, não foge à regra. O enchimento lento, a falta de compactação, a demora na vedação, bem como a falta de mão de obra e maquinários são fatores que facilitam a aeração no silo, o que é indesejável por promover perdas. Os silos devem ser enchidos em, no máximo, 10 horas e serem fechados de preferência no mesmo dia do início. Esses prazos devem ser respeitados para permitir a geração de um ambiente anaeróbico, que promova o desenvolvimento de bactérias produtoras de ácidos orgânicos (ácido lático) que garantirão a conservação da silagem.

**VOCÊ SABIA?**

O tempo de compactação deve ser 1,0 a 1,2 vezes o tempo de colheita, ou seja, uma hora colhendo deve equivaler a, no mínimo, uma hora compactando.

A forma mais eficiente de compactação é por meio de máquinas (tratores) que apresentam maior peso/área. Em geral, o trator deve ter peso igual ou superior a 40% da massa a ser ensilada por hora trabalhada. (RUPPEL *et al.*, 1995). Devem ser evitados tratores com pneus largos ou com rodado duplo, pois diminuem o peso por área (Figura 15).

Figura 15 – Compactação da massa a ser ensilada dentro do silo.



Fonte – Zopollatto, 2020.

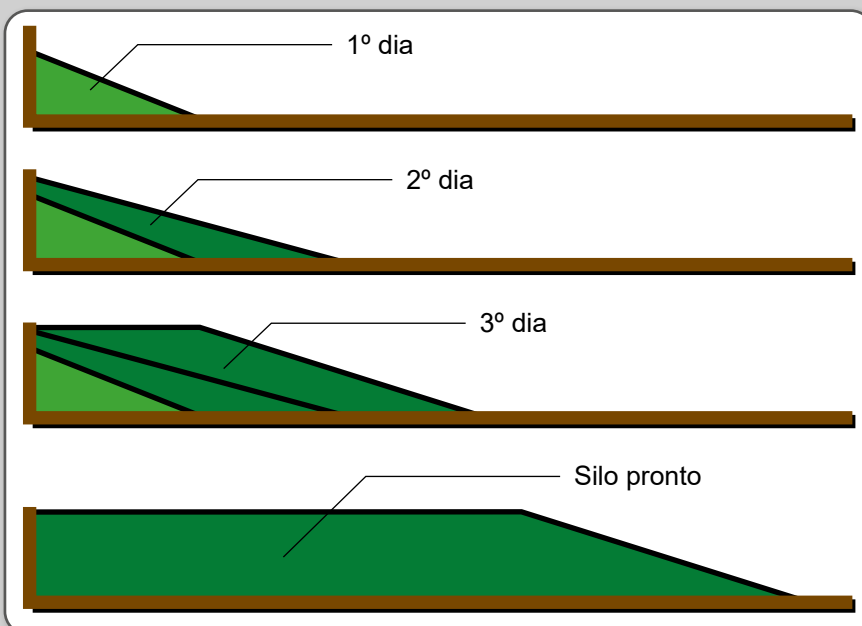


VOCÊ SABIA?

Um indicador de boa compactação é o desaparecimento das marcas dos pneus na silagem. O peso do trator deve ser de aproximadamente 40% do volume descarregado por hora no silo.

A distribuição do material a ser ensilado deve ser feita de forma homogênea, evitando sulcos e ondulações (Figura 16), e a compactação logo após a descarga deve ser feita com 30 a 50 cm de massa.

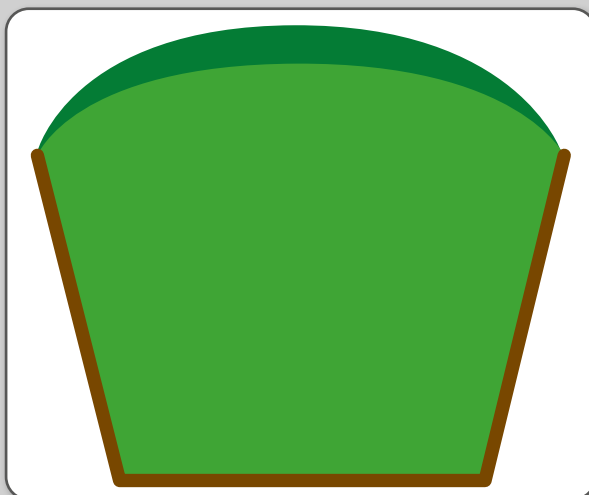
Figura 16 – Etapas da compactação em silo trincheira.



Fonte – Sincronia Design, 2020.

Para facilitar o escoamento de água da chuva, deve-se abaular a parte superior do silo antes da vedação, sendo recomendado o abaulamento com 20% do volume ensilado (Figuras 17 e 18).

Figura 17 – Abaulamento necessário em silo trincheira.



Fonte – Zopollatto, 2020.

Figura 18 – Abaulamento necessário em silo trincheira.



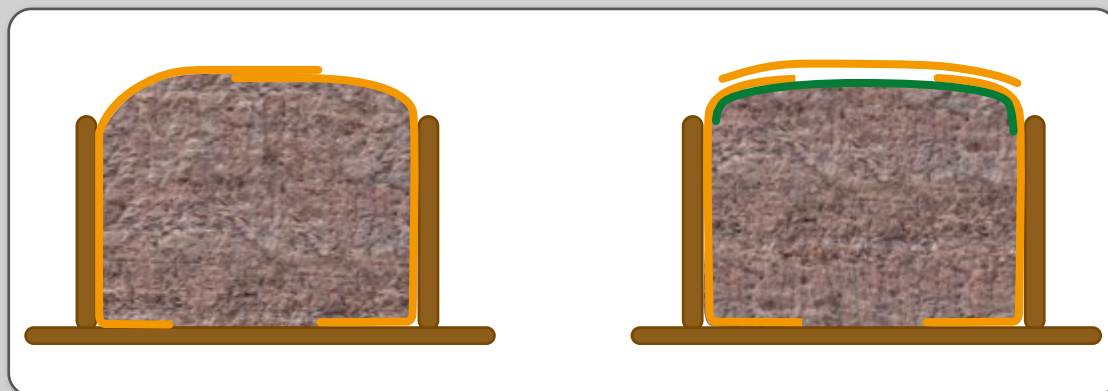
Fonte – Zopollatto, 2020.

1.3.5 Fechamento do silo

O fechamento do silo é a última etapa do processo de ensilagem. Nessa fase é necessário que ocorra uma vedação hermética (evitando a entrada de ar) no silo, o que pode ser feito com uma lona de polietileno (de boa qualidade) com espessura de, no mínimo, 150 micras ou de dupla face (branca de um lado e preta de outro).

A lona deve ser esticada com sobra em toda sua extensão sobre a silagem exposta para que seja enterrada, no caso de silo superfície. Caso as dimensões sejam insuficientes, devem-se usar várias lonas, paralelamente umas às outras, fixando-as com adesivos ou dobrando-as, a fim de minimizar a penetração do ar (Figura 19).

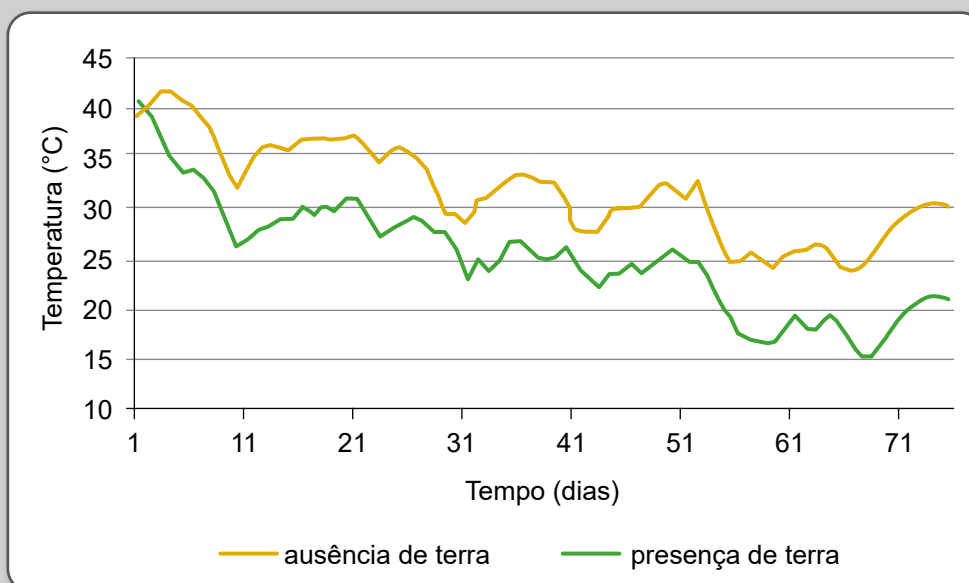
Figura 19 – Abaulamento necessário em silo trincheira.



Fonte – Zopollatto, 2020.

Além de usar lona para proteger a silagem, outras providências devem ser executadas nesse período, como a proteção contra raios solares, que pode ser feita com terra ou capim, e a utilização de materiais pesados sobre a lona, como saco de areia, evitando assim a entrada de roedores, água e agentes contaminantes. Esses procedimentos melhoram a vedação e colaboram para a boa fermentação do material, observada pela menor temperatura de superfície do silo, como pode ser visto na Figura 20, em que a silagem vedada com lona plástica com terra sobre esta apresentou menor temperatura que a silagem vedada apenas com lona.

Figura 20 – Temperaturas de silagem de milho vedadas com lona plástica com e sem o uso de terra sobre a lona.



Fonte – Bernardes; Amaral, 2008.

Em relação à lona de dupla face, esta não necessita de proteção específica contra raios solares, porém é necessário deixar a parte branca voltada para fora (Figura 21).

Figura 21 – Lona dupla face em silo trincheira.



Fonte – Zopollatto, 2020.

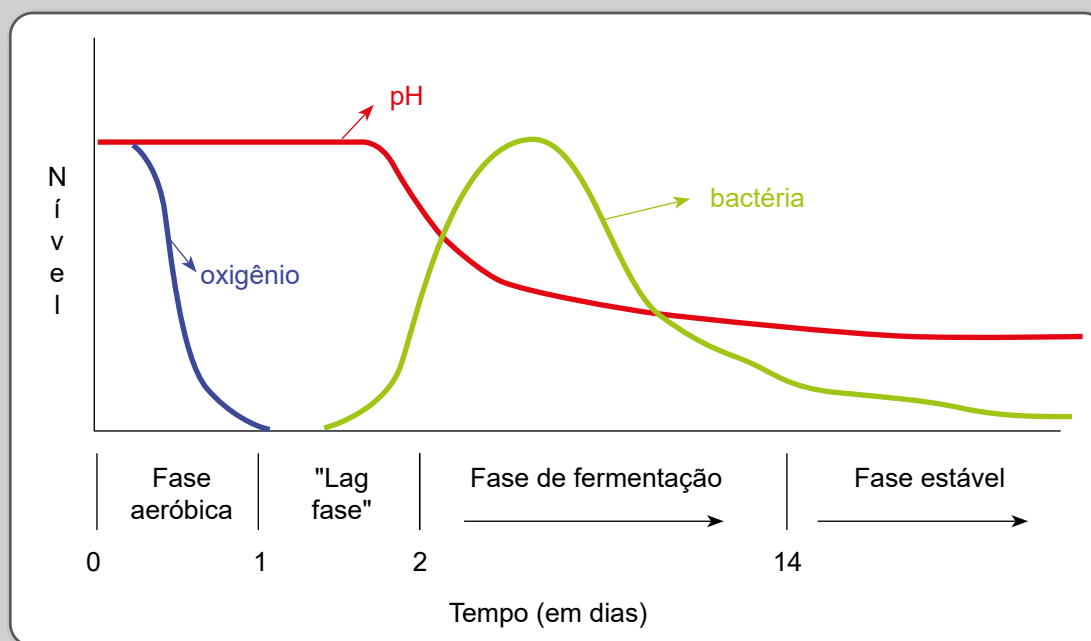
1.4 FASES DO PROCESSO DE ENSILAGEM

A silagem é a forragem preservada por meio do ácido láctico decorrente da fermentação. As bactérias anaeróbicas transformam os carboidratos solúveis presentes nas plantas em ácido láctico e, em menor proporção, ácido acético. A presença destes é responsável pela redução do pH do meio, evitando o apodrecimento do material. Com isso, a silagem pode ser feita em determinado mês do ano e utilizada em outra época.

Plantas como milho e sorgo contêm diversos microrganismos, podendo ter atividade bacteriana enorme, baixa ou latente. A multiplicação e a atividade irão depender de fatores externos, como oxigênio, pH, temperatura e umidade.

Após o fechamento do silo, a silagem passa por vários processos bioquímicos e microbiológicos, que são divididos basicamente em fase aeróbica e anaeróbica (Figura 22).

Figura 22 – Fases da fermentação em um silo.



Fonte – Guim, 2002.

1.4.1 Fase aeróbica

Inicia-se logo após o fechamento do silo e se caracteriza pela presença de oxigênio no material, o que permite às células da planta continuarem respirando.

Na respiração são utilizados os carboidratos solúveis presentes na massa, produzindo gás carbônico, água e calor. Assim, quanto maior o tempo em que o material

permanece picado e exposto ao ar, maior será o consumo de carboidratos solúveis, acarretando menor conteúdo energético e menor eficiência do processo fermentativo.

A fase aeróbica cessa quando todo o oxigênio é exaurido, aproximadamente 24 horas após o início da queda do pH. Essa fase deve ser a mais rápida possível, pois pode resultar em excessiva perda de MS e alta produção de calor. (OLIVEIRA, 1998). Para que a massa não perca qualidade, os manejos devem estar de acordo com o padrão estabelecido (boa picagem, boa compactação e rapidez, tanto no processo de enchimento quanto no de compactação).

1.4.2 Fase fermentativa ou anaeróbica e estabilidade

Após todo oxigênio presente se esgotar, inicia-se a fase fermentativa ou anaeróbica. Ela se caracteriza pelo desenvolvimento de bactérias anaeróbicas já presentes no meio, mas que não se desenvolviam até então devido à presença de oxigênio. Cerca de 90% de toda essa fase ocorre após 72 horas do fechamento do silo. No entanto, para garantir ótima fermentação, o silo deve ser mantido fechado por pelo menos 15 a 20 dias. (OLIVEIRA, 1998).

? VOCÊ SABIA?

Enterobactérias são bastante conhecidas, uma vez que alguns indivíduos estão presentes no intestino dos seres humanos e de outros animais, como a *Escherichia coli*. Outras enterobactérias podem ser encontradas no solo, na água e, no caso da silagem, elas estão presentes na planta, ainda no campo.

As enterobactérias são as primeiras bactérias a se desenvolverem, produzindo ácidos graxos voláteis (AGVs), em maior quantidade o acético, com a diminuição do pH (de 6,5 para 5,5). Ao mesmo tempo, as bactérias *Streptococcus faecalis* se desenvolvem e produzem ácido lático, reduzindo ainda mais o pH (de 5,5 para 5,0).

Essa segunda fase, denominada estável, perdura por dias e sua duração depende das condições da silagem, como umidade, maturidade da cultura e dos tipos de bactérias e quantidade de AGVs (ácido acético, propiônico, butírico, lático e vários isoácidos) que são produzidos. Dentre esses, o ácido lático apresenta maior acidez sendo, então, mais eficiente na redução do pH e na manutenção da estabilidade do silo fechado.

Após essa etapa fermentativa, ocorre uma intensa redução do pH, de 5,0 para 4,2 a 3,8, inibindo a população de bactérias e interrompendo a produção de ácido, iniciando a estabilidade no silo. Esta perdura até a abertura, quando o material entra novamente em contato com o oxigênio. (OLIVEIRA, 1998).

1.4.3 Fase aeróbica (abertura)

A silagem, que foi previamente mantida sob condições de anaerobiose para sua conservação, volta a ser exposta ao oxigênio no momento de abertura do silo.

A presença de oxigênio favorece a atividade de microrganismos indesejáveis, que até então estavam em estado de dormência, como fungos, bacilos e *Listeria* (BORREANI *et al.*, 2013), os quais produzem substâncias prejudiciais à saúde animal e humana. (ALONSO *et al.*, 2013). Esses microrganismos utilizam substratos residuais e produtos da fermentação para seu crescimento, resultando em deterioração da silagem (Figura 23) que, uma vez iniciada, não pode ser revertida. Por isso, a abertura do silo é considerada uma das fases determinantes na qualidade higiênica de silagens. (PEREIRA *et al.*, 2014).

Figura 23 – Silagem com destaque para a presença de fungos filamentosos.



Fonte – Zopollatto, 2020.

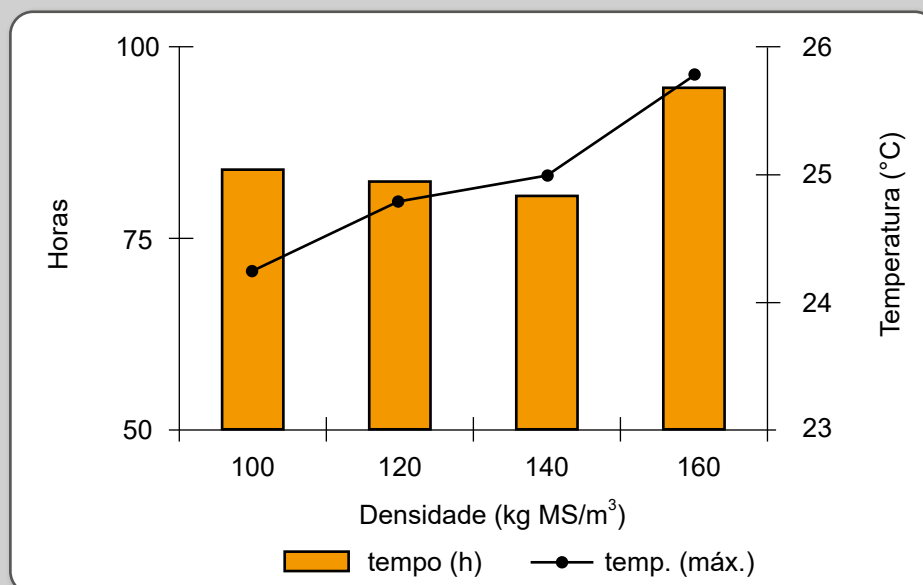
Além da presença de microrganismos indesejáveis, outros indicadores de deterioração da silagem são o aumento da temperatura da massa e a produção de CO₂. Isso resultará na diminuição da concentração de ácido lático e no aumento do

pH, conseqüentemente, haverá decréscimo significativo no valor nutricional devido às altas perdas de MS. (PAHLOW *et al.*, 2003).

Silagens que foram produzidas de forma adequada, resultando em boa fermentação e posterior boa resistência ao oxigênio, são chamadas de silagens com alta estabilidade aeróbica, pois nelas o processo de deterioração demora mais tempo para iniciar, demarcada pelo aumento de temperatura da massa.

Estudos mostram que a baixa estabilidade aeróbica (alta susceptibilidade das silagens à deterioração) está relacionada com tempo prolongado de enchimento do silo; baixa compactação e densidade, resultando em maior aeração da massa, e inadequado tamanho de partícula e teor de MS da planta. (FARIA; CORSI, 1995; FERREIRA, 2001). Um exemplo é demonstrado na Figura 24, em que a silagem de maior densidade demorou mais tempo para atingir a temperatura máxima, comprovando que o material mais bem compactado apresenta maior estabilidade quando exposto ao ar.

Figura 24 – Tempo para a máxima temperatura e temperatura máxima de silagens de capim-marandu submetidas a diferentes densidades durante o período de exposição aeróbica.



Fonte – Amaral *et al.*, 2008.

Para a obtenção de silagens de boa qualidade é necessário executar com atenção todas as etapas do processo de ensilagem, pois destas dependerão o produto final. Como demonstrado, essa é uma fase que exige cuidado, pois pode comprometer a higiene e o valor nutricional da silagem. Além dos corretos procedimentos de

ensilagem, para que a estabilidade aeróbica seja maximizada, recomenda-se estocar a silagem por, no mínimo, 3 a 4 meses. (DANIEL; JUNGES; NUSSIO, 2014).

1.5 ADITIVOS

Aditivos são produtos, comerciais ou não, aplicados à forragem no momento da ensilagem com o intuito de reduzir perdas de nutrientes, estimular a fermentação, inibir ou favorecer determinados microrganismos ou ainda interagir no valor nutritivo da planta originalmente ensilada. (VILELA, 2000).

Há conhecimento sobre uma vasta gama de substâncias possíveis de serem utilizadas em silagens, bem como suas respectivas funções/indicações, como pode ser observado na Tabela 6.

Tabela 6 – Classificação dos aditivos para silagens.

Classe	Subclasse	Modo de ação	Exemplos ¹
Acidificantes diretos	Ácidos orgânicos e inorgânicos	Reduzir o pH da silagem no início do processo e induzir mudanças qualitativas na microflora.	Ácidos sulfúrico e hidrolórico, ácidos fórmico e acrílico. Ácidos acético* e propiônico*.
Inibidores da fermentação	Esterilizantes de ação direta e indireta	Inibir a microflora em geral, imediatamente ou após a liberação do princípio ativo.	Formaldeído, hexaminas.
Estimulantes da fermentação	Substratos	Estimular a microflora pelo fornecimento de substrato.	Melaço. Cana-de-açúcar*, açúcar*, fontes de amido* ou pectina*.
	Enzimas	Aumentar a disponibilidade de substratos a partir de componentes não fermentescíveis.	Enzimas celulolíticas e amilolíticas. Xilanases*, hemicelulases* e pectinases*
	Culturas microbianas	Estabelecer a dominância de bactérias ácido-láticas eficientes.	<i>Lactobacillus</i> . <i>Pediococcus</i> *, <i>Propionobacterium</i> *, <i>Enterococcus</i> *.
Antimicrobianos específicos	Antibióticos Antibióticos sintéticos Outros agentes microbianos	Desencorajar o crescimento de microrganismos espoliadores	Bacitracina, Estreptomicina, Bronopol. Natamicina*.
Nutrientes ²	Energia Nitrogênio e minerais	Melhorar o valor nutricional da silagem	Amidos, cereais. Farelos* e subprodutos agrícolas*. Ureia, carbonato de cálcio.

¹ Nomes com asterisco foram adicionados por Schmidt; Souza; Bach (2014).

² Alguns aditivos também podem ser classificados como estimulantes da fermentação.

Fonte – Adaptado de Woolford, 1984.

De maneira mais simplista, Nussio e Schmidt (2004) propuseram a classificação dos aditivos em três grupos: aditivos microbianos, aditivos químicos e sequestrantes de umidade. De maneira geral, o grupo dos aditivos químicos é frequentemente destinado às silagens de cana-de-açúcar; os aditivos microbianos podem ser utilizados para diversas finalidades; os sequestrantes de umidade são recomendados para a silagem de forragens úmidas, como no caso dos capins.

É válido ressaltar que a escolha e o uso de um aditivo pode não levar ao resultado esperado e ainda ser inviável economicamente quando utilizado com o intuito de substituir erros e/ou o bom processo de ensilagem e manejo do silo. A escolha pelo uso exige conhecimento prévio sobre o desafio que a forragem apresenta para ser ensilada. (SCHMIDT; SOUZA; BACH, 2014).

1.5.1 Aditivos microbianos

Basicamente, os inoculantes microbianos se dividem em dois grupos principais de microrganismos: as bactérias homofermentativas (e heterofermentativas facultativas) e as bactérias heterofermentativas. O primeiro grupo representa microrganismos capazes de maximizar a produção de ácido lático e acelerar a queda do pH das silagens. O segundo é composto por microrganismos que produzem outros ácidos além do lático, como os ácidos acético, propiônico e butírico, visando elevar a estabilidade aeróbica da silagem, por terem maior efeito antifúngico. (SCHMIDT; SOUZA; BACH, 2014).

As bactérias mais utilizadas como inoculantes são as homofermentativas, representadas principalmente pelas bactérias ácido-láticas (BAL) que, por sua vez, se dividem em quatro famílias: *Lactobacillaceae*, *Enterococcaceae*, *Leuconostocaceae* e *Streptococcaceae*. Todas utilizam carboidratos solúveis e fontes de carbono como fonte de energia (PAHLOW *et al.*, 2003), crescem sob ampla faixa de temperatura, de 5 a > 50 °C, e o pH ótimo situa-se entre 5 e 6, sendo a taxa de crescimento negativamente influenciada quando o pH do material ensilado é ≥ 7 . (PEREIRA *et al.*, 2014).

Essas bactérias são classificadas como estimuladores da fermentação, pois melhoram o processo fermentativo e aceleram a acidificação da silagem por serem capazes de produzir dois mols de ácido lático (duas moléculas de três carbonos cada) a partir de um mol de glicose (molécula de seis carbonos), processo pelo qual ocorrem perdas ínfimas de MS. (SIQUEIRA *et al.*, 2014).

A BAL heterofermentativa mais avaliada em pesquisas nos últimos 10 anos é o *Lactobacillus buchneri*, com o objetivo de elevar a estabilidade aeróbica das

silagens. (SCHMIDT; SOUZA; BACH, 2014). Como comentado, diferentemente das homofermentativas, elas produzem outros compostos pela fermentação de glicose e frutose, sendo um deles o ácido acético, que age no metabolismo de leveduras, inibindo seu crescimento. (KUNG JR; STOKES; LIN, 2003).

A variabilidade nas respostas de aditivos microbianos é superior à dos aditivos químicos, pois se trata de organismos vivos. Assim, a eficiência desses aditivos dependerá de uma série de fatores, como substrato, umidade, flora epifítica, armazenamento e manuseio do produto, ausência de cloro na água usada para diluição, entre outros. (SIQUEIRA *et al.*, 2014).

Estudos em silagem de cana-de-açúcar orientam que a concentração de *L. buchneri* deve ser superior a 1×10^6 ufc/g de massa ensilada para que haja resultados positivos. (SCHMIDT; SOUZA; BACH, 2014).



ATENÇÃO

O uso de aditivos não acelera o tempo de abertura do silo. O tempo mínimo é de três semanas.

1.5.2 Aditivos químicos

Os aditivos químicos atuam basicamente alterando o pH da silagem e inibindo o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis, como leveduras e fungos filamentosos.

1.5.2.1 Cal virgem (CaO)

Dentre os aditivos químicos, a ureia e a cal virgem (ou óxido de cálcio) são os mais estudados. A cal virgem é um aditivo de baixo custo, com evidentes melhorias em aspectos qualitativos de silagens de cana-de-açúcar, quando aplicada em dosagem de até 1% da matéria verde. (SCHMIDT, 2009).

Os efeitos positivos em silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos alcalinos, como a cal virgem, estão relacionados ao aumento do pH e da fração mineral, levando à redução da atividade de água e estabelecimento de um ambiente desfavorável para o desenvolvimento de leveduras. (SIQUEIRA *et al.*, 2014).

Além da preservação de nutrientes e redução no teor de etanol, observa-se também maior estabilidade aeróbica devido à alteração do padrão fermentativo, em decorrência da ação tamponante que pode favorecer a maior produção de ácidos orgânicos fracos e, assim, permitir o maior controle da deterioração aeróbica. (AMARAL *et al.*, 2009).

De forma prática e de acordo com os resultados observados, a utilização da cal virgem até 1% pode ser uma ferramenta para melhorar o valor nutritivo da silagem de cana-de-açúcar. (SIQUEIRA *et al.*, 2014). A aplicação de cal pode ser feita diretamente na colhedora/picadora (Figura 25), lembrando apenas que por ela não ser 100% solúvel, há necessidade de agitação constante, com diluição em 4 litros de água para cada 500 g de cal virgem; pode-se ainda utilizar bomba costal se for um silo de pequena escala.

Figura 25 – Aplicação de cal virgem direto na colhedora.



Fonte – Zopollatto, 2020.

Carbonato de cálcio e calcário apresentam ação semelhante à cal em silagens de cana-de-açúcar com relação à diminuição da concentração de carboidratos não fibrosos e ao aumento da digestibilidade. (SANTOS *et al.*, 2009). No entanto, em silagem de capim-elefante, a cal virgem não se mostrou promissora, reduzindo a digestibilidade do material e piorando a qualidade após a ensilagem. (FERRARI JR. *et al.*, 2009).

1.5.2.2 Ureia

A adição de ureia na silagem tem como intuito sua transformação em amônia (NH_3), que tem ação antimicrobiana, inibindo o desenvolvimento de leveduras e fungos filamentosos (KUNG JR; STOKES; LIN, 2003), principalmente leveduras, podendo, então, reduzir a produção de etanol em silagens de cana-de-açúcar. (SIQUEIRA *et al.*, 2014)

Seu uso é recomendado não só para silagens de cana-de-açúcar, mas, de maneira geral, para plantas com baixo nitrogênio e/ou ensiladas com pouca umidade, como aditivo para estímulo da fermentação. A ureia pode ser adicionada em níveis

de 0,5 a 1% em peso da forragem, pois acima disso pode reduzir o consumo e o desempenho dos animais.

A diluição em água não é necessária, mas, se praticada, a ureia pode ser diluída na seguinte proporção: 4 litros de água para cada quilograma do aditivo. Por exemplo: se a dose for de 1%, aplicam-se 40 litros da solução por tonelada de forragem fresca. A aplicação pode ser feita da mesma maneira que a cal virgem, na colhedora ou no silo (bomba costal).

Também se deve atentar às características da planta a ser ensilada, pois a inclusão só deverá ser feita para aquelas que apresentam teores de 30 a 40% de MS. Abaixo disso, novamente será propício a perdas por efluentes, e acima, o valor nutritivo da silagem é reduzido. (FARIA; CORSI, 1995).

Faria e Corsi (1995) descrevem como deve ser feito o cálculo do enriquecimento de uma silagem com ureia. No exemplo, considera-se uma silagem com 35% MS e 2,8% de proteína – com adição de 0,5% de ureia. Considerando-se que a ureia é uma fonte de nitrogênio não proteico e seu teor médio de nitrogênio N é de 42%, o equivalente a 262% de PB por 100 g de ureia (valor estimado em função do teor médio de N na proteína verdadeira de 16% de N), então:

$$0,5 \times 2,62 = 1,3 \text{ (unidades percentuais a serem adicionadas à proteína)}$$

$$1,3 + 2,8 = 4,1\% \text{ de proteína na silagem (11,7\% na MS)}$$

Observação: a análise bromatológica de silagens que irão receber ureia deve ser realizada com o material fresco ou seco ao ar, pois o uso de estufa de circulação forçada de ar pode levar a perdas de nitrogênio por volatilização.

1.5.2.3 Benzoato de sódio

Os ácidos benzoico e sórbico, na forma dos sais benzoato de sódio e sorbato de potássio, são comumente utilizados na indústria de alimentos para prevenir o crescimento de leveduras e fungos filamentosos. (MCDONALD; HENDERSON; HERON, 1991). Assim como o ácido acético, o benzoato de sódio está na forma dissociada, passando facilmente pela membrana celular dos fungos, liberando prótons que acidificam o meio intracelular. (KUNG JR; STOKES; LIN, 2003).

Dessa forma, muitos trabalhos comprovam a ação do benzoato de sódio na redução do crescimento de fungos e leveduras quando utilizado 0,1% por quilo de forragem fresca, sendo, então, recomendado para casos que visam a melhorar a estabilidade aeróbica das silagens. (KLEINSCHMIT; SCHMIDT; KUNG JR, 2005).

O benzoato pode ser aplicado da mesma forma que a cal virgem e a ureia, sendo normalmente utilizada uma solução diluída de 12 litros de água por tonelada de forragem fresca.

1.5.2.4 Hidróxido de sódio

Hidróxido de sódio (NaOH) é um aditivo muito utilizado para aumentar a digestibilidade de palhadas. (MCDONALD; HENDERSON, HERON, 1991). Porém, poucos trabalhos têm avaliado seu uso como aditivo para silagem, provavelmente devido às limitações econômicas, ambientais e de segurança. (SCHMIDT, 2009).

O uso de 1% de NaOH por quilo de forragem em silagens de cana-de-açúcar pode não ter efeito sobre os teores de etanol. Entretanto, é possível obter menores perdas totais de MS, reduzir valores de fibra em detergente neutro (FDN) e aumentar a digestibilidade *in vitro* e a recuperação de MS. Quando combinado a 5×10^4 ufc de *L. buchneri* por grama de forragem, há efeito sinérgico. (SIQUEIRA *et al.*, 2007).

Contudo, ainda assim existem poucos estudos sobre NaOH, e os resultados adquiridos não justificam seu uso.



PRECAUÇÃO

Recomenda-se procurar assistência técnica para dimensionar o uso de aditivos na silagem.

1.5.3 Sequestrantes de umidade

Basicamente, sequestrantes de umidade são substratos com baixo teor de umidade. Representam uma excelente ferramenta a ser utilizada em gramíneas pré-secadas ou que dificilmente atingem o percentual de MS ideal, por auxiliarem a fermentação láctica e, em alguns casos, incrementarem o valor nutricional da silagem.

Eles têm sido utilizados em culturas com altos teores de umidade a fim de aumentar a MS e reduzir perdas por efluentes. (KUNG JR; STOKES; LIN, 2003). Os capins tropicais e de clima temperado, que têm como característica alto teor de umidade e baixa concentração de carboidratos solúveis, resultam em silagens propensas às fermentações secundárias, sobretudo por clostrídios. (ARCURI; CARNEIRO; LOPES, 2004).

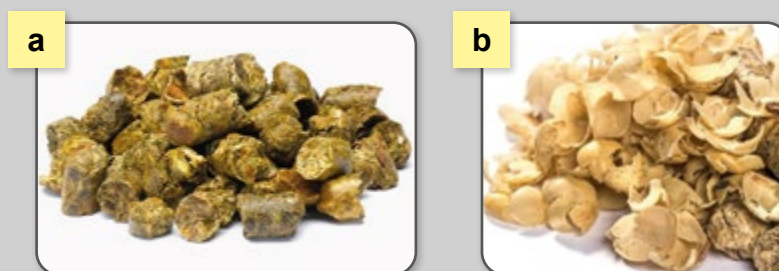


VOCÊ SABIA?

Clostrídios são bactérias encontradas no solo, na água e na flora do trato gastrointestinal do homem e de diversos outros animais, sendo que algumas espécies são patogênicas, ou seja, causadoras de doenças.

A aplicação de sequestrantes de umidade como polpa cítrica; subprodutos da indústria de mandioca, maracujá e biodiesel; resíduos da colheita de soja e algodão; farelos, entre outros, (Figura 26), além de corrigir a MS, pode fornecer carboidratos solúveis e, assim, estimular a fermentação. Contudo, é preciso estar ciente de que essa é uma prática trabalhosa e de difícil execução, visto a dificuldade de homogeneizar o aditivo à forragem, normalmente adicionado em proporções superiores a 10%. (SCHMIDT; SOUZA; BACH, 2014).

Figura 26 – Polpa cítrica peletizada (a) e casquinha de soja (b) usados como sequestrantes de umidade em silagem.



Fonte – Zopollatto, 2020.

1.5.4 Cuidados na aplicação de aditivos

Tão importante quanto a escolha do aditivo é sua correta aplicação durante o processo, que quando negligenciada pode levar a resultado algum. Schmidt, Souza e Bach (2014) recomendam práticas importantes para a aplicação de aditivos, dentre elas:

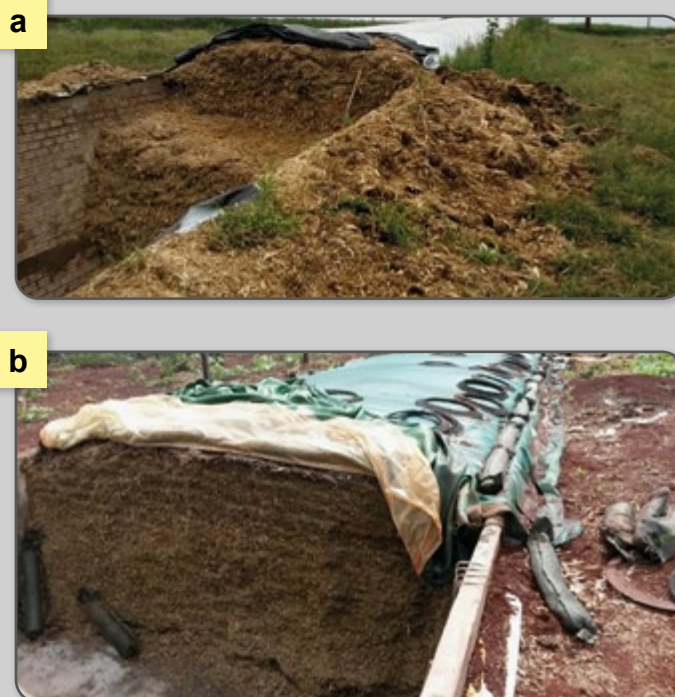
- Para a diluição, usar água limpa e sem cloro;
- Não misturar aditivos em recipientes sujos, com restos de combustível, produtos químicos, gordurosos etc.;
- Homogeneizar bem o aditivo e aplicá-lo uniformemente sobre toda a forragem, pois ele age na superfície com a qual está em contato e sua difusão no silo é pequena;
- Inoculantes microbianos são bactérias vivas liofilizadas. Para que sejam efetivas, devem ser armazenadas e manejadas com cuidado, ao abrigo de luz solar direta ou de altas temperaturas. Após aberto, o aditivo deve ser usado imediatamente ou cuidadosamente armazenado em geladeira, respeitando-se os prazos de validade do fabricante.

1.6 MANEJO DO SILO PÓS-ABERTURA

1.6.1 Retirada de material

O manejo do silo pode aumentar as perdas em virtude da aeração da silagem. Por isso, o método mais efetivo de remoção e fornecimento imediato da silagem aos animais é por meio da retirada de camadas paralelas de toda superfície (Figura 27 - B), em espessura de 15 a 30 cm por dia (Quadro 3), o que implica menor área da silagem exposta ao ar e, conseqüentemente, menores perdas de MS. (PITT; MUCK, 1993).

Figura 27 – (a) Manejo inadequado de retirada, com degraus; (b) retirada adequada, fatia uniforme.



Fonte – Zopollatto, 2020.

Quadro 3 – Perdas de MS de silagens de acordo com a camada retirada.

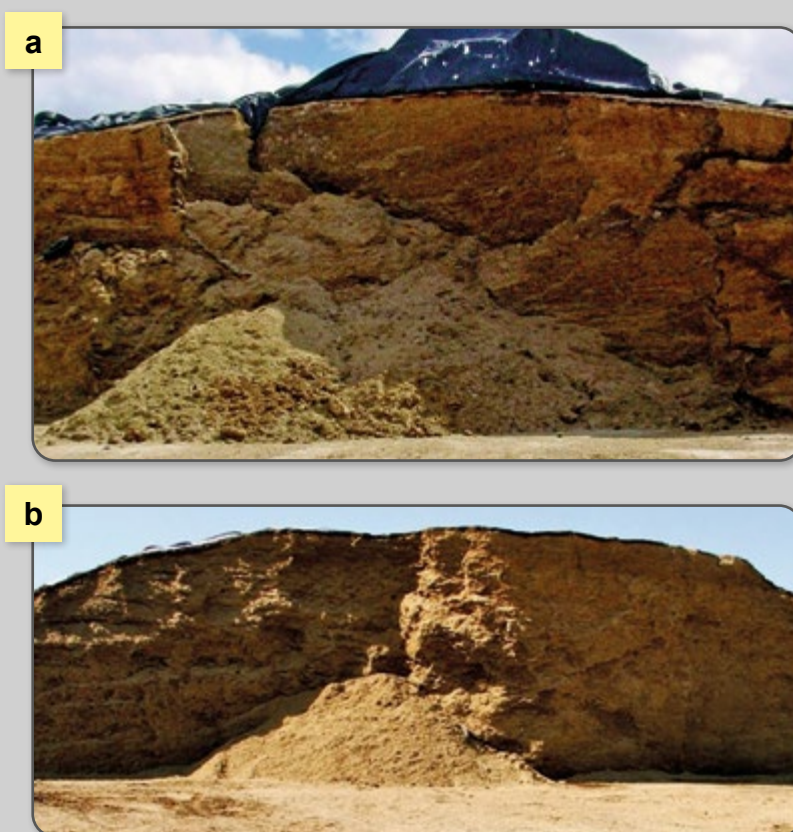
Retirada (cm)	Perda de MS (%)
2	17
5	10
10	5
15	3

Fonte – Pitt; Muck, 1993.

Quando exposta ao ar, a silagem apresenta resistência à degradação de 24 a 48 horas. Após esse período, o crescimento de microrganismos deterioradores é intenso. Então, quanto menor for o tempo de exposição ao ar, menores serão as perdas. Em silagens bem-feitas, o ar penetra de 15 a 20 cm por dia, enquanto em silos mal compactados o ar penetra até seis metros. (HONIGH *et al.*, 1999). Por isso, a importância da retirada da camada diária, para que o material não fique tempo demais em contato com o oxigênio e vulnerável à perda de qualidade. Se a camada de retirada for pequena, é preferível que sejam confeccionados silos mais estreitos e compridos, pois dessa forma a face da silagem exposta será menor. (BACH; SCHMIDT, 2013).

A retirada do material deve ser feita por métodos manuais ou mecânicos, mas de forma a não danificar as camadas remanescentes no silo. Para isso, é preciso efetivar a retirada sempre em camadas, iniciando pela parte alta do silo para evitar desmoronamentos (Figura 28), que são altamente prováveis quando se utilizam pás carregadeiras frontais que, por isso, devem ser evitadas. (SILVA; OLIVEIRA, 2001).

Figura 28 – Silo trincheira (a) e (b) silo superfície com desmoronamento.



Fonte – Bolsen, 2018.

A entrada do silo deve estar sempre limpa e desobstruída. O material que estiver no chão deve ser constantemente retirado e levado, de preferência, a uma esterqueira

para completar sua fermentação aeróbica e poder ser utilizado como adubo orgânico. (SILVA; OLIVEIRA, 2001). Contaminações com terra, barro e materiais que afetam a fermentação resultam em silagens menos estáveis que, como já comentado, promovem aumento da temperatura, do pH e, conseqüentemente, maiores perdas de MS. (HENDERSON; EWART; ROBERTSON, 1979).

A menor exposição da forragem ao ar após o corte reduzirá os efeitos negativos na fermentação e na qualidade dela. O corte deve ser feito de tal forma que a superfície permaneça firme, o que dificulta a penetração de ar (Tabela 7). O tamanho de partícula também influencia essa fase, pois silagens feitas com o tamanho de partícula recomendado para uma boa compactação permitem cortes mais uniformes. (FERREIRA, 2001).

Tabela 7 – Perdas de matéria seca e superfícies de silos em descarregamento.

Tipo de superfície de remoção	Suscetibilidade da silagem à deterioração	Perdas de matéria seca (%) por dias de exposição ao ar			
		1	2	3	4
Firme, compactada	Baixa	0,1	0,4	0,7	1,3
	Alta	0,3	1,5	3,5	6,0
Solta	Baixa	0,2	0,7	1,5	2,5
	Alta	0,7	3,0	6,9	11,2
Completamente solta	Baixa	0,5	1,5	2,5	3,5
	Alta	2,0	7,0	12,0	15,0

Fonte – Faria; Corsi, 1995.

Para diminuir a quantidade de perdas após a abertura do silo, Silva e Oliveira (2001) recomendam os seguintes cuidados:

- Se o alimento for fornecido três vezes ao dia, a silagem também deve ser retirada três vezes ao dia, imediatamente antes da mistura da dieta e de seu fornecimento. A retirada em uma única vez para se fornecer no decorrer do dia resultará em silagem de menor consumo pelos animais e de baixo valor nutritivo, pois sua deterioração será muito mais rápida do que se estivesse dentro do silo.
- Calcular previamente a quantidade de silagem a ser fornecida. Os excessos não devem ser aproveitados no dia seguinte, pois já estarão deteriorados.
- Retirar a silagem em fatias de modo uniforme ao longo de toda a ‘face exposta’ do silo.

- Calcular previamente a espessura da fatia. Para isso, é necessário conhecer a seção do silo, que varia de acordo com cada tipo.

Exemplo: suponha que se deseja fornecer 2 100 kg de silagem por dia (1 050 pela manhã e 1 050 à tarde). A silagem está em um silo trincheira (4 m de base menor, 5 m de base maior e 2,2 m de altura) e sua densidade é de 560 kg/m³.

O volume de silagem a ser retirado de cada vez é 1,85 m³ (= 1 050 kg ÷ 560 kg/m³). Assim, a espessura da fatia de silagem a ser retirada deverá ser de 0,19 m (ou 19 cm) pela manhã e mais 0,19 m à tarde, pois:

$$\text{Área do silo} = \left[\left(\frac{B + b}{2} \right) \times A \right]$$

$$\left[\left(\frac{5 \text{ m} + 4 \text{ m}}{2} \right) \right] \times 2,2 \text{ m} = 9,9 \text{ m}^2$$

Volume de silagem/área do painel = fatia a ser retirada

$$\frac{1,85 \text{ m}^3}{9,9 \text{ m}^2} = 0,187 \text{ m}$$



EXERCÍCIO

Calcule a fatia de silagem a ser retirada de um silo superfície de 6 m de base maior, 3 m de base menor, 1,5 m de altura e densidade de 500 kg/m³, levando em consideração a alimentação de 50 vacas leiteiras, com consumo diário de 30 kg de silagem, em dois tratos.

Após a retirada, é comum proteger a silagem da radiação solar e da chuva com a mesma lona que cobre o silo. No entanto, esse tipo de proteção não é aconselhável porque favorece um ambiente de calor e umidade, propício para o crescimento de fungos e leveduras. (SILVA; OLIVEIRA, 2001).

1.7 AVALIAÇÃO DE SILAGENS

O sucesso na produção e utilização da silagem está relacionado à produção por área, à eficiência no processo de ensilagem e no manejo da silagem para alimentação dos animais. (FERREIRA, 2001).

Alguns fatores que comprometem a eficiência do processo são os seguintes: ocorrência de perdas ou desperdícios no processo; planejamento inadequado do número e da habilidade das pessoas que irão executar as tarefas; equipamentos sem a devida revisão e mau uso dos mesmos; gasto de tempo excessivo em operações de engate e desengate; más condições das vias que ligam o campo ao silo; dispersão dos campos; distância do campo ao silo. (MONTEIRO; YAMAGUCHI, 2001). Todos esses fatores, aliados ao carregamento lento, à colocação de camadas diárias finas, à pouca compactação e ao atraso e à ineficiente vedação, colaboram para aerar a massa e promover perdas. (FARIA; CORSI, 1995).

Os fatores que influenciam o processo de ensilagem podem ser divididos em biológicos e tecnológicos (Tabela 8) e, na maioria dos casos, estes se encontram inter-relacionados, dificultando a discussão sobre sua importância individual. (BOLSEN, 1995).

Tabela 8 – Fatores que influenciam o processo de ensilagem e a qualidade da silagem.

Biológicos (genótipo e ecológico)		Tecnológicos (manejo e técnicas)	
Características da cultura	Microflora epifítica	Melhoramento da qualidade	Condições de armazenamento
Híbrido ou cultivar	Substrato	Emurhecimento	Construção do silo
Teor de matéria seca	Clima	Aditivos	Taxa de enchimento, compactação e densidade
Teor de carboidratos solúveis	Solo	Tratamento mecânico	Método de fechamento
Capacidade tamponante	Aditivos		Entrada de oxigênio
Estrutura da planta			Temperatura e insolação
Estádio de maturidade			Tratamento mecânico
Tempo			
Tempo efetivo de colheita			
Aditivos			

Fonte – Pereira *et al.*, 2014.

Não existe critério único para classificar uma silagem como boa ou ruim, porém se conhece uma série de fatores comumente associados à qualidade. (NOLLER; THOMAS, 1985). A classificação subjetiva de silagens é difícil, todavia, informações úteis podem ser obtidas pela observação cuidadosa da cor, do odor e da textura da silagem e da combinação destes com informações sobre a natureza da cultura ensilada. (PEREIRA *et al.*, 2014).

1.7.1 Aspectos relacionados ao processo

A obtenção de silagens de alta qualidade é dependente de fatores como colheita de plantas com maturidade adequada, velocidade de colheita, picagem, compactação, vedação do silo e manejo de retirada da silagem. Logo, silagens com alto valor nutritivo e livres de patógenos apenas são possíveis se todos esses pontos forem executados com sucesso. (DANIEL; JUNGES; NUSSIO, 2014).

As perdas durante o processo de ensilagem ocorrem principalmente nas formas de efluentes, gases, respiração e fermentações indesejáveis. Essas perdas estão diretamente relacionadas ao tipo de silo e, principalmente, às práticas de ensilagem. (SILVA; OLIVEIRA, 2001).

Na Tabela 9 está apresentada a expectativa de diferentes perdas decorrentes de forragem com diferentes teores de MS.

Tabela 9 – Perdas percentuais esperadas de matéria de silagem de milho com diferentes teores de MS.

Matéria seca (%)	Perda de matéria seca (%)		
	Colheita	Ensilagem	Total
≤ 30	4,0	13,4	17,4
31 a 40	5,0	6,3	11,3
> 40	16,2	6,3*	22,5*

*Valores estimados

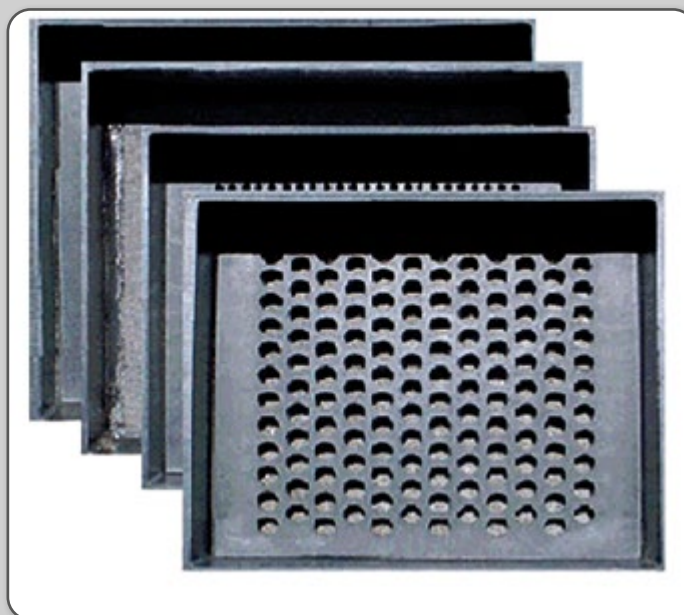
Fonte – Dum *et al.*, 1977.

Se a duração da ensilagem é longa, a redução do pH é lenta, aumentando a produção de ácido acético, em detrimento da produção de ácido láctico. Considerando o conteúdo energético dos carboidratos solúveis, a perda é maior para o ácido acético (38%) do que para o ácido láctico (3,5%). Por isso, rapidez no enchimento do silo e eficiente compactação são essenciais. Outra fonte de perda significativa em condições de redução lenta do pH são as fermentações secundárias indesejáveis, que resultam em perda de energia e redução do valor nutritivo da silagem. (FERREIRA, 2001).

Para uma silagem estável, o pH deve estar entre 4,0 a 4,5; um pouco maior para silagens de leguminosas e silagens emurchecidas e menor para silagens de milho, sorgo e outros cereais. (MAHANNA, 1994).

Outro parâmetro para avaliação do processo é o tamanho de partícula da silagem, que pode ser verificado pelo uso das peneiras Penn State (Figura 29). O conjunto é composto por peneiras de 19 mm, 8 mm, 4 mm e uma peneira de fundo, e utiliza-se cerca de 500 g de amostra. Um dos cuidados que devem ser tomados na execução da técnica é deslizar o equipamento em uma superfície lisa por cinco vezes em uma direção e depois ir girando. A execução completa consiste em 40 ciclos, ou seja, cinco vezes cada lado em dois giros completos. A Tabela 10 apresenta as porcentagens de silagem de milho recomendadas para cada peneira.

Figura 29 – Peneira para determinação do tamanho de partículas.



Fonte – Heinrichs; Jones, 2016.

Tabela 10 – Valores recomendados de distribuição das partículas para silagem de milho e pré-secado.

Peneira	Tamanho do orifício (mm)	Tamanho da partícula	Silagem de milho (%)	Pré-secado (%)
Superior	19	> 19	3-8	10-20
Intermediária	8	8-19	45-65	45-75
Inferior	4	4-8	20-30	30-40
Fundo	–	< 4	< 10	< 10

Fonte – Heinrichs; Jones, 2016.

1.7.2 Presença de microrganismos indesejáveis

A deterioração aeróbica é comumente indicada por aparecimento de colônias brancas ou multicoloridas de organismos (Figura 30), aquecimento para temperaturas acima de 38 °C e pH acima de 5. (PEREIRA *et al.*, 2014).

Figura 30 – Presença de fungos em silagem de milho.

Fonte – Zopollatto, 2020.

Ao retirar a cobertura que protege o silo, deve-se observar o aspecto da silagem e a possível ocorrência de porções com mofo ou fungos. A parte superior, próxima à entrada, e as laterais são as mais propensas a apresentar tais contaminações por estarem próximas a fontes de água e oxigênio (Figura 31). Toda porção nessas condições deve ser descartada. (SILVA; OLIVEIRA, 2001).

Figura 31 – Silagem com a superfície totalmente deteriorada.



Fonte – Zopollatto, 2020.

1.7.3 Cor

Embora não indiquem o valor nutritivo, a aparência e o odor da silagem sinalizam os tipos de fermentação que ocorreram, possibilitando concluir se o material foi bem ou mal conservado. (SILVA; OLIVEIRA, 2001).

A silagem ideal deve ser verde-clara, amarelada, amarelo-pálido ou levemente amarronzada (Figura 32). Aquelas muito escuras são produto de alta umidade e/ou altas temperaturas (decorrentes de respiração celular intensa, devido à disponibilidade de oxigênio), e as pretas são definitivamente estragadas. (SILVA; OLIVEIRA, 2001).

Figura 32 – Silagem de milho (a) amarelada e silagem de gramínea de clima temperado (b) levemente amarronzada.



Fonte – Zopollatto, 2020.

1.7.4 Odor

Nas boas silagens, o ácido láctico é o que aparece em maior proporção (> 65% dos ácidos orgânicos totais). Ele é praticamente inodoro, fazendo com que a silagem, quando bem feita, tenha pouco cheiro. O odor de vinagre que se observa é devido à presença de ácido acético, que não deve estar em altas concentrações, visto que sua presença está inversamente relacionada à velocidade de queda do pH. (SILVA; OLIVEIRA, 2001). Porém, ainda assim deve ocorrer, pois como comentado anteriormente, esse ácido tem ação antifúngica, o que proporciona maior estabilidade aeróbica às silagens.

Na Tabela 11 estão demonstrados os valores de referência dos principais ácidos orgânicos encontrados em silagens.

Tabela 11 – Concentrações comuns de ácidos orgânicos de silagens de milho (35-40% de MS), leguminosas (30-40% de MS) e capins (30-35% de MS).

Ácido Orgânico	% na matéria seca		
	Milho	Leguminosas	Capins
Ácido láctico	7-9	7-8	6-10
Ácido acético	0,5-0,8	2-3	1-3
Ácido propiônico	< 0,1	< 0,5	< 0,1
Ácido butírico	0,3	< 0,5	0,5-1,0

Fonte – Adaptado de Santos *et al.*, 2010

Quanto mais intenso for o cheiro, mais tempo demora para baixar o pH da silagem, o que pode ser decorrente da baixa disponibilidade de substratos. No caso de plantas com altos teores de carboidratos solúveis, como o milho e o sorgo, pode-se concluir que houve intensa respiração celular (o silo demorou para ser fechado ou a massa ficou muito aerada devido à pouca compactação). (SILVA; OLIVEIRA, 2001).

1.7.5 Produção de efluente

Especialmente a silagem de gramíneas e de cana-de-açúcar pode apresentar altas perdas por efluente (Figura 33) caso não se respeite o valor de MS ideal para ensilagem. Isso não só colabora para a deterioração da massa como carrega nutrientes da silagem.

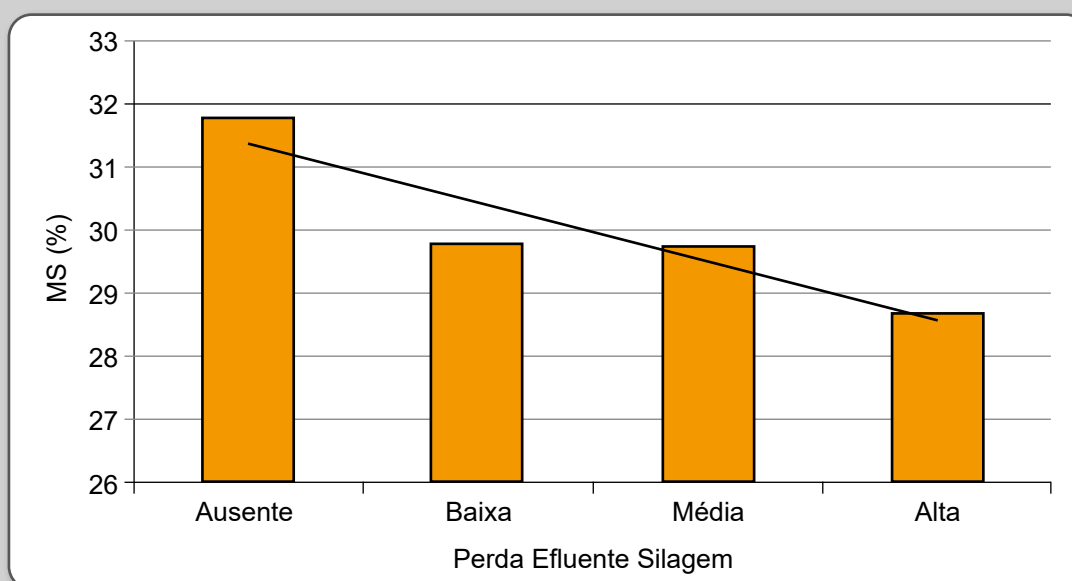
Figura 33 – Efluente (ou chorume) escorrendo de silagem de milho.



Fonte – Zopollatto, 2020.

A produção de efluente ou chorume está relacionada ao rompimento da membrana celular da planta e ao começo da fermentação. O volume de produção é influenciado, principalmente, pelo conteúdo de MS da forragem ensilada (Figura 34), pelo grau de compactação, pelo tipo de silo, pelo tratamento prévio da forragem, pela dinâmica de fermentação e pela fertilização do solo.

Figura 34 – Relação entre porcentagem de matéria seca (MS) e perda por efluente.



Fonte – Carvalho; Jobim, 2013.

Além de representar perdas no processo, esses compostos têm demanda bioquímica de oxigênio superior à do esgoto doméstico, podendo resultar em grave problema ambiental caso atinjam lençóis freáticos e cursos d'água. (LOURES *et al.*, 2003).

A conservação de gramíneas é totalmente possível, porém é necessário que as plantas sejam pré-secadas para que o processo seja eficiente. Vários estudos demonstram os benefícios do emurchecimento à maior recuperação de MS e à redução das perdas por gases (NUSSIO; RIBEIRO, 2008), indicando a importância desse procedimento para a obtenção de gramíneas conservadas de alta qualidade nutricional e higiênica.

1.8 SILAGEM DE MILHO APÓS GEADA

Após a geada, a água migra para o colmo e para o sabugo, fazendo com que apenas as folhas fiquem secas, o que dá a impressão de que a planta já passou do ponto de corte, mas as espigas ainda estão verdes (Figura 35). A recomendação é que seja avaliado o teor de matéria seca total das plantas antes de proceder ao corte e à ensilagem das mesmas, mas isso deve ocorrer no máximo entre cinco a sete dias após a geada, para evitar que a planta seque demais e haja crescimento de fungos nas espigas. Lembrando: uma planta que sofreu geada não irá secar na mesma velocidade que uma planta que não passou por geada (0,5 % MS por dia). Se ainda assim a planta estiver muito úmida, recomenda-se usar aditivos absorventes de umidade, como a polpa cítrica (93% MS) ou a casquinha de soja (91% MS). De maneira geral, são necessários 13,5 kg de MS por tonelada de silagem para elevar o teor de MS em um ponto percentual. (LEE, 2003).

A geada pode reduzir a população de bactérias láticas na planta, dessa forma, o uso de inoculantes microbianos deve ser recomendado para boa fermentação.

Outro ponto relevante é que mesmo respeitando essas regras, o produtor deve estar ciente de que irá ter um material de menor valor nutritivo no silo.

Figura 35 – Lavoura de milho após geada.



Fonte – Poppi; Mari, 2016.

1.9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de silagem é uma prática cada vez mais comum em todo o Brasil, especialmente em propriedades de sistema de criação confinado. É evidente a necessidade de planejamento para manter a produtividade das fazendas em períodos de escassez por meio da silagem, embora esta também possa servir como suplemento e até como dieta total, em alguns casos. Por isso, toda atenção deve ser dada à execução correta de cada etapa, pois delas dependerá a qualidade do produto final que, se mal feito, pode colocar em risco a eficiência do sistema e até mesmo a saúde dos animais. Sobre aditivos em silagens, seu uso não é indicado para substituir erros no processo e deve ser feito com conhecimento.

2 FENAÇÃO

2.1 INTRODUÇÃO

Diferentemente do que ocorre no processo de produção de silagem, em que a presença da umidade é necessária para permitir a preservação dos nutrientes, no feno a conservação ocorre por meio da desidratação. Para alcançar a preservação adequada da forragem na forma de feno, tanto a respiração da planta quanto a degradação das proteínas (por enzimas proteolíticas da própria planta) devem ser cessadas o mais breve possível após a colheita. A fenação envolve mudanças na estrutura física e na composição química da planta pelo processo de remoção de água. Identificar, conhecer e entender essas mudanças é fundamental para trabalhar com as limitações e aplicar as boas práticas de produção, conservação e alimentação de ruminantes, bem como ampliar as discussões e encontrar soluções práticas para evitar a falta de alimentos para os rebanhos nos períodos críticos do ano.

A dinâmica do processo de desidratação da planta está completamente compreendida e os maiores avanços foram feitos nas décadas de 1980 e 1990. (PITT, 1985; ROTZ; ABRAMS, 1988). Nos dias atuais, os trabalhos se concentram no desenvolvimento e na melhoria dos equipamentos usados para produção de feno.

Uma importante vantagem da utilização de feno é a estocagem, próximo ao local dos animais, economizando tempo de utilização da mão de obra nas tarefas de alimentação do rebanho.

2.2 PRODUÇÃO, MANEJO E USO DE FENO

Por definição, feno é a forragem colhida cujos nutrientes são preservados pela ação da desidratação. Diferentes espécies de leguminosas e gramíneas podem ser usadas para fenação, tais como aveia, *tifton*, *coastcross*, grama-estrela, alfafa, entre outras.

Feno é uma importante fonte de energia e proteína para todas as espécies de herbívoros, em particular bovinos, ovinos e equinos. Em função da similaridade de estabelecimento e práticas de manejo para produção economicamente viável para todas as espécies, nesta seção, o assunto será tratado de forma geral. As particularidades serão destacadas no decorrer do texto.

Devido à falta de informações, estimativas de produtividade e a área utilizada para produção de feno no Brasil são desconhecidas. No entanto, no mundo, a forragem mais conhecida e tradicionalmente usada para fenação é a alfafa (Figura

36). O tamanho da área cultivada com alfafa é difícil de ser determinado pela falta de informação dos países produtores. O maior produtor são os Estados Unidos, com 12 milhões de hectares, seguido pela Argentina, com 5,5 milhões de hectares. (BASIGALUP *et al.*, 2007). Nos Estados Unidos, apenas 4% da produção de alfafa é destinada à exportação, mas o mercado vem crescendo, a exemplo da Arábia Saudita, um grande produtor de leite, que desde 2016 vem barrando a produção de feno de alfafa no país para conservação de recursos naturais, o que garantiu um nicho grande de mercado para EUA, Espanha, Argentina, entre outros países.

Figura 36 – A alfafa (*Medicago sativa*) rebrota após o corte.



Fonte – Zopollatto, 2020.

2.2.1 Planejamento para produção de feno

O tamanho da área para produção de feno depende de vários fatores, como

- 1) número e categoria de animais que serão alimentados;
- 2) requerimento nutricional;
- 3) produtividade da forragem cultivada;

- 4) capacidade de estocagem e alimentação;
- 5) limitação de maquinários e mão de obra da propriedade.

Solo, topografia, condições climáticas e o perfil do produtor são variáveis que vão determinar o tipo de forragem a ser cultivada. Porém, os produtores devem entender claramente que o principal objetivo é obter máxima produção de forragem com o menor custo utilizando as práticas corretas. Assim, é responsabilidade do técnico mostrar aos produtores como obter feno de ótima qualidade com elevado teor de proteína e alta digestibilidade. Isso significa que o técnico deve identificar o perfil do produtor para indicar as melhores forragens e técnicas para aquela realidade. Todas essas características devem ser analisadas e interpretadas individualmente para traçar o melhor programa de produção de feno.

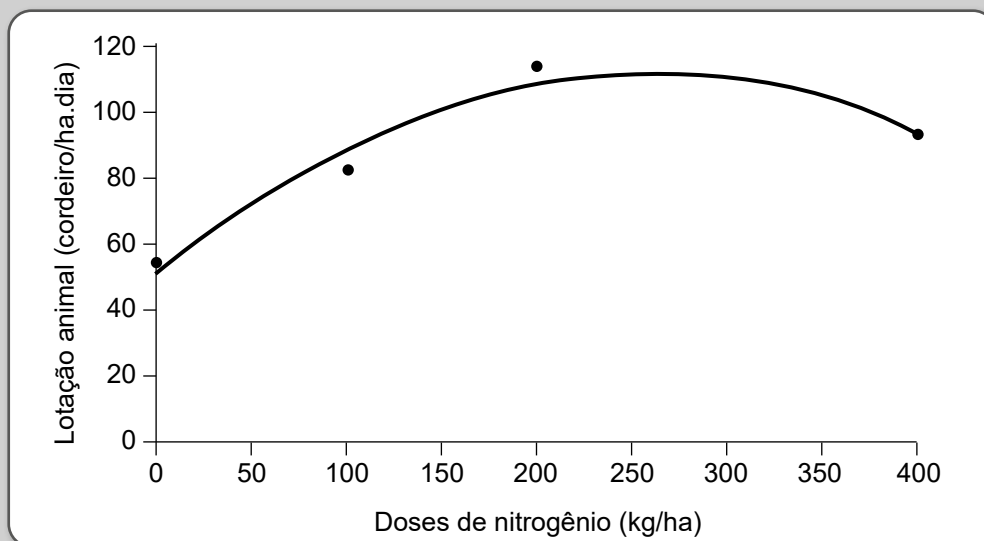
2.2.1.1 Escolha da forragem em função de características do solo

Os solos no Brasil apresentam algumas particularidades que devem ser muito bem trabalhadas para evitar o fracasso no projeto de produção de feno. Atributos do solo como acidez, textura, topografia e profundidade devem ser analisados previamente à escolha da forragem para cultivo. No Brasil, é possível obter ganhos em qualidade do solo e produtividade com a redução da acidez utilizando-se o calcário. Outra fonte importante de perda de nutrientes é a erosão, que pode ser controlada com técnicas apropriadas de utilização da terra.

O passo inicial para o planejamento da produção de feno é a análise da composição química do solo. A correção do pH é o fator mais importante para o estabelecimento de uma nova cultura ou a recuperação de pastagens já existentes. Com a aplicação de cálcio (calcário ou gesso agrícola) é possível criar as condições de solo favoráveis para o aproveitamento de nutrientes pelas plantas. O elemento Ca^+ deve ser considerado tão importante quanto o fósforo, nitrogênio e potássio. O aumento da acidez do solo é causado pela degradação de restos de cultura, pela aplicação de adubo orgânico e pela adubação nitrogenada.

Muito embora existam forragens tolerantes ao pH ácido, a aplicação de corretivos no solo permite obter melhores índices produtivos dessas plantas. Isso ocorre em função do aumento da disponibilidade de nitrogênio, fósforo, potássio e micronutrientes e da redução dos efeitos tóxicos do alumínio. Além disso, as condições de desenvolvimento dos microrganismos do solo são favorecidas, beneficiando as interações bactéria-planta. A Figura 37 mostra o incremento na taxa de lotação da pastagem em função de doses crescentes de adubo nitrogenado, demonstrando a importância de pastos bem adubados (Figura 38).

Figura 37 – Aumento na taxa de lotação na pastagem de tifton 85 em função da dose de N usada.



Fonte – Adaptado de Fagundes *et al.*, 2011.

Figura 38 – Pasto bem adubado (a) e pasto mal adubado (b).



Fonte – Mayo, 2016.

Importante saber que existem diferentes tipos de corretivos de solo e que a escolha deve ser feita com base na análise econômica e no objetivo da aplicação. Devido à baixa mobilidade do calcário no solo, os benefícios nas camadas mais profundas requerem deposição em extratos mais distantes da superfície.

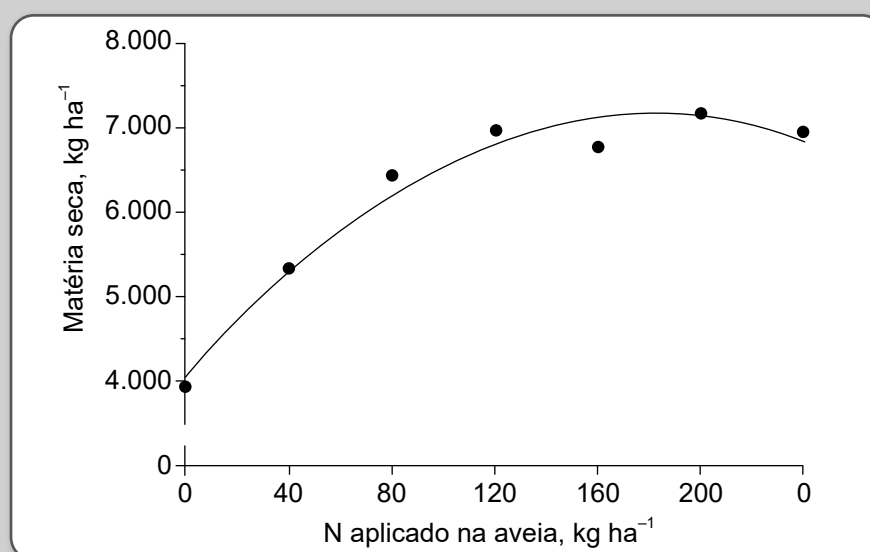
Uma alternativa para essa prática é a utilização de gesso agrícola. Ele serve como fonte de cálcio e enxofre para o solo, que se dissociam formando complexos com o alumínio. É importante ressaltar que o gesso não promove a neutralização da acidez, mas sim a inativação do alumínio, que apresenta efeito tóxico para as raízes das plantas. Devido à sua alta solubilidade, o cálcio é facilmente carregado para porções mais profundas do solo, fazendo com que as raízes aumentem a área de alcance de nutrientes e água. (SANTIAGO; ROSETTO, 2019).

Quando grandes quantidades de corretivos são requeridas, recomenda-se a aplicação parcelada durante os anos. O limite máximo de aplicação de calcário, segundo Werner *et al.* (1996), é de cinco toneladas/ha com incorporação ou três toneladas/ha, se aplicado na superfície. Após a correção, doses mínimas são requeridas para manter o pH do solo nos níveis adequados.

2.2.2 Adubação para produção de feno

A utilização de fertilizantes nas culturas destinadas para produção de feno é o fator-chave para determinar o retorno financeiro. Devido ao elevado preço dos fertilizantes, principalmente os nitrogenados, e à dependência de resposta das pastagens (que envolve o nível de aplicação, condições climáticas, estrutura da pastagem), a utilização e a aplicação devem ser muito bem planejadas. A Figura 39 mostra que apesar do aumento da produtividade em função da dose de N, os acréscimos são decrescentes, ou seja, para cada unidade de N utilizada, o acúmulo de MS produzida vai diminuindo.

Figura 39 – Efeito de doses crescentes de nitrogênio na produção de matéria seca de aveia.



Fonte – Santi *et al.*, 2003.

A adequada aplicação de fertilizante é essencial para o sucesso no programa de elaboração de forragem para produção de feno. A literatura apresenta resultados consolidados sobre a vantagem da aplicação de fósforo durante a formação de novas áreas. Doses menores de nitrogênio e potássio são requeridas, no entanto, esses elementos apresentam efeito prejudicial na ausência de fósforo.

A simples aplicação de fertilizantes no solo não garante elevadas taxas de desenvolvimento das plantas, principalmente em solos de baixa fertilidade. Nessa condição, é importante certificar que logo após a germinação os nutrientes estarão prontamente disponíveis para a planta.

2.2.2.1 Adubação para leguminosas

A formação de áreas para produção de feno de leguminosas (alfafa, trevos, amendoim forrageiro) requer adequado nível de fósforo e potássio no solo para alcançar elevadas taxas de produção, longevidade e estande de plantas.

Para a cultura da alfafa, o monitoramento e a reposição das concentrações de potássio e fósforo garantem a longevidade da cultura. A aplicação pode ocorrer uma vez por ano ou em duas etapas. Para manejos com uma única dose, recomenda-se adubação no outono, logo após o último corte. Em sistemas mais intensivos, que requerem altas doses de adubo, estas devem ser parceladas em duas ou após cada corte. A adubação em duas doses pode ser feita no final do outono e no final do verão. Nos estados do Sul, as doses recomendadas variam entre 50 e 180 kg/ha de P_2O_5 no plantio e 110 kg/ha P_2O_5 anualmente para manutenção. (TEDESCO *et al.*, 2004). Entretanto, as doses de aplicação devem ser baseadas em análises de solo.

Muito embora fósforo e potássio sejam nutrientes importantes para implementação, manutenção e alta produção para leguminosas, outros macros elementos, tais como cálcio, magnésio e enxofre devem ser monitorados, e seus níveis corrigidos a fim de evitar deficiências.

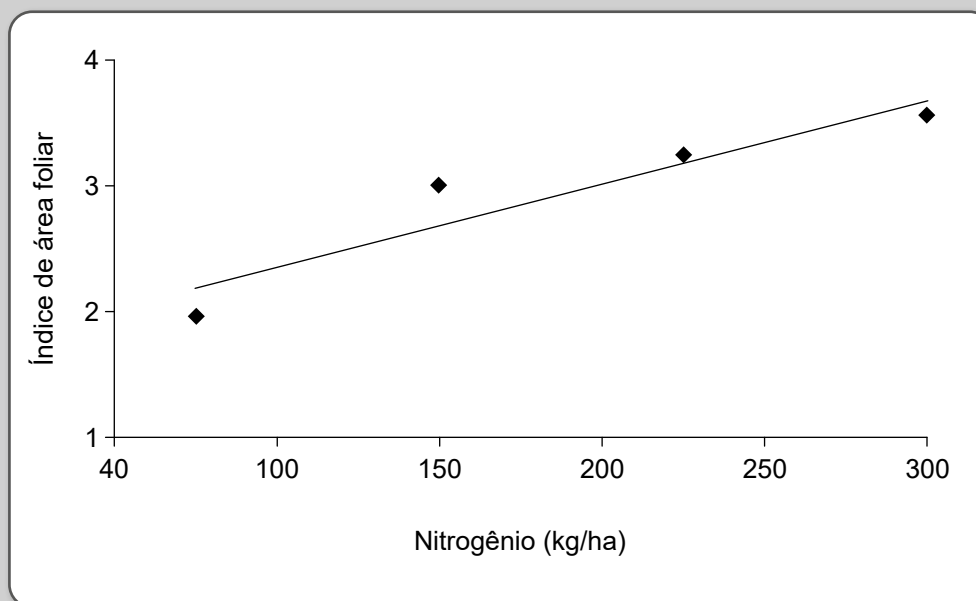
Para forragens mais exigentes, como a alfafa, os micronutrientes boro, ferro, manganês, cobre, molibdênio e zinco devem ser mantidos em níveis adequados. Cálcio e magnésio são facilmente aplicados com adequadas doses de calcário. Boro deve ser aplicado uma vez ao ano e deficiências de molibdênio são comuns em solos ácidos e ou arenosos. (BAYLOR, 1980).

2.2.2.2 Adubação para gramíneas

Os capins tropicais, de maneira geral, precisam de três principais nutrientes (nitrogênio, fósforo e potássio), mas o elemento fundamental para altos índices de

produção é o nitrogênio. A Figura 40 apresenta o efeito de doses crescentes de nitrogênio sobre o índice de área foliar (IAF) em *Brachiaria decumbens*. O aumento no IAF reflete a maior taxa de crescimento da planta, bem como maior capacidade fotossintética promovida pelo nitrogênio.

Figura 40 – Doses crescentes de nutriente e aumento do Índice de Área Foliar de *Brachiaria decumbens*.



Fonte – Adaptado de Fagundes *et al.*, 2006.

Doses adequadas de nitrogênio são importantes para a elevada produção de massa verde por unidade de área. Além disso, acréscimos no valor nutritivo do feno são observados quando a adubação com nitrogênio é adotada, principalmente na fração proteica. (FAGUNDES *et al.*, 2006). Esse incremento na produção de massa é reflexo do aumento da taxa de crescimento da planta, principalmente vigor de rebrota. Cultivares do gênero *Cynodon* adubados com doses de 400 kg/ha apresentaram aumentos de 173% na produção de MS, 58,5% para vigor de rebrota e 20,9% na relação folha-colmo. (GOMES *et al.*, 1997).

A recomendação para aplicação de nitrogênio nas áreas cultivadas para produção de feno é após cada corte, e as doses podem variar em função de espécie da planta, tipo de solo, temperatura e quantidade de chuvas. Em áreas recém-formadas, uma pequena dose pode ser feita no plantio e uma dose de cobertura entre 25 a 35 dias após a semeadura. Em áreas exclusivas com gramíneas tropicais, nos estados do Paraná, de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul, não é recomendada adubação em épocas frias do ano. Se a adubação for realizada nessas condições, as plantas daninhas serão beneficiadas e irão competir com a forragem cultivada. (MOREIRA *et al.*, 2007).

Devido aos solos brasileiros apresentarem baixos níveis de fósforo, as análises químicas devem ser feitas regularmente para monitoramento das concentrações desse nutriente. Outro elemento importante para manutenção de altos índices produtivos é o potássio. Gramíneas necessitam desse nutriente para converter nitrogênio em proteína, logo, se houver deficiência de potássio, o nitrogênio aplicado não poderá ser metabolizado pela planta. Além da baixa eficiência de utilização do N, outro problema grave pode ocorrer quando há deficiência de potássio. Muito embora a planta não consiga metabolizar o N, ela absorve esse nutriente e o acumula em seus tecidos na forma de nitrato. Quando os animais ingerem essas plantas com altas doses de nitrato podem ocorrer intoxicações graves.

2.2.2.3 Adubação orgânica

O uso de dejetos animais como adubação em áreas de produção de feno apresenta bons índices produtivos e ajuda a reduzir os custos de produção. Assim, se houver disponibilidade desse material próximo à propriedade ele é uma boa opção. Esse tipo de adubo apresenta os três principais nutrientes requeridos pelas plantas (nitrogênio, fósforo e potássio) e, dependendo da fonte, concentrações elevadas de cálcio, boro, magnésio, enxofre, cobre e zinco.

Em áreas com cultivo exclusivo de leguminosas e com bom estande de plantas, a aplicação não é recomendada. O principal problema na utilização de dejetos é a variabilidade na composição e o controle das doses individuais dos nutrientes. Além disso, sua aplicação deve ser direcionada para o solo. (MIKKELSEN, 2016).

2.2.3 Escolha da espécie forrageira

A escolha da espécie forrageira para produção de feno não é uma decisão simples e deve levar em conta os fatores individuais de cada propriedade. Entre as variáveis relacionadas com a seleção da forragem destacam-se resistência a doenças, tolerância ao ataque de insetos, implementação e adaptação às condições climáticas. Evangelista e Lima (2013), destacam ainda que a forragem deve apresentar elevada produção de massa/ha, boa capacidade de rebrota e hábito de crescimento que facilite o corte pelas segadeiras. Os fatores que envolvem o solo e podem limitar a utilização de algumas espécies de plantas são textura, profundidade, fertilidade e topografia. É responsabilidade do técnico orientar o produtor sobre qual é a variedade mais indicada para cada fazenda.

Quadro 4 – Composição bromatológica da base na matéria seca de fenos de diferentes espécies forrageiras.

Feno	Variáveis bromatológicas (% da MS)						Coeficiente de digestibilidade (%)		
	MS	MM	PB	FDN	FDA	CA	MS	MO	PB
Alfafa	91,0	10,9	17,7	56,0	34,6	1,39	70,3	72,2	74,8
Estilosante Campo Grande	89,9	8,0	12,2	65,8	44,3	1,46	69,1	72,0	74,0
Estilosante Mineirão	89,5	8,9	11,1	67,6	46,6	1,56	67,0	69,5	69,9
Amendoim forrageiro	88,1	-	14,3	52,5	35,8	-	64,4	-	70,0
<i>Stylosanthes guianensis</i>	91,6	-	9,8	63,7	50,1	-	49,2	-	61,2
Soja perene	90,1	-	12,3	52,0	40,4	-	44,3	-	-
Leucena	92,7	-	16,3	43,3	33,8	-	55,6	-	45,3
Leucena	89,68	-	22,2	57,6	24,05	-	-	-	-
Tifton	91,63	-	11,0	62,3	38,82	-	-	-	-
Tifton 85	82,85	6,1	14,8	76,9	55,83	-	-	-	-
Cunhã	91,9	-	13,62	62,1	37,81	-	-	-	-
Coastcross	88,96	-	11,45	-	-	-	-	-	-
<i>Andropogon gayanus</i>	-	-	6,6	-	-	0,09	64,6	-	-
<i>Brachiaria brizantha</i>	-	-	7,6	-	-	0,07	60,4	-	-
Milheto	90,6	10,5	10,6	66,5	46,1	0,37	-	-	-
Capim-elefante Cameroon	90,6	11,0	6,7	71,4	49,0	0,29	-	-	-
Sorgo SF-2S	90,3	8,8	5,6	71,3	48,8	0,22	-	-	-
Coastcross	-	-	-	-	-	-	-	61,9	70,2

MS: matéria seca; MM: matéria mineral; PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; Ca: cálcio; MS: matéria seca; MO: matéria orgânica; PB: proteína bruta..

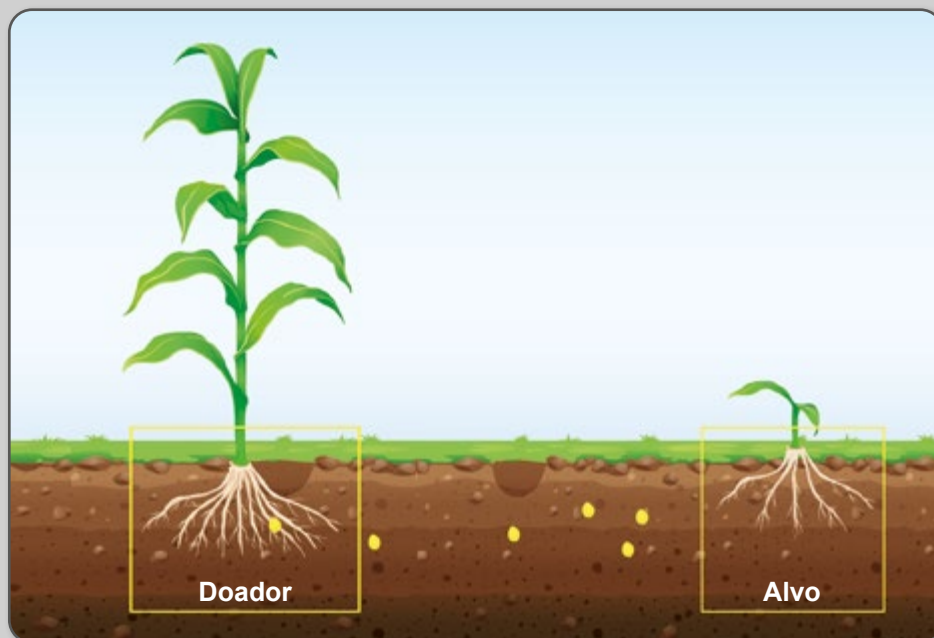
Fonte – Adaptado de Evangelista; Lima, 2013.

2.2.3.1 Forragens consorciadas *versus* monocultura de forragens

Pastagens solteiras (leguminosas ou gramíneas) são as melhores escolhas para diversos sistemas de produção. Apesar da consorciação apresentar vantagens para o conjunto solo-planta-animal, as práticas de manejo se tornam complexas. A primeira questão é encontrar duas espécies que se desenvolvam com o mesmo vigor; a segunda, que apresentem taxas de desidratação semelhantes após o corte; por fim, que não apresentem características competitivas por meio da produção de substâncias que prejudiquem o crescimento da planta consorciada. (BAYLOR, 1980). Essa característica, chamada de alelopatia, está presente em algumas espécies de plantas que, como forma de defesa, são capazes de inibir o desenvolvimento de outras

plantas (Figura 41). Como exemplo, pode-se citar o nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.), que pode afetar o crescimento do milho (SHENEIDER; CRUZ-SILVA, 2012)

Figura 41 – Alelopatia que uma planta (denominada de doadora) exerce sobre a planta-alvo, reduzindo ou impedindo seu crescimento.



Fonte – Adaptado de Hofman, 2015.

2.2.3.2 Estabelecimento da cultura

Elevada produtividade associada com alta qualidade do feno só é possível com um bom estande inicial de plantas. O risco de falhar no estabelecimento de áreas é inversamente proporcional ao tamanho da semente, ou seja, quanto menor a semente, maior é o risco. A formação dessas áreas depende de muitos fatores, incluindo: escolha certa da forragem, fertilidade e preparo do solo adequados, qualidade das sementes, plantio correto, disponibilidade de água, baixa competição na fase inicial de desenvolvimento e controle de ervas daninhas e pragas.

Uma boa taxa de germinação depende de níveis adequados de umidade, oxigênio e temperatura. Além disso, a intensidade e duração da luz solar têm grande influência nos estágios iniciais de desenvolvimento das plantas. A redução da intensidade luminosa, seja pela presença de nuvens, seja pela competição com outras plantas, pode ser uma importante causa de falha no estabelecimento da cultura.

O sombreamento tem efeito direto no crescimento da parte aérea e raízes das plantas, sendo esta última mais afetada. Leguminosas são, geralmente, menos tolerantes ao sombreamento do que gramíneas, sendo que algumas leguminosas toleram melhor a falta de luz do que outras, como o trevo vermelho, que suporta melhor a sombra do que a alfafa.

É importante tentar isolar todas as variáveis que podem limitar o desenvolvimento inicial da pastagem para produção de feno, mas é impossível controlar todas essas interações na fase de estabelecimento da cultura.

2.2.3.3 Semeadura

Um bom começo para o estabelecimento da cultura é a compra de sementes de qualidade e certificadas. Uma característica das plantas forrageiras é o pequeno tamanho das sementes, que devem ser depositadas na superfície e com um bom contato com o solo.

A taxa de semeadura (população inicial) está relacionada com muitos fatores, que vão desde o valor cultural, passando por tamanho das sementes, capacidade de estabelecimento, umidade do solo, até a competição com invasoras.

2.3 MANEJO DE ÁREAS ESTABELECIDAS PARA PRODUÇÃO DE FENO

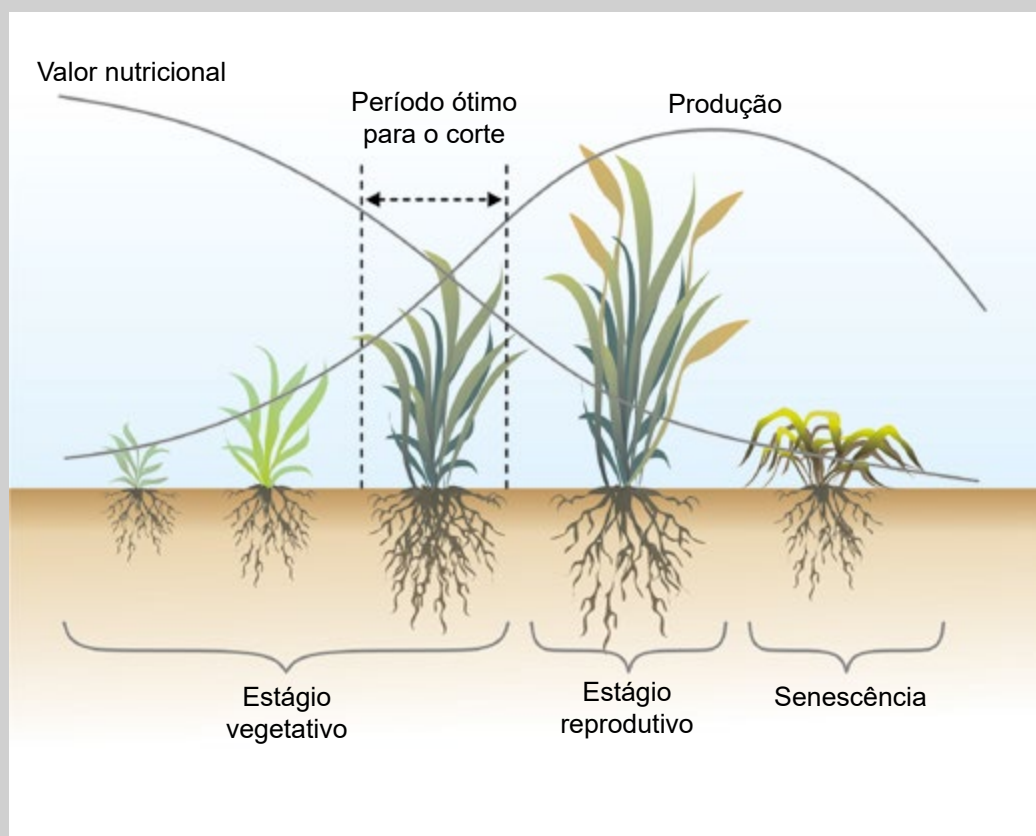
Persistência da pastagem, produtividade e qualidade são os maiores desafios para o desenvolvimento dos programas de produção de feno. A persistência e a produtividade são as principais preocupações dos técnicos e muitos fatores são importantes para manejar forragens perenes. Tanto leguminosas quanto gramíneas requerem conhecimentos específicos para manter sua longevidade, produtividade e qualidade. As informações incluem fisiologia e metabolismo das plantas, translocação de reservas, índice de área foliar, tolerância ao frio, calor e resistência à seca. Conhecer esses fatores é essencial para desenvolver estratégias que podem melhorar as práticas de manejo das áreas de produção de feno.

2.4 CORTE

O momento de corte da planta deve ser caracterizado pelo equilíbrio entre produtividade e qualidade da planta. Colher a planta no estágio vegetativo tem

como desvantagem a menor quantidade de material colhido, além do alto teor de umidade, o que vai requerer maior tempo de secagem. O corte na fase reprodutiva (após florescimento) tem como desvantagem a menor qualidade da planta devido ao aumento no teor de lignina, o que resulta em menor digestibilidade (Figura 42).

Figura 42 – Estágios de crescimento e desenvolvimento de gramíneas e suas relações com o valor nutricional e a produção de matéria seca.



Fonte – Adaptado de Cavalcanti, 2013.

O estágio de desenvolvimento da planta no momento do corte é o principal fator que determina a qualidade do feno. É impossível preservar todos os nutrientes presentes na forragem, uma vez que as perdas já começam a acontecer minutos após o corte. A colheita pode ser realizada por meio da utilização das segadeiras (equipamentos acoplados ao trator que realizam o corte na base da planta). Existem no mercado diversos modelos de máquinas (Figuras 43, 44 e 45) que realizam a colheita sem maceração do material e, conseqüentemente, diminuem as perdas durante o recolhimento do feno.

Figura 43 – Segadeira de arrasto, com visão dos discos de corte.



Fonte – Zopollatto, 2020.

Figura 44 – Segadeira de linha de corte frontal e traseira, com largura de trabalho de 9 metros.



Fonte – Zopollatto, 2011.



Fonte – Adaptado de Fagundes *et al.*, 2006.

Figura 45 – Segadeira de arrasto realizando o corte pela parte frontal e expulsando a forragem colhida para trás.

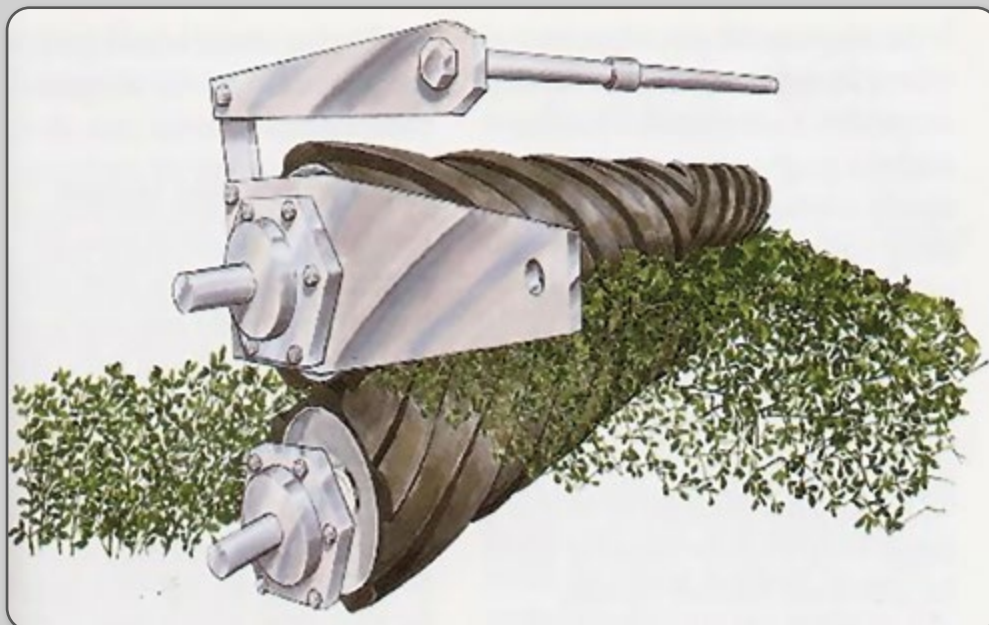


Fonte – ZhakYaroslav, 2020.

O objetivo básico do processo de produção de feno é reduzir rapidamente o conteúdo de umidade da planta, a fim de inibir reações biológicas e químicas e preservar a maior quantidade de nutrientes na forragem. As perdas de nutrientes durante a secagem no campo resultam em importantes mudanças na quantidade e qualidade da forragem colhida. De maneira didática, as perdas podem ser divididas da seguinte forma:

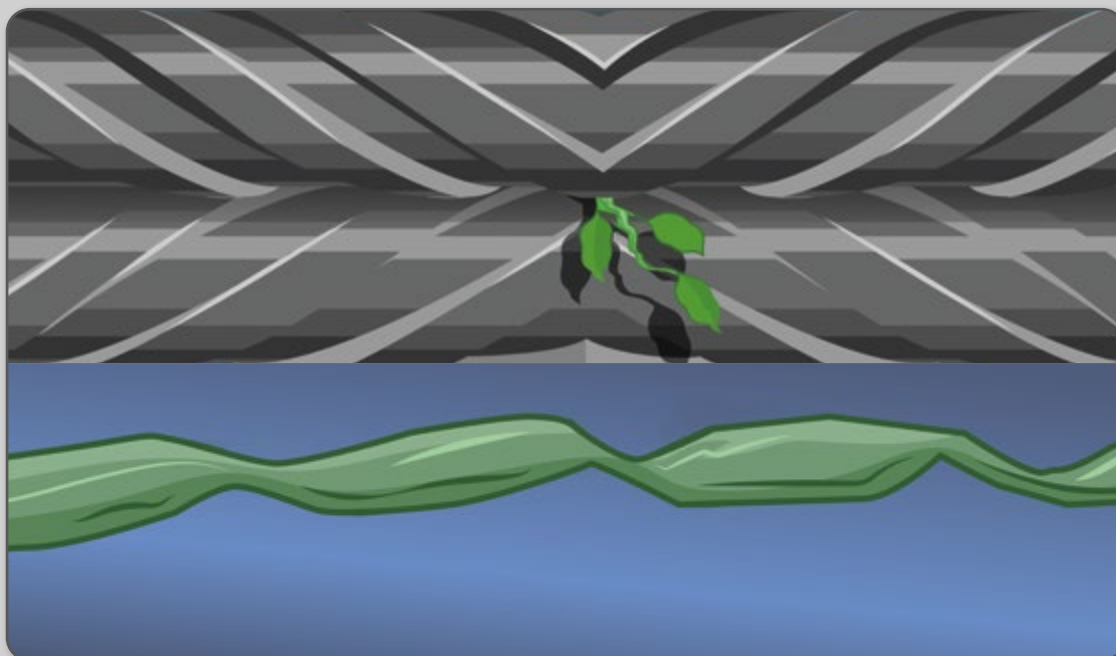
- 1) Respiração celular: após o corte, as células da planta continuam com seu metabolismo ativo, convertendo açúcares em água e dióxido de carbono. Durante essa fase, a respiração é a principal causa de perdas no valor nutritivo, e a intensidade aumenta quanto maior o teor de umidade e a temperatura. Essa condição continua até o material atingir 30 a 35% de umidade. Em condições ideais de desidratação, as perdas via respiração estão entre 2 a 8% da MS e, com um tempo prolongado de secagem, essas perdas podem atingir 15%. As perdas via respiração são difíceis de mensurar, muitas vezes passam despercebidas e, na maioria dos casos, são inevitáveis. De maneira geral, práticas que reduzem o tempo de secagem contribuem para reduzir essas perdas. O corte realizado nas primeiras horas do dia possibilita maiores taxas de desidratação devido ao maior tempo de exposição ao sol e ao vento. A utilização de condicionadores, que causam fissuras nas estruturas cuticulares das plantas, reduz o tempo de secagem e, conseqüentemente, as perdas via respiração (Figuras 46 e 48). Essas fissuras, causadas pelo dano físico nas folhas, são capazes de manter a evaporação da água mesmo após o fechamento dos estômatos e assim reduzir o tempo de secagem (Figura 47).

Figura 46 – Condicionador (rolos de borracha) esmagando a forragem recém-colhida pela segadeira.



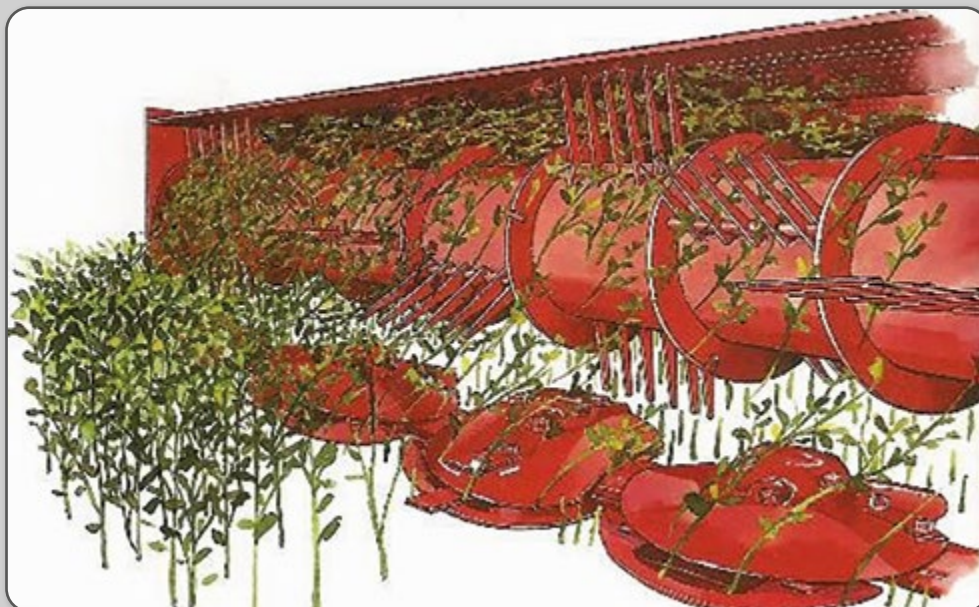
Fonte – Pereira; Bueno; Herling, 2020.

Figura 47 – Simulação do dano causado na estrutura da planta pelos condicionadores.



Fonte – Sincronia Design, 2020.

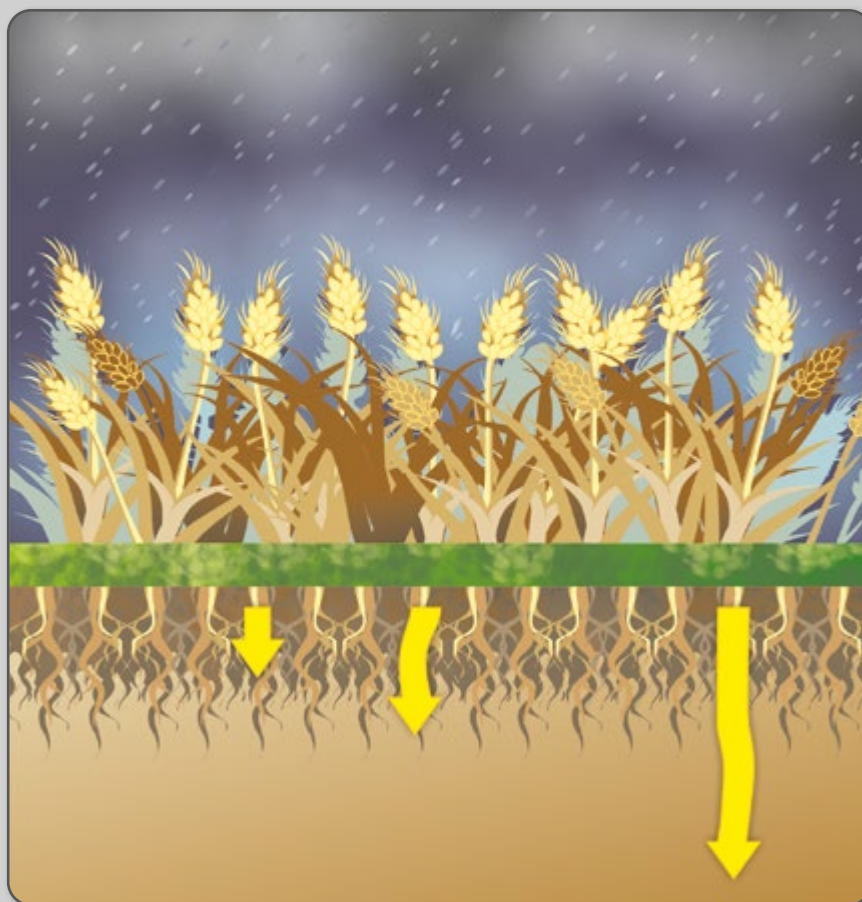
Figura 48 – Segadora condicionadora com martelos. Na base é possível ver os discos de corte, e na parte superior, os martelos.



Fonte – New Holland, 2020.

- 2) Danos causados pela chuva: a incerteza de condições ambientais adequadas é o principal fator que compromete a operação de produção de feno. Normalmente, 30 horas de sol são necessárias para secagem do material no campo. Entretanto, a época de crescimento e corte das gramíneas tropicais coincide com a estação chuvosa na maior parte do Brasil e a probabilidade de haver três dias consecutivos de sol são pequenas. Dessa forma, a chance de o material receber chuva é grande. Os efeitos prejudiciais da chuva no feno podem ser observados durante a colheita, estocagem e alimentação. Isso porque há prolongamento da fase de respiração, perdas de folhas, condições favoráveis para o crescimento de organismos espoliadores (leveduras, fungos filamentosos, bactérias patogênicas) durante a armazenagem. Além disso, importantes porções de nutrientes solúveis em água são perdidas via lixiviação, que é a remoção de substâncias da planta pela água da chuva, as quais são levadas para o solo (Figura 49) tornando o material menos nutritivo.

Figura 49 – Esquema demonstrando as perdas de nutrientes da planta para o solo quando há incidência de chuva sobre o material no campo.



Fonte – Sincronia Design, 2020.

A Tabela 12 mostra a diferença no conteúdo de alguns nutrientes quando houve incidência de chuva sobre o feno de alfafa durante a fase de secagem.

Tabela 12 – Efeito da chuva, durante a desidratação, sobre a qualidade do feno de alfafa.

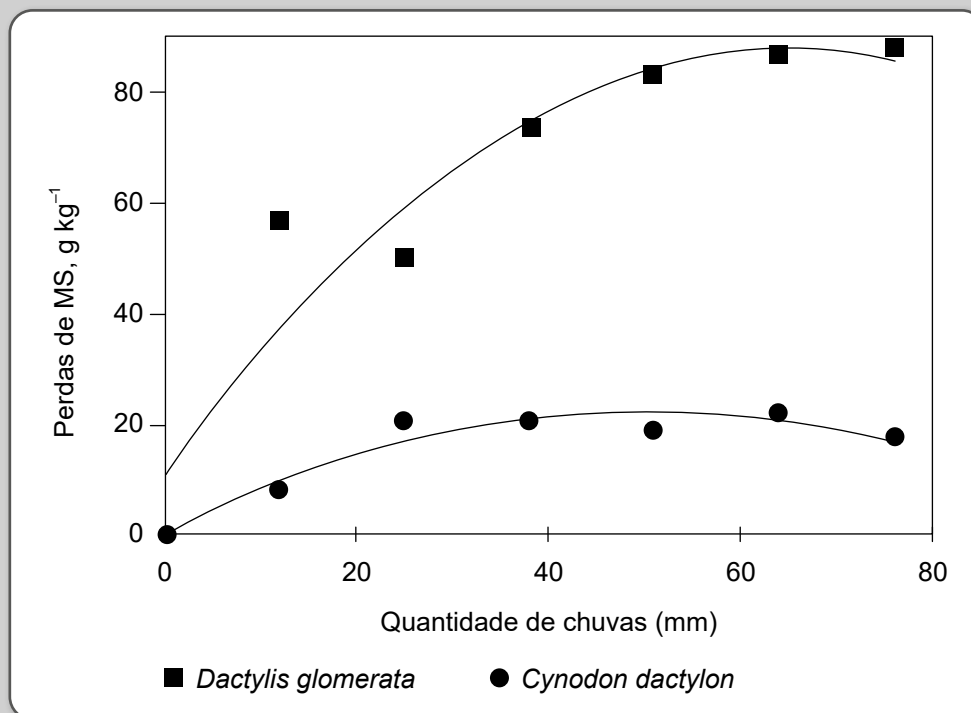
Condição	Variáveis			
	Proteína bruta	DIVMS* (%)	FDN (%)	T/MS/ha
Planta original	23	70	43	5
Feno, sem chuva	20	64	46	4.2
Feno, com chuva	20	57	54	3.7

*Digestibilidade *in vitro* da matéria seca.

Fonte – Adaptado de Collins, 1988.

Podem ocorrer perdas significativas em função da lixiviação de nutrientes, perdas de folhas e prolongamento da fase de respiração celular, como mostra a Figura 50.

Figura 50 – Perdas de MS por lixiviação, folhas e respiração causadas pela chuva durante a secagem de *Dactylis glomerata* (capim-dos-pomares) e *Cynodon dactylon* (grama-bermuda).



Fonte – Adaptado de Scarbrough et al., 2005 .

Evitar os danos causados pela chuva é o principal desafio na produção de feno, porém, o adiamento do corte deve ser analisado com cautela devido às perdas no valor nutritivo da planta, que se torna mais velha.

- 3) Perdas mecânicas: essas perdas ocorrem em cada operação, durante a produção do feno. As perdas mecânicas ocorrem devido ao desprendimento das folhas do caule e aumentam conforme o teor de MS, ou seja, quanto mais seco o material, maiores as perdas. Em função disso, a fase de recolhimento deve receber atenção na tentativa de minimizá-las.

As folhas da alfafa secam de 3 a 5 vezes mais rápido que o caule e, quando o teor de umidade está abaixo de 30%, elas tendem a desprender-se facilmente do caule. Isso é um grande problema, uma vez que 70% do teor de proteína, 90% do caroteno, 50% do peso da planta e 65% da energia digestível estão nas folhas. As maiores perdas ocorrem durante o revolvimento e o enleiramento na fase final de secagem. (KJELGAARD, 1979).

- 4) Perdas durante a estocagem: são resultado da atividade de microrganismos. Durante a estocagem, pequenas quantidades de umidade já são suficientes para permitir o desenvolvimento microbiano. O aumento da temperatura durante o armazenamento do feno, proveniente do metabolismo de bactérias e fungos, resulta em perdas quantitativas e qualitativas. A elevada temperatura promove a formação de complexos entre proteínas e carboidratos, diminuindo o aproveitamento desses nutrientes pelos animais. Além disso, o crescimento de fungos apresenta sérios problemas para a saúde das pessoas que manipulam esse material e para os animais que consomem a forragem.

A Tabela 13 apresenta com clareza os cuidados com as operações na fase final de secagem do feno. O revolvimento deve ser realizado enquanto o material apresentar 50% de umidade, sem que haja perdas significativas de forragem.

Tabela 13 – Perdas na produção de feno de alfafa durante as operações de secagem.

Operação		% de perdas de MS	% de folhas perdidas
Corte	Corte sem condicionamento	1	2
	Corte com condicionamento (martelos)	4	5
Revolvimento	Com 70% de umidade	2	2
	Com 50% de umidade	3	5
	Com 20% de umidade	12	21
Enleiramento	Com 70% de umidade	1	2
	Com 50% de umidade	3	5
	Com 20% de umidade	11	21

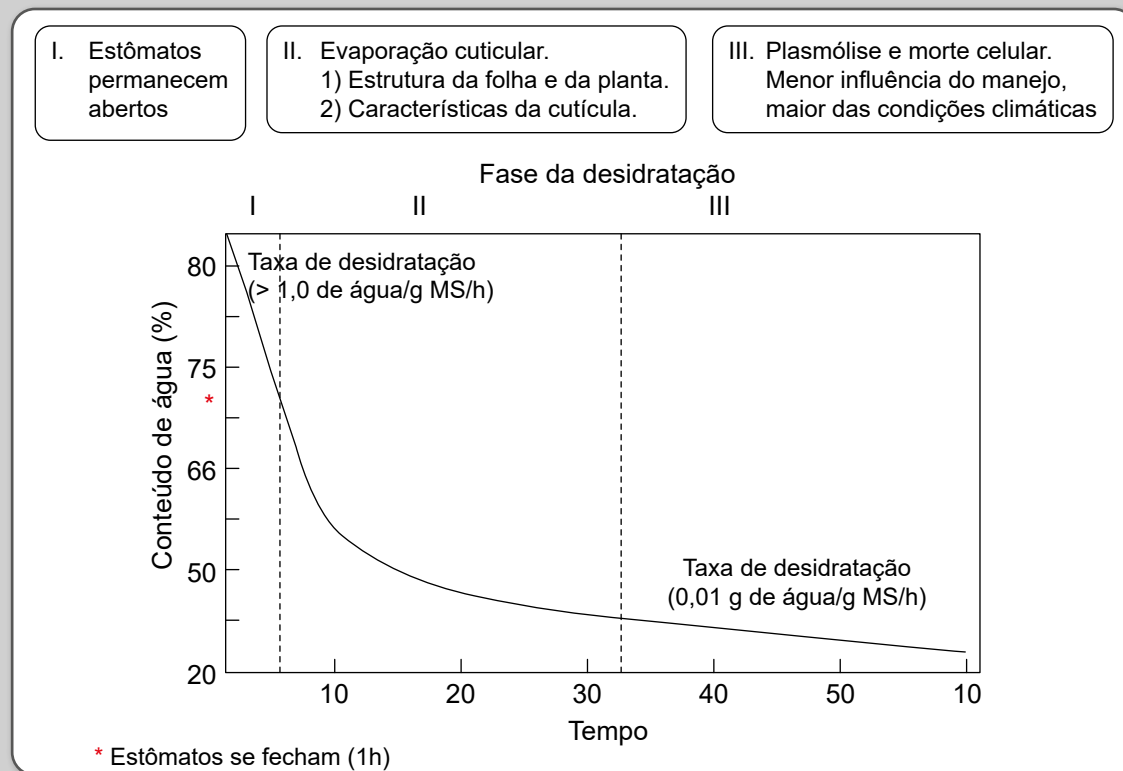
Fonte – Adaptado de Kjelgaard, 1979.

2.4.1 Manejo pós-corte

O manuseio da planta após o corte tem o objetivo de virar a leira para acelerar a perda de água e torná-la uniforme em toda massa. Por meio da sequência de revolvimento, é possível expor ao vento e à radiação solar toda a superfície da forragem cortada e assim diminuir o tempo de secagem.

A Figura 51 apresenta a taxa de perda de água no processo de secagem a campo, compreendida por três fases.

Figura 51 – Fases de desidratação da planta no campo após o corte.



Fonte – Adaptado de Jones; Harris, 1979.

2.4.2 Equipamentos e aplicação

Imediatamente após o corte, a leira precisa ser desmontada utilizando os ancinhos espalhadores (Figura 52), a fim de favorecer a secagem homogênea da forragem.

Figura 52 – Ancinhos usados para espalhar a forragem após o corte.



Fonte – Zopollatto, 2020.

A desmontagem das leiras imediatamente após o corte é importante para reduzir a compactação, aumentar a circulação do ar no material e favorecer a retirada de umidade da planta. Forragens com crescimento vigoroso, bem como as segadeiras normalmente utilizadas, apresentam a formação de leiras pesadas e compactas, o que prejudica a perda de água na fase inicial de desidratação.

Ganhos importantes na perda de umidade são alcançados quando a frequência do revolvimento é maior nas primeiras horas após o corte. O uso intenso dos ancinhos na fase inicial da secagem pode reduzir o tempo de produção do feno em dois dias, quando comparado com forragens menos revolvidas. (ROTZ; MUCK, 1994). É importante ressaltar que o uso dos ancinhos é recomendado enquanto a forragem apresenta 30 a 40% de umidade. Após esses valores, ocorre maior desprendimento de folhas e, conseqüentemente, perdas no valor nutritivo.

Quando o material atingir 15% de umidade, ele pode ser recolhido para armazenamento. Para facilitar o processo de coleta do feno é necessário formar as leiras utilizando os ancinhos enleiradores (Figuras 53 e 54).

Figura 53 – Ancinhos enleiradores para preparar o material para ser recolhido pela enfardadora.



Fonte – Zopollatto, 2020.

O teor ideal de umidade para recolhimento e enfardamento é entre 18 a 20%. Nesse intervalo, é possível diminuir as perdas no campo provenientes das operações e, ao mesmo tempo, permitir a estocagem segura, sem risco de deterioração.

A desidratação além desses valores aumenta as perdas de material no campo e não apresenta benefícios durante o armazenamento.

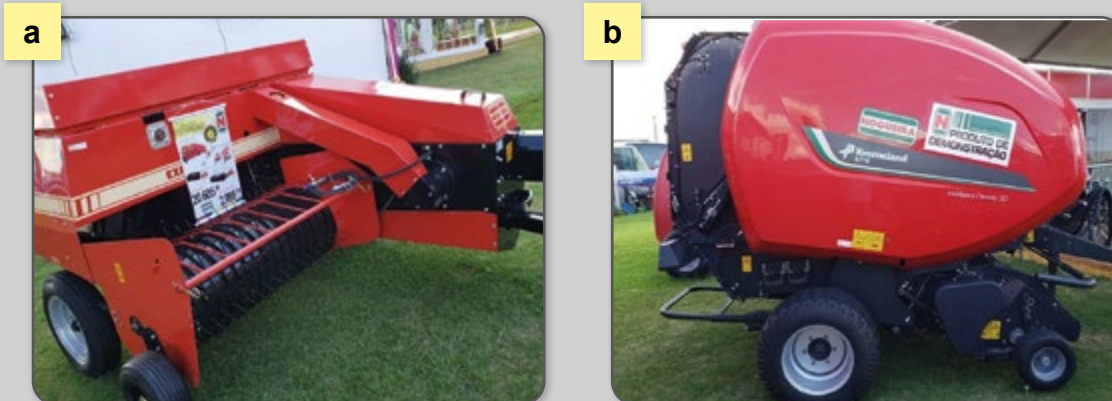
Figura 54 – Vista frontal dos ancinhos formando as leiras para o recolhimento.



Fonte – Veltman34, 2020.

Com a formação da leira, o próximo passo é o recolhimento. A forma mais comum de estocagem do feno é a formação de fardos, que podem ser retangulares (Figura 55A) ou cilíndricos (Figura 55B).

Figura 55 – a: Enfardadeira retangular; b: recolhimento e formação de fardos cilíndricos.



Fonte – Zopollatto, 2020.

O teor de umidade seguro para evitar qualquer problema durante a estocagem é abaixo de 20%. Materiais estocados sem proteção contra chuvas apresentam altas taxas de perdas. A deterioração ocorre principalmente na superfície exposta e nas camadas inferiores que estão em contato direto com o solo. Fardos de feno estocados sem abrigo apresentam mais de 17% de perdas, contra 6% em fardos sob proteção (Tabela 14).

Tabela 14 – Estimativas de perdas em fardos de fenos (festuca) estocados com e sem proteção.

Método de estocagem	Estimativa de perdas (%)
Fardo sem cobertura e contato direto no chão de terra	28
Fardo sem cobertura e contato direto no chão de pedras	24
Fardo coberto com lona e contato com o chão	13
Protegido em galpão	5

Fonte – Adaptado de Collins *et al.*, 1997.

A magnitude das perdas depende da intensidade de chuvas, do tempo de exposição e da capacidade do fardo em repelir água. De maneira geral, pode-se afirmar que as perdas são cinco vezes maiores em fardos armazenados no campo em relação àqueles com abrigo. (COLINS *et al.*, 1997).

2.4.3 Fatores que afetam as taxas de perda de água

Em situações hipotéticas, quanto menor o tempo de exposição da forragem no campo, menores são os riscos de perdas e melhor a qualidade do feno, o que na prática é muito difícil de acontecer. No entanto, conhecendo os fatores que afetam as taxas de desidratação (Tabela 15) é possível definir estratégias para reduzir o tempo de secagem.

Tabela 15 – Fatores que afetam as taxas de desidratação das plantas.

Classe	Fatores que afetam
Fatores ambientais	Temperatura
	Umidade relativa do ar
	Velocidade do vento
Manejo	Umidade do solo
	Radiação solar
	Hora do corte (melhor aproveitamento da radiação do sol)
	Frequência de revolvimento
Características da planta	Evitar acúmulo de forragem
	Maturidade (plantas no final do ciclo secam mais rápido, porém apresentam menor valor nutritivo)
	Dificuldade de perda de água nas etapas finais
	Produtividade da área (maior produção menor taxa de desidratação)
	Espécie da forragem (gramíneas secam mais rápido que leguminosas)

Fonte – Adaptado de Wilkinson; Wilkins, 1980.

A velocidade de desidratação aumenta quando é possível conciliar temperatura, radiação solar e vento com umidade relativa do ar e do solo baixas. A luz do sol e a temperatura são as principais variáveis que afetam a secagem. Em dias ensolarados, com solo seco e temperatura do ar próxima de 26 °C, o ponto de feno é atingido com 12 horas de exposição. Na mesma condição, porém, sem a presença do sol, esse tempo é estendido para 29 horas. Assumindo 8 horas de secagem, em dias nublados o tempo para recolhimento da forragem seria de 3,5 dias, muito diferente de uma condição com sol (1,5 dias).

2.5 ADITIVOS

No Brasil, a utilização de aditivos em feno é muito pequena e quase inexistente. As estratégias para utilização de aditivos em fenos consistem em agentes que aceleram a desidratação e inibidores de processos aeróbicos, que permitem a estocagem de materiais com teor de umidade acima de 20%.

De maneira geral, o modo de ação dos aditivos se dá pelo rompimento da camada de cera presente na superfície da planta, com consequente aceleração da perda de água via cutícula, ou pela ação direta sobre microrganismos aeróbicos.

2.5.1 Ácidos orgânicos

O ácido propiônico é um inibidor da atividade aeróbica e permite a estocagem segura de materiais com elevada umidade. Esse tipo de conservante age sobre a atividade enzimática da planta e de microrganismos. O principal fator para ação efetiva do ácido propiônico é o nível de adição, o que acaba elevando o custo de produção do feno. Doses de nove litros por tonelada apresentam os melhores resultados sobre o controle de fungos e aquecimento da massa (SMITH; BULA e WALGENBACH, 1986), porém comprometem o custo de produção de feno. Além do elevado custo, outras desvantagens dos ácidos orgânicos são o risco para as pessoas e a redução da vida útil dos equipamentos da fazenda. (ROTZ, 1995). Os funcionários devem receber orientação adequada, bem como o uso de equipamentos de segurança.

2.5.2 Amônia/Ureia

A utilização de amônia, a exemplo dos ácidos orgânicos, permite a estocagem do material com maior conteúdo de umidade. A amônia previne o crescimento de fungos, sendo que doses maiores de amônia (27 kg/ton) são necessárias para materiais com alto teor de umidade (30%). (MAHANNA, 1993). Melhores resultados com amônia são alcançados quando os fardos são cobertos com lona plástica, uma vez que a amônia

é volátil e se dissipa no ambiente. (WALGENBACH, 1986). A amônia usada para preservação de materiais de baixa qualidade, como palhada de trigo, pode aumentar a digestibilidade dessas forragens pela solubilização da hemicelulose. (DAVIS, 1983). No entanto, a utilização de amônia apresenta sérios riscos de intoxicação aos manipuladores e aos animais e por isso seu uso requer máximo cuidado.

A ureia é um aditivo comum utilizado em dietas de ruminantes. Devido às vantagens apresentadas sobre a utilização de amônia anidra, a ureia apresenta viabilidade de uso. A ureia, em contato com a umidade, forma amônia e CO_2 . Este é liberado para o ambiente, e a amônia fica retida na massa atuando como inibidor de crescimento de fungos. A dose normalmente recomendada é de 2 a 4% da MS para materiais recolhidos com 25 a 35% de umidade. No entanto, quando a ureia é utilizada como aditivo para preservação em fenos, cuidados devem ser observados para que não se exceda a quantidade máxima ingerida pelos animais. (MAHANNA, 1996).

2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Feno de alta qualidade requer bom manejo, desde a formação da área até o fornecimento aos animais. O processo de produção de feno é complexo, pois cada etapa demanda conhecimentos de diversas áreas.

A produção de feno pode ser usada em diversas escalas de produção, níveis tecnológicos e diferentes sistemas. É importante salientar que, além das limitações climáticas, outro desafio para a fenação é a maior dependência de mão de obra.

A máxima eficiência na conservação de forragem só é alcançada quando o principal objetivo for buscar maior preservação de nutrientes das plantas.



ALERTA ECOLÓGICO

Não se recomenda o uso de glifosato nas plantas forrageiras como dessecante para acelerar o processo de fenação, pois não há informações científicas sobre resíduos metabólicos no animal e/ou no leite, bem como a gravidade do potencial cancerígeno desses resíduos. É sabido que a utilização desse agrotóxico reduz o teor nutricional da planta.

3 PRÉ-SECADO

3.1 CONCEITO

O uso de pré-secado é uma ótima alternativa para o sul do Brasil, visto o clima típico de alta umidade relativa do ar e baixas temperaturas. Para sua confecção, a forragem deve passar por um período de desidratação ou emurchecimento antes de ser ensilada, visando a atingir o valor ideal de MS, que geralmente é baixo em gramíneas.

No Brasil, a técnica de emurchecimento é muito utilizada em regiões de elevada produção de leite, sendo considerada como um dos sistemas mais modernos de produção de volumosos, devido ao menor risco de perdas em comparação com a fenação. Atualmente, as regiões de Castro e Carambeí, no Paraná, são onde mais se ensilam forragens submetidas à pré-secagem, utilizando azevém, triticale, aveia e alfafa. (EVANGELISTA *et al.*, 2004).

Alcançando o ponto para ensilagem, os demais procedimentos são semelhantes aos descritos no tópico "Silagem". Porém, nesta seção serão dados detalhes adicionais, especialmente em relação ao tipo de silo.

3.2 ESCOLHA DA FORRAGEIRA

As forrageiras mais utilizadas para esse tipo de conservação são as gramíneas de clima temperado, sendo as principais: aveia, azevém e centeio. A produção delas varia de 3 a 6 toneladas de MS/ha (valores obtidos na região sudeste do estado do Paraná).

A aveia é originária da Ásia antiga e, inicialmente, era tida como planta daninha nas culturas de cevada e trigo. Na Europa, tornou-se um importante alimento, devido ao clima e às condições de terreno (argiloarenoso, com boa quantidade de matéria orgânica e pH < 5,5) adequadas para seu desenvolvimento. (MONTEIRO; MORAES; CORRÊA, 1996). Quando bem manejada, apresenta valores nutricionais bons, com baixo teor de FDA (27 a 34% MS) e alto teor de PB (17 a 23% MS). Destacam-se a aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb) e a aveia-branca (*Avena sativa* L).

Outra forragem muito utilizada no Paraná, devido à adaptação ao clima, é o azevém. Essa espécie é considerada rústica, de crescimento cespitoso, hibernal, com folhas finas e tenras e de bom perfilhamento. Em relação à semeadura, deve ocorrer nos meses de março a abril, com densidade entre 25 a 40 kg/ha. Quando bem manejada, pode chegar a 6 t MS/ha/ano. (SIMIONATTO, 2013).



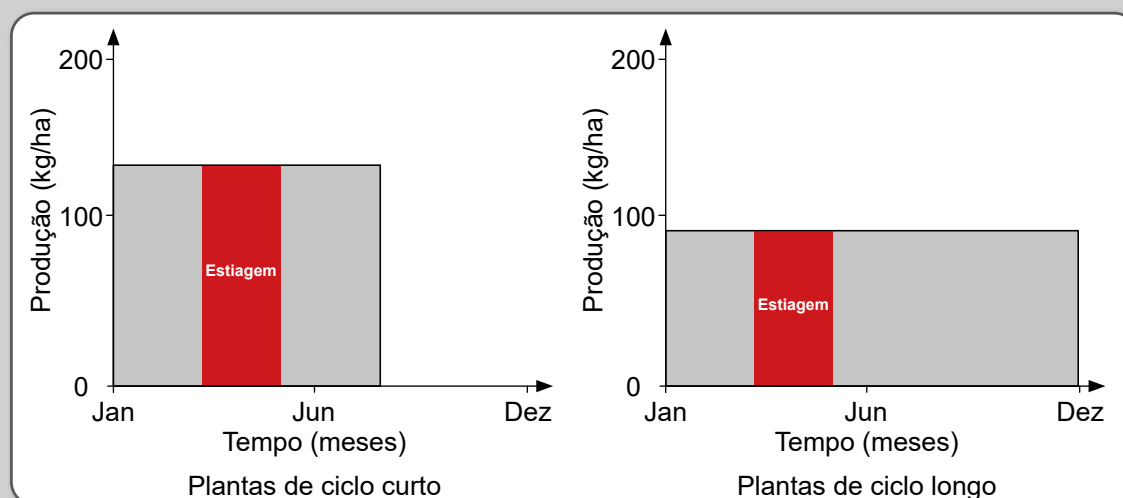
VOCÊ SABIA?

A palavra **cespitoso** é oriunda da morfologia botânica e significa **multicaule**. Divididas entre cespitoso ereto e cespitoso decumbente, plantas com esse hábito podem emitir caules aglomerados formando touceiras (cespitoso ereto) ou crescerem encostadas ao solo (cespitoso decumbente).

Além da aveia e do azevém, o centeio também é amplamente difundido em regiões de clima ameno, devido à sua adaptabilidade e ao meio de seleção, visto ser oriundo do norte da Europa. O centeio foi introduzido no Brasil por imigrantes alemães e poloneses no século XX. Destaca-se pelo rápido crescimento inicial, alta rusticidade, grande capacidade em resistir às doenças e aos solos secos. Pode ser oferecido no cocho e como silagem pré-secada. Para implantação, recomenda-se semeadura entre 50 a 60 kg/ha, e sua produção pode ultrapassar 5 t MS/ha/ano. (SIMIONATTO, 2013).

Quando se decide utilizar gramíneas de inverno para conservação, deve-se saber que estas são inferiores energeticamente à silagem de milho. Entretanto, o pré-secado deve ser estimulado pelas diversas melhorias que causa na utilização da terra, produzindo volumosos de qualidade e reduzindo os riscos de falta de alimento por intempéries climáticas. Por isso, para regiões de clima muito instável, é preferível utilizar culturas de ciclo longo, visto serem menos prejudicadas por condições adversas, justamente por necessitarem de maior período para desenvolvimento e, assim, terem condições ao longo do tempo de se recuperarem e atingirem o potencial produtivo. Na Figura 56, é exemplificada a magnitude do impacto de uma condição adversa em culturas de ciclo curto (58% prejudicada) e de ciclo longo (41% prejudicada).

Figura 56 – Impacto do período de estiagem em plantas de ciclos de produção curto e longo.



Fonte – Zopollatto, 2020.

3.3 PROCESSAMENTO E PONTO DE CORTE

O ponto de corte deve ser feito no período vegetativo da planta, pois nesse momento a planta se encontra em equilíbrio entre alta concentração de proteína, alta ingestão e digestibilidade. Para que o período de inverno não interfira, devido à grande instabilidade climática, são necessárias precisão e rapidez durante o processo de ensilagem.

O corte da planta deve ser feito entre 8 a 10 cm do solo para que não afete o rebrote da cultura e quando esta atingir altura de 30 cm a 45 cm para azevém e aveia-preta, respectivamente, ou um pouco antes do cacho. (JASSEN; GIARDINI, 1995).

Quando o objetivo é a busca de alto valor nutritivo e alta ingestão de MS pelos animais, evita-se o estágio muito avançado de desenvolvimento, pois ele diminui a qualidade do volumoso devido à maior concentração de compostos estruturais, como a lignina, uma fibra insolúvel responsável por dar sustentação e resistência ao caule das plantas, mas que afeta negativamente a digestibilidade e a qualidade do alimento. Além de altura de corte adequada, o tamanho de partícula é muito importante para uma boa compactação do silo e a não entrada de ar. O teor de MS ideal, no recolhimento, deve ser entre 45 a 60% e as proporções devem ser de 3 a 6 cm para se manter um bom valor estrutural da fibra. Quanto maior o teor de MS, menor o tamanho de partícula da forragem a ser picada para que haja melhor compactação. (PEREIRA; REIS, 2001).

3.4 FASES DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE GRAMÍNEAS PRÉ-SECADAS

O processo de pré-secagem tem como finalidade restringir a extensão da fermentação durante o processo de conservação de forragens por meio da ensilagem e reduzir a incidência de fermentações secundárias indesejáveis. (PEREIRA; REIS, 2001). Deve-se realizar a desidratação da planta (remoção parcial de água) por meio de seu emurchecimento ou da elevação da pressão osmótica, isto é, da movimentação/remoção de água do alimento para um meio de menor concentração.

Apesar de uma desidratação prévia, o metabolismo da planta continua e pode se prolongar quando a forragem é densa, a umidade relativa é alta ou a circulação de ar dentro da leira é pequena. (PEREIRA; REIS, 2001). Quando a planta atinge entre 45 e 60% de umidade, a forragem deve ser recolhida e ensilada.

As fases do processo de produção se estendem do corte até a ensilagem ou enfardamento da planta utilizada.

3.4.1 Corte, revolvimento, enleiramento, recolhimento e ensilagem

Com o decorrer da maturidade da forrageira, seu valor nutritivo é reduzido, principalmente porque com seu crescimento aumenta a produção de MS, ou seja, aumentam os compostos estruturais como celulose, lignina e hemicelulose, e diminui o conteúdo celular. (PEREIRA; REIS, 2001).

As plantas destinadas à produção de pré-secado precisam ser cortadas no ponto de equilíbrio entre a produção de MS e a qualidade nutricional, e esse período é chamado de estágio vegetativo (vide Figura 42 da seção Fenação).

Após o corte, de 15 a 20% de umidade são perdidos logo no início e a secagem ocorre de forma mais intensa quando as plantas ainda estão vivas. Em seguida, a planta tem seus estômatos fechados, diminuindo assim a perda de água (vide Figura 51 da seção Fenação).

O processo de pré-secagem pode ser acelerado utilizando segadoras, que permitem uma secagem mais rápida e uniforme entre 4 a 6 horas. As intempéries microclimáticas como alta umidade, baixa incidência de radiação, velocidade do vento e baixas temperaturas podem influenciar de forma negativa o tempo de secagem.

Essa prática de emurcheçar tem grande importância em regiões mais tecnificadas do Brasil, como os Campos Gerais do Paraná, objetivando reduzir o teor de umidade por desidratação parcial e, conseqüentemente, concentrar os carboidratos solúveis, o que melhora o perfil fermentativo dessas silagens. (SILVA, 2016).

O revolvimento da forragem (Figura 57) é de suma importância para uniformizar e agilizar a secagem da leira que ocorre da superfície externa à interna.

Figura 57 – Ancinho rotativo realizando o processo de revolvimento.



Fonte – John Deere, 2020.

O revolvimento, junto ao espalhamento da leira, expõe a superfície ainda úmida ao ambiente e acelera a secagem. Após esta, o enleiramento é outra etapa muito importante. O material é recolhido em leira, levando em consideração a uniformidade, trabalhando-se assim com mais eficiência. O maquinário utilizado para recolher esse material (recolhedora), além de ser utilizado para uma repicagem, facilita o manejo nutricional em propriedades que usam dieta total.

! ATENÇÃO

O revolvimento excessivo pode incorporar terra na forragem, contaminando o material com bactérias e esporos indesejáveis.

3.4.2 Tipos de silo

O pré-secado permite diminuir o custo de produção devido à maior estabilidade no clima de inverno. Assim, também é possível fazer melhor uso da terra, não deixando o solo subutilizado. Para que o processo seja bem executado, o tipo de silo é muito importante, sendo que os silos plastificados e os silos trincheira são os mais utilizados.

Os silos plastificados (envelopados) constituem fardos cilíndricos com uma importante característica na hora da comercialização. Eles podem ser transportados de um local para outro, completando assim um período de falta de alimentos de uma cultura até o ingresso de outra. Além de fatores logísticos, esse modelo se tornou uma opção de renda para o produtor rural, porém, em relação aos outros silos, há acréscimo de 30% no custo de produção.

Cada fardo (bola de silagem envelopado – Figura 58) pesa em torno de 550 kg, sendo plastificado ou envelopado com filme de polietileno que garante adequada vedação. Esse processo é realizado por uma enfardadeira e uma plastificadora, e o número de voltas irá depender do número do estrato e espessura do material plástico.

Figura 58 – Silos-fardo, plastificados ou bola.



Fonte – Wahl, 2020.

Alguns cuidados devem ser tomados no armazenamento de silos plásticos, como com relação ao local, podendo ser a céu aberto, seco e alto; sem resíduos de matéria orgânica e protegidos de roedores e/ou insetos.

3.4.3 Fechamento e vedação

No processo de ensilagem, a vedação e a retirada de ar da massa ensilada, por meio de compactação intensa, são fundamentais para a rápida cessão da respiração que, caso prolongada, aumenta a temperatura do material e leva à perda de energia na forma de calor.

O uso de maquinários permite boa compactação e uniformidade das camadas, além de melhor vedação. (Figura 59).

Figura 59 – Plastificadora para empacotamento do fardo.



Fonte – Zopollatto, 2020.

Após o enfardamento, a plastificadora, por meio de uma mesa giratória, tensiona e aplica de 6 a 8 camadas de filme plástico, com 50% de sobreposição entre duas camadas sucessivas. (BERNARDES; WEINBERG, 2014). Em geral, o plástico tem 0,5 m de largura, 25 micras de espessura e estira até 50% do seu comprimento original.

Caso se utilizem pesos sobre a lona (silo trincheira), o procedimento deve ser feito de forma com que o ar seja eliminado totalmente pela frente do silo, evitando que se formem bolsões.

Para que todo o processo não seja perdido, nos dois tipos de silo se deve preservar o ambiente anaeróbio até a abertura.

3.5 ADITIVOS

Com base nos aditivos descritos anteriormente, alguns comentários serão feitos a respeito da utilização destes na produção de pré-secado.

Os aditivos químicos não demonstram resultados relevantes, pois leveduras e fungos parecem não ser problema em silagens de gramíneas pré-secadas adequadamente confeccionadas. A aplicação de produtos químicos como carbonato de potássio ou de sódio pode ser feita enquanto a forragem estiver no campo, antes de ser ensilada. Esses produtos têm como finalidade reduzir a resistência cuticular à perda de água, resultando em maior taxa de secagem. (MACDONALD; CLARCK, 1987).

O uso de aditivos microbianos nessas silagens também não apresenta resultados significativos, visto que as gramíneas têm baixa quantidade de carboidratos solúveis e, por isso, pouco substrato para o crescimento bacteriano. Inoculantes à base de bactérias e enzimas que degradam a parede celular das plantas podem aumentar a disponibilidade de carboidratos solúveis e, consequentemente, a digestibilidade da matéria orgânica da forragem. (HENDERSON, 1993).

Por fim, aditivos nutrientes e sequestrantes de umidade são bastante positivos para silagens de capins com alta umidade, porém ainda assim é necessário que a planta passe pelo período de desidratação. (SCHMIDT; SOUZA; BACH, 2014). O emurchecimento tem se mostrado um dos métodos mais eficientes e economicamente viáveis de se elevar o teor de MS. (VILELA, 1998).

3.6 MANEJO DO SILO PÓS-ABERTURA

O pré-secado deve ser manejado da mesma forma que a silagem de outros materiais, atentando-se aos princípios de corte da silagem em paralelo e de retirada da camada mínima diária.

Como o painel do silo-fardo é pequeno, comparado a outros tipos de silo, as perdas por deterioração aeróbia também tendem a ser menores. Por isso, é prática a retirada da silagem de forma manual, com pás ou garfos. Entretanto, esse manejo pode dificultar a logística da propriedade, especialmente quando há grande número de animais para serem alimentados.

Há várias dimensões de silos-fardo, por exemplo, 250, 500 e 750 kg. Uma alternativa seria planejar para utilizar o tamanho que melhor atenda às necessidades

da propriedade; como cada silo representa uma unidade independente, é possível fornecer aos animais a silagem de um silo-fardo por vez.

Outra opção é o uso de máquinas como cortador (Figura 60) e desensiladeira de bolas (Figura 61), porém pouco usual.

Figura 60 – Cortador de bolas.



Fonte – Corbar, 2016.

Figura 61 – Desensiladeira de bolas.



Fonte – Zopollatto, 2020.

3.7 PONTOS CRÍTICOS DA PRODUÇÃO DE PRÉ-SECADO

3.7.1 Fatores ambientais

Variáveis climáticas como alta temperatura e radiação solar, baixa umidade relativa do ar e, principalmente, ausência de chuva, ditarão o sucesso da produção de pré-secado, da mesma forma que influenciam fortemente a produção de feno. Assim, quanto mais rápido atingir o teor de MS ideal para enfardamento, próximo de 55%, menos sujeita a forragem estará a perdas por lixiviação em caso de chuvas. Isso leva a menores riscos de perdas de forragem conservada na forma de pré-secado em relação ao feno. (PEREIRA; REIS, 2001).

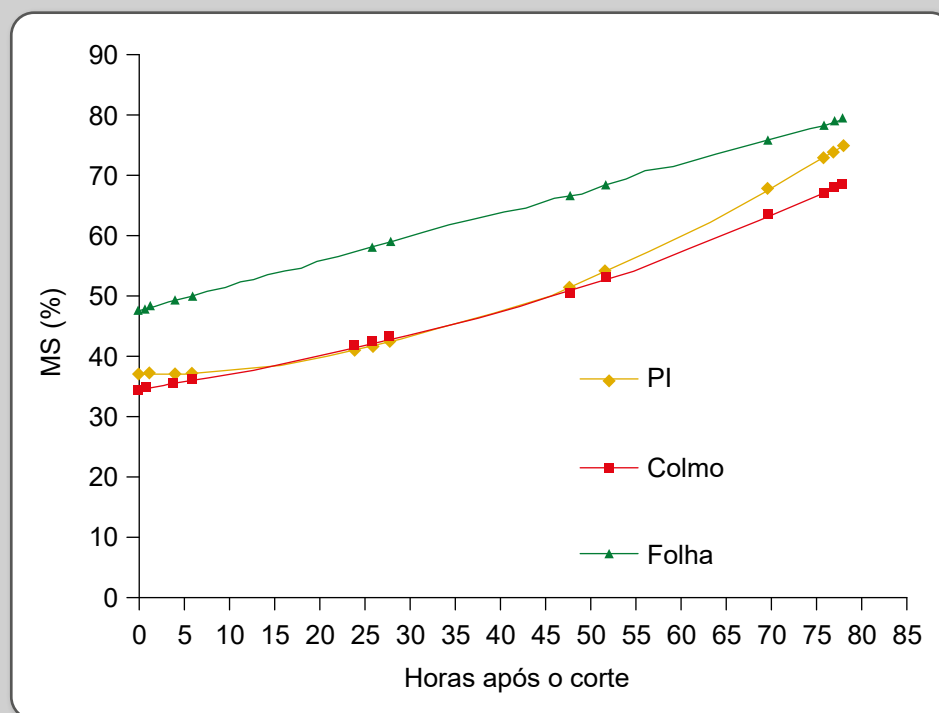
De toda forma, antes de iniciar o corte da gramínea, recomenda-se que a previsão climática seja consultada e que haja estabilidade de, no mínimo, três dias.

3.7.2 Fatores inerentes à planta

Enquanto alguns autores indicam o uso de dessecantes, outros sugerem cuidados para a aplicação destes. A desidratação excessiva da gramínea pode resultar em perdas no campo de aproximadamente 10%, além do surgimento de nutrientes indigestíveis como o nitrogênio insolúvel em detergente ácido (Nida), devido ao aquecimento do material no silo. (PITT; MUCK; LEIBENSPERGER, 1985).

Outro ponto de suma importância é o estágio vegetativo da planta no momento do corte. Apesar de as plantas mais novas apresentarem maior conteúdo de umidade, principalmente em função da maior proporção de folhas, estas perdem água praticamente 15 vezes mais rápido que os colmos e, por isso, a desidratação delas ocorre mais facilmente (Figura 62). Perfilhos vegetativos com 80% de folhas secam em 1/3 do tempo requerido por aqueles que se encontram em estágio de emergência das inflorescências e com 40% de folhas. (PEREIRA; REIS, 2001).

Figura 62 – Curva de desidratação da planta inteira (PI) e das frações colmo e folha da grama-estrela durante secagem a campo.



Fonte – Calixto Jr. *et al.*, 2012.

Por outro lado, após a emergência das inflorescências a taxa de secagem é rápida, visto o menor conteúdo de água das plantas e a exposição dos colmos. Forragens com maior proporção de folhas resultam em leiras mais pesadas, apresentando maior dificuldade para a circulação de ar e aumentando a resistência à perda de água. (PEREIRA; REIS, 2001).

Deve-se buscar o ponto de equilíbrio entre qualidade nutricional da forragem, teor de MS ideal para ensilagem e morfologia da planta, como relação folha-caule e, associada a esses pontos, a estação climática mais propícia para o corte e desidratação da planta.

3.7.3 Fatores inerentes ao processo

As perdas mecânicas durante o processo no campo constituem-se principalmente pelo dilaceramento de folhas e colmos e, geralmente, estão atreladas a equipamentos inadequados ou que necessitam de manutenção. Atenção especial deve ser dada às leguminosas, pela maior susceptibilidade destas à perda de folhas que ocorre em resposta à manipulação da forragem. (PEREIRA; REIS, 1999).

Existem carretas recolhedoras, dotadas ou não de picador e de custo relativamente alto, que são recomendadas apenas para propriedades que fazem grandes quantidades de silagem pré-secada ou para empresas que prestam serviços terceirizados. Também há colhedoras de forragem (tipo Taarup – Figura 63) que recolhem diretamente a forragem já pré-secada e enleirada ou no final do ciclo da cultura, quando as plantas se encontram com teores mais elevados de MS. (PEREIRA; REIS, 2001).

Figura 63 – Colhedora de forragem.



Fonte – Towill, 2007.

Em ambas as situações ocorrem perdas, seja na quantidade, seja na qualidade da forragem recolhida. Contudo, essas opções podem ser interessantes ao produtor por reduzir o número de operações e até mesmo a locação de equipamentos e, assim, potencialmente diminuir perdas devido à manipulação excessiva do material. (PEREIRA; REIS, 2001).

Embora fatores climáticos, vegetativos e mecânicos possam gerar perdas no processo de produção de pré-secado, quando se compara a produção de feno, a silagem pré-secada permite redução do tempo de desidratação e, conseqüentemente, da susceptibilidade aos fatores climáticos e dos riscos de perdas em campo. (MONTEIRO, 1999).

A silagem de gramíneas pré-secadas é uma opção para regiões de clima temperado a ameno por representar processo intermediário entre a silagem de plantas como milho e sorgo, recomendadas para essa finalidade, e a produção de

feno, que necessita de uma estabilidade climática que nem sempre é possível de ser obtida no sul do Brasil. Apesar de ser considerado excelente alimento para o rebanho, o pré-secado pode ter alto custo de produção quando o pecuarista decide adquirir todos os equipamentos necessários para sua confecção. Ainda assim, a terceirização de maquinário pode contornar esse impasse e possibilitar o corte da planta para conservação e armazenamento em seu melhor estágio, usufruindo de pequenas janelas de estiagem.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A conservação de forragens, seja na forma de silagem, seja na forma de feno ou pré-secado, não só garante alimento para os animais durante todo o ano, como é indispensável em empresas rurais bem planejadas.

Na silagem, o teor de MS ideal, o tamanho de partícula e a boa compactação do material são pontos que requerem atenção. Para o feno, a estabilidade climática ainda é um entrave em algumas regiões do Paraná. Deve-se buscar a rápida desidratação da planta para, dessa forma, reduzir os riscos de perdas devido aos fatores climáticos. A produção de pré-secado constitui um processo intermediário entre fenação e ensilagem, devendo o produtor observar os pontos críticos de ambos os processos, a estabilidade climática para a desidratação da planta e, além dos pontos citados anteriormente sobre o processo de ensilagem, manter o ambiente anaeróbio do silo até o momento de abertura, fator essencial para a obtenção de um alimento de qualidade nutricional e higiênica.

Todas as formas de conservação podem ser aplicadas de pequenas a grandes propriedades. Para isso, é necessário planejar e atender às premissas de cada processo.

REFERÊNCIAS

AFUAKWA, J. J.; CROOKSTON, R. K. Using the kernel milkline to visually monitor grain maturity in maize. **Crop Science**, v. 24, p. 287-291, 1984.

AGÊNCIA DE NOTÍCIAS DO PARANÁ. Figura 5 – Práticas mecânicas (curvo de nível) e vegetativas (plantio direto) para plantio. In: SEMINÁRIO em Carambeí vai mostrar ações positivas para uso do solo agrícola. Disponível em: <http://www.aen.pr.gov.br/modules/galeria/detalhe.php?foto=260691&evento=45066>. Acesso em 28 ago. 2020.

ALONSO, V. A. *et al.* Fungi and mycotoxins in silage: an overview. **Journal of Applied Microbiology**, v. 115, n. 3, p. 637-346, 2013.

AMARAL, R. C. *et al.* Cana-de-açúcar ensilada com ou sem aditivos químicos: fermentação e composição química. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 8, p. 1 413-1 421, 2009.

AMARAL, R. C. *et al.* Estabilidade aeróbia de silagens do capim-marandu submetidas a diferentes intensidades de compactação na ensilagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 6, p. 977-983, 2008.

ARCURI, P. B.; CARNEIRO, J. C.; LOPES, F. C. F. Microrganismos indesejáveis em forragens conservadas. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2., 2004, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM/CCA/DZO, 2004.

BACH, B. C.; SCHMIDT, P. **Determinação da matéria seca em forno de micro-ondas doméstico**. In: ENSILAGEM.com.br. Portal Acadêmico da Ensilagem. Nota acadêmica. 2014. Disponível em: <https://www.ensilagem.com.br/micro-ondas/>. Acesso em 14 jul. 2020.

BACH, B. C.; SCHMIDT, P. **Importância da camada mínima de retirada de silagem**. 2013. In: ENSILAGEM.com.br. Portal Acadêmico da Ensilagem. Disponível em: <https://goo.gl/5mGZII>. Acesso em: out. 2017.

BASIGALUP, D. H. *et al.* **El cultivo de la alfalfa en la Argentina**. Buenos Aires : Ediciones INTA, 2007. 479 p.

BAYLOR, J.E. Satisfying the nutritional requirements of grass legume mixtures. In: BERGERSEN, F.J.; (ed.). **Methods for evaluating biological nitrogen fixation**. London: John Wiley, 1980. p.65-110.

BERNARDES, T. F.; AMARAL, R. C. **Vedação da silagem: efeito da presença de terra sobre a lona, 2008**. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/colunas/thiago-fernandes-bernardes/vedacao-da-silagem-efeito-da-presenca-de-terra-sobre-a-lona-43555n.aspx>. Acesso em: 04 ago. 2020

BERNARDES, T. F.; WEINBERG, Z. Aspectos associados ao manejo da ensilagem. *In*: REIS, R.; BERNARDES, T.; SIQUEIRA, G. (ed.). **Forragicultura**: ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros. 1. ed. Jaboticabal: Funep, 2014. p. 671-680.

BERNARDES, T.F. **Levantamento das práticas de produção e uso de silagens em fazendas leiteiras no Brasil**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2012. (Ebook).

BOLSEN, K. K. Silage review: safety considerations during silage making and feeding. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 5, p. 4122-4131, 2018.

BOLSEN, K. K. Silage: basic principles. *In*: BARNES, G. (ed.). **Forages**: the science of grassland agriculture. 5. ed. New Jersey: Blackwell Publishing Professional, 1995. p. 163-176.

BORREANI, G. *et al.* Aerobic deterioration stimulates outgrowth of spore-forming *Paenivacillus* in corn silage stored under oxygen-barrier or polyethylene films. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 8, p. 5 206-5 216, 2013.

CALIXTO JUNIOR, M. *et al.* Curva de desidratação e composição químico-bromatológica do feno de grama-estrela (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst) em função do teor de umidade no enfardamento. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 6, p. 2411-2422, 2012.

CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1996. 285p. Boletim técnico, v. 100.

CARVALHO; JOBIM. Como reduzir as perdas?. **Inforleite**, p. 44-47, 2013. Disponível em: http://www.ensilagem.com.br/wp-content/uploads/2013/04/Revista-Inforleite_35_reservas_OK.pdf. Acesso em: 06 nov. 2020.

CAVALCANTI, 2013. FIGURA 42 – Estágios de crescimento e desenvolvimento de gramíneas e suas relações com o valor nutricional e a produção de matéria seca. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/artigos/producao/como-garantir-forragem-de-qualidade-para-os-animais-86566n.aspx?r=799070922>. Acesso em: 30 set. 2020.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. Seja o doutor do seu milho: nutrição e adubação. **Arquivo do Agrônomo**, Piracicaba, n. 71, p. 1-9, 1995.

COLLINS, M. D. *et al.* Round bale hay storage in Kentucky. **Cooperative Extension Service**, Kentucky, 1997.

COLLINS, M. What does rain damage cost? **Hoard's Dairyman**, v. 133, n. 433, 1998.

CORBAR, 2016. Figura 60 – Cortador de bolas. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=RNfQKj8Og6I>. Acesso em: 30 set. 2020.

CRUZ, J. C. *et al.* (ed.). **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001.

DANIEL, J. L. P.; JUNGES, D.; NUSSIO, L. G. Alterações na qualidade da silagem de milho durante o armazenamento. *In*: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 5., 2014, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM/CCA/DZO, 2014. p. 23-36.

DAVIS, C.L.; GRENAWALT, D.A.; McCOY, G.C. Feeding values of pressed brewers' grains for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.66, n.1, p.73-79, 1983.

DUM, S. A. *et al.* Silage and silos. **Extension Service Special Circular**, v. 223, Pennsylvania State University, 1977. (College of Agriculture).

EVANGELISTA, A. R. *et al.* Produção de silagem de capim-marandu (*Brachiaria brizantha* Stapf cv. marandu) com e sem emurchecimento. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 2, p. 443-449, 2004.

EVANGELISTA, A. R.; LIMA, J. A. de. Produção de feno. **Informe Agropecuário**, v. 34, n. 277, p. 45-52, 2013.

FAGUNDES, J. L. *et al.* Capacidade de suporte de pastagens de capim-tifton 85 adubado com nitrogênio manejadas em lotação contínua com ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 12, p. 2651-2657, 2011.

FAGUNDES, J. L. *et al.* Características morfogênicas e estruturais do capim-braquiária em pastagem adubada com nitrogênio avaliadas nas quatro estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, p. 21-29, 2006.

FARIA, V. P.; CORSI, M. Técnicas de produção de silagem. *In*: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. (ed.). **Volumosos para bovinos**. 2. ed. Piracicaba: FEALQ, 1995. p. 211-226.

FERRARI JR., E. *et al.* Aditivos em silagem de capim-elefante paraíso (*Pennisetum hybridum* cv. paraíso). **Arquivos de Zootecnia**, v. 58. n. 222, p. 185-194, 2009.

FERREIRA, J. J. Avaliação do teor de matéria seca do milho e do estágio de maturação adequado para silagem. *In*: CRUZ, J. C. *et al.* (ed.). **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. p. 429-444.

FERREIRA, J. J. Efeito do processamento da planta de milho na qualidade da silagem. *In*: CRUZ, J. C. *et al.* (ed.). **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. p. 445-472.

GOMES, L. H. *et al.* Avaliação de cultivares do gênero *Cynodon* sob dois níveis de adubação nitrogenada. *In*: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: SBZ, 1997. p. 33-36.

GUIM, A. Produção e avaliação de silagem. In: SIMPÓSIO DE FORRAGEIRAS NATIVAS, 3., 2002. Anais... Areia: UFPB, 2002. CD-ROM.

HAVILAH, E. J.; KAISER, A. G.; NICOL, H. Use of a kernel milkline score to determine stage of maturity in maize crops harvested for silage. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 35, p. 739-745, 1995.

HEINRICHS, J.; JONES, C. M. Penn State Particle Separator. **PennState Extension**, 2016. Disponível em: <https://extension.psu.edu/penn-state-particle-separator>. Acesso em: 12 jul. 2020.

HENDERSON, A. R.; EWART, J. M.; ROBERTSON, G. M. Studies on the aerobic stability of commercial silages. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 30, p. 223-228, 1979.

HENDERSON, N. Silage additives. **Animal Feed Science and Technology**, v. 45, n. 1, p. 35-56, 1993.

HOFMANN, N.R. Epigenetic Battles Underfoot: Allelopathy among Plants Can Target Chromatin Modification. **Plant Cell**, v. 27, n. 11, 2015.

HONIGH, H.; PAHLOW, G.; THAYSEN, J. Aerobic instability: effects and possibilities for its prevention. In: PAULY, T. (ed.). INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, 12., **Proceedings...** Uppsala, 1999. p. 288-289.

IBGE–INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estatística de produção pecuária**. Rio de Janeiro: IBGE, 2014.

JOHN DEERE, 2020. Figura 57 – Ancinho rotativo realizando o processo de revolvimento. Disponível em: <https://www.harvequip.com/new-products/john-deere/agriculture/hay-forage/rakes/rr21-xf#product-anchor>. Acesso em: 01 out. 2020.

JONES, L., HARRIS, C.E. 1979. Plant and swath limits to drying. p. 53-60. In: Thomas, C. (ed.) Proc. Occasional Symp. 11, Forage Conservation in the 80s, Brighton, England. 27-30 Nov. 1979. Brit. Grassl. Soc., Grassl. Res. Inst., Hurley, England.

JRSTUDIORP. Figura 2 – Lavoura de milho com bom *stand* de plantas. Disponível em: <https://www.shutterstock.com/pt/image-photo/view-green-cornfield-blue-sky-1518315896>. Acesso em: 30 set. 2020.

KJELGAARD, W. L. Energy and time needs in forage systems. **Transaction ASAE**, v. 22, p. 464-469, 1979.

KLEINSCHMIT, D. H.; SCHMIDT, R. J.; KUNG JR., L. The effects of various antifungal additives on the fermentation and aerobic stability of corn silage. **Journal of Dairy Science**, v. 88, n. 6, p. 2 130-2 139, 2005.

KUNG JR. L.; STOKES, M. R.; LIN, C. J. Silage additives. *In*: BUXTON, D. R.; MUCK, R. E.; HARRISON, J. H. (co-ed.). **Silage science and technology**. Madison: ASA, 2003. p. 305-360.

LEE, C. Frost damaged to silage corn. **Agriculture, Food and Environment**, Kentucky, 2003. Disponível em: <https://graincrops.ca.uky.edu/content/frost-damage-silage-corn>. Acesso em: 12 jul. 2020.

LOURES, D. R. S. *et al.* Características do efluente e composição químico-bromatológica da silagem de capim-elefante sob diferentes níveis de compactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 6, p. 1 851-1 858, 2003.

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

MACHADO; ANDRADE, 2019. Figura 8 – *Dryer bag*. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/artigos/producao-de-leite/novo-metodo-viabiliza-determinacao-da-materia-seca-a-campo-214606/>. Acesso em 30 set. 2020.

MAHANNA, B. Proper management assures high-quality, grains. **Feedstuffs**, v. 23, p. 14-19, 1994.

MAHANNA, W.C. Silage fermentation and additive use in North America. *In*: PROCEEDINGS NATIONAL SILAGE PRODUCTION CONFERENCE, New York, 1993. **NRAES-67**. New York: Ithaca, 1993. p.85-95.

MAYO, 2016. Figura 38 - Pasto bem adubado (A) e pasto mal adubado (B). Disponível em: <https://www.drovers.com/article/stockpiled-grazing-can-reduce-winter-feeding-costs>. Acesso em 16 jul. 2020.

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

MIKKELSEN, R. Global fertilizer trends: getting more into your crop? *In*: CALIFORNIA ALFALFA AND FORAGE SYMPOSIUM, 5., 2016, Reno. **Proceedings...** Reno: University of California, 2016.

MONTEIRO, A. L. G. Silagem pré-secada. *In*: PEIXOTO, A. M. *et al.* (ed.). **Alimentação suplementar**. Piracicaba: FEALQ, 1999. p. 97-122.

MONTEIRO, A. L. G.; MORAES, A.; CORRÊA, E. A. S. **Forragicultura no Paraná**. Londrina: Comissão Paranaense de Avaliação de Forrageiras, 1996.

MONTEIRO, J. A.; YAMAGUCHI, L. C. T. Custos de produção de silagem. *In*: CRUZ, J. C. *et al.* (ed.). **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. p. 361-382.

MOREIRA, A. L. *et al.* Avaliação de forrageiras de inverno irrigadas sob pastejo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1838-1844, 2007.

NEW HOLLAND. Figura 48 – Segadora condicionadora com martelos. Na base, é possível ver os discos de corte, e na parte superior, os martelos. Disponível em: <https://www.pmemaquinas.com.br/files/meta/43470c6d-8f03-4ef4-b1a7-9c1539fb362b/a1acc82f-318c-4f1d-aba9-b197d1b335ca/10.pdf>. Acesso em: 08 out. 2020.

NOLLER, C. H.; THOMAS, J. W. Hay-crop silage. *In: Forages: the science of grassland agriculture*. 4. ed. New Jersey: Blackwell Publishing Professional, 1985. p. 517-526.

NUSSIO, L. G. Cultura do milho para produção de silagem de alto valor alimentício. *In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS*, 4., 1991, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fealq, 1991. p. 58-168.

NUSSIO, L. G. *et al.* Avaliação de parâmetros nutricionais de híbridos de milho para produção de silagem. *In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA*, 29., 1992, Lavras. **Anais...** Lavras: SBZ, 1992.

NUSSIO, L. G. Milho e sorgo para a produção de silagem. *In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. (ed.). Volumosos para bovinos*. 2. ed. Piracicaba: Fealq, 1995. p. 75-178.

NUSSIO, L. G.; RIBEIRO, J. L. Silagem de capim: potencial e limitações. *In: MUNIZ et al. (Ed.). Alternativas alimentares para ruminantes II*. Aracaju: Embrapa, 2008. p. 53-80.

NUSSIO, L. G.; SCHMIDT, P. Tecnologia de produção e valor alimentício de silagens de cana-de-açúcar. *In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS*, 2., 2004, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM, 2004.

OLIVEIRA, J. S. **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 1998. (Comunicado técnico, 47).

OLIVEIRA, J.S. Manejo do silo e utilização da silagem de milho e sorgo. *In: CRUZ, J.C. et al. (Ed.) Produção e utilização de silagem de milho e sorgo*. 1.ed. Sete Lagoas: EMBRAPA, 2001.p. 473-518.

PAHLOW, G. *et al.* Microbiology of ensiling. **Agronomy**, v. 42, p. 31-94, 2003.

PARANÁ. Secretaria da Educação. Dia a Dia Educação Geografia. [s./d.]. Disponível em: <http://www.geografia.seed.pr.gov.br/modules/galeria/detalhe.php?foto=1538&evento=8>. Acesso em: 11 jul. 2020.

PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C. **Práticas culturais do milho**. *In: EMPRAPA. Serviço de Produção de Informação. Recomendações técnicas para o cultivo do milho*. Brasília, 1993. p. 113-127.

PEREIRA, J. R. A.; REIS, R. A. Feno. *In*: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 7., 1999, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1999. p. 123-146.

PEREIRA, J. R. A.; REIS, R. A. Produção de silagem pré-secada com forrageiras temperadas e tropicais. *In*: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2001, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM/CCA/DZO, 2001. p. 64-86.

PEREIRA, L. E. T.; BUENO, I. C. da S.; HERLING, V. R. Figura 46 – Condicionador (rolos de borracha) esmagando a forragem recém-colhida pela segadeira. *In*: **Tecnologias para Conservação de Forragens: Fenação e Ensilagem**. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4325190/mod_resource/content/1/Apostila-Tecnologias-para-conservação-de-forragens-fenação-e-ensilagem.pdf. Acesso em: 08 out. 2020.

PEREIRA, L. G. R.; ANTUNES, R. C. O milho na alimentação de gado de leite. *In*: SIMPÓSIO MINEIRO DE NUTRIÇÃO DE GADO DE LEITE, 4., 2007, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 2007. p. 49-70.

PEREIRA, O. G. *et al.* Práticas na ensilagem *versus* qualidade higiênica da silagem. *In*: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 5., 2014, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM/CCA/DZO, 2014.

PITT, R. E. Evaporation-Based drying rate of forage: effects of desiccants and crop density. **Journal Agr. Science**, v. 105, p. 223-229, 1985.

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

PITT, R. E.; MUCK, R. E.; LEIBENSPERGER, R. Y. A quantitative model of the ensilage process in lactate silages. **Grass and Forage Science**, v. 40, n. 3, p. 279-303, 1985.

POPPI, E.; MARI, L. Seca ou geada? Ainda dá para aproveitar sua forragem!. Disponível em: <https://lallemandanimalnutrition.com/pt-br/brazil/novidades/seca-ou-geada-ainda-da-para-aproveitar-sua-forragem/>. Acesso em: 01 out. 2020.

ROTZ, C. A.; ABRAMS, S. M. Losses and quality changes during Alfalfa hay harvest and storage. **Transaction ASAE**, v. 31, p. 350-355, 1988.

ROTZ, C. Alan. Field curing of forages. **Post-Harvest Physiology and Preservation of Forages**, v. 22, p. 39-66, 1995.

ROTZ, C.A., MUCK, R.E. 1994. Changes in forage quality during harvest and storage. *In*: Fahey Jr., G.C. Forage quality, evaluation, and utilization. Madison. **American Society of Agronomy**. p.828-868.

RUPPEL, K. A. *et al.* Bunker silo management and its relationship to forage preservation on dairy farms. **Journal of Dairy Science.**, v. 78, p. 141-153, 1995.

SANTI, A.; AMADO, T. J. C.; ACOSTA, J. A. A. Adubação nitrogenada na aveia preta. I - Influência na produção de matéria seca e ciclagem de nutrientes sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 6, p. 1075-1083, 2003.

SANTIAGO, A. D.; ROSSETTO, R. Adubação Verde. Árvore do conhecimento de Cana-de-Açúcar. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)**. Disponível em: < https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_35_711200516717.html> Acesso em: 13 jul. 2019.

SANTIAGO, A. D.; ROSSETTO, R. Adubação Verde. Árvore do conhecimento de Cana-de-Açúcar. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_35_711200516717.html. Acesso em: 13 jul. 2019.

SANTOS, E. M.; ZANINE, A. M. Silagem de gramíneas tropicais. **Colloquium Agrariae**, v. 2, n. 1, p. 32-45, 2006.

SANTOS, M. C. *et al.* Nutritive value of sugar cane silage treated with chemical additives. **Scientia Agricola**, v. 66, n. 2, p. 159-163, 2009.

SANTOS, R. D. *et al.* Características de fermentação da silagem de seis variedades de milho indicadas para a região Semiárida brasileira. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 62, n. 6, p. 1423-1429, 2010.

SCARBROUGH, D. A. *et al.* Evaluation of dry matter loss, nutritive value, and in situ dry matter disappearance for wilting orchardgrass and bermudagrass forages damaged by simulated rainfall. **Agronomy Journal**, v. 97, n. 2, p. 604-614, 2005.

SCHMID, A. R. *et al.* Relationship among agronomic characteristics of corn and sorghum cultivars and silage quality. **Agronomy Journal**, v. 68, n. 2, p. 403-406, 1976.

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

SCHMIDT, P.; SOUZA, C. M.; BACH, B. C. Uso estratégico de aditivos em silagens: quando usar e como usar. *In*: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 5., 2014, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM/CCA/DZO, 2014. p. 243-264.

SILVA e OLIVEIRA, J. Manejo do silo e utilização da silagem de milho e sorgo. *In*: CRUZ, J. C. *et al.* (Ed.). **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. p. 473-518.

SILVA, E. P. A. **Influência da densidade de plantio do azevém nas características produtivas e qualitativas da silagem emurchecida ou com aditivo absorvente.** Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

SIMIONATTO, M. **Produção de silagem pré-secada com diferentes gramíneas de clima temperado.** 2013. TCC (Graduação em Zootecnia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná Dois Vizinhos, 2013.

SINCRONIA DESIGN. Figura 10 – Ilustração do fechamento de silo trincheira com madeira. *In*: ZOPOLLATTO, M. **Conservação de forragens.** Curitiba: SENAR AR/PR, 2020.

SINCRONIA DESIGN. Figura 13 – Dimensões de um silo trincheira de seção trapezoidal, em que A é a altura do silo, B é a base maior, b é a base menor e C é o comprimento do silo. *In*: ZOPOLLATTO, M. **Conservação de forragens.** Curitiba: SENAR AR/PR, 2020.

SINCRONIA DESIGN. Figura 16 – Etapas da compactação em silo trincheira. *In*: ZOPOLLATTO, M. **Conservação de forragens.** Curitiba: SENAR AR/PR, 2020.

SINCRONIA DESIGN. Figura 4 – Solos da Região Sul do Brasil. *In*: ZOPOLLATTO, M. **Conservação de forragens.** Curitiba: SENAR AR/PR, 2020.

SINCRONIA DESIGN. Figura 47 – Simulação do dano causado na estrutura da planta pelos condicionadores. *In*: ZOPOLLATTO, M. **Conservação de forragens.** Curitiba: SENAR AR/PR, 2020.

SINCRONIA DESIGN. Figura 49 – Esquema demonstrando as perdas de nutrientes da planta para o solo quando há incidência de chuva sobre o material do campo. *In*: ZOPOLLATTO, M. **Conservação de forragens.** Curitiba: SENAR AR/PR, 2020.

SIQUEIRA, G. R. *et al.* Associação entre aditivos químicos e bacterianos na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 4, p. 789-798, 2007.

SIQUEIRA, G. R. *et al.* Avanços tecnológicos na produção e utilização de silagem de cana-de-açúcar. *In*: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 5., 2014, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM/CCA/DZO, 2014. p. 117-156.

SMITH, D.; BULA, R. J.; WALGENBACH, R. P. Forage management. Kendall. Hunt, Dubuque, IA, edn, v. 5, 1986.

SOLLENBERGER, L. E. *et al.* Conserved Forage. **Warmseason (C4) grasses**, Madison, 2004. p. 355-387.

TEDESCO, M. J. *et al.* **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** Porto Alegre: CQFS-RS/SC, 2004.

TOWILL, J. T. M. Figura 63 – colhedora de forragem. Disponível em: https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Chopping_grass_for_silage_-_geograph.org.uk_-_1241307.jpg. Acesso em: 30 set. 2020.

VELTMAN34. Figura 54 – Vista Frontal dos ancinhos formando as leiras para o recolhimento. Disponível em: <https://www.shutterstock.com/pt/image-photo/modern-blue-tractor-red-4-element-1586730475>. Acesso em: 08 out. 2020.

VILELA, D. **Aditivos na ensilagem**: quando e como utilizar. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2000. (Instrução técnica, 15).

VILELA, D. Aditivos para silagem de plantas de clima tropical. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998. p. 73-108.

WAHL, 2020. Figura 58 - Silos-fardo, plastificados ou bola. Disponível em: <https://www.shutterstock.com/pt/image-photo/silage-on-meadow-iceland-1162735570>. Acesso em: 07 out. 2020.

WEINBERG, Z. *et al.* Effect of lactic acid bacteria inoculants on in vitro digestibility of wheat and corn silages. **Journal of Dairy Science**, v. 90, p. 4 754-4 762, 2007.

WERNER, J. C. *et al.* Efeitos da calagem em capim colônia (*Panicum maximum* Jacq.) estabelecido. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 36, n. 2, p. 247-253, 1979.

WERNER, J.C. *et al.* Forrageiras. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, Fundação IAC, 1996. p.263-273.

WILKINSON, J. M.; WILKINS, R. J. Possibilities for improving the conservation of grass by drying. *Proceedings of the Nutrition Society*, v. 39, n. 3, p. 265-279, 1980.

WOOLFORD, F. A. P. *et al.* **The silage fermentation**. New York: Microbiology series, 1984.

WOOLFORD, M. K. The detrimental effect of air on silage. **Journal of Applied Bacteriology**, v. 68, p. 101-116, 1990.

ZHAKYAROSLAV. Figura 45 – Segadeira de arrasto realizando o corte pela parte frontal e expulsando a forragem colhida para trás. Disponível em: <https://www.shutterstock.com/pt/image-photo/big-red-tractor-two-mowers-mows-1773645989>. Acesso em: 08 out. 2020.

ZOPOLLATTO, M. Figura 1 – Esquema do processo de fermentação dentro do silo. In: ZOPOLLATTO, M. **Conservação de forragens**. Curitiba: SENAR AR/PR, 2020.

ZOPOLLATTO, M. Figura 11 – Fechamento de silo trincheira com madeira. *In*: ZOPOLLATTO, M. **Conservação de forragens**. Curitiba: SENAR AR/PR, 2020.

ZOPOLLATTO, M. Figura 12 – Enchimento de silo trincheira com finalização na boca em ângulo de 45°. *In*: ZOPOLLATTO, M. **Conservação de forragens**. Curitiba: SENAR AR/PR, 2020.

ZOPOLLATTO, M. Figura 15 – Compactação da massa a ser ensilada dentro do silo. *In*: ZOPOLLATTO, M. **Conservação de forragens**. Curitiba: SENAR AR/PR, 2020.

ZOPOLLATTO, M. Figura 17 – Abaulamento necessário em silo trincheira. *In*: ZOPOLLATTO, M. **Conservação de forragens**. Curitiba: SENAR AR/PR, 2020.

ZOPOLLATTO, M. Figura 18 – Abaulamento necessário em silo trincheira. *In*: ZOPOLLATTO, M. **Conservação de forragens**. Curitiba: SENAR AR/PR, 2020.

ZOPOLLATTO, M. Figura 19 – Abaulamento necessário em silo trincheira. *In*: ZOPOLLATTO, M. **Conservação de forragens**. Curitiba: SENAR AR/PR, 2020.

ZOPOLLATTO, M. Figura 21 – Lona dupla face em silo trincheira. *In*: ZOPOLLATTO, M. **Conservação de forragens**. Curitiba: SENAR AR/PR, 2020.

ZOPOLLATTO, M. Figura 23 – Silagem com destaque para a presença de fungos filamentosos. *In*: ZOPOLLATTO, M. **Conservação de forragens**. Curitiba: SENAR AR/PR, 2020.

ZOPOLLATTO, M. Figura 25 – Aplicação de cal virgem direto na colhedora. *In*: ZOPOLLATTO, M. **Conservação de forragens**. Curitiba: SENAR AR/PR, 2020.

ZOPOLLATTO, M. Figura 26 – Polpa cítrica peletizada (A) e casquinha de soja (B) usados como sequestrantes de umidade em silagem. *In*: ZOPOLLATTO, M. **Conservação de forragens**. Curitiba: SENAR AR/PR, 2020.

ZOPOLLATTO, M. Figura 27 – (A) Manejo inadequado de retirada, com degraus; (B) retirada adequada, fatia uniforme. *In*: ZOPOLLATTO, M. **Conservação de forragens**. Curitiba: SENAR AR/PR, 2020.

ZOPOLLATTO, M. Figura 30 – Presença de fungos em silagem de milho. *In*: ZOPOLLATTO, M. **Conservação de forragens**. Curitiba: SENAR AR/PR, 2020.

ZOPOLLATTO, M. Figura 31 – Silagem com a superfície totalmente deteriorada. *In*: ZOPOLLATTO, M. **Conservação de forragens**. Curitiba: SENAR AR/PR, 2020.

ZOPOLLATTO, M. Figura 32 – Silagem de milho (A) amarelada e silagem de gramínea de clima temperado (B) levemente amarronzada. *In*: ZOPOLLATTO, M. **Conservação de forragens**. Curitiba: SENAR AR/PR, 2020.

ZOPOLLATTO, M. Figura 33 – Efluente (ou chorume) escorrendo de silagem de milho. *In*: ZOPOLLATTO, M. **Conservação de forragens**. Curitiba: SENAR AR/PR, 2020.

ZOPOLLATTO, M. Figura 36 – A alfafa (*Medicago sativa*) rebrota após o corte. *In*: ZOPOLLATTO, M. **Conservação de forragens**. Curitiba: SENAR AR/PR, 2020.

ZOPOLLATTO, M. Figura 43 – Segadeira de arrasto, com visão dos discos de corte. *In*: ZOPOLLATTO, M. **Conservação de forragens**. Curitiba: SENAR AR/PR, 2020.

ZOPOLLATTO, M. Figura 44 – Segadeira de linha de corte frontal e traseira, com largura de trabalho de 9 metros. *In*: ZOPOLLATTO, M. **Conservação de forragens**. Curitiba: SENAR AR/PR, 2020.

ZOPOLLATTO, M. Figura 52 – Ancinhos usados para espalhar a forragem após o corte. *In*: ZOPOLLATTO, M. **Conservação de forragens**. Curitiba: SENAR AR/PR, 2020.

ZOPOLLATTO, M. Figura 53 – Ancinhos enleiradores para preparar o material para ser recolhido pela enfardadora. *In*: ZOPOLLATTO, M. **Conservação de forragens**. Curitiba: SENAR AR/PR, 2020.

ZOPOLLATTO, M. Figura 55 – A: Enfardadeira retangular; B: recolhimento e formação de fardos cilíndricos. *In*: ZOPOLLATTO, M. **Conservação de forragens**. Curitiba: SENAR AR/PR, 2020.

ZOPOLLATTO, M. Figura 56 – Impacto do período de estiagem em plantas de ciclos de produção curto e longo. *In*: ZOPOLLATTO, M. **Conservação de forragens**. Curitiba: SENAR AR/PR, 2020.

ZOPOLLATTO, M. Figura 59 – Plastificadora para empacotamento do fardo. *In*: ZOPOLLATTO, M. **Conservação de forragens**. Curitiba: SENAR AR/PR, 2020.

ZOPOLLATTO, M. Figura 6 – Linha de leite: referência prática para ponto de corte. *In*: ZOPOLLATTO, M. **Conservação de forragens**. Curitiba: SENAR AR/PR, 2020.

ZOPOLLATTO, M. Figura 61 – Desensiladeira de bolas. *In*: ZOPOLLATTO, M. **Conservação de forragens**. Curitiba: SENAR AR/PR, 2020.

ZOPOLLATTO, M. Figura 7 – Graus de amadurecimento do grão de milho. *In*: ZOPOLLATTO, M. **Conservação de forragens**. Curitiba: SENAR AR/PR, 2020.

ZOPOLLATTO, M. Figura 9 – Tamanho de partícula. *In*: ZOPOLLATTO, M. **Conservação de forragens**. Curitiba: SENAR AR/PR, 2020.

ZOPOLLATTO, M. Quadro 1 – Plantas utilizadas para produção de silagem e suas principais características e limitações. *In*: ZOPOLLATTO, M. **Conservação de forragens**. Curitiba: SENAR AR/PR, 2020.

ZOPOLLATTO, M. Quadro 2 – Principais diferenças entre silo tipo superfície e trincheira. *In*: ZOPOLLATTO, M. **Conservação de forragens**. Curitiba: SENAR AR/PR, 2020.

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

ANEXO 1 – DETERMINAÇÃO DA MATÉRIA SECA EM FORNO DE MICRO-ONDAS DOMÉSTICO

(BACH; SCHMIDT, 2014)

Como fazer no campo?

Colha algumas plantas da lavoura, que sejam representativas da área, e triture-as na ensiladeira. A forragem picada deve ser revolvida e homogeneizada. Colete cerca de 300 gramas do material para determinar a matéria seca.

Usando o forno micro-ondas:

- 1) pese o recipiente (prato) que será usado para secar a forragem, anote o peso ou tare (zere) a balança;
- 2) pese 100 gramas da forragem picada;



- 3) coloque o prato no micro-ondas e coloque um copo com dois dedos de água no fundo do aparelho. A água evita que a amostra queime;
- 4) programe o aparelho para três minutos em potência máxima;



- 5) após os três minutos, retire o prato e revolva a amostra com cuidado, evitando derrubar qualquer partícula fora do prato. Isso é importante para uniformizar a secagem. Garanta que não haja perda de material;
- 6) pese o prato e coloque-o no micro-ondas por mais dois minutos;



- 7) retire o prato, revolva a amostra novamente e a pese;
- 8) coloque novamente o prato no micro-ondas por um minuto. Repita esse passo mais uma vez (dois ciclos de um minuto cada);



- 9) após dois ciclos de um minuto, repita ciclos de 30 segundos de três a quatro vezes, pesando o prato entre os ciclos;



- 10) quando o peso entre duas pesagens subsequentes for bem próximo, o processo estará concluído;



O último valor (peso constante) se refere ao teor de MS da amostra. No caso do exemplo anterior, aproximadamente 32,1% de MS. Ou seja, a forragem original (100 gramas de planta de milho picada) perdeu 67,9 g de água (umidade) durante a secagem, restando 32,1 g de matéria seca.

Recapitulando: teor de MS da planta de milho.

Pesagens	Tempo no micro-ondas	Peso (gramas)
Pesagem inicial		100,00
Pesagem	2 3 minutos	68,67
Pesagem	3 2 minutos	53,79
Pesagem	4 1 minuto	45,47
Pesagem	5 1 minuto	34,27
Pesagem	6 30 segundos	33,09
Pesagem	7 30 segundos	32,11
Pesagem	8 30 segundos	32,08

Assim, determinando-se os valores de MS por secagem no forno micro-ondas, pode-se estabelecer o momento ótimo para realizar o processo de ensilagem. Como recomendação geral, as plantas devem ser ensiladas com teor de MS entre 28 e 35%.

Para estimar se a colheita da planta de milho para ensilagem está próxima, pode-se considerar que, em média, o teor de MS avança 0,5 pontos percentuais por dia.

SISTEMA FAEP



Rua Marechal Deodoro, 450 - 16º andar
Fone: (41) 2106-0401
80010-010 - Curitiba - Paraná
e-mail: senarpr@senarpr.org.br
www.sistemafaep.org.br



Facebook
Sistema Faep



Twitter
SistemaFAEP



Youtube
Sistema Faep



Instagram
[sistema.faep](https://www.instagram.com/sistema.faep)



Linkedin
[sistema-faep](https://www.linkedin.com/company/sistema-faep)



Flickr
SistemaFAEP