

TÉCNICAS PARA PRODUÇÃO E CONSERVAÇÃO DE FENOS DE FORRAGEIRAS DE ALTA QUALIDADE

Ricardo Andrade Reis¹
Andréia Luciane Moreira²
Márcio dos Santos Pedreira³

1. Introdução:

É fato reconhecido que a forragem disponível nas pastagens, durante o período seco, não contém todos os nutrientes essenciais, na proporção adequada, para atender integralmente as exigências dos animais em pastejo.

Desta forma, é de suma importância a produção de forragem de alta qualidade para a confecção de fenos de elevado valor nutritivo durante o verão, resultando em eficiente utilização deste recurso forrageiro para suprir as deficiências quantitativas e qualitativas observadas durante o período de seca.

Para produzir um feno de alta qualidade algumas condições devem ser observadas: uma forragem de boa qualidade deve ser colhida e seca com um mínimo de perdas de nutrientes.

O princípio básico da fenação, resume-se na conservação do valor nutritivo da forragem através da rápida desidratação, uma vez que a atividade respiratória das plantas, bem como a dos microrganismos é paralisada. Assim, a qualidade do feno está associada a fatores relacionados com as plantas que serão fenadas, às condições climáticas ocorrentes durante a secagem e ao sistema de armazenamento empregado.

O feno é um dos mais versáteis sistemas de conservação de forragem, pois desde que protegido adequadamente durante o armazenamento, apresenta as seguintes vantagens: pode ser armazenado pôr longos períodos com pequenas alterações no valor nutritivo (VN), grande número de espécies forrageiras podem ser usadas no processo, o feno pode ser produzido e utilizado em grande e pequena escala, pode ser colhido armazenado e fornecido aos animais manualmente ou num processo inteiramente mecanizado, e pode atender o requerimento nutricional de diferentes categorias animais.

2. Processo de desidratação da forragem

Segundo ROTZ (1995) a forragem ao ser cortada para fenação contém de 70 a 80% de umidade, isto é 2,3 a 5,6 partes de água para cada parte de MS. Quando a forragem é cortada e espalhada no campo para secar há uma súbita interrupção da transpiração (HARRIS e TULLBERG, 1980). A supressão do suprimento de água pelas raízes e uma evaporação contínua da superfície foliar levam ao pré-murchamento, secagem e morte das células. Durante a secagem alguma atividade enzimática prossegue e nutrientes podem ser

¹ Professor da FCAV/UNESP – Jaboticabal – SP, Pesquisador do CNPq. E-mail: rareis@fcav.unesp.br

² Doutoranda da FCAV/UNESP – Jaboticabal – SP, Bolsita da FAPESP. E-mail: aluciane@fcav.unesp.br

³ Doutorando da FCAV/UNESP – Jaboticabal – SP, Prof. UESB/Itapetininga. E-mail: pedreira@fcav.unesp.br

perdidos. Assim, quanto mais rapidamente ocorrer a secagem, e conseqüentemente a morte das células menor será a perda de valor nutritivo.

Uma vez transformada em vapor, a água se move da planta para o ambiente, seguindo o princípio da difusão da umidade. A difusão é controlada pelo gradiente de pressão de vapor entre a superfície do vegetal e o ambiente, sendo influenciada, principalmente pela temperatura e a seguir pelo teor de água da planta (HARRIS e TULLBERG, 1980).

A curva de secagem das plantas forrageiras apresenta formato tipicamente exponencial (Figura 1), de tal forma que cada unidade adicional de perda de água, requer maior tempo. Embora o padrão de perda de água em condições constantes de ambiente seja uniforme, o período de secagem pode ser convenientemente dividido em três fases, as quais diferem na duração, na taxa de perda de água e na resistência a desidratação (MACDONALD e CLARK, 1987).

A primeira etapa de secagem é rápida e envolve intensa perda de água, nesta fase os estômatos permanecem abertos e o déficit da pressão de vapor entre a forragem e o ar é alto e a perda de água pode chegar a 1 g/g de MS/hora. De fato, COSTA e GOMIDE (1991) avaliaram a taxa de secagem dos capins *Andropogon gayanus*, *Brachiaria decumbens*, *Hyparrhenia rufa*, *Melinis minutiflora* e *Panicum maximum*, ceifados com oito e doze semanas de crescimento, em condições de câmara climática e de campo, e observaram maior taxa de secagem na fase inicial, ou seja, nas primeiras nove horas na câmara climática e três horas no campo.

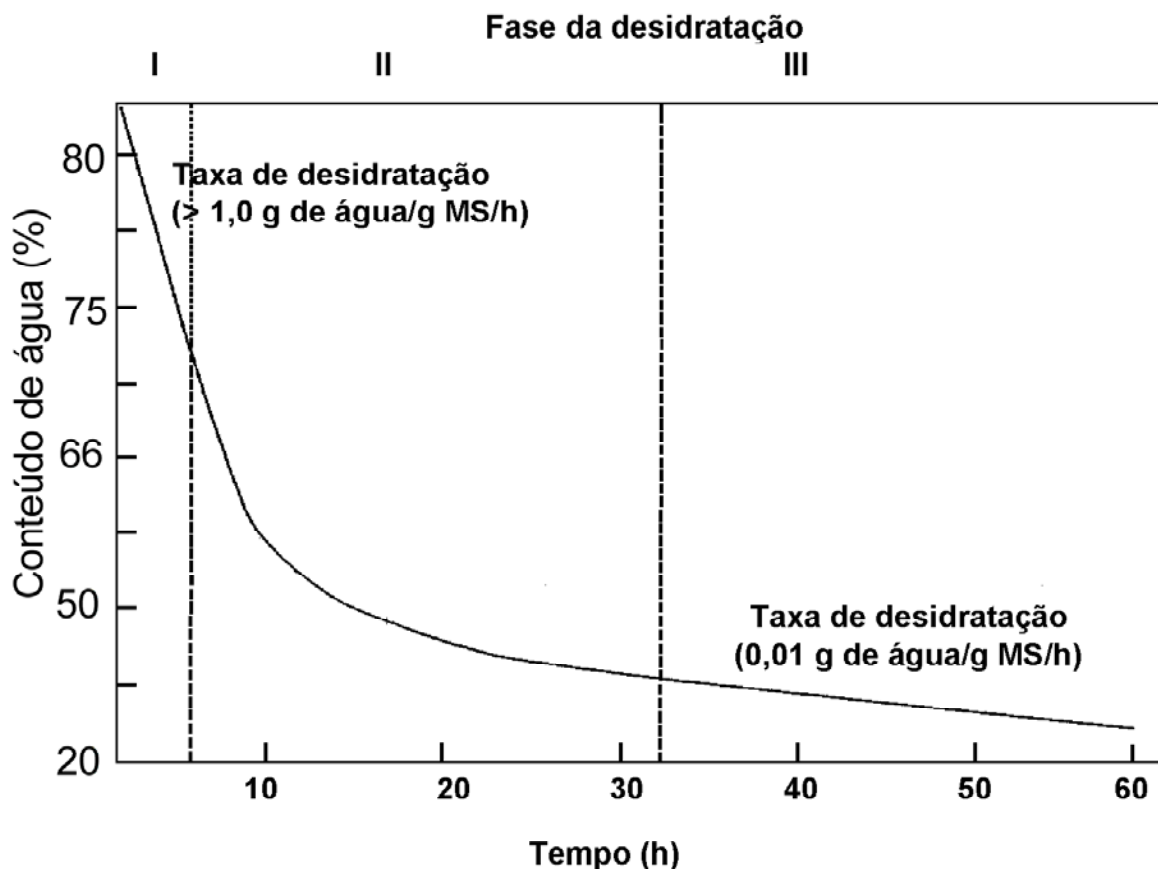


Figura 1. Curva de secagem de plantas forrageiras em condições ambientais uniformes.
Fonte: JONES e HARRIS, 1979.

Da mesma forma, FERRARI JUNIOR et al. (1993) observaram maior taxa de secagem na fase inicial (2 horas), ao avaliarem a velocidade de perda de água do capim coast-cross (*Cynodon dactylon*), em estufa.

Durante o processo de secagem, quando a forragem é enleirada, a progressiva perda de água e o sombreamento, promovem o fechamento dos estômatos, resultando em aumento na resistência à desidratação (HARRIS e TULLBERG, 1980). Embora, os estômatos se fechem em aproximadamente 1 hora após o corte, ou quando as plantas possuem de 65 a 70% de umidade, de 20 a 30% do total de água é perdido nesta primeira fase da secagem (MACDONALD e CLARK, 1987).

Numa segunda fase de secagem, após o fechamento dos estômatos, a perda de água acontece via evaporação cuticular. Assim, a estrutura das folhas, as características da cutícula e a estrutura da planta afetam a duração desta fase de secagem. A resistência cuticular e a camada limítrofe do tecido vegetal com o ambiente tornam-se as principais barreiras a perda de água (HARRIS e TULLBERG, 1980; MACDONALD e CLARK, 1987).

Na fase final da secagem, ou seja, na terceira etapa, em função da plasmólise, a membrana celular perde a sua permeabilidade seletiva, ocorrendo rápida perda de água. A fase se inicia quando a umidade da planta atinge cerca de 45%, sendo menos influenciada

pelo manejo e mais sensível às condições climáticas do que as anteriores, principalmente à umidade relativa do ar (MOSER, 1995).

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

2.1. Fatores que interferem na desidratação

Fatores climáticos

Os fatores climáticos e o solo constituem o ambiente para a secagem da forragem no campo. Os fatores climáticos exercem efeito acentuado na secagem, mas as propriedades do solo também têm influencia no processo. As principais variáveis a serem consideradas em relação ao clima são: radiação solar, temperatura, umidade do ar e velocidade do vento. As altas correlações entre estas variáveis, torna difícil estabelecer quais os efeitos isolados de cada uma sobre a taxa de secagem (ROTZ, 1995).

A umidade relativa (UR) do ar é um dos principais fatores ambientais que exerce influência na perda de água da forragem desidratada a campo (RAYMOND et al., 1991).

De acordo com MACDONALD e CLARK (1987), sob condição de secagem controlada, a alfafa (*Medicago sativa* L.) arranjada em camadas finas atingiu 20% de umidade em 25 horas, com UR de 45%, mas o tempo de secagem se prolongou para 47 horas, ou seja quase o dobro, quando a UR foi de 70%.

Desta forma, é de suma importância o conhecimento da previsão de chuvas, pois o risco de ocorrência de condições desfavoráveis à secagem é grande durante o verão no Brasil Central. Tem-se que 50% dos dias de verão nesta região, apresentam condições apropriadas para a desidratação, ou seja, UR baixa, temperatura elevada e ocorrência de ventos.

Um fator que exerce influencia acentuada na perda de água da forragem é a umidade de equilíbrio. Segundo COLLINS (1995) e ROTZ (1995) a umidade de equilíbrio é aquela que a planta obtém, quando é colocada em um ambiente com temperatura, umidade e radiação constantes pôr um período de tempo indefinido. Esta umidade é primeiramente relacionada com o ambiente e posteriormente com a planta.

Considerando que o feno é higroscópico, ou seja, absorve água do ambiente, a UR também influencia a umidade de equilíbrio da forragem, afim de atingir valores adequados para o armazenamento (Tabela 1).

Tabela 1. Umidade de equilíbrio dos fenos em função da umidade relativa do ar.

Umidade Relativa do Ar (%)	Conteúdo de Umidade do Feno (%)
95	35,0
90	30,0
80	21,5
77	20,0
70	16,0
60	12,5

Fonte: RAYMOND et al., 1991.

A radiação solar tem sido identificada como o principal fator ambiental que influencia a desidratação de gramíneas e de leguminosas e conseqüentemente, está associada à taxa de secagem das forrageiras (HARRIS e TULLBERG, 1980). Além disto, deve-se considerar a influência acentuada da umidade relativa do ar, da evapotranspiração potencial (ETP) ou déficit de pressão de vapor (DPV), da temperatura, dos ventos e da umidade do solo (REES, 1982; ROTZ, 1995).

Fatores inerentes à planta

A superfície das plantas é coberta pôr uma camada de proteção denominada epiderme, cuja porção externa é uma cutícula cerosa que é relativamente impermeável. A função desta cobertura, inclui a prevenção de danos físicos e diminui as perdas de componentes da planta pôr lixiviação e excessiva perda de umidade (HARRIS e TULLBERG, 1980; ROTZ, 1995).

Os fatores relativos à planta que afetam a taxa de secagem, segundo ROTZ (1995) são o conteúdo de umidade inicial da planta e características físicas da forragem.

Inúmeros fatores relacionados à estrutura das plantas influenciam a taxa de perda de água como a razão de peso de folha, a relação folha/caule, a espessura e o comprimento do caule, a espessura da cutícula e a densidade de estômatos (MACDONALD e CLARK, 1987).

COSTA e GOMIDE (1991) observaram correlação alta e positiva entre taxa de secagem de capins tropicais e a razão de peso de folha, pôr outro lado o comprimento dos caules apresentou efeito prejudicial à desidratação (Tabela 2).

É fato reconhecido que existem diferenças na taxa de secagem de plantas forrageiras, mesmo quando fenadas em condições climáticas semelhantes. Segundo COSTA e GOMIDE (1991) o capim jaraguá apresentou maior taxa de secagem, enquanto o capim braquiária decumbens o menor valor, e os capins andropogon, gordura e colômbio valores intermediários, quando desidratados em câmara climática ou no campo. De acordo com esses autores foram observados tempos de secagem para se atingir a umidade final de 38,0; 30,4; 29,7; 28,8 e de 18,3 horas, respectivamente, para os capins braquiária decumbens, andropogon, gordura, colômbio e jaraguá. Os dados destes autores evidenciam a maior velocidade de secagem das plantas colhidas com oito semanas, quando comparadas àquelas com doze semanas de crescimento.

ALCÂNTARA et al. (1999) avaliando a aptidão de diferentes espécies forrageiras para a produção de feno, em função da velocidade de secagem, concluíram que aos 28 dias de rebrota, e com um mesmo conteúdo de umidade o capim brizantha (*Brachiaria brizantha*) perdeu água mais rapidamente do que o capim coast-cross seguido pelo capim aruana (*Panicum maximum*). Pôr outro lado, aos 42 dias de rebrota o capim coast-cross foi desidratado mais rapidamente, seguido dos capins aruana e brizantha, sendo explicado pelo fato desta forrageira apresentar menor diâmetro médio dos caules, comparado aos demais capins.

Tabela 2. Coeficientes de regressão linear simples entre a perda de água das plantas e características morfológicas de gramíneas tropicais.

	Idade em semanas		
	8	12	8-12
Razão de peso de folhas (g/g)	0,983	0,972	0,948

Comprimento dos caules (cm)	-0,988	-0,839	-0,780
Diâmetro dos caules (mm)	0,172	0,659	0,433
Comprimento das folhas (cm)	0,889	0,836	0,751
Largura das folhas (cm)	-0,051	0,003	-0,056
Área de folhas (cm ² /folha)	0,638	0,604	0,611
Área de folha (cm ² /perfilho)	0,559	0,604	0,379
Área específica de folhas (dm ² /g)	-0,338	-0,425	-0,403

Fonte: COSTA e GOMIDE, 1991.

Em relação à proporção de caule, é importante considerar que a transferência de água desta fração para as folhas é um fator importante relacionado a velocidade de secagem, principalmente em leguminosas e gramíneas colhidas na fase reprodutiva. A aplicação de tratamentos mecânicos nos caules, como o condicionamento, resulta em altas taxas de secagem, sendo vantajoso, mesmo se a perda de água do caule via folha for reduzida (ROTZ, 1995, ROTZ, 2001). É fato reconhecido que folhas de alfafa secam mais rapidamente do que os caule mais espessos e essa secagem mais rápida das folhas contribui para a destruição e perda mecânica dos tecidos foliares mais nutritivos (HARRIS e TULLBERG, 1980).

Além deste aspecto, é importante considerar que plantas de crescimento prostrado, como os capins do gênero *Cynodon*, apresentam alta relação folha/caule, e são recomendados para a produção de feno, em função de seu alto VN e facilidade de secagem.

Ao avaliarem o capim coast-cross para fenação FERRARI JUNIOR et al. (1993) observaram valores de 53; 42; 41 e de 37% de folhas nas plantas colhidas, respectivamente aos 42, 56, 70 e 84 dias de rebrota.

Fatores de manejo

Corte

As plantas forrageiras têm características morfofisiológicas que demandam diferentes alturas de corte. De maneira geral, os capins de crescimento prostrado como aqueles dos gêneros *Brachiaria*, *Cynodon*, *Digitaria* podem ser cortados de 10 a 15 cm, enquanto plantas de crescimento ereto como *Avena*, *Hyparrhenia*, *Panicum* as alturas de corte são de 20 a 30 cm. Em termos de leguminosas, como a alfafa a altura de corte esta relacionada à preservação da coroa, normalmente utiliza-se 8 a 10 cm do nível do solo.

Pôr muitos anos, as segadeiras de barra têm sido utilizadas, principalmente pôr serem máquinas simples e baratas. A desvantagem desse equipamento é que apresenta baixa velocidade de operação além de promover dilaceração do caule, o que prejudica a rebrota das plantas, reduzindo a persistência do 'stand' (ROTZ, 2001).

As segadeiras de disco giratório desenvolvem maior velocidade, sendo que o seu desempenho é limitado pela habilidade do operador. A desvantagem desta máquina é o seu alto custo de operação, pois requer quatro vezes mais potência para operação. Portanto, um trator mais potente deve ser utilizado e mais combustível pode ser consumido. Pôr outro lado, com o trabalho desenvolvido em maior velocidade tem-se menor tempo de operação e de utilização do trator.

Segadeiras com tambores giratórios apresentam algumas desvantagens comparadas às demais, pois requerem duas vezes mais potência comparada com as de disco. Além disto, em decorrência do corte desuniforme, tem-se secagem heterogênea nas leiras.

Uma avaliação geral evidencia que nenhum dos tipos de segadeira apresenta uma vantagem acentuada sobre outra, portanto qualquer delas pode ser usada na fenação, sendo o fator de decisão o custo de aquisição e manutenção das mesmas (ROTZ, 2001).

As roçadeiras não devem ser utilizadas no processo, pois além de dilacerarem o caule, picam a forragem, o que dificulta o recolhimento, resultando em substancial perda de matéria seca.

A utilização de segadeiras condicionadoras que promovem o esmagamento do caule, acelera a taxa de secagem, pois aumenta a perda de água através desta fração, reduzindo pela metade o tempo de secagem de plantas forrageiras devido ao aumento da perda de água via caule (RAYMOND et al., 1991; ROTZ, 1995).

HINTZ et al. (1999) verificaram diferentes teores de umidade e tempo para que ocorresse a morte celular em plantas de alfafa quando submetidas à ceifa e maceração (Figura 2). Pode se observar na Figura 2 menor tempo de vida celular e maior taxa de secagem das plantas maceradas, pelo fato do rompimento da cutícula cerosa e ruptura da haste com o processo de maceração, permitindo a evaporação de água da planta mais rapidamente.

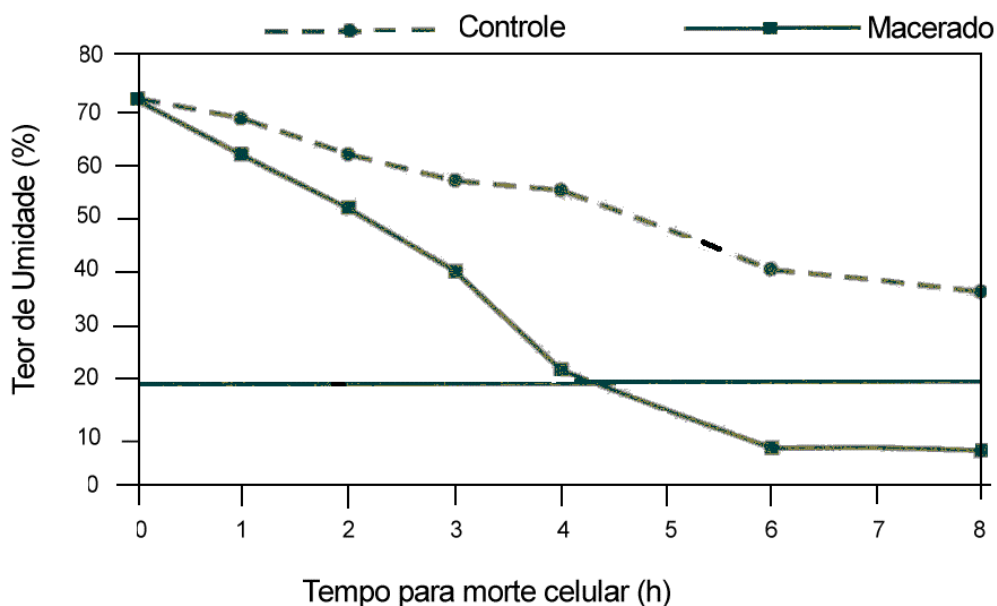


Figura 2. Taxa de desidratação das leiras de alfafa com e sem maceração da forragem ceifada.

Adaptado de HINTZ et al. (1999).

Recentemente, tem sido utilizado condicionadores químicos, mantendo os estômatos abertos mediante aplicação de produtos que aceleram a taxa de secagem das plantas. De acordo com MACDONALD e CLARK (1987) a adição de fusicoccina (uma

toxina produzida pelo fungo *Fusicoccum amygdali* Del.), de quinetina e de azida sódica, retarda o processo de fechamento dos estômatos, acelerando a taxa de secagem.

A aplicação de produtos químicos, com a finalidade de alterar a estrutura da epiderme, como pôr exemplo o carbonato de potássio ou de sódio, dos herbicidas disseccantes dinoseb, endothal e diquat podem resultar em maior taxa de secagem de plantas forrageiras, uma vez que promovem redução na resistência cuticular e a perda de água (MEREDITH e WARBOYS, 1993).

Manuseio da forragem no campo

O propósito dos tratamentos mecânicos é acelerar a taxa de secagem devido causarem uma ruptura das células, aumentando a quantidade de energia solar e de vento que atingem a superfície da forragem cortada, promovendo a remoção da umidade (ROTZ, 1995, 2001).

A colheita da forragem com VN adequado, ou seja, com elevada proporção de folhas tenras, resulta em leiras mais pesadas do que aquelas de plantas que possuem maior percentagem de caules, desta forma, apresentam maior dificuldade para circulação de ar, aumentando a resistência à perda de água.

A altura de corte influencia a porção de caule remanescente, determinando a intensidade do contato da forragem com o solo, influenciando a circulação de ar na base da leira. As leiras produzidas pela maioria das segadeiras são compactas e altas, e considerando que a resistência da leira, na fase inicial de secagem é o principal fator que limita a perda de água, a taxa de desidratação pode ser aumentada após o uso dos ancinhos. Assim, a perda de água na segunda fase de secagem pode ainda ser rápida reduzindo a compactação da leira com viragens e revolvimento através do uso de ancinhos (ROTZ, 2001).

O uso freqüente de ancinhos pode ser mais eficiente quando o conteúdo de água da leira varia de 66 a 50%. Durante esta fase, a forragem na superfície seca rapidamente, enquanto dentro da leira a desidratação é lenta. Assim, cada movimentação da leira proporciona condições apropriadas para a secagem. Além disto, com a forragem tornando-se mais leve devido à perda de água, uma nova ação do ancinho propicia leiras mais abertas, com menor resistência a desidratação. Com o conteúdo de água abaixo de 50% a leira entra em um estágio onde o uso do ancinho não é tão eficiente. Tal fato ocorre, pois nessa fase a taxa de secagem é mais influenciada pela resistência da planta do que pelas estruturas da leira. Nesta fase a umidade de equilíbrio entre o ambiente e a planta assume importância no processo (RAYMOND et al., 1991). Quando a umidade da forragem é de 28% a cultura não secará mais se a UR próxima ou dentro da leira for maior que este valor.

No processo de secagem da forragem no campo, o topo da leira se desidrata primeiro do que a base. Desta forma, a manipulação da leira pode acelerar e uniformizar a secagem, através do revolvimento da forragem mais úmida colocando-a na camada superior, onde ocorre a secagem mais rápida e também do espalhamento, aumentando a superfície de contato com o ambiente (ROTZ, 2001).

O uso de ancinhos para promover a inversão das leiras não se aplica em leguminosas, contudo, são benéficos, após chuvas, ou quando as condições de secagem são inadequadas (ROTZ, 1995).

MAcDONALD e CLARK (1987) observaram taxas de perda de água, na segunda fase, variando de 0,5 para 1%/hora em forragem não virada, aumentando para 2%/hora em

área submetida a ação de ancinhos, e de 3%/hora em forragem que sofreu condicionamento e foi virada com ancinho. Perdas de folhas causadas pelo uso de ancinhos variam de 1 a 3% em gramíneas, mas podem atingir valores de até 35% na fenação de leguminosas.

3. Fatores que interferem no valor nutritivo do feno

O valor nutritivo do feno é o resultado das inter-relações que ocorrem entre inúmeros fatores, sendo os mais importantes aqueles relacionados com as plantas, com o processamento a campo e com as condições de armazenamento.

3.1. Fatores relacionados à planta

As espécies forrageiras apresentam grande variação no valor nutritivo, mesmo quando se desenvolvem nas mesmas condições ambientais. As alterações no VN ocorrem em decorrência da diversidade genética das plantas e as interações com o ambiente e com o manejo.

Leguminosas, normalmente apresentam maior qualidade comparada com gramíneas, mas dentro de cada grupo de plantas há uma grande variação no VN. Quando ambas são colhidas no estágio de desenvolvimento adequado, as leguminosas apresentam maiores conteúdos de proteína bruta, de minerais, de vitaminas, valores mais altos de digestibilidade da matéria seca e taxa de digestão (Figura 3). De fato, em um estudo desenvolvido para se avaliar o VN de fenos, MOREIRA et al. (2001) encontraram um maior teor de proteína bruta (18,2%) e menor valor de FDN (51,0%) para o feno de alfafa e um comportamento inverso para o de capim coast-cross, 10,5% de proteína bruta e 76,0% de FDN, comprovando a melhor qualidade da leguminosas quando comparada às gramíneas.

As gramíneas de clima temperado apresentam melhor qualidade, quando comparadas com as de clima tropical (Figura 3). Ao comparar o valor nutritivo de gramíneas, MINSON (1990) relatou que a média de digestibilidade daquelas de clima temperado foi 13g/kg de MS maior quando comparadas às tropicais.

A análise da Figura 3 evidencia que as leguminosas e as gramíneas de clima temperado apresentam maior concentração de conteúdo celular de alta digestibilidade, em relação às gramíneas de clima tropical.

A concentração de fibra em detergente neutro de gramíneas tropicais é usualmente duas vezes maior do que as das leguminosas (SANDERSON e WEDIN, 1989). Todavia, a parede celular das gramíneas é mais digestível, pois apresentam menores teores de lignina (Figura 3). Cumpre salientar que a porção lignificada da parede celular das leguminosas concentra-se nos caules, enquanto as folhas apresentam elevadas concentrações de conteúdo celular.

Além dos aspectos enumerados, deve ser considerado que para a produção de fenos de alta qualidade, é de suma importância o controle de plantas invasoras. Estas plantas, normalmente afetam o VN dos fenos, pois apresentam baixa digestibilidade e aceitabilidade. Além disto, algumas podem ser tóxicas, ou conter espinhos o que causa sérios danos aos animais que consomem estes fenos.

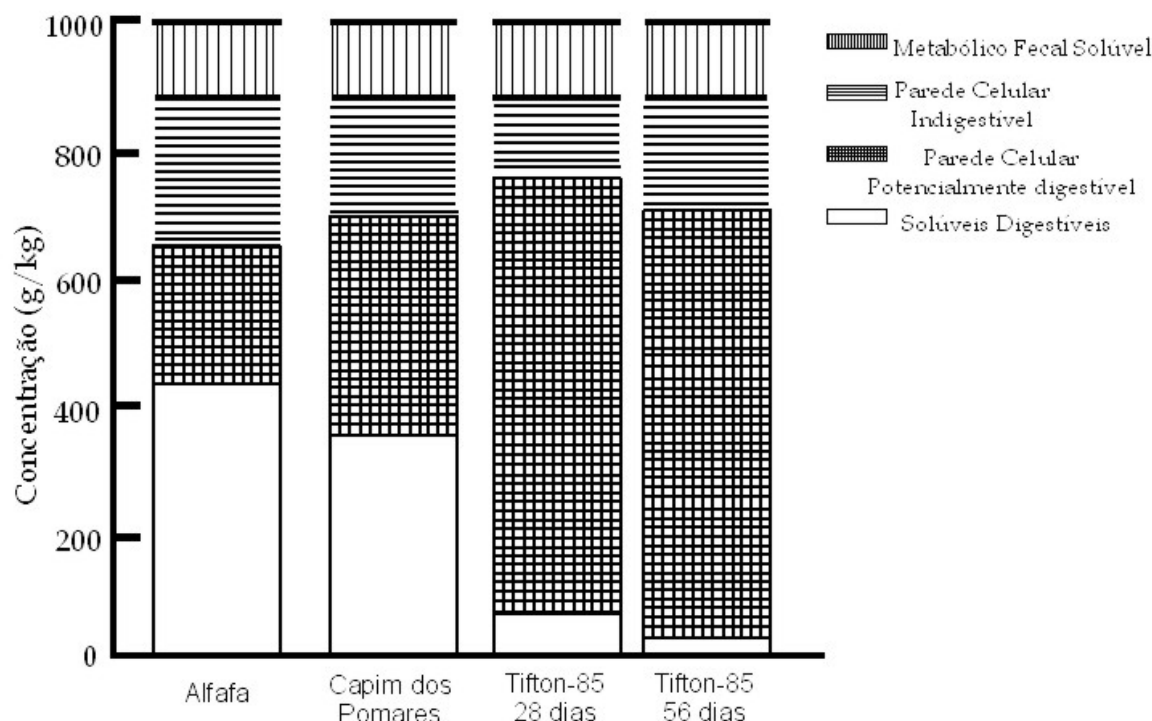


Figura 3. Digestibilidade in vitro da matéria orgânica de alfafa, capim dos pomares e capim tifton-85 com 28 e 56 dias de rebrota.

Fonte: Adaptado de WALDO e JORGENSEN, 1981 e RIBEIRO et al., 2001.

3.2. Fatores ambientais

O potencial genético para a produção de forragem de alta qualidade em uma espécie forrageira pode ser afetado pelas condições ambientais, pois de maneira geral as condições que resultam em incremento na produção de matéria seca, redundam em decréscimo no VN (VAN SOEST, 1994).

Obviamente, o ambiente não só inclui os fatores climáticos (abióticos), mas também os bióticos, ou seja, o pastejo, as pragas e as doenças, além da aplicação de fertilizantes e queimadas, que tem efeito sobre a produção e qualidade da forragem.

Variações climáticas, principalmente da temperatura durante a estação de crescimento, podem causar alterações na qualidade da forragem. Os valores mais baixos de digestibilidade das espécies de clima tropical podem ser atribuídos aos efeitos das temperaturas mais elevadas que promovem rápido desenvolvimento das plantas, diminuindo a relação folha/caule e aumentando os conteúdos de constituintes da parede celular, principalmente lignina (WILSON et al., 1983).

As deficiências de umidade causam paralisação do crescimento e morte da parte aérea das forrageiras, limitando a produção animal em função da baixa qualidade e quantidade da forragem disponível. Deficiências hídricas amenas que reduzem o crescimento, retardam a formação de caules podendo resultar em plantas com maior proporção de folha e de maior VN (VAN SOEST, 1994).

O déficit hídrico também exerce função marcante sobre as células das plantas, pois quase todo processo metabólico depende da água. Entretanto o estresse hídrico tem maior

efeito no crescimento e desenvolvimento que na qualidade das plantas, e muitos dos efeitos causados pelo estresse moderado podem ser positivos, pôr atrasar a maturação.

PACIULLO et al. (1999) na tentativa de associar a proporção de tecidos e a espessura da parede celular com a qualidade nutricional de espécies forrageiras crescendo sob diferentes quantidades de umidade do solo, não observaram variações na proporção de tecidos e umidade do solo (14,74; 17,73 e 24,08% de água no solo, correspondentes às condições de deficiência hídrica severa, moderada e à capacidade de campo, respectivamente). Os autores observaram resposta linear negativa quanto à espessura da parede celular do esclerênquima em relação às quantidades de umidade do solo (Figura 4), sendo considerada uma característica negativa. Foi demonstrada relação negativa entre a espessura da parede celular do esclerênquima e a digestibilidade “*in vitro*” da matéria seca das plantas forrageiras.

Além destes aspectos, é importante reportar que a fertilidade do solo exerce influencia sobre a produção e valor nutritivo de plantas forrageiras. A disponibilidade de nutrientes no solo afeta o VN das forrageiras, permitindo que as plantas absorvam elementos químicos essenciais aos animais e aumentando a produção de forragem de alta qualidade pelo estímulo do crescimento.

Quantidades adequadas de calcário, nitrogênio, fósforo, potássio e microelementos são necessários para garantir altas produções de forragem, e manter a persistência das plantas desejáveis no ‘stand’ pôr longos períodos. A avaliação periódica da fertilidade do solo auxilia na determinação das quantidades de corretivos e fertilizantes a serem aplicados, garantindo o retorno econômico do investimento.

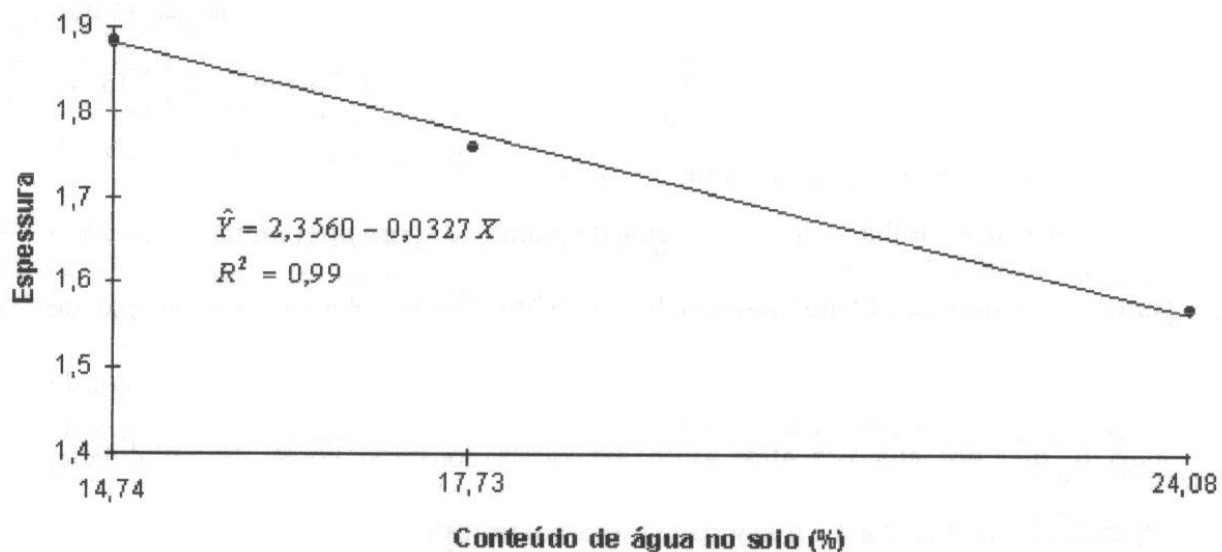


Figura 4. Espessura (cm) das paredes das células do esclerênquima, em função do conteúdo de água no solo

Fonte: Paciullo et al., 1999.

Na produção de feno, deve-se observar que é intensa a remoção de nutrientes pois toda forragem é recolhida, além de não haver reciclagem de nutrientes através das fezes e urina dos animais em pastejo.

GOMES et al. (1997) avaliando cultivares do gênero *Cynodon* sob duas doses de adubo nitrogenado (0 e 400 kg/ha), em dois períodos do ano observaram diferença para a produção de matéria seca e relação colmo/folha, entre cultivares e entre doses de nitrogênio. Independente do cultivar avaliado, a adubação nitrogenada proporcionou incrementos de 173% na produção de matéria seca, 58,5% para o vigor da rebrota e 20,9% na relação colmo/folha das plantas no período chuvoso. Nesse trabalho o cultivar tifton-85 (*Cynodon spp.*), apresentou maior produção de matéria seca e a menor relação colmo/folha.

MANEGATTI et al. (1999) observaram alterações na composição química das plantas de capins coast-cross, tifton-68 e tifton-85 com a aplicação de nitrogênio no solo. Estes autores observaram nos cultivares avaliados, incremento na produção de matéria seca e nos teores de proteína bruta, redução nos teores de FDN e não registraram alteração nos conteúdos de FDA e nos valores de digestibilidade in vitro da matéria seca com o aumento das doses de nitrogênio (Figura 5).

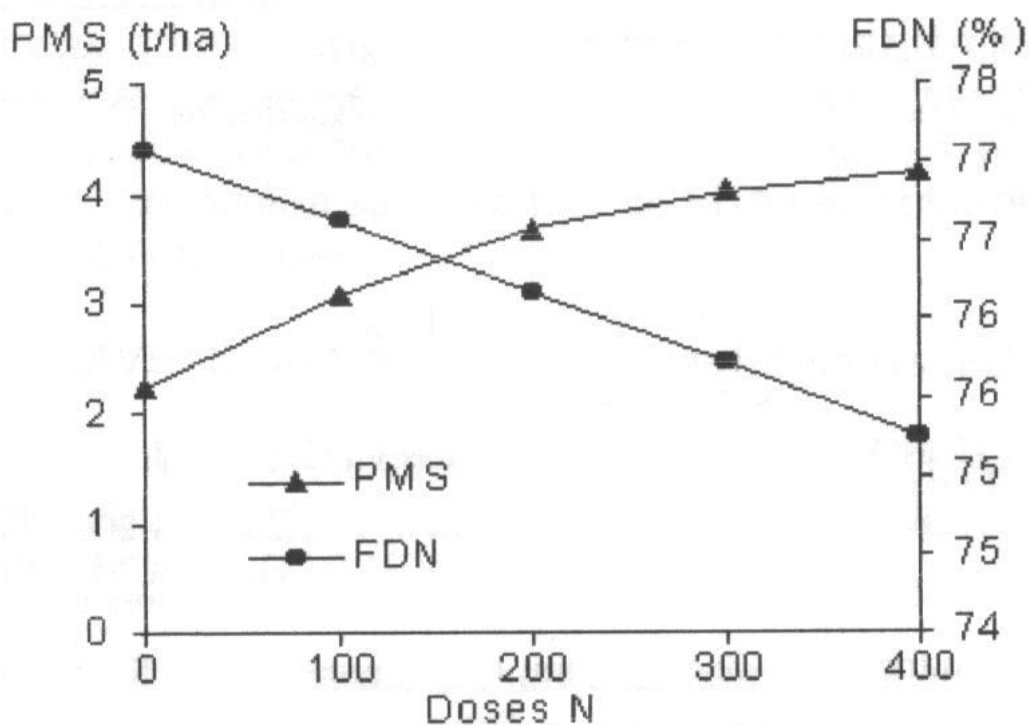


Figura 5. Produção de MS e teor médio de FDN dos capins coast-cross, tifton-68 e tifton-85 em função das doses de nitrogênio. Adaptado de MANEGATTI et al., 1999.

3.3. Estádio de desenvolvimento

O estágio de desenvolvimento no momento do corte, sem dúvida, é o fator que exerce maior influência na qualidade da forragem. Com o crescimento ocorrem alterações,

que resultam na elevação dos teores de compostos estruturais, tais como a celulose, a hemicelulose e a lignina e, paralelamente, diminuição do conteúdo celular. Além destas alterações, é importante salientar que a diminuição na relação folha/caule resulta em modificações na estrutura das plantas. Desta forma, é de se esperar, que plantas mais velhas apresentem menor conteúdo de nutrientes potencialmente digestíveis. Deve-se considerar que, em gramíneas tropicais, em função da temperatura ambiente e da alta luminosidade, observa-se rápido crescimento, o que acarreta variações acentuadas na sua composição química e na digestibilidade.

A análise dos dados da Figura 3 (RIBEIRO et al., 2001) evidencia aumento nos valores de parede celular indigestível e decréscimo no conteúdo celular do capim tifton 85 colhido aos 28 e 56 dias de crescimento, respectivamente.

Segundo OLIVEIRA et al. (2000) ao avaliarem os parâmetros morfológicos do capim tifton-85 em diferentes idades de rebrota, concluíram que a taxa de senescência foliar desta espécie apresentou comportamento sigmoidal com o desenvolvimento (Figura 6). Conforme pode ser observado, até os 28 dias de idade a taxa de senescência das folhas foi lenta, aumentando linearmente até os 58 dias, tendendo a estabilizar a partir desta idade, o que indica a adoção de cortes em torno de 28 dias, objetivando maximizar a eficiência de uso de forragem, em termos quantitativos e qualitativos.

A análise conjunta dos dados de OLIVEIRA et al. (2000) e de RIBEIRO et al. (2001) permite concluir que a colheita do tifton 85 em idade superior a 28 dias pode resultar em forragem de pior qualidade, em decorrência do aumento da senescência e consequentemente elevação nos teores de constituintes da parede celular de baixa digestibilidade

REIS (2000) avaliando a composição química de alguns gêneros de capins tropicais colhidos em diferentes idades, elaborou equações para estimar os teores dos constituintes da parede celular em função do período de rebrota (Tabela 3).

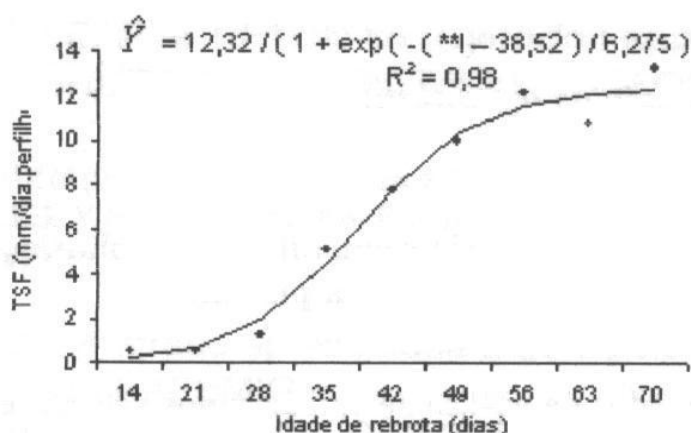


Figura 6. Estimativa da taxa de senescência foliar (TSF) do capim tifton-85 em diferentes idades de rebrota.

Fonte: Oliveira et al., 2000.

Tabela 3. Equações de regressão e coeficiente de determinação da fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido de gramíneas tropicais em função da idade de corte (X).

Gramíneas	Equações de regressão	Coeficiente de determinação (R ²)
Fibra em detergente neutro		
Braquiarião	$Y=80,9275+0,0474X-0,0002X^2$	0,9515
Coast-cross	$Y=83,8518+0,0421X-0,0001X^2$	0,7260
Tifton-85	$Y=88,7100+1,2872X-0,1372X^2$	0,9351
Capim gordura	$Y=77,3123+0,1315X-0,0003X^2$	0,8274
Decumbens africana	$Y=74,4920+3,8678X-0,2985X^2$	0,8771
Fibra em detergente ácido		
Braquiarião	$Z=40,6702+0,0513X$	0,9448
Coast-cross	$Z=39,2248+0,0440X$	0,9690
Tifton-85	$Z=41,5348+0,0471X$	0,9824
Capim gordura	$Z=39,0905+0,0773X$	0,9597
Decumbens africana	$Z=37,8801+0,0585X$	0,9653

Adaptado de REIS, 2000.

3.4. Perdas no campo

Perdas durante a secagem da forragem

A forragem permanecendo cortada no campo pode sofrer alterações acentuadas em sua composição química e atividade fisiológica. As atividades fisiológicas ocorrem no protoplasma ou porção viva da planta (simplast). A porção não viva (apoplast), tal como a parede celular, uma vez formada, não possui atividade fisiológica intrínseca (MOSER, 1980, 1995).

As perdas de nutrientes se iniciam imediatamente após o corte, e algumas alterações bioquímicas, como a respiração e a oxidação são inevitáveis durante a secagem. Desta forma, a remoção de água tão rápida quanto possível, resultará na diminuição das perdas pôr esses processos (REES, 1982; MUCK e SHINNERS, 2001).

Vários tipos de perdas podem ocorrer no recolhimento da forragem, além daquelas consideradas inevitáveis, como respiração celular, fermentação, lixiviação, decomposição de compostos nitrogenados e oxidação de vitaminas.

Segundo MUCK e SHINNERS (2001) pode-se enumerar os seguintes tipos de perdas que ocorrem no recolhimento do feno:

- Perdas no corte devido à altura do resíduo;
- Perdas pôr respiração e fermentação decorrentes do prolongamento do período de secagem;
- Perdas pôr lixiviação levando a decréscimo no conteúdo de compostos solúveis;
- Perda de folhas em decorrência do manuseio excessivo da forragem, notadamente na fase final de secagem; e,
- Perdas pôr deficiência no recolhimento da forragem.

Teoricamente, muitas destas perdas podem ser evitadas, contudo a ocorrência de chuvas inesperadas pode causar perdas inevitáveis.

As enzimas hidrolíticas e respiratórias presentes nas células das plantas continuam ativas até que condições letais ocorram, ou seja, redução acentuada no conteúdo de água das células. A respiração celular cessa, quando o teor de água da planta atinge valores abaixo de 35 a 40% (REES, 1982; MACDONALD e CLARK, 1987). Se a planta permanece respirando, ocorrerá perda de carboidratos solúveis de alta digestibilidade, diminuindo assim a qualidade do feno. Outros compostos, como gordura e proteína podem ser usados no processo de respiração quando se esgotam os carboidratos solúveis.

Da mesma forma, o processo de fermentação pode ocorrer no campo, principalmente se o tempo de secagem for prolongado em função das condições climáticas inadequadas para a secagem (MOSER, 1980).

As perdas devido à ocorrência de chuvas durante a secagem a campo podem chegar a mais de 30% da matéria seca (MS). O maior percentual da MS perdida é relativo ao conteúdo de compostos solúveis, altamente digestíveis. Os principais fatores que afetam as perdas pôr lixiviação estão relacionados com a quantidade, intensidade e duração das chuvas. Fatores inerentes à cultura como o conteúdo de água da planta no momento da chuva, maturidade, relação folha/caule, densidade da camada de forragem, espécie forrageira e o tratamento da planta no momento do corte (condicionamento), influenciam acentuadamente as perdas de MS (MACDONALD e CLARK, 1987; MOSER, 1995; MUCK e SHINNERS, 2001).

A ocorrência de chuvas pode afetar a taxa de secagem e qualidade dos fenos de diferentes formas:

- Prolongamento da vida da célula, permitindo a continuação do processo respiratório;
- Lixiviação de compostos solúveis;
- Causa perda indireta de folhas pela manipulação excessiva do feno;
- Propicia ambiente adequado para o desenvolvimento de microrganismos no campo, resultando em fermentação.

As chuvas na fase final da secagem, quando as células estão mortas e a membrana celular perdeu sua permeabilidade diferencial, causam maiores perdas do que aquelas que ocorrem no início da fenação. Da mesma forma, o condicionamento da forragem resulta em maiores perdas devido à ocorrência de chuvas (ROTZ, 1995). A forragem que foi submetida à chuva, para completar a secagem deverá sofrer processamento intenso no campo, o que pode resultar em aumento nas perdas mecânicas (ROTZ, 2001).

As perdas no processo de fenação podem ser estimadas, com base nos trabalhos revisados pôr MACDONALD e CLARK (1987), conforme as condições de secagem e de armazenamento (Tabela 4).

Tabela 4. Previsão de perdas (%), durante o processo de fenação em diferentes condições de secagem no campo.

Fontes de perdas	Ótimas		Normais		Adversas	
	P	C	P	C	P	C
Forragem cortada		100		100		100
Corte/condicionamento	5	95	10	90	20	80
Respiração	5	90	10	81	15	68
Ancinho	5	86	10	73	20	54
Lixiviação	0	86	10	66	15	46

Enfardamento	5	81	10	59	20	37
Armazenamento	5	77	10-20	53-47	30	26
Manuseio	5	74	10	48-43	30	18
Forragem consumida		74		48-43		18

P- Perdido (%); C- Conservado (%).

Fonte: MACDONALD e CLARK, 1987.

Perdas de carboidratos solúveis

As perdas de carboidratos solúveis na forragem cortada exposta ao ar são devidas principalmente à respiração e fermentação. Estes, sendo altamente digestíveis, fazem com que a perda de valor nutritivo seja bem maior do que pareceria se fosse considerada apenas a perda de matéria seca total isoladamente. Os carboidratos solúveis perdidos incluem frutose, sacarose e frutanas. SULLIVAN (1973) relatou redução nos teores de frutanas em azevém e menor redução nos conteúdos de hexoses. De qualquer modo, as perdas de carboidratos solúveis respondem pelas maiores alterações nos conteúdos de matéria seca, principalmente durante o pré-murchamento e secagem lentos, mas redução nos teores de ácidos orgânicos também ocorrem.

É importante considerar que durante a secagem e em decorrência da atividade respiratória (que resulta em decréscimo nos conteúdos de carboidratos solúveis), as concentrações de proteína bruta, fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e de lignina, os quais não são afetadas pela respiração, podem aumentar em termos proporcionais, uma vez que os resultados são expressos em percentagem.

Compostos nitrogenados

Durante a secagem, podem ocorrer pequenas perdas de compostos nitrogenados através da conversão da proteína em formas mais simples de nitrogênio não protéico (NNP) solúvel. Assim, o desdobramento da proteína na presença de umidade é muito rápido, e a extensão da degradação é influenciada pelo tempo de secagem (MOSER, 1995).

As perdas de compostos nitrogenados são menores que as de carboidratos solúveis. Proteases vegetais ainda estão ativas durante a secagem e os teores de N total solúvel aumentam, em oposição ao N protéico, pela formação de peptídios, aminoácidos, amidas e bases voláteis (MOSER, 1980). O percentual dos aminoácidos constituintes da fração protéica também muda, com redução de glicina, serina, treonina, alanina, tirosina, valina, metionina, leucina e isoleucina e aumento de prolina, glutamina e asparagina.

Como quase todas as formas de N são aproveitadas pelo ruminante, não ocorrem grandes perdas de valor nutritivo devido a essas interconversões. Em média, 2,5% do N é perdido, mas a digestibilidade da proteína, só será grandemente afetada com aumento na temperatura e/ou interferência de microrganismos.

Vitaminas

Segundo MOSER (1995) a secagem ao sol diminui os teores das vitaminas A (β caroteno), C e E, em função da oxidação e queima. Todavia, ocorre aumento no conteúdo de vitamina D. A Vitamina D esta ausente ou ocorre em pequenas quantidades em forragens verdes. Seus protótipos são esteróides, amplamente distribuídos em pequenas quantidades. Com a morte das células após o corte, e durante o pré-murchamento, certos

esteróides expostos à luz solar se transformam em vitamina D ou aumentam a atividade antiraquítica. A radiação ultravioleta (280-300 mμ) tem poder de penetração baixo, mas suficiente para provocar um rearranjo molecular para produzir o fator antiraquítico. A intensidade da atividade produzida é proporcional ao tempo de exposição ao sol. As folhas são mais susceptíveis à irradiação que os colmos, logo, material fenado com alta proporção de colmos e exposto a pouca radiação contém pouca atividade. Contudo, também foi observado que a atividade pode ser maior numa forragem madura, devido à alta concentração de esteróides nas partes florais em desenvolvimento (MOSER, 1980).

A vitamina E é um tocoferol e em termos práticos pode ser expressa como total de tocoferóis presentes na planta. Folhas verdes são altas em tocoferóis, particularmente durante o período de florescimento, de forma que um pasto verde é rico em atividade de vitamina E, enquanto as forragens maduras são pobres e o feno seco apresenta atividade ainda mais baixa.

Minerais

Perdas de minerais, como fósforo e cálcio, podem ocorrer em pequenas quantidades, entretanto uma exposição prolongada no campo pode alterar estes valores. Com a ocorrência de lixiviação, quebra da folha e outros processos físicos indiretos podem proporcionar a perda de minerais, notadamente a de potássio.

Glicosídeos cianogênicos

A secagem promove diminuição na concentração de compostos tóxicos, como glicosídeos cianogênicos presente em algumas espécies de Cynodon, no sorgo e no trevo, que perdem tal efeito devido à desnaturação das enzimas que liberam a cianida, ou pela volatilização do ácido cianídrico liberado (MOSER, 1980).

Existe também as substâncias estrogênicas presentes na alfafa (cumesterol) que interfere no ciclo estral dos animais e acarretam problemas no parto, todavia tais compostos tem a sua presença diminuída após o processo de secagem.

Outras mudanças também ocorrem na forragem após secagem natural ou artificial, destacando-se a diminuição do conteúdo de proteína solúvel da alfafa, que é o agente causador do timpanismo em animais em pastejo nesta espécie de leguminosa (MOSER, 1980., 1995).

3.5. Perdas no armazenamento

O recolhimento dos fenos com umidade, acima de 20%, reduz as perdas no campo, diminuindo os riscos de ocorrência de chuvas e as perdas de folhas, principalmente em leguminosas (REIS e RODRIGUES, 1992, 1998).

As principais causas de perdas de MS no armazenamento de fenos com alto conteúdo de água estão relacionadas com a continuação da respiração celular e ao desenvolvimento de bactérias, fungos e leveduras. Em função da respiração celular e do crescimento de microrganismos, tem-se a utilização de carboidratos solúveis, compostos nitrogenados, vitaminas e minerais. Desta forma, há diminuição no conteúdo celular e aumento percentual na porção referente aos constituintes da parede celular, o que resulta em diminuição do VN.

Deve-se considerar, que a intensa atividade de microrganismos promove aumento na temperatura do feno, podendo-se registrar valores acima de 65°C e até combustão

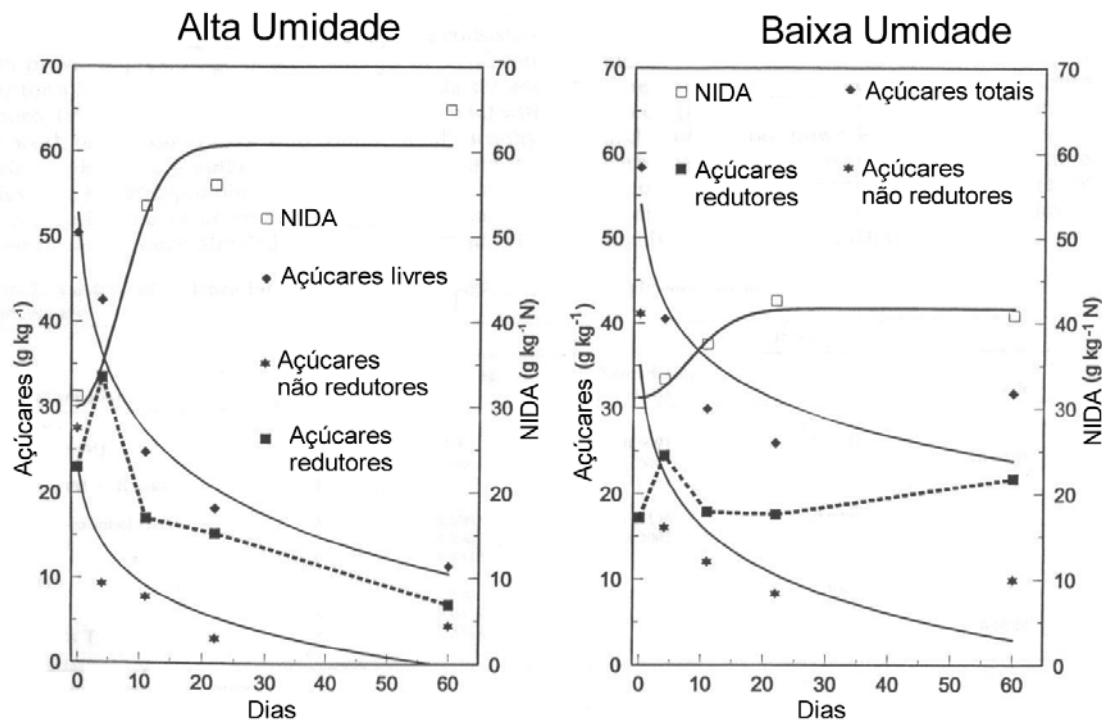
espontânea. Condições de alta umidade e temperaturas acima de 55°C são favoráveis a ocorrência de reações não enzimáticas entre os carboidratos solúveis e grupos aminas dos aminoácidos, resultando em compostos denominados produtos de reação de Maillard (MOSER, 1980, 1995).

A formação de produtos de Maillard em fenos superaquecidos promove diminuição acentuada na digestibilidade da proteína, uma vez que se pode observar aumento considerável nos teores de NIDA, o qual não é disponível para os microrganismos do rúmen. Portanto, o aumento de NIDA acarreta decréscimo de proteína solúvel e elevação na quantidade de proteína bruta (PB) alterada pelo calor.

COBLENTZ et al. (1997) observaram correlação positiva entre o aquecimento espontâneo e as concentrações de nitrogênio insolúvel em detergente neutro e nitrogênio insolúvel em detergente ácido nos fenos de capins do gênero *Cynodon* armazenados com diferentes teores de umidade.

COBLENTZ et al. (2000) observaram o fluxo de açúcares durante o armazenamento do feno de alfafa e as alterações na qualidade da forragem quando enfardadas com diferentes teores de umidade (Figura 7), e verificaram que na planta enfardada com alta umidade (30%), os teores de carboidratos não estruturais e a fração de nitrogênio insolúvel em detergente ácido se comportaram de forma diferente que nas plantas armazenadas com baixa umidade (20%).

Figura 7. Concentrações totais de açúcares solúveis, açúcares não redutores, açúcares redutores e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) conforme o tempo de estocagem em fenos de alfafa com alta (30%) e baixa umidade (20%). Linhas sólidas representam regressão linear e linhas tracejadas



conteúdos médios.

Fonte: Adaptado de COBLENTZ et al., 1997.

Conforme pode ser observado na Figura 7, há uma menor complexação do nitrogênio com a fração FDA nos fenos armazenados com baixa umidade (20%), verificando-se ainda aumento nos teores médios de açúcares redutores à medida que se prolongou o tempo de armazenamento. Os autores observaram também uma taxa mais lenta de queda nos teores de açúcares nos fenos mais secos (20%), quando comparado com aqueles armazenados com alta umidade (30%).

Segundo MOSER (1995) a análise de fenos armazenados com umidade acima de 15%, e que sofreram aquecimento evidencia algumas mudanças na cor, associadas com a atividade de microrganismos e aquecimento durante o armazenamento. A cor verde presente no enfardamento dos fenos úmidos é alterada para vários tons de marrom. A extensão das alterações na cor fornece indicação da intensidade do aquecimento no armazenamento e ocorrência da reação de Maillard.

Nos fenos enfardados com alta umidade a digestibilidade da MS e de outros nutrientes diminuem com o armazenamento, uma vez que muitos compostos facilmente digestíveis são perdidos devido à respiração (MOSER, 1980, 1995).

As plantas forrageiras em crescimento no campo estão inoculadas, naturalmente, com uma ampla variedade de fungos e de bactérias. Segundo REES (1982) a população de fungos de campo, geralmente não causa alterações acentuadas na composição química dos fenos, exceto quando a umidade permanece elevada pôr períodos prolongados.

A população de fungos de campo é menos diversificada do que a registrada no armazenamento dos fenos (REIS e RODRIGUES, 1998), sendo que os microrganismos presentes durante este período são xerotolerantes e mais termotolerantes do que os de campo. Neste grupo estão incluídos os gêneros *Aspergillus*, *Absidia*, *Rhizopus*, *Paecilomyces*, *Penicillium*, *Emericella*, *Eurotium* e *Humicola* (KASPERSSON et al., 1984).

De acordo com HLODVERSSON e KASPERSSON (1986) a fenação altera a população de fungos da forragem, havendo diminuição naqueles gêneros típicos de campo como *Alternaria*, *Fusarium* e *Cladosporium* e aumento de *Aspergillus* e *Fusarium*, de maior ocorrência durante o armazenamento (Tabela 5).

É importante considerar, que além das alterações na composição química, o desenvolvimento de fungos pode ser prejudicial à saúde dos animais e das pessoas que manuseiam estes fenos, devido à produção de toxinas, principalmente aquelas relacionadas aos fungos patogênicos como *Aspergillus glaucus* e *Aspergillus fumigatus* (MOSER, 1995; REIS e RODRIGUES, 1998).

Estes fungos produzem toxinas, e a presença de esporos causa uma doença respiratória nos seres humanos denominada febre do feno. Nos animais, problemas respiratórios não são tão intensos, com exceção dos eqüinos, que podem ser acometidos pôr doenças respiratórias e digestivas causadas pôr fungos (COLLINS, 1995). A doença pulmonar crônica obstrutiva e alterações digestivas em eqüinos estão associadas com a presença de fungos em fenos e palhas. Os esporos de fungos, também podem contribuir para o aparecimento de cólica em eqüinos.

A aspiração de esporos do fungo *Aspergillus fumigatus* durante o manuseio dos fenos contaminados, pode causar a febre do feno, e algumas vezes doenças que debilitam o organismo devido ao crescimento dos fungos nos tecidos dos pulmões. Os bovinos, geralmente são menos afetados pela presença de fungos nos fenos do que os eqüinos, contudo eles também estão sujeitos a abortos micóticos e aspergilose (MOSER, 1995).

MEISSER (2001) trabalhando com preservação de fenos com diferentes conteúdos de umidade destacou que naqueles com teores de umidade de 21% a flora microbiana predominante foi representada pôr grupos de *Aspergillus glaucos* e em umidade mais elevadas (28%) outras diversas espécies de *Aspergillus* foram encontradas. Tal fato conduziu a uma rápida deterioração do feno, e o autor destacou que os carboidratos solúveis foram as principais fontes de energia para o desenvolvimento dos microrganismos.

Tabela 5. População de fungos em fenos de gramíneas enfardados com alta umidade (44%)

Grupos de Fungos	Dias de armazenamento					
	0	2	5	7	12	19
Aspergillus	O	--	D	D	D	D
Penicillium	O	--	D	D	D	D
Scopulariopsis	O	--	--	--	--	--
Fusarium	D	D	--	--	--	--
Cladosporium	D	D	D	D	D	--

D- Dominante, O-Ocorrência freqüente

Fonte: HLODVERSSON e KASPERSSON, 1986.

A ocorrência de fungos, nos fenos de grama paulista (*Cynodon dactylon* (L.) Pers), enfardados com diferentes conteúdos de água foi avaliada pôr REIS et al. (1997), que observaram os gêneros *Cladosporium*, *Curvularia*, *Aspergillus* e *Penicillium* com maior incidência. Todavia, segundo os autores, com o armazenamento durante 30 dias, observou-se diminuição na incidência de *Curvularia* (fungo de campo) e aumento de *Aspergillus* e *Penicillium*, fungos típicos de armazenamento.

Os resultados de trabalhos de pesquisa evidenciam que quando se armazena fenos com baixa umidade é pequena a incidência de actinomicetos, bactérias e esporos de fungos. Nos fenos com umidade normal observa-se aumento no número de esporos de fungos, e nos de alta umidade tem-se elevada população de bactérias e de actinomicetos (ROBERTS, 1995).

KASPERSSON et al. (1984) enfardaram fenos de gramíneas com 31% de umidade e observaram alterações na população de microrganismos durante 14 dias e registraram rápido aumento na temperatura dos fardos, causando diminuição nas relações bactérias mesofílicas/termófilicas, em virtude do aumento na população das bactérias adaptadas a altas temperaturas. Segundo estes autores é difícil de se avaliar os efeitos isolados da temperatura sobre a população de fungos.

4. Aditivos para conservação de fenos

A conservação de fenos enfiados com alta umidade, com baixas quantidades de perdas no VN pode ser obtida com a utilização de aditivos que controlam o desenvolvimento de microrganismos (REIS e RODRIGUES, 1992;1998; ROTZ, 1995; MUCK e SHINNERS, 2001).

Uma grande variedade de produtos químicos pode ser aplicada em fenos armazenados com alta umidade visando controlar o crescimento de microrganismos, destacando-se a utilização de diacetato de sódio, ácido propiônico, propionato de amônio, uréia e amônia anidra (COLLINS, 1995).

Os produtos químicos podem agir diminuindo a disponibilidade de água e de oxigênio, alterando o pH dos fenos ou destruindo ou inibindo o crescimento dos microrganismos.

Os sais podem ser usados com a finalidade de se reduzir à quantidade de água dos fenos, enquanto adição de CO₂ foi pesquisada como forma de reduzir a disponibilidade de O₂, mas esse sistema apresenta dificuldades para aplicação prática.

O ácido propiônico e outros ácidos orgânicos, quando aplicados em quantidades apropriadas, controlam o crescimento de fungos como *Aspergillus fumigatus* e de actinomicetos como *Micopolyspora faeni* e de *Thermoamicetos vulgaris*, agentes causadores da febre do feno (COLLINS, 1995). Segundo este autor, produtos químicos a base de ácido propiônico foram eficientes em prevenir o aquecimento e preservar a qualidade dos fenos de alfafa e de capim coast-cross armazenados com alta umidade.

Ao avaliarem 100 produtos químicos para conservação de fenos, LACEY et al. (1981) observaram que 1/3 deles foi eficiente em prevenir o aquecimento e aparecimento de microrganismos, quando aplicados na dose de 0,5% do peso seco da forragem armazenada com 35% de umidade. Segundo estes autores, os aditivos utilizados para conservação do VN de fenos com alto teor de umidade devem apresentar características desejáveis tais como:

- Baixa toxicidade para os mamíferos;
- Efeito sobre fungos, actinomicetos e bactérias;
- Distribuição uniforme nos fardos;
- Baixos níveis de perdas pôr volatilização;
- Não ser excessivamente absorvido pelo feno;
- Manuseio fácil e seguro;
- Amplo espectro de ação;
- Solúvel em água.

É importante salientar, que estas características foram observadas, principalmente no ácido propiônico parcialmente neutralizado com a amônia.

BARON e GREER (1988) testaram seis produtos químicos para conservar o VN do feno de alfafa armazenado com teor de água variando de 15 a 35%, e observaram que o uso de ácido propiônico (67%) mais amônia anidra (23%) foi eficiente em prevenir o aquecimento e reduzir as perdas na qualidade da forragem enfiada com alta umidade (35%). Segundo estes autores os produtos que diminuiram o pH dos fenos apresentaram maior efeito fungistático. Na mesma linha de pesquisa, BARON e MATHISON (1990) observaram que o ácido propiônico parcialmente neutralizado com amônia, aplicado nas doses de 1,25 a 1,50% da MS dos fenos de alfafa com umidade superior a 25%, não afetou as perdas de MS, apesar de ter controlado a temperatura e a população de microrganismos.

A inibição do crescimento de microrganismos é conseguida através da manutenção de uma concentração mínima de ácido na fração aquosa do feno. Assim, altas doses de

ácido propiônico são requeridas para o controle eficiente dos microrganismos nos fenos contendo alta umidade (COLLINS, 1995).

De acordo com LACEY et al. (1981), em condições de laboratório o controle de fungos pode ser obtido com a aplicação de 1,25% do produto químico em relação ao peso seco dos fenos. Contudo, no campo esta dose deve ser aumentada para 3,0%. Doses mais altas podem ser requeridas para o tratamento dos fenos no campo, afim de se contornar os problemas relativos à umidade da forragem, perdas durante a aplicação e manuseio, ou distribuição desuniforme do produto químico. Desta forma, em fenos com 25% de umidade, a dose de ácido propiônico de 3,0% do peso seco, pode ser equivalente à aplicação de 0,75% do peso verde.

MEISSER (2001) observou que o uso de propionato de amônio (equivalente a 64% de ácido propiônico) foi efetivo em preservar a qualidade de fenos. A aplicação de 1:100 equivalentes de ácido propiônico promoveu adequada conservação de fenos com 23% de umidade, porém não foi eficiente quando utilizado para preservar a qualidade de fenos armazenado com 29% de umidade.

Devido ao fato de serem voláteis e corrosivos, pode-se aplicar os ácidos orgânicos, parcialmente neutralizados. Os ácidos podem ser neutralizados através da mistura com amônia, ou com outros compostos químico compatíveis, afim de elevar o pH e assim diminuir os efeitos na corrosão dos equipamentos (ROTZ, 1995). Desta forma, tem-se que os ácidos orgânicos parcialmente neutralizados apresentando pH 6, são menos voláteis e corrosivos do que as soluções contendo apenas ácidos, mas mantêm a eficiência no controle de microrganismos (COLLINS, 1995).

Um estudo foi desenvolvido pôr JASTER e MOORE (1992) com o propósito de se avaliar a eficiência do ácido sórbico, sorbato de potássio, carbonato de potássio e ácido propiônico na secagem e conservação de feno de alfafa enfardo com 30% de umidade. Esses autores constataram que a adição de baixa ou altas dose de sorbato de potássio no enfardamento, não foi eficiente em preservar a qualidade dos fenos. Todavia, a utilização deste produto no momento do corte, decresceu o tempo de secagem em 4 horas e preservou a qualidade da forragem.

A utilização rotineira, de ácidos para o tratamento de fenos pode ser antieconômica, se justificando apenas em situações onde se procura evitar a intensa ocorrência de chuvas durante a secagem no campo (ROTZ, 1995).

Dentre as técnicas utilizadas para a conservação de fenos com alta umidade, destaca-se a amonização, através da amônia anidra ou do uso da uréia como fonte de amônia (REIS e RODRIGUES, 1992; REIS et al., 1997).

A amônia atua no controle de fungos, principalmente através da elevação do pH do meio (REIS e RODRIGUES, 1998). Além de sua ação fungistática, a amônia atua sobre a fração fibrosa da forragem, solubilizando a hemicelulose e aumentando a disponibilidade de substratos prontamente fermentecíveis para os microrganismos do rúmen. Além dos aspectos reportados, é importante ressaltar a incorporação de nitrogênio não protéico na forragem submetida a amonização, resultando em incremento na digestibilidade e consumo de MS (ROTZ, 1995).

Em estudos sobre a aplicação de NH_3 (1,0 e 2,0% da MS) no feno de alfafa enfardado com alta umidade (35%), THORLACIUS e ROBERTSON (1984) observaram que o uso da maior dose de amônia, foi eficiente em prevenir o crescimento de fungos e o aquecimento durante o armazenamento sob lona plástica, e mesmo após a remoção da

cobertura, evidenciando que os fenos tratados apresentaram maior estabilidade durante o armazenamento.

Da mesma forma, WOOLFORD e TETLOW (1984) ao avaliarem os fenos de azevém (*Lolium perene* L.), enfardado com 20 ou 40% de umidade e tratado com amônia anidra (0,0; 2,0; 4,0; e 8,0% da MS), e armazenado pôr 56 dias sob lona plástica e 28 dias em local arejado, registraram que nos fenos tratados a população de leveduras e de fungos foi reduzida em ambos os períodos, enquanto os fenos não tratados se deterioraram (Tabela 6). Estes autores observaram redução nos teores de FDN, elevação nos de PB e na digestibilidade “in vitro” da matéria orgânica dos fenos tratados com amônia.

REIS e RODRIGUES (1998) relatam que a composição química e a digestibilidade “in vitro” da MS dos fenos dos capins gordura (*Melinis minutiflora* P. de Beauv.) e de braquiária decumbens (*Brachiaria decumbens* Stapf.) amonizados (2,0; 4,0 e 6,0% da MS) foram alteradas durante o período de tratamento sob lona plástica (45 dias), e posteriormente estas mudanças persistiram pôr 60 dias de armazenamento em condição de aeração.

Tabela 6. População de microrganismos (\log_{10} UFC) de fenos de azevém enfardados com diferentes conteúdos de umidade e tratados com amônia anidra (NH_3).

Umidade (%)	NH_3 (% MS)	Microrganismos Totais	Leveduras	Fungos
20	0,0	> 10,2	6,0	5,2
	2,0	8,7	3,2	< 3,7
	4,0	7,2	3,2	< 3,7
	8,0	7,2	3,2	< 3,7
40	0,0	11,6	10,6	10,4
	2,0	9,8	4,0	3,2
	4,0	6,7	3,5	< 3,4
	8,0	6,7	3,7	< 3,4

Fonte: WOOLFORD e TETLOW, 1984.

Em estudos conduzidos pôr GROTHEER et al. (1985) com feno de capim bermuda (*Cynodon dactylon* L. Pers) enfardado com alta (34%) e com baixa umidade (25%) verificou-se que a amonização (3,0% da MS) reduziu a população de microrganismos e os teores de FDN e de hemicelulose, bem como aumentou os de PB e a digestibilidade “in vitro” da matéria seca (DIVMS). Em trabalho posterior com a mesma espécie, enfardada com 9,2 e 35% de umidade e tratada com amônia anidra (0,0; 2,0 e 4,0% da MS) durante 1, 3 e 6 semanas, sob lona plástica, GROTHEER et al. (1986), observaram aumento no pH e diminuição na população de fungos nos fenos armazenados com alto conteúdo de água e tratado com NH_3 .

Dados obtidos pôr BONJARDIM et al. (1992) e pôr REIS et al. (1993) demonstram que a aplicação de 1,5% de amônia anidra foi eficiente em inibir o desenvolvimento de fungos dos fenos dos capins braquiária decumbens, bem como a média dos valores referentes aos capins estrela (*Cynodon plectostachyus*) e coast cross (Tabela 7).

Quanto a composição química da forragem, BONJARDIM et al. (1992) observaram que a amonização não alterou os teores de FDA e de celulose, mas diminuiu os conteúdos

de FDN e de hemicelulose e aumentou os de PB, sendo que esta alterações resultaram na elevação da DIVMS dos fenos tratados com 1,5 ou 3,0% de NH₃.

Tabela 7. Desenvolvimento de fungos em fenos de gramíneas tratados com amônia anidra.

Umidade (%)	NH ₃ (% MS)	Nº de colônias /g de MS	
		<i>Cynodon</i> ¹	<i>B. decumbens</i> ²
15,0	0,0	7,5 x 10 ⁵	6,6 x 10 ⁵
	1,5	1,0 x 10 ²	1,5 x 10 ²
	3,0	2,3 x 10 ²	5,0 x 10 ³
20,0 a 25,0%	0,0	1,1 x 10 ⁶	9,5 x 10 ⁵
	1,5	5,5 x 10 ¹	6,7 x 10 ¹
	3,0	8,1 x 10 ²	3,4 x 10 ²

Fonte: 1.BONJARDIM et al., 1992; 2. REIS et al., 1993.

É importante salientar que bovinos consumindo fenos de alta qualidade tratados com altas doses de NH₃ (3,0% da MS) podem apresentar hipersensibilidade, causando danos ao animal e redução no consumo de forragem (COLLINS, 1995).

Trabalhos de pesquisa indicam que as reações entre a amônia e os açúcares presentes na forragem de alta qualidade resultam na formação de 4-metilimidazol que é o principio tóxico. A aplicação de amônia anidra em forragens de baixo valor nutritivo não apresenta risco de formação de 4-metilimidazol em função dos baixos conteúdos de açúcares solúveis destes volumosos (ROTZ, 1995; COLLINS, 1995).

Além disto, deve-se considerar que o manuseio da NH₃ requer cuidados especiais, pois o contato deste produto com a pele pode causar queimaduras, e a sua inalação acarreta problemas cardíacos e respiratórios (ROTZ, 1995).

Estudos recentes tem demonstrado a viabilidade de se usar uréia como fonte de amônia para o tratamento de fenos armazenados com alta umidade. O sistema de tratamento é fundamentado no fato, de que a uréia em contato com uma fonte de urease, em um ambiente úmido é hidrolisada, produzindo duas moléculas de amônia e uma de CO₂ (SUNDSTOL e COXWORTH, 1984).

SILANIKOVE et al.(1988) observaram que a adição de uréia (3,5% da MS) no feno de green panic (*Panicum maximum* Jacq. var. trichoglume cv. Petrie), armazenado com 40% de umidade, foi eficiente em prevenir o desenvolvimento de fungos e de leveduras, em decorrência do aumento no pH da forragem (Tabela 8).

Foram observados aumentos no pH de 6,7 (no dia da aplicação da uréia) para 9,8 (4 dias após o tratamento) e posteriormente, observou-se diminuição para 7,8 (20 dias após o tratamento). Esses autores observaram que após 20 dias de tratamento, 62,7% da uréia foi recuperada no feno na forma de NH₃.

Tabela 8. População de microrganismos (Nº/g de amostra) do feno de capim green panic enfardado com alta umidade (40%) e tratado com uréia (3,5% da MS).

Dias de armazenamento	pH	Fungos	Leveduras
0	6,5	1,1 x 10 ¹⁰	2,5 x 10 ¹¹
4	9,8	---	---
20	7,8	1,5 x 10 ¹	5,5 x 10 ⁸

Fonte: SILANIKOVE et al., 1988.

ALHADHRAMI et al. (1989) ao testarem os efeitos da aplicação de uréia (2,0 e 4,0% da MS) no feno de alfafa armazenado com alta umidade (25 a 31%), observaram que a adição de 4% de uréia foi eficiente em controlar o desenvolvimento de fungos.

Em pesquisas sobre o uso de aditivos, REIS et al. (1997) observaram que a incidência de fungos dos gêneros *Aspergillus* e *Penicillium* diminuiu durante o armazenamento do feno de grama paulista (*Cynodon dactylon*), enfardado com alta umidade e tratado com 0,5 ou 1,0% de amônia anidra em relação a MS. Contudo, o uso de uréia (1,8% da MS) foi eficiente no controle de *Aspergillus*, não afetando a incidência de *Penicillium* durante o armazenamento. Da mesma forma, ROSA et al. (1998) observaram diminuição na incidência de *Aspergillus* no feno de braquiária decumbens, enfardado com alta umidade e tratado com amônia anidra (1,0% na MS) ou com uréia (0,9; 1,8% na MS).

REIS et al. (1997) observaram que a aplicação de 1,0% de NH₃ ou de 1,8% de uréia não alterou a composição química da fração fibrosa dos fenos armazenados com alta umidade (20-25%), mas promoveu aumento na DIVMS devido a incorporação de NNP.

Em estudo desenvolvido para se avaliar a incidência de fungos nos fenos de alfafa armazenados com baixa umidade (12 a 13%) e não tratado, e com alta umidade (26 e 35%) e tratado com amônia anidra (1,0% da MS), ou com uréia (0,9 ou 1,8% da MS), FREITAS et al. (1997) observaram a ocorrência de 15 gêneros de fungos nos fenos controle, 11 nos tratados com amônia e 12 nos que recebiam uréia. Esses autores observaram que a aplicação de NH₃ foi mais eficiente no controle de fungos, quando comparada ao uso da uréia. O gênero *Paecilomyces* foi o de maior ocorrência nos fenos avaliados, enquanto os tratamentos com amônia ou com uréia foram eficientes em controlar a população de *Aspergillus* e de *Penicillium*.

A utilização de aditivos microbianos tem sido recomendada para acelerar o abaixamento do pH das silagens através da adição de bactéria homofermentativas que aumentam a produção de ácido lático. Segundo COLLINS (1995), inoculantes bacterianos podem ser usados para conservar a qualidade de fenos armazenados com alta umidade, contudo a forma de atuação destes aditivos não tem sido claramente definida.

De acordo com ROTZ (1995) inoculantes com poucas cepas de *Lactobacillus* não tem efeito no desenvolvimento de fungos, alterações na cor, aquecimento, perda de MS e mudanças na qualidade de fenos armazenados com alta umidade.

Em trabalho de pesquisa conduzido pôr WITTENBERG e MOSSTAGHI-NIA (1991) para avaliar fenos de alfafa enfardado com baixa, média e alta umidade, tratados com produtos comerciais contendo bactérias viáveis produtoras de ácido lático, foi observado que não houve efeito dos tratamentos nas espécies de fungos presentes na forragem.

Estes autores avaliaram a composição química do feno de alfafa enfardado com baixa (15-20%), média (20-25%) e alta umidade (25-30%) sendo os dois últimos tratados com inoculantes comerciais contendo bactérias lácticas viáveis e não viáveis, aplicados no momento do enfardamento ou amonizados. Foi observado que a amonização resultou em aumento na retenção de MS, de PB e de FDN durante o armazenamento, quando comparada à forragem não tratada ou inoculada com bactérias.

De acordo com WITTENBERG et al. (1996) a análise visual dos fungos, a presença de material estranho, a identificação das espécies de fungos, são de uso limitado na determinação do valor alimentício dos fenos. Os dados de VN e do valor comercial podem ser melhor determinados através do perfil de nutrientes contidos nos fenos.

5. Considerações finais

A intensificação da exploração do potencial de produção das gramíneas de clima tropical durante o período das chuvas, acarreta o agravamento dos efeitos da estacionalidade do crescimento, afetando a performance animal, pois tem-se deficiências quantitativas e qualitativas na forragem proveniente das pastagens durante o período seco do ano.

A produção, secagem e o armazenamento de forragem de alto valor nutritivo, é uma atividade de suma importância nos sistemas de exploração intensiva de plantas forrageiras para a produção animal nas regiões de clima tropical. Nestas condições, a fenação é uma garantia do fornecimento de forragem de alta qualidade durante o ano todo, além de ser uma técnica de extrema eficiência para o manejo adequado das pastagens.

A escolha das espécies forrageiras adaptadas às condições climática e de solo, a adoção de manejo compatível com as características morfofisiológicas devem ser observadas para se garantir a persistência e produtividade do “stand”.

O conhecimento das condições climáticas é necessário para o planejamento do corte, de tal forma a minimizar as perdas durante a secagem no campo. É importante considerar, que as informações meteorológicas estão disponíveis, contudo os dados específicos de uma região são difíceis de serem obtidos.

A adoção de máquinas compatíveis com as características morfofisiológicas das gramíneas e das leguminosas tropicais deve ser considerado, pois muitas vezes os equipamentos disponíveis não se adaptam ao processo eficiente de fenação dos capins tropicais que apresentam alta produção de matéria seca.

A utilização de aditivos para conservação de fenos enfardados com alta umidade, deve ser considerada em relação aos aspectos econômicos. O custo da aquisição e aplicação dos aditivos deve ser menor do que o valor da forragem que se perderia sem o uso do produto químico. Ademais, em se tratando de animais de alto padrão genético, é necessário o fornecimento de feno de alto valor nutritivo, isento de microrganismos que possam produzir toxinas prejudiciais à saúde dos mesmos.

6. Referências Bibliográficas

- ALCÂNTARA, P.B., OTSUK, I. P., OLIVEIRA, A.A.D. et al. Aptidão de algumas espécies de forragens para a produção de feno em função da velocidade de secagem. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1999. CD – ROM.
- ALHADHRAMI, G., HUBER, J.T., HIGGINBOTHAM, G.E. et al. 1989. Nutritive value of high moisture alfalfa hay preserved with urea. *J. Dairy Sci.* 74(4): 972-979.
- BARON, V.S., MATHISON, G.W. 1990. Yield, quality and preservation of moist hay subjected to rain-free and weathered conditions. *Can. J. Anim. Sci.* 70(2): 611-622.
- BARON, V.S., GREER, G.G. 1988. Comparison of six commercial hay preservatives under simulated storage conditions. *Can. J. Anim. Sci.* 68(4): 1195-1207.

- BONJARDIM, S.R., REIS, R.A., RODRIGUES, L.R.A. et al. 1992. Avaliação da qualidade dos fenos de gramíneas tropicais armazenados com diferentes níveis de umidade e tratados com amônia. *Rev. Soc. Bras. Zoot.*, 21(5): 866-873.
- COBLENTZ, W.K., FRITZ, J.O., BOLSEN, K.K. et al. 1997. Relating sugar fluxes during bale storage to quality changes in alfalfa hay. *Agron. J.* 89(5): 800-807.
- COBLENTZ, W.K., TURNER, J.E., SCARBROUGH, D.A. et al. 2000. Storage characteristics and nutritive value changes in bermudagrass hay as affected by moisture content and density of rectangular bales. *Crop Sci.* 40(5): 1375-1383.
- COLLINS, M. 1995. Hay preservation effects on yield and quality. In: *Post-harvest physiology and preservation of forages*. Moore, K.J., Kral, D.M., Viney, M.K. (eds). American Society of Agronomy Inc., Madison, Wisconsin. p.67-89.
- COSTA, J.L., GOMIDE, J.A. 1991. Drying rates of tropical grasses. *Trop. Grassl.* 25(4): 325-332.
- FERRARI JUNIOR, E.F., RODRIGUES, L.R.A., REIS, R.A. et al. 1993. Avaliação do capim coast-cross para a produção de feno em diferentes idades e níveis de adubação de reposição. *B. Industr. Anim.* 50 (2):137-145.
- FREITAS, D., REIS, R.A., PEREIRA, J.R.A. et al. Avaliação de aditivos para a conservação do feno de alfafa. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. 34, *Anais...*, Juiz de Fora, 1997. Lizieire et al. (ed.) Sociedade Brasileira de Zootecnia, Juiz de Fora. 1997. p.357-359.
- GOMES, L.H., CECATO, U., ÍTAVO, L.C.V. 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: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1997. CD –ROM.
- GROTHER, M.D., CROSS, D.L., GRIMES, L.W. 1986. The effect of ammonia level and time of exposure to ammonia on the nutritional and preservatory characteristics of dry and high-moisture coastal bermuda grass hay. *Anim. Feed Sci. and Technol.* 14(1-2): 55-65.
- GROTHER, M.D., CROSS, D.L., GRIMES, L.W., et al. 1985. Effect of ammonia level and injection of ammonia on nutrient quality and preservation of coastal bermudagrass hay. *J. Anim. Sci.* 61(6): 1370-1377.
- HARRIS, C.E., TULLBERG, J.N. 1980. Pathways of water loss from legumes and grass cut for conservation. *Grass and Forage Sciences.* 35(1):1-11.
- HINTZ, H.W., KOEGEL, R.G., KRAUS, T.J. et al. 1999. Mechanical maceration of alfalfa. *J. Anim. Sci.* 77(1): 187-193.
- HLODVERSSON, R.; KASPERSSON, A. 1986. Nutrient losses during deterioration of hay in relation to changes in biochemical composition and microbial growth. *Anim. Feed Sci. and Technol.* 15(2):149-165.
- JASTER, E.H., MOORE, K.J. 1992. Hay desiccation and preservation with potassium sorbate, potassium carbonate, sorbic acid and propionic acid. *Anim. Feed Sci and Technol.* 38(1): 175-186.
- JONES, L., HARRIS, C.E. 1979. Plant and swath limits to drying. Forage conservation in the 80's. Occasional symposium. 11. *Brit. Grassl. Soc.*, London. p. 53-60.
- KASPERSSON, A., HLODVERSSON, R., PALMGREN, U. et al. 1984. Microbial and biochemical changes occurring during deterioration of hay and preservative effect of urea. *Swedish J. Agric. Res.* 14(1): 127-133.

- LACEY, J., LORD, K.A., CAYLEY, G.R. 1981 Chemical for preventing mounding in damp hay. *Anim. Feed Sci. And Technol.* 6(3): 323-336.
- MACDONALD, A.D., CLARK, E.A. 1987. Water and quality loss during field drying of hay. *Adv. in Agron.* 41:407-437.
- MANEGATTI, D.P., ROCHA, G.P., PAIVA, M.J.A. et al. Efeito de doses de nitrogênio sobre a produção de matéria seca e o valor nutritivo dos capins coast-cross, tifton 68 e tifton 85. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1999. CD –ROM.
- MEISSER, M. Konservierung von feuchtheu. *Agrarforschung*, 8(2), 2001. Disponível em: <<http://gateway.ovid.com/ovidtest>>. Acesso em: 10 set. 2001.
- MEREDITH, R.H., WARBOYS, I.B. 1993. Accelerated drying of cut lucerne (*Medicago sativa* L.) by chemical treatments based on inorganic potassium salts or alkali metal carbonates. *Grass and Forage Sciences* 48(2): 126-135.
- MINSON, D.J. *Forage in ruminant nutrition*. New York. Academic Press. 1990. 483p.
- MOREIRA, A.L., PEREIRA, O.G., GARCIA, R., et al. 2001. Produção de leite, consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes, pH e concentração de amônia ruminal em vacas lactantes recebendo rações contendo silagem de milho e fenos de alfafa e de capim coast-cross. *Rev. Bras. Zoot.* 30(3): 1089-1098. (Suplemento 1).
- MOSER, L.E. 1980. Quality of forages as affected by post-harvest storage and processing. In: *Crop quality storage, and utilization*. ASA, CSSA. Madison, Wisconsin. p.227-260.
- MOSER, L.E. 1995. Post-harvest physiological changes in forage plants. In: *Post-harvest physiology and preservation of forages*. Moore, K.J., Kral, D.M., Viney, M.K. (eds). American Society of Agronomy Inc., Madison, Wisconsin. p. 1-19.
- MUCK, R.E., SHINNERS, K.J. 2001. Conserved forage (silage and hay): progress and priorities. In: International Grassland Congress, XIX. 2001. São Pedro. *Proceedings...* Piracicaba: Brazilian Society of Animal Husbandry. p.753-762.
- OLIVEIRA, M.A., PEREIRA, O.G., HUAMAN, C.A.M. et al. 2000. características morfogênicas e estruturais do Capim Bermuda “Tifton 85” (*Cynodon* spp.) em diferentes idades de rebrota. *Rev. Bras. Zoot.* 29(6): 1939-1948.
- PACIULLO, D.S.C., GOMIDE, J.A., QUEIROZ, D.S. et al. 2001. Correlações entre componentes anatômicos, químicos e digestibilidade *in vitro* da matéria seca de gramíneas forrageiras. *Rev. Bras. Zoot.* 30(3): 955-963. Sup. 1.
- RAYMOND, F., SHEPPERSON, G., WALTHAM, R. 1991. *Forage Conservation and Feeding*. Farming Press Limited. Wharfedale Road Ipswich, Suffolk. 3º ed. 208 p.
- REES, D.V.H. 1982. A discussion of sources of dry matter loss during the process of haymaking. *J. Agric. Eng. Res.* 27(4): 469-479.
- REIS, S.T. *Valor nutricional de gramíneas tropicais em diferentes idades de corte*. 2000. 99p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.
- REIS, R.A., PANIZZI, R.C., ROSA, B. et al. 1997. Efeitos da amonização na ocorrência de fungos, composição química e digestibilidade *in vitro* de fenos de grama seda (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.). *Rev. Bras. Zoot.* 26 (3): 454-460.
- REIS, R.A., RODRIGUES, L.R.A. 1998. Aditivos para a produção de fenos. In: Moura, A.S.A.M.T. et al. (eds). Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 35. Botucatu-SP, 1998. *Anais...*, Botucatu:SBZ.p. 109-152.

- REIS, R.A., RODRIGUES, L.R.A. 1992. Uso de conservantes em fenos com alto teor de umidade. In: Semana de Zootecnia. A interação, solos, pastagens e nutrição animal. XIV. *Anais...*, Fukushima, R. (ed.). Fundação Cargill. Pirassununga. p.77-89.
- REIS, R.A., RODRIGUES, L.R.A., NAHAS, E. et al. 1993. Amonização do feno de *Brachiaria decumbens* com diferentes níveis de umidade. *Pesq. Agrop. Bras.* 28(4): 539-543.
- RIBEIRO, K.G., PEREIRA, O.G., VALADARES FILHO, S.C. et al. 2001. Caracterização das frações que constituem as proteínas e os carboidratos, e respectivas taxas de digestão, do feno de capim tifton-85 de diferentes idades de rebrota. *Rev. Bras. Zoot.* 30 (2): 589-595.
- ROBERTS, C.A. 1995. Microbiology of stored forages. In: *Post-harvest physiology and preservation of forages*. Moore, K.J., Kral, D.M., Viney, M.K. (eds). American Society of Agronomy Inc., Madison, Wisconsin. 21-38.
- ROSA, B., REIS, R.A., PANIZZI, R.C. et al. 1998. Preservação do feno de *Brachiaria decumbens* Stapf cv. Basilisk submetido a tratamento com amônia anidra ou uréia. *Rev. Bras. Zoot.* 27(4): 691-694.
- ROTZ, C.A. Mechanization: Planning and selection of equipment. In: International Grassland Congress, XIX. 2001. São Pedro. *Proceedings...* Piracicaba: Brazilian Society of Animal Husbandry. p. 763-768.
- ROTZ, C.A. 1995. Field curing of forages. In: *Post-harvest physiology and preservation of forages*. Moore, K.J., Kral, D.M., Viney, M.K. (eds). American Society of Agronomy Inc., Madison, Wisconsin. p. 39-66.
- SANDERSON, M.A., WEDIN, W.F. 1989. Nitrogen concentrations in the cell wall and lignocellulose of smooth bromegrass herbage. *Grass and Forage Sci.* 44(2): 151-158.
- SILANIKOVE, N., COHEN, O., LEVANON, D., et al. 1988. Preservation and storage of green panic (*Panicum maximum*) as moist hay with urea. *Anim. Feed Sci. Technol.* 20 (2): 87-96.
- SULLIVAN, J.T. Drying and storing herbage as hay. In: BUTLER, G.W., BAILEY, R.W. *Chemistry and biochemistry of herbage*. Vol. 3. Londres: Academic Press. 1973. 295p. 1-31.
- SUNDSTOL, F., COXWORTH, E.M. 1984. Ammonia treatment. In: SUNDSTOL, F., OWEN, E. *Straw and others fibrous by-products as feed*. Amsterdam: Elsevier Press, p.196-247.
- THORLACIUS, S.O., ROBERTSON, J.A. 1984. Effectiveness of anhydrous ammonia as a preservative for high-moisture hay. *Can. J. Anim. Sci.* 64 (4): 867-880.
- VAN SOEST, P.J. 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*, ed., New York: Cornell University Press, 476p.
- WALDO, D.R., JORGENSEN, N.A. 1981. Forages for high animal production: Nutritional factors and effects of conservation. *J. Dairy Sci.* 64: 1207-1229.
- WILSON, J.R., BROWN, R.H., WINDHAM. 1983. Influence of leaf anatomy on the dry matter digestibility on C3, C4, and C3/C4 intermediate types of *Panicum* species. *Crop Sci.* 30: 141-146.
- WITTENBERG, K.M., MOSHTAGH-NIA, S.A. 1991. Influence of anhydrous ammonia and bacterial preparations on alfalfa forage baled at various moisture levels. II. Fungal invasion during storage. *Anim. Feed Sci. And Technol.* 34 (1): 67-74.
- WITTENBERG, K.M., UNDI, M., BOSSUYT, C. 1996. Establishing a feed value for moulded hay. *Anim. Feed Sci. And Technol.* 60 (3-4): 301-310.

WOOLFORD, M.K., TETLOW, R.W. 1984. The effect of anhydrous ammonia and moisture content on the preservation and chemical composition of perennial ryegrass hay. *Anim. Feed Sci. and Technol.* 11 (3):159-166.