

É POSSÍVEL PRODUZIR FENO DE QUALIDADE EM CLIMA TROPICAL?

Ricardo Andrade Reis^{1*}; Antonio Ricardo Evangelista^{2*}; Fernanda Carvalho Basso³

¹Docente da UNESP/Jaboticabal,²Docente da UFPA,³Doutoranda da UNESP/Jaboticabal.

*Pesquisador do CNPq, Membro do INCT/CA

Introdução

No Brasil Central, a produção pecuária tem por base a utilização de pastagens formadas com gramíneas forrageiras de clima tropical, as quais em decorrência das condições climáticas apresentam uma acentuada estacionalidade quantitativa e qualitativa da forragem.

Desta forma, 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.

Assim, a conservação de forragem na forma de feno assume importância fundamental principalmente em sistemas intensivos de produção e, neste contexto a produção e o armazenamento de forragem de alta qualidade durante os períodos favoráveis ao crescimento resultam em mais uma opção de recurso forrageiro que contribui para reduzir deficiências de volumosos observadas durante o período de seca.

A fenação pode ser realizada mediante o aproveitamento do excesso da produção das pastagens do período de verão, ou através do cultivo de áreas exclusivas para o corte, o que propicia a produção de feno de maior qualidade e eficiência econômica.

Dentre as alternativas de conservação de forragem, a fenação se destaca em decorrência de algumas características:

- Pode ser armazenado por longos períodos com pequenas alterações no valor nutritivo;
- Inúmeras espécies forrageiras, tanto gramíneas como leguminosas, podem ser usadas no processo;
- Pode ser produzido e utilizado em grande e pequena escala;
- Pode ser colhido, armazenado e fornecido aos animais manualmente ou em processo inteiramente mecanizado;
- Pode atender o requerimento nutricional de diferentes categorias animal.

O uso do feno no Brasil, exceto para equinos ou ruminantes de alta linhagem, ainda é limitado em função de alguns fatores tais como:

- Disponibilidade irregular para aquisição;
- Custo elevado em momentos de picos de demanda;
- Dificuldades estruturais da propriedade para a produção própria, desconhecimento do valor nutricional do feno para compor a dieta de ruminantes.

Por outro lado, nos últimos anos, tem sido observada tendência crescente de utilização de proporções de feno compondo o volumoso das dietas dos ruminantes de forma sistemática, independente do período do ano, com vistas ao melhor suprimento quantitativo e qualitativo da fibra da dieta, principalmente de vacas de leite

Valor nutritivo do feno

Há que se considerar que para a produção de fenos de alta qualidade, algumas condições devem ser observadas, como por exemplo, o fato de que uma forragem de alto valor nutritivo (VN) deve ser produzida, colhida, desidratada e armazenada com um mínimo de perdas de nutrientes.

De maneira geral, tem-se que com a rápida desidratação da forragem no campo, é possível a conservação do seu valor nutritivo, uma vez que a atividade respiratória das plantas, bem como a dos microrganismos é paralisada. A qualidade do feno está associada a fatores relacionados com as plantas a serem fenadas, às condições climáticas durante a secagem no campo e ao sistema de armazenamento utilizado.

Para a produção de feno de alto valor nutritivo algumas condições básicas devem ser observadas:

- Aviação da fertilidade do solo e aplicação de fertilizantes para atender a demanda em relação à produção e qualidade da forragem;
- Controle de plantas invasoras;
- Colheita da forragem no estágio de desenvolvimento no qual é máximo o valor nutritivo;
- Observar as condições climáticas apropriadas para a secagem no período de corte;
- Corte de quantidade de forragem que possa ser manuseada com base nos equipamentos e mão-de-obra disponíveis;
- Uso de equipamentos apropriados para o corte e manuseio da forragem no campo;
- Enfardar o feno quando a umidade atingir 12 a 18% e armazenar em local apropriado.

Um feno de qualidade possui alto valor nutricional, que está relacionado a baixos valores de fração fibrosa, alto teor de proteína bruta e de energia digestível, o que propicia alto consumo e aceitabilidade.

Além dos aspectos nutricionais enumerados, a presença de mofo ou bolores tem influência acentuada sobre a qualidade e aceitabilidade dos fenos. Todavia, de acordo com WITTENBERG et al. (1996) a presença de material estranho, a análise visual da quantidade de fungos presentes, bem como a identificação das espécies de plantas contidas no feno, são de uso limitado na determinação do valor alimentício dos fenos. Os dados de VN e, conseqüentemente do valor comercial podem ser determinados de maneira mais eficiente através do perfil de nutrientes contidos nos fenos.

Na avaliação do valor nutritivo dos fenos, sem dúvida a determinação da composição química e a digestibilidade da forragem são determinantes, uma vez que a fenagem, mesmo quando executada em condições favoráveis resulta em perdas inevitáveis, principalmente na fase de secagem no campo. Portanto, partindo desta premissa básica, há que se avaliar os fatores que afetam o VN da forragem que será fenada.

As três principais categorias de moléculas que compõem a forragem são os carboidratos (não estruturais e os estruturais), proteínas e lipídios, todavia destacam-se também outros componentes das plantas como os minerais e vitaminas (HATFIELD et al., 2007).

Carboidratos

Os carboidratos são os principais constituintes das plantas, correspondendo de 50 a 80 % da MS das forrageiras e representam a principal fonte de energia para os ruminantes.

As características nutritivas dos carboidratos das forrageiras dependem dos açúcares que os compõem, das ligações entre eles estabelecidas e de outros fatores de natureza físico-química. Assim, os carboidratos das plantas podem ser agrupados em duas grandes categorias conforme a sua menor ou maior degradabilidade, em estruturais e não estruturais respectivamente (VAN SOEST, 1994). Incluem os grupos dos carboidratos não estruturais, aqueles carboidratos do conteúdo celular, tais como os mais simples (glicose e frutose), e os carboidratos de reserva das plantas, como o amido, a sacarose e as frutanas. Os carboidratos estruturais incluem aqueles encontrados normalmente constituindo a parede celular e a lamela média, representados principalmente pela pectina, hemicelulose, e celulose, que são normalmente os mais

importantes na determinação da qualidade nutritiva das forragens (VAN SOEST, 1994, HATFIELD et al., 2007).

A natureza e concentração dos carboidratos estruturais da parede celular são os principais determinantes da qualidade da forragem. A parede celular pode constituir de 30 a 80 % da MS da planta forrageira, onde os mais importantes carboidratos encontrados são a celulose, a hemicelulose e a pectina. Além disto, podem constituir a parede celular, componentes químicos de naturezas diversas dos carboidratos, tais como tanino, proteína, minerais, lipídeos e lignina (HATFIELD et al., 2007).

A lignina se constitui em um polímero fenólico que se associa aos carboidratos estruturais, durante o processo de formação da parede celular, alterando significativamente a digestibilidade destes carboidratos das forragens. Forrageiras de clima tropical, em relação às espécies de clima temperado, são caracterizadas por apresentarem baixos teores de carboidratos solúveis, e pela elevada proporção de parede celular, conseqüentemente, de carboidratos estruturais. O elevado conteúdo de parede celular das gramíneas tropicais está associado a aspectos de natureza anatômica das espécies em razão da alta proporção de tecido vascular característicos das plantas C₄ (VAN SOEST, 1994, HATFIELD et al., 2007).

Para a caracterização dos carboidratos da forragem, os modelos que compõe o CNCPS - "The Cornell Net Carbohydrate and Protein System", utilizam cinética de digestão e passagem de várias frações dos alimentos para estimar a concentração de NDT da dieta (SNIFFEN et al., 1992).

O CNCPS subdivide as frações de alguns nutrientes, e de acordo com os autores os carboidratos totais são subdivididos nas frações A, representada por açúcares solúveis de rápida degradação no rúmen; B₁, correspondente ao amido e pectina, apresentando taxa de degradação intermediária; B₂ e C, que correspondem respectivamente, à fração potencialmente digerível e indigerível da parede celular ao longo do seu tempo de permanência no trato gastrintestinal.

O sistema CNCPS idealiza com este fracionamento, a perfeita sincronização da degradação de carboidratos e proteínas no rúmen, favorecendo ao máximo desempenho das populações microbianas, reduzindo as perdas nitrogenadas e a emissão de metano, e permitir a determinação do escape ruminal de nutrientes, na tentativa de melhor prever o desempenho animal (RUSSELL et al., 1992).

As gramíneas tropicais apresentam baixos teores de carboidratos solúveis (CHOS) e amido (frações A e B₁), raramente superiores a 20% dos carboidratos totais (VIEIRA et al., 2000). A fração indisponível C é

depende do teor de lignina, portanto plantas com idade fisiológica mais avançada apresentam maiores teores dessa fração. O aumento da fração C promove redução da fração potencialmente degradável da fibra (B₂), devido as interações entre a lignina e a hemicelulose (CABALLERO et al., 2001).

Na avaliação das frações de CHOS, de alimentos volumosos e concentrados, Cabral et al. (2000) verificaram proporções das frações de CHOS, A+B₁, B₂ e C, de 14,6 e 11,8; 68,7 e 68,7; e 16,6 e 19,3%, como porcentagem dos carboidratos totais do capim Tifton 85 colhido com 30 (78,1% de CT-carboidratos totais) e 40 cm (81,4% de CT) de altura, respectivamente. Assim, fica claro que para se produzir feno de alta qualidade com forrageiras tropicais, a idade de corte é fator preponderante.

Segundo Huhtanen et al. (2010) as variações na digestibilidade da matéria orgânica da forragem são principalmente associada a concentração de FDN e sua digestibilidade, ressaltando assim a importância da avaliação destes parâmetros. Na avaliação da FDN, tem-se uma fração indigestível (FDNi), mesmo quando incubada por longos períodos no rúmen. A subtração do FDNi da parede celular (FDN) resulta na fração FDN potencialmente digestível (pdFND), o que permite caracterizar a qualidade da fibra da forragem.

Compostos nitrogenados

A avaliação da composição química e das características nutricionais dos compostos nitrogenados é de suma importância para otimizar a utilização dos recursos forrageiros. Algumas espécies forrageiras são fontes de proteína de alta degradação ruminal, enquanto outras suprem proteína com taxa de degradação mais lenta (REDFEARN & JENKINS, 2000).

A fração protéica da forragem é composta de proteína verdadeira e de nitrogênio não proteico (NNP). Cerca de 75% do N das folhas é relacionado a proteína verdadeira, compondo as enzimas que atuam nos processos de fotossíntese, respiração e crescimento.

Em termos de fisiologia vegetal a proteína verdadeira da planta é classificada em três grandes classes de acordo com a solubilidade em água (MANGAN, 1982). A Fração I é solúvel em água, enquanto a Fração II contém porções solúveis e insolúveis e a proteína da membrana do cloroplasto que é insolúvel representa a terceira classe.

A Fração I refere-se à proteína homogênea do cloroplasto, constituída de macromoléculas de ribulose 1-5 difosfato carboxilase-oxigenase (RUDP). A enzima RUDP é uma proteína abundante, altamente

solúvel encontrada nas células do mesófilo de gramíneas C3 e no feixe vascular da bainha das gramíneas de clima tropical (KU et al., 1979). A enzima fosfoenol piruvico carboxilase (PEP) substitui a RUDP no mesófilo das espécies de gramíneas C4, e podem representar 10 a 15% da proteína verdadeira das folhas.

A Fração II constitui de grandes quantidades de ferredoxina, plastocianina e os citocromos do cloroplasto e tubulina, actina, ATP sintetase, anidrase carbônica, e também fatores de alongação contidos no citoplasma, enquanto os aminoácidos livres representam em média 10% da proteína da forragem (REDFEARN & JENKINS, 2000).

A fração de NNP representa aproximadamente 25% do N total das folhas, embora esse componente possa variar de 15 a 50% do conteúdo de N da planta inteira. A fração de NNP compreende DNA, RNA e nitrato, e sua principal função é servir como intermediário para a síntese de proteína, agente de translocação e como produto de assimilação inorgânica de N (MANGAN, 1982).

A fração de proteína das plantas C3 tem sido bem caracterizada, enquanto as informações sobre as espécies C4 são escassas. Os teores de PB das espécies de gramíneas de clima tropical variam de 10,0 a 15,0; 7,0 a 10,0 e de 4,0 a 7,0%, respectivamente nas plantas colhidas no estádio vegetativo, alongamento do caule e reprodutivo (REDFEARN & JENKINS, 2000). Enquanto os valores registrados na literatura nas gramíneas de clima temperado são de 12,0 a 18,0; 9,0 a 12,0 e de 6,0 a 9,0%, respectivamente nas plantas colhidas no estádio vegetativo, alongamento do caule e reprodutivo (BUXTON et al., 1996).

Segundo Poppi et al. (1997), enquanto os teores de PB da forragem podem variar consideravelmente, os valores de proteína do conteúdo celular são constantes. Tal fato ocorre devido a grande variação nos valores de parede celular da planta, afetando assim os teores de PB da forragem devido ao efeito de diluição. Estes resultados são coerentes com o conteúdo de RUDP, que representa a principal fonte de PB solúvel das forrageiras (34 a 40% do total de PB).

Recentemente têm ocorrido avanços na avaliação nutricional dos compostos nitrogenados de plantas forrageiras. O sistema CNCPS, proposto por Sniffen et al. (1992), assume que a proteína metabolizável varia em todas as forrageiras com base na composição da proteína bruta, taxa de digestão ruminal, taxa de passagem, produção e composição da proteína microbiana. Esse sistema assume cinco frações da proteína, ou seja, as frações A, B1, B2, B3 e C.

A fração A é considerada como a solúvel, constituída de NNP, enquanto a C é determinada pelo N ligado a porção insolúvel em

detergente ácido. As frações B1, B2 e B3 são consideradas proteína verdadeira e apresentam degradação ruminal rápida, intermediária e lenta, respectivamente. A fração B3 é constituída pela extensiva, proteína associada a parede celular, determinada pela diferença entre os conteúdos de N ligado a fibra em detergente neutro menos o N ligado a fibra em detergente ácido.

Nas espécies de clima temperado, mais de 80% do N está na fração solúvel da célula (SANDERSON & WEDIN, 1989). A concentração de N da parede celular é menor nas espécies de gramíneas de clima temperado comparado com leguminosas, mas a concentração de N na parede celular é mais alta nas folhas de gramíneas do que nas de leguminosas.

As características da fração protéica também diferem entre as gramíneas de ciclo C3 e C4. Além de menor conteúdo de PB, as folhas de gramínea C4 possuem menor degradação da proteína no rúmen em relação a plantas C3. Deve-se ter em mente que os teores de proteína degradável no rúmen diminuem com o desenvolvimento das gramíneas de clima tropical, no entanto nas gramíneas C3 as concentrações destas frações sofrem menores alterações (MULLAHEY et al., 1992). Com o desenvolvimento das plantas, observa-se decréscimo no conteúdo de PB, aliado a manutenção da proporção de proteína de baixa degradação ruminal, sendo assim, em função do efeito de diluição, tem-se o aumento na fração proteína escape.

É oportuno salientar que a presença de proteína escape não é importante para os microrganismos do rúmen, podendo ocorrer deficiência de N para atender o requerimento dos mesmos, o que tem implicações na taxa de degradação da fração fibrosa, consumo de forragem e desempenho animal (MINSON, 1990; ANDERSON, 2000). Portanto, atrasos nas colheitas das plantas para fenação são mais prejudiciais para qualidade em forrageiras tropicais do que nas de clima temperado.

Fatores relacionados à planta

As plantas forrageiras apresentam grande variação no seu VN, 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.

Muitas espécies forrageiras, tanto gramíneas como leguminosas, são utilizadas na fenação. De modo geral, as leguminosas, normalmente apresentam maior VN comparada com gramíneas. Quando ambas são colhidas no estádio 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 1).

As gramíneas de clima temperado apresentam melhor VN, quando comparadas com as de clima tropical (Figura 1). 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 1 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.

As características anatômicas das gramíneas C3 e C4 podem responder pelas diferenças nutricionais desses grupos de plantas forrageiras. Estas plantas possuem uma camada espessa de células especializadas no feixe da bainha em torno de cada feixe vascular e células do mesófilo finas e compactas que rodeiam o feixe vascular e bainha (WILSON, 1993). As folhas das gramíneas C4 possuem mais células do feixe vascular da bainha e menor quantidade de células do mesófilo do que as plantas de ciclo fotossintético C3. Tem-se que as células do mesófilo são degradadas mais rapidamente do que as do feixe vascular da bainha, justificando assim a menor digestibilidade das gramíneas C4 (WILSON, 1993; 1997).

Algumas plantas C4 possuem uma estrutura denominada "Girder T ou I", através da qual a epiderme se liga ao feixe vascular pelas células de lenta digestão do esclerênquima e o feixe vascular do parênquima. Esta estrutura pode dificultar o desprendimento da epiderme dos outros tecidos e restringir o acesso dos microrganismos do rúmen até as células mais digestíveis do interior da folha (HANNA & SOLLENBERGER, 2007).

Além dos aspectos relacionados com a composição dos tecidos das plantas C4, os autores mencionam que, em função das altas taxas de crescimentos, observa-se o intenso alongamento das hastes resultando no acúmulo de forragem de baixo valor nutritivo, uma vez que esta fração da planta apresenta maior proporção de feixes vasculares. Desta forma, a concentração de fibra em detergente neutro de gramíneas tropicais é usualmente duas vezes maior do que as das leguminosas (SANDERSON & WEDIN, 1989).

Todavia, a parede celular das gramíneas é mais digestível, pois apresentam menores teores de lignina (Figura 1). Contudo a porção lignificada da parede celular das leguminosas concentra-se nos caules, enquanto as folhas apresentam elevadas concentrações de conteúdo celular.

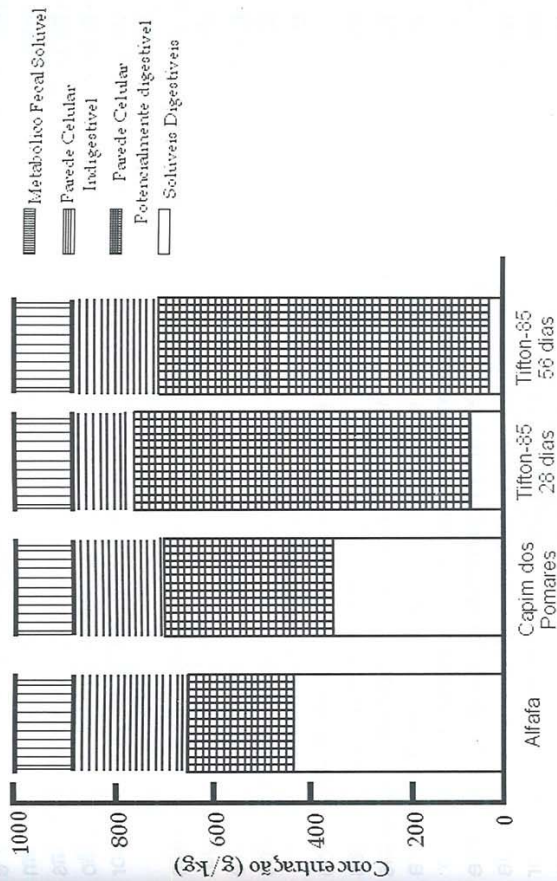


Figura 1 - Digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica de alfafa, capim dos pomares e capim tifton-85 com 28 e 56 dias de rebrota. Fonte: Adaptado de WALDO e JORGENSEN (1981) e RIBEIRO et al. (2001).

Fatores ambientais

As condições ambientais associadas ao potencial genético afetam a produção de forragem de alta qualidade de uma espécie forrageira, pois de maneira geral as condições que resultam em incremento na produção de matéria seca, redundam em decréscimo no VN (VAN SOEST, 1994). O ambiente não só inclui os fatores climáticos (abióticos), mas também os bióticos, ou seja, o pastejo, o corte, as pragas e as doenças, além da aplicação de fertilizantes e queimadas, que tem efeito sobre a produção e VN da forragem.

Variações climáticas, principalmente na 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 1993, 1997).

As deficiências de umidade causam paralisção do crescimento e morte da parte aérea das forrageiras, limitando a produção animal em função do baixo VN e quantidade da forragem disponível. Deficiências hídricas amenas que reduzem o crescimento podem retardar a formação de caules, resultando 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 no VN das plantas, e muitos dos efeitos causados pelo estresse moderado podem ser positivos, por atrasar a maturação.

Além destes aspectos, é importante reportar que a fertilidade do solo exerce influência sobre a produção e valor nutritivo de plantas forrageiras. A disponibilidade de nutrientes no solo permite que as plantas absorvam elementos químicos essenciais aos animais e aumenta a produção de forragem de alto VN 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 na área por 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.

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 pasto.

Estádio de desenvolvimento

O estágio de desenvolvimento no momento do corte, sem dúvida, é o fator que exerce maior influência no VN 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 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, conseqüentemente, elevação nos teores de constituintes da parede celular de baixa digestibilidade.

Gonçalves et al (2004) verificaram decréscimo linear no consumo de matéria seca (MS) e na digestibilidade aparente da MS, matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB) e fibra detergente neutro (FDN) à medida que se aumentou a idade de corte (28, 42, 63 e 84 dias) do capim tifton 85 para fenação. Os referidos autores observaram aumento da fração indigestível (C) da proteína, enquanto que nos carboidratos totais, a fração A (fração solúvel) e B1 (fração composta de amido e pectina) diminuíram, reduzindo a qualidade dos fenos com o avançar da idade de corte.

A análise da Figura 1 (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, corroborando com os resultados encontrados por Gonçalves et al. (2004).

Ao avaliar a composição química de alguns gêneros de capins tropicais colhidos em diferentes idades, Reis (2000) calculou equações para estimar os teores dos constituintes da parede celular em função do período de rebrota (Tabela 1). Em que pese a existência de conhecimentos sistematizados e informações a cerca da idade ideal para produzir feno de forrageiras tropicais A ou B, um fator muito limitante nas regiões tropicais, como no Brasil Central, é a ocorrência de chuvas no momento definido como ideal para a colheita.

Tabela 1 - 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 | Coefficiente de determinação (R ²) |
|----------------------------|-------------------------------|--|
| Fibra em detergente neutro | | |
| Braquiário | $Y=80,9275+0,0474X-0,0002X^2$ | 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 | | |
| Braquiário | $Z=40,6702+0,0513X$ | 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).

Processo de fenação

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

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 (HARRIS & TULLBERG, 1980; McDONALD & CLARK, 1987; MOSER, 1995). Quando a forragem é cortada e espalhada no campo para secar, a perda de umidade é intensa nas plantas ainda vivas. Uma vez que o caule e as folhas foram separados das raízes, a umidade perdida não é repostada e então começa o murchamento.

Uma característica inerente ao sistema de produção de feno, é que o mesmo pode ser produzido e utilizado em grande ou pequena escala, bem como colhido, armazenado e fornecido aos animais manualmente ou em um

processo inteiramente mecanizado. Contudo, a produção de feno em maior escala requer a utilização de um elevado grau de mecanização e, só é viável economicamente à medida que esta se torna eficiente. Durante o processo de fenação mecanizado, algumas operações se fazem necessárias para reduzir o tempo de desenvolvimento das etapas e os riscos de perdas.

O processo de fenação consiste das seguintes operações:

Corte \Rightarrow Secagem \Rightarrow Enleiramento \Rightarrow Enfardamento \Rightarrow Armazenamento

Com relação aos equipamentos utilizados no processo de fenação, as segadoras são equipamentos destinados a cortar (ceifar) a planta forrageira e, lançá-la ao solo para que sofra o processo de secagem. Esses equipamentos podem ser classificados em segadoras de barra, segadoras rotativas (discos e tambores) ou segadora-condicionadoras. Quanto ao sistema de corte, este pode ser em barra de corte, facas horizontais e facas verticais, sendo o de facas horizontais o mais utilizado devido a melhor qualidade do corte.

As segadoras de barra são as mais utilizadas, principalmente por 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).

Segadoras de disco giratório desenvolvem maior velocidade, sendo seu desempenho limitado pela habilidade do operador. A desvantagem desta máquina é o alto custo de operação, pois requer quatro vezes mais potência. Portanto, deve ser utilizado um trator mais potente e mais combustível pode ser consumido. Por outro lado, com o trabalho desenvolvido em maior velocidade tem-se menor tempo de operação e de utilização do trator. As segadoras com tambores giratórios apresentam algumas desvantagens comparadas às demais, pois requerem duas vezes mais potência comparada as de disco. Além disto, em decorrência do corte desuniforme, tem-se secagem heterogênea nas leiras.

As segadoras condicionadoras 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 das plantas. Com o condicionamento as perdas de folhas podem ser reduzidas, devido à aceleração da secagem do caule, uniformizando a desidratação, diminuindo os riscos de ocorrência de chuvas durante a exposição ao ambiente. As roçadoras não devem ser utilizadas no corte, pois além de dilacerarem o caule, picam a forragem, o que dificulta o recolhimento, resultando em substancial perda de matéria seca.

Após o corte, a forrageira permanece na superfície do solo, para

secagem e desidratação sob ação do sol e do vento. A secagem deve ser realizada no período mais quente do dia. Como a camada superior seca mais rapidamente que a inferior, é necessário que se faça um revolvimento da forragem, buscando secagem mais uniforme entre as camadas, e desta forma, quanto maior o número de viragens mais rápido será o processo de dessecação (MOSEER, 1995).

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

A curva de secagem das plantas forrageiras apresenta formato tipicamente exponencial (Figura 2), 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 (HARRIS & TULLBERG, 1980; McDONALD & CLARK, 1987).

A primeira fase de secagem é rápida e envolve intensa perda de água, durante a qual os estômatos permanecem abertos, e o déficit de pressão de vapor entre a forragem e o ar é alto. A perda de água pode chegar a 1 g/g de MS/hora.

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. 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 (McDONALD & CLARK, 1987).

Em uma 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 da camada limitrofe do tecido vegetal com o ambiente tornam-se as principais barreiras à perda de água.

Após o fechamento dos estômatos, 70 a 80% da água deverá ser perdida via cutícula, cuja função é de prevenir a perda de compostos da planta por lixiviação, de proteção contra a abrasão e dos efeitos da geada e da radiação.

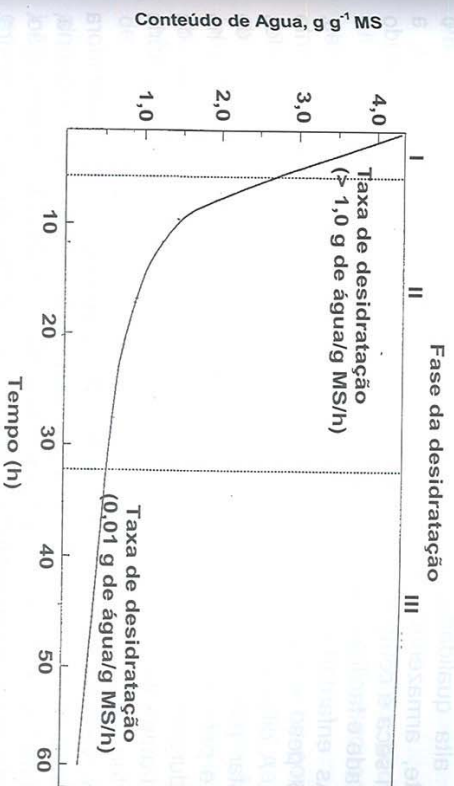


Figura 2 - Curva de secagem de plantas forrageiras em condições ambientais uniformes.

Na terceira fase de secagem (fase final), em função da plasmólise, a membrana celular perde a permeabilidade seletiva, ocorrendo rápida perda de água (SULLIVAN, 1973; HARRIS & TULLBERG, 1980).

Esta 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.

Depois de alcançar a umidade final para armazenamento, a forragem deve ser enleirada para posterior enfardamento, ou quando há necessidade de permanecer no campo no período noturno para que haja menor reidratação em decorrência da umidade do ambiente. Há que se considerar que esta prática é de difícil realização, quando se maneja grandes quantidades de forragem.

O revolvimento e enleiramento da forragem são realizados por ancinhos, os quais são divididos em ancinho revolvedor e ancinho enleirador. Os ancinhos revolvedores movimentam o material de forma desordenada, revirando a forragem com o intuito acelerar a secagem, enquanto que os ancinhos enleiradores movimentam a massa para um mesmo sentido formando as leiras. 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).

O enfardamento não é um processo essencial na confecção de um

feno de alta qualidade, porém é imprescindível quando se planeja o transporte, armazenamento e manuseio do feno. No enfardamento, a forragem seca é compactada em fardos, reduzindo o volume, aumentando a densidade e facilitando o transporte e armazenamento.

As enfardadoras produzem de fardos redondos e retangulares, sendo o peso e o tamanho variáveis de acordo com o equipamento utilizado. A diferença entre as enfardadoras é que a de fardos redondos deve estar parada para que o fardo seja expelido. Uma máquina de qualidade para confecção de fardos deve ter baixas perdas de folhas no campo durante o recolhimento e prensagem. Durante o manuseio da forragem aumenta a probabilidade de perdas após o conteúdo de matéria seca da forragem ultrapassar 60%.

A velocidade e eficiência de funcionamento da enfardadora dependem do tipo de leira feita pelo ancinho. Se a leira for muito pequena, o fardo não ficará adequadamente compactado, dificultando a amarração. No entanto, leiras muito grandes e densas sobrecarregam a enfardadeira, dificultando o recolhimento e compactação da forragem. Assim, na operação de enfardamento um dos pontos críticos é a padronização do tamanho dos fardos, a fim de se facilitar o recolhimento e estocagem.

Perdas no processo de fenação

O processo de conservação de forragem implica em perdas, algumas resultantes da ação mecânica, outras a partir de processos biológicos.

Deve-se considerar que durante a conservação, ambas as perdas de matéria seca, quantitativas e qualitativas decrescem o valor nutritivo da forragem. Contudo, o objetivo dos processos de conservação é minimizar estas perdas. Enquanto as mudanças na concentração de nutrientes pode não ser tão altas durante o armazenamento da forragem, o consumo potencial pode ser substancialmente diminuído comparado ao padrão observado antes do processamento da forragem (HUHTANEN et al., 2010).

As perdas totais acumuladas desde o corte da forragem até o fornecimento aos animais, geralmente representam de 20 a 30% do total de matéria seca disponível. Durante a fenação, a maior parte das perdas ocorre no campo como resultado de ação mecânica e/ou chuvas.

Perdas no campo

A forragem que permanece cortada no campo pode sofrer alterações acentuadas em sua atividade fisiológica e consequentemente na composição química.

As atividades fisiológicas ocorrem no protoplasma ou porção viva da planta (simplasto), enquanto a porção não viva (apoplasto), tal como a parede celular, uma vez formada, não possui atividade fisiológica intrínseca (MOSER, 1980, 1995). Portanto, pode-se assumir que as principais alterações que ocorrem durante a secagem da forragem referem-se aos compostos solúveis, ou seja, aqueles do conteúdo celular de alto valor nutricional (HUHTANEN et al., 2010).

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 por esses processos, uma vez que há paralisação das atividades fisiológicas da planta (REES, 1982; MUCK & SHINNERS, 2001).

No passado, os sistemas utilizados para acelerar a taxa de secagem faziam referência ao uso de condicionadores mecânicos. Contudo, condicionadores químicos têm sido utilizados para a manutenção dos estômatos abertos e assim acelerar a taxa de secagem das plantas. De acordo com McDonald & 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 por exemplo, o carbonato de potássio ou de sódio, dos herbicidas dessecantes dinoseb, endothal e diquat pode resultar em maior taxa de secagem de plantas forrageiras, uma vez que promovem redução na resistência cuticular a perda de água.

Aplicação de herbicidas em sub-dose pode ser utilizada no processo de produção de fenos, contudo, deve-se considerar que alguns produtos atuam nos processos fisiológicos da planta, como por exemplo, na respiração celular, diminuindo as perdas de carboidratos solúveis, sem, contudo diminuir a umidade da forragem (PEREIRA & REIS, 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 Shinnners (2001), podem-se enumerar os seguintes tipos de perdas que ocorrem no recolhimento do feno:

- Perdas no corte devido à altura do resíduo;
- Perdas por respiração e fermentação decorrentes do prolongamento do período de secagem;
- Perdas por 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 por 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; McDONALD & 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, notadamente na parte inferior das leiras densas (MOSEER, 1980).

As perdas devido à ocorrência de chuvas durante a secagem no 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 por 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 (McDONALD & CLARK, 1987; MOSER, 1995; MUCK & 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;
- Perda indireta de folhas pela manipulação excessiva do feno;

- Propicia ambiente adequado para o desenvolvimento de microrganismos no campo.

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 mecânico intenso no campo, o que pode resultar em aumento nas perdas (ROTZ, 2001).

As perdas no processo de fenação podem ser estimadas, com base nos trabalhos revisados por McDonald & Clark (1987), conforme as condições de secagem e de armazenamento (Tabela 2).

Tabela 2 - Previsão de perdas, em porcentagem, 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 | 5 | 95 | 10 | 90 | 20 | 80 |
| Corte/condicionamento | 5 | 90 | 10 | 81 | 15 | 68 |
| Respiração | 5 | 86 | 10 | 73 | 20 | 54 |
| Ancinho | 0 | 86 | 10 | 66 | 15 | 46 |
| Lixiviação | 5 | 81 | 10 | 59 | 20 | 37 |
| Enfardamento | 5 | 77 | 10-20 | 53-47 | 30 | 26 |
| Armazenamento | 5 | 74 | 10 | 48-43 | 30 | 18 |
| Manuseio | 5 | 74 | 10 | 48-43 | 30 | 18 |
| Forragem consumida | | 74 | | 48-43 | | 18 |

P- Perdo (%); C- Conservado (%). Fonte: McDONALD 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. Os carboidratos solúveis perdidos incluem frutose, sacarose e frutossanas. Sullivan (1973) relatou redução nos teores de frutossanas em azevém e menor redução nos conteúdos de hexoses.

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 significativamente pela respiração, podem aumentar em termos proporcionais, uma vez que os resultados são expressos em porcentagem.

Perdas de 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 (NPN) 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. A protease vegetal ainda está ativa durante a secagem e os teores de N total solúvel (Fração A) aumentam, em oposição ao N protéico, pela formação de peptídeos, 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 da planta 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 (COBLENTZ et al., 2000, COBLENTZ & HOFFMAN, 2009).

Perda de 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 está ausente ou ocorre em pequenas quantidades em forragens verdes. Seus precursores 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 antirraquítica. A radiação ultravioleta (280-300 m μ) tem poder de penetração baixo, mas suficiente para provocar um rearranjo molecular para produzir o fator antirraquítico. 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 antirraquítica. Contudo, também foi observado que a atividade antirraquítica 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 têm altas concentrações de 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.

Perdas de minerais e de glicosídeos cinogênicos

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.

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, RUGGIERI et al., 2010). Da mesma forma, substâncias estrogênicas presentes na alfafa (cúmesterol) que interfere no ciclo estral dos animais e acarretam problemas no parto, têm a sua concentração 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, RUGGIERI et al., 2010).

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 & RODRIGUES, 1992; 1998; REIS et al., 2005).

Contudo, 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 à ocorrência de reações não enzimáticas entre os carboidratos solúveis e grupos aminas dos aminoácidos, resultando em compostos denominados produtos de reação de Maillard (MOSEY, 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.

Em estudo posterior, Coblentz et al. (2000) registraram o fluxo de açúcares durante o armazenamento do feno de alfafa e as alterações na qualidade da forragem quando enfatizadas com diferentes teores de umidade (Figura 3), e verificaram que na planta enfatizada 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%). Nos fenos enfatizados 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 (COBLENTZ & HOFFMAN, 2009).

Como pode ser observado na Figura 3, 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

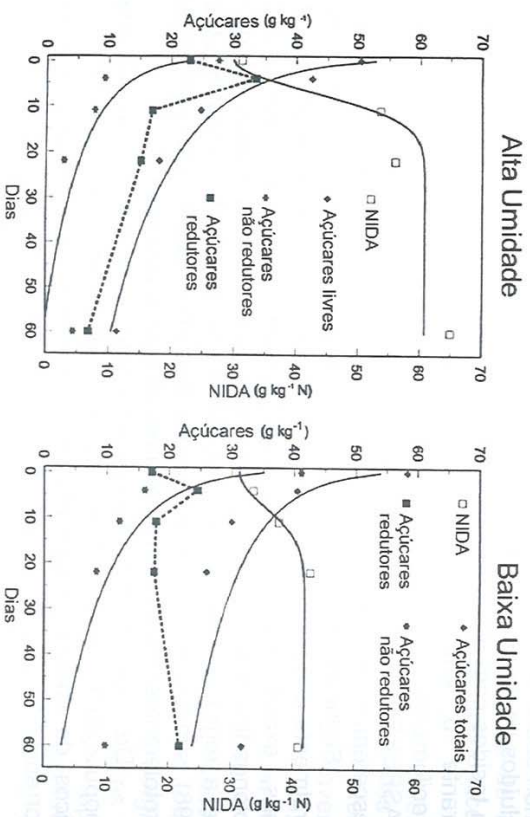


Figura 3 - Concentrações totais de açúcares solúveis, açúcares não redutores, açúcares redutores e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) conforme o tempo de estocagem em fenos de alfafa com alta (30%) e baixa umidade (20%). Linhas sólidas representam regressão linear e linhas tracejadas conteúdos médios.

Fonte: Adaptado de COBLENTZ et al. (2000).

Segundo Moser (1995) a análise de fenos armazenados com umidade acima de 15% 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.

Presença de microrganismos

As plantas forrageiras são naturalmente inoculadas com uma ampla variedade de fungos e bactérias presentes na forragem no campo. Os

fungos que dominam a população microbiana no campo são denominados de fungos de campo, os quais são predominantemente saprófitas, ou seja, se desenvolvem na forragem em decomposição. Neste grupo estão incluídos os do gênero *Alternaria*, *Cladosporium* e *Fusarium*, se proliferam em tecidos com alta umidade. Por outro lado, os fungos que predominam durante o armazenamento como *Aspergillus*, *Abstidia*, *Rhizopus*, *Paecilomyces*, *Penicillium*, *Emericella*, *Eurotium* e *Humicola* (KASPERSSON et al., 1984) requerem menor teor de umidade para crescerem, e se proliferando em tecidos mais secos (ROBERTS, 1995).

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 por 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.

De acordo com Hlodversson & Kaspersson (1986) a fenação altera a população de fungos da forragem, havendo diminuição naqueles gêneros típicos de campo e aumento de *Aspergillus* e *Penicillium*, de maior ocorrência durante o armazenamento (Tabela 3).

Tabela 3 - População de fungos em fenos de gramíneas enfardados com alta umidade (44%)

| Grupos de Fungos | Dias de armazenamento | | | | | |
|-----------------------|-----------------------|----|----|----|----|----|
| | 0 | 2 | 5 | 7 | 12 | 19 |
| <i>Aspergillus</i> | O | -- | D | D | D | D |
| <i>Penicillium</i> | O | -- | D | D | D | D |
| <i>Scopulariopsis</i> | O | -- | -- | -- | -- | -- |
| <i>Fusarium</i> | D | D | -- | -- | -- | -- |
| <i>Cladosporium</i> | D | D | D | D | D | -- |

D: Dominante, O: Ocorrência freqüente. Fonte: HLODVERSSON & KASPERSSON (1986).

A ocorrência de fungos, nos fenos de grama paulista (*Cynodon dactylon* (L.) Pers), enfardados com diferentes conteúdos de água foi avaliada por 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.

Resultados de trabalhos de pesquisa evidenciam que quando se armazena feno com baixa umidade a incidência de actinomicetos, bactérias e esporos de fungos é pequena. 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).

Estudando tempos de armazenamento (15, 30 e 60 dias) de feno de alfafa, Nascimento et al. (2000) verificaram aos 15 e 30 dias de armazenamento a presença dos gêneros *Trichoderma*, *Rhizoctonia*, *Fusarium*, *Cladosporium*, *Nigrospora*, *Penicillium* e *Aspergillus*, havendo predominância do gênero *Penicillium*. Aos 60 dias de armazenamento, os autores encontraram maiores incidências dos gêneros *Penicillium*, *Aspergillus*, *Rhizoctonia* e *Mucor*.

Meisser (2001) trabalhando com feno de diferentes conteúdos de umidade destacou que naqueles com teores de umidade de 21% a flora microbiana predominante foi representada por grupos de *Aspergillus glaucos* e em umidade mais elevadas (28%) outras 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.

Ao avaliarem a população de fungos na forragem no campo e após o armazenamento, Schenck & Müller (2010) encontraram fungos dos gêneros *Cladosporium*, *Fusarium*, *Mucor* e *Penicillium* na forragem antes de ser ensilada, e na silagem pré-secada (50% de MS) verificaram a dominância do gênero *Mucor*. Os autores também observaram que a contagem de leveduras e fungos pré e pós-ensilagem foram semelhantes.

Em relação à presença de fungos em forragens conservadas, Wittenberger et al. (1996) registraram que o acúmulo da massa fúngica, que é uma combinação de micélios viáveis e não viáveis, resultou em decréscimo no consumo de feno por bezerros. Todavia, em outros estudos com animais em crescimento alimentados exclusivamente com feno, os autores observaram que o consumo foi mais associado com a concentração de nutrientes do que com a presença de fungos.

Da mesma forma, em estudo posterior, Undi & Wittenberger (1996) observaram decréscimo no consumo dos feno de alfafa em resposta ao maior conteúdo de fibra e aumento na presença de fungos (Tabela 4).

Em estudo conduzido por Bossuyt et al. (1996) com novilhos angus, foi evidenciado que a picagem do feno de alfafa, não contaminado ou contaminado por fungos, proporcionou aumento no consumo, mas decréscimo na digestibilidade da forragem (Tabela 5). A análise dos dados

da tabela 5 evidencia que a presença de fungos não teve efeito sobre os parâmetros avaliados.

Tabela 4 - Composição química, incidência de fungos e consumo de fenos de alfafa

| Variável | LL | HL | HM | HH |
|----------------------------|------|------|------|------|
| MS (%) | 85,1 | 87,4 | 86,8 | 85,5 |
| PB (% MS) | 18,4 | 17,6 | 18,6 | 19,6 |
| NIDA (% NT) | 5,6 | 7,1 | 7,7 | 8,9 |
| FDN (% MS) | 43,7 | 49,1 | 48,2 | 52,8 |
| FDA (% MS) | 33,2 | 36,1 | 37,0 | 38,2 |
| Celulose (% MS) | 20,2 | 23,6 | 24,1 | 25,5 |
| Hemicelulose (% MS) | 10,5 | 13,0 | 11,1 | 14,6 |
| Lignina (% MS) | 8,5 | 9,3 | 10,0 | 10,9 |
| Carboidrato solúvel (% MS) | 5,3 | 5,9 | 2,7 | 2,6 |
| Micotoxinas | ND | ND | ND | ND |
| Consumo de MS (kg/dia) | 1,80 | 1,35 | 1,13 | 0,6 |

LL - Baixa FDN e baixa incidência de fungos; HL - Alta FDN e baixa incidência de fungos; HM - Alta FDN e média incidência de fungos; HH - Alta FDN e alta incidência de fungos. Adaptado de UNDI e WITTENBERGER (1996).

De acordo com Wittenberger et al. (1996), a dinâmica da digestão dos fenos devido ao processamento pode diferir entre os volumosos sem fungo e aqueles contaminados. O aumento da friabilidade dos fenos em decorrência da atividade dos fungos resulta em maior redução do tamanho das partículas no momento que o feno é picado. Tal fato diminui a taxa de renovação no rúmen e a extensão da degradação da fração fibrosa.

Tabela 5 - Composição química, consumo e digestibilidade de fenos de alfafa fornecido a novilhos angus

| Composição | Tratamento dos fenos | | | |
|------------------------|----------------------|-------------|------------|-------------|
| | Sem fungo | | Com fungo | |
| MS (%) | Fibra 82,7 | Picado 83,4 | Fibra 81,3 | Picado 81,9 |
| FDN (% MS) | 50,8 | 52,3 | 52,8 | 54,6 |
| FDA (% MS) | 38,5 | 39,0 | 38,8 | 38,8 |
| PB (% MS) | 16,1 | 16,1 | 21,9 | 20,8 |
| Glucosamina g/kg MS | 2,9 | 2,9 | 5,1 | 6,0 |
| Consumo % PV | 2,0 b | 2,5 a | 2,0 b | 2,4 a |
| Digestibilidade MS (%) | 58,0 a | 54,7 ab | 57,7 a | 51,9 b |

Adapto de BOSSUYT et al. (1996).

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.

Todas as espécies de fungos sejam de campo ou de armazenamento, produzem metabólitos tóxicos, chamados de micotoxinas. Algumas espécies de fungos podem produzir mais do que um tipo de micotoxina. Além disso, o pó presente nos fenos, associado com a presença de mofo e esporos causa problemas respiratórios (ROBERTS, 1995), bem como pode estar envolvido no decréscimo da aceitabilidade (JOBIM & GONÇALVES, 2003).

Nos seres humanos 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.

Nos animais, problemas respiratórios não são tão intensos, com exceção dos equinos, que podem ser acometidos por doenças respiratórias e digestivas causadas pelos fungos (COLLINS, 1995). A doença pulmonar crônica obstrutiva e alterações digestivas em equinos estão associadas com a presença de fungos em fenos e palhas. Os esporos de fungos, também podem contribuir para o aparecimento de cólica em equinos.

As micotoxinas mais comuns produzidas pelos fungos de armazenamento, que contaminam principalmente mamíferos, são

aflatoxinas e ocratoxinas produzidas por espécies do gênero *Aspergillus* e fumosinas, zearalenona e deoxinivalenol produzidas por espécies do gênero *Fusarium* (DINIZ, 2002).

Jobim & Gonçalves (2003) observaram que o efeito negativo de algumas micotoxinas sobre a ingestão de alimento pode ser devido às alterações no odor ou aceitabilidade dos alimentos contaminados. Deve-se ter em mente que a ocorrência de desordens metabólicas e digestivas causadas pela presença de micotoxinas está provavelmente envolvida na redução da ingestão voluntária do alimento.

Os sintomas dos animais contaminados com a micotoxina Deoxinivalenol incluem decréscimo na ingestão de alimentos e produção de leite. Animais contaminados apresentam perda de peso, baixa eficiência alimentar, falta de apetite, vômito, diarreia sanguinolenta, aborto e, em casos graves pode ocorrer a morte. Dentre as toxinas, destaca-se a Fumonisina, que pode prejudicar as funções do sistema imunológico, causar lesões no fígado e rins, causar edemas pulmonares e também pode levar o animal à morte (JOBIM & GONÇALVES, 2003).

Aditivos para fenação

Os aditivos químicos utilizados na conservação de capins tropicais foram desenvolvidos e utilizados ao longo dos anos com o objetivo de minimizar os riscos de perda no processo de conservação, bem como preservar e melhorar o VN de forragens conservadas.

Aditivos para preservação do valor nutritivo dos fenos

A conservação de fenos enfardados 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; MUCK & SHINNERS, 2001; SOLLENBERGER et al., 2003).

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 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 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. Conforme os referidos 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 por volatilização;
- Não ser excessivamente absorvido pelo feno;
- Manuseio fácil e seguro;
- Amplo espectro de ação;
- Solúvel em água.

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

Baron & 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 enfardada com alta umidade (35%). De acordo com estes autores os produtos que diminuíram o pH dos fenos apresentaram maior efeito fungistático.

Na mesma linha de pesquisa, Baron & 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.

Segundo Collins (1995) 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 unidade.

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 feno. 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, podem-se aplicar os ácidos orgânicos, parcialmente neutralizados. Os ácidos podem ser neutralizados através da mistura com amônia, ou com outros compostos químicos compatíveis, visando 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 por Jaster & 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 enfardado com 30% de umidade. Esses autores constataram que a adição de baixas ou altas doses 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 & RODRIGUES, 1992; REIS et al., 1997).

A amônia atua no controle de fungos, principalmente através da elevação do pH do meio (REIS & 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 fermentáveis para os microrganismos do rúmen (REIS et al., 2002). 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 & 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 & Tellow (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 por 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. 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.

Em estudos conduzidos por 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 por Bonjardim et al. (1992) e por 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 estreita (*Cynodon plectostachyus*) e coast cross (Tabela 6).

Quanto à 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 estas alterações resultaram na elevação da DIVMS dos fenos tratados com 1,5 ou 3,0% de NH_3 .

Estudos têm 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 CO_2 (SUNDSTOL & COXWORTH, 1984).

Tabela 6 - 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 | $7,5 \times 10^5$ | $6,6 \times 10^5$ |
| | 1,5 | $1,0 \times 10^2$ | $1,5 \times 10^2$ |
| 20,0 a 25,0% | 3,0 | $2,3 \times 10^2$ | $5,0 \times 10^3$ |
| | 0,0 | $1,1 \times 10^6$ | $9,5 \times 10^5$ |
| | 1,5 | $5,5 \times 10^1$ | $6,7 \times 10^1$ |
| | 3,0 | $8,1 \times 10^2$ | $3,4 \times 10^2$ |

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

Silanirove 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 7). 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 NH_3 .

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. (2002) 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 NH_3 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*.

Tabela 7 - 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 | $1,1 \times 10^{10}$ | $2,5 \times 10^{11}$ |
| 4 | 9,8 | --- | --- |
| 20 | 7,8 | $1,5 \times 10^1$ | $5,5 \times 10^8$ |

Fonte: SILANIKOVE et al. (1988).

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).

A adição de uréia ou ácido propiônico (1% na matéria natural) não alterou os teores de FDN e FDA em silagem pré-secada e feno de alta umidade (30%) de capim tifton 85 confeccionados na primavera, verão e inverno (RODRIGUES, 2010). Da mesma forma, REIS et al. (2010, dados não publicados) não encontraram alterações nos teores de PB, FDN e FDA de fenos de tifton 85 com alta umidade (20%), armazenados por 60 dias sob lona plástica, tratados com uréia e ácido propiônico (1% na matéria natural) quando comparados com feno controle (10% de umidade). Os autores não verificaram diferenças no consumo de MS (CMS) e o ganho de peso (GP) de ovinos entre os tratamentos (Tabela 8).

Tabela 8 - Consumo de matéria seca (CMS) e ganho de peso diário (GP) de cordeiros alimentados com fenos de Tifton 85 tratados com diferentes aditivos

| Aditivo | Tratamentos ¹ | |
|-------------|--------------------------|--------|
| | FAUAP | FAUU |
| CMS (g/dia) | 806,36 | 867,78 |
| CMS (%PV) | 4,06 | 4,15 |
| GP (g/dia) | 176,92 | 157,50 |
| | | 163,65 |

¹ FC: - feno controle; FAUAP - feno de alta umidade com ácido propiônico; FAUU: feno de alta umidade com uréia.

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.

O princípio teórico da utilização de inoculantes microbianos (*Pediococcus pentosaceus*, *Pediococcus cerevisiae*, *Lactobacillus plantarum*) em fenos de alta umidade, tem por objetivo a diminuição do pH da forragem, e assim controlar a população de microrganismos que são a causa (fungos e bactérias) e a consequência (actinomyces termofílicos) do aquecimento e deterioração dos fenos. Entretanto, estudos como o de Duchaine et al. (1995) e ROTZ et al. (1988), evidenciaram que a inoculação bacteriana não preveniu a deterioração dos fenos, devido à falta de umidade para crescimento das bactérias inoculadas, o que afetou consequentemente o pH da forragem.

Em trabalho de pesquisa realizado por Wittenberg & Moshaghi-Nia (1991) para avaliar fenos de alfafa enfardados com baixa, média e alta umidade tratados com produtos comerciais que continham bactérias viáveis produtoras de ácido láctico, não foi observado efeito dos tratamentos nas espécies de fungos presentes na forragem. Wittenberg & Moshaghi-Nia (1990) 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 amonizados ou tratados com inoculantes comerciais que continham bactérias lácticas viáveis e não viáveis, aplicados no momento do enfardamento. Estes autores observaram 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.

Ao avaliar a utilização de aditivos para preservação da alfafa, Wittenberg (1991) observou que a aplicação de NH₃ (2,8 a 2,5% da MS) ou

de uma mistura de bactérias (*Pediococcus pentosaceus* e *Lactobacillus plantarum*) nos fenos de alta umidade (25-30%) aumentou a retenção de MS, PB e de FDA, quando comparados aos fenos não tratados. O uso de ácido propiônico tamponado (63% de ácido) nos fenos de alta umidade aumentou a retenção de PB, enquanto a aplicação de *Pediococcus pentosaceus* não resultou em efeito positivo na preservação da MS. De maneira geral, todos os aditivos melhoraram o aspecto visual dos fenos armazenados com alta umidade. Contudo, a extensão da invasão de fungos, avaliada pela análise de quitina, não demonstrou os efeitos dos tratamentos.

Em estudos posteriores Wittenberg (1994) registrou que a estabilidade dos fenos de alfafa enfardados com alta umidade (20-25%) foi aumentada com o uso de *Pediococcus pentosaceus* aplicado durante o enfardamento (4,8 x 10⁵ unidades formadoras de colônia/g MS). Segundo o autor, as concentrações de FDA e de quitina tiveram menor variação no feno tratado, comparado ao não tratado. Foram observados, para os fenos tratados, aumento nos valores de digestibilidade "in vivo" de 4,6; 10,0 e de 6,7%, respectivamente, para as frações MS, FDA e FDN. A análise visual dos fenos evidenciou que os tratados apresentaram melhor pontuação em relação à cor e forragem deteriorada. Não se observaram diferenças no consumo e balanço de N dos ovinos alimentados com os fenos tratados ou não com inoculantes.

Aditivos para aumentar o valor nutritivo dos fenos

Com vistas a aumentar a eficiência de utilização de fenos de baixa qualidade diversos tratamentos químicos e biológicos têm sido testados.

A elevação no VN da forragem é possível através de tratamentos que podem ser biológicos, físicos e químicos, e tem como finalidade principal torná-la mais aproveitável através de alterações da sua parede celular, permitindo então a ação mais pronunciada das enzimas microbianas existentes no rúmen. Além disto, deve-se considerar que o tratamento pode aumentar o conteúdo de nutrientes da forragem que vão contribuir para aumentar a sua eficiência de utilização.

Os produtos químicos utilizados no tratamento de volumosos podem ser classificados como hidrolíticos e oxidantes. Dentre os produtos hidrolíticos, destaca-se a utilização dos hidróxidos de sódio, de potássio, de cálcio e de amônia, a amônia anidra e a uréia como fonte de amônia (SUDSTOL, 1984; MALES, 1987). No grupo dos oxidantes, tem-se a utilização do ozônio, do peróxido de hidrogênio, do dióxido de enxofre e de outros agentes desulfurificadores como o clorito, ácido peracético e

permanganato (FAHEY Jr. et al., 1993, BERGER et al., 1994). Segundo estes autores a combinação de produtos hidrolíticos e oxidantes tem sido avaliada para o tratamento de volumosos.

A utilização de agentes hidrolíticos como a amônia anidra, hidróxido de amônia e uréia como fonte de amonia promove alterações na composição da fração fibrosa com a solubilização da hemicelulose, resultando em diminuição no conteúdo de FDN, aumentando os teores de nitrogênio não protéico, e conseqüentemente elevam a digestibilidade de volumosos amonizados (REIS et al., 2002).

É importante salientar que bovinos consumindo fenos de alta qualidade tratados com altas doses de NH_3 (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 princípio 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 NH_3 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).

Estudando o VN do feno de *Brachiaria decumbens* tratado com amônia anidra (3% de NH_3 na MS) ou uréia (5% na MS), Fernandes et al. (2002) encontraram aumento nos teores de PB de 2,82 para 9,66 e 12,02% quando aplicaram NH_3 e uréia no feno, respectivamente. A digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS) foi aumentada de 47,55% no feno não tratado para 59,61% no feno tratado com amônia anidra e para 54,19% no feno tratado com uréia. Segundo os autores o tratamento com NH_3 reduziu os conteúdos de FDN (83,91 para 79,44% na MS) e FDA (51,73 para 48,12% na MS), e a aplicação de uréia reduziu os conteúdos de hemicelulose (32,18 para 29,25% na MS) e lignina (9,33 para 7,23% na MS).

Na mesma linha de pesquisa, Bertipaglia et al. (2005) verificaram aumento nos teores de PB e da fração A em fenos de *Brachiaria brizantha* com dois teores de umidade (15 e 30%) amonizados com 5% de uréia. Os autores observaram redução nos teores de FDN dos fenos com 30% de umidade.

Roth et al. (2010a) avaliaram o tratamento químico com uréia (3 ou 5% na MS) e amônia anidra (3% na MS) em fenos de resíduos de pós-colheita de sementes de *Brachiaria brizantha* contendo diferentes teores

de umidade (15, 25 ou 30%). Os autores constataram que o feno tratado com 3% de amônia anidra com 30% de umidade ocasionou redução de 84,3 para 76,6% nos teores de FDN e elevação de 37,3 para 58,0% na DIVMS em relação ao não tratado e o feno tratado com 5% de uréia reduziu os teores de FDN de 84,3 para 79,6% em relação ao controle.

Fernandes et al. (2002) e Roth et al. (2010b) avaliaram o consumo de MS, o ganho de peso e a conversão alimentar de bovinos alimentados com feno de *Brachiaria* tratado com 3% de amônia anidra ou 5% de uréia e feno não tratado. Os resultados obtidos pelos referidos autores podem ser observados na Tabela 9.

De acordo com Fernandes et al. (2002) a amonização promoveu aumento no CMS dos animais alimentados com feno tratado com NH_3 e suplementados com milho (1,147 kg/ dia de MS). Segundo os autores, a não observação de aumento no consumo de MS, proporcionado pelo tratamento com uréia, pode estar relacionada com a pequena alteração nos constituintes da parede celular e na digestibilidade da MS, aumentando o tempo de retenção do alimento no trato digestivo e, portanto, limitando o consumo de MS, e os resultados refletiram no GP dos animais. Os animais que receberam feno não tratado, suplementados com farelo de soja (1,147 kg/ dia de MS) e feno tratado com NH_3 , suplementados com milho obtiveram GP semelhantes (Tabela 9). De acordo com os autores, este resultado demonstra que o feno amonizado com NH_3 suplementado com fubá de milho propicia desempenho semelhante ao obtido com o fornecimento de feno não tratado suplementado com farelo de soja.

Na mesma linha de pesquisa, Roth et al. (2010b) observaram GP superior nos animais alimentados com feno amonizado com NH_3 comparados com os tratados com feno não tratado e amonizado com uréia. Conforme os autores, o melhor uso da dieta contendo feno tratado com NH_3 está relacionado ao aumento na digestibilidade deste feno. Segundo Reis et al (2001), o tratamento químico na forragem de baixo valor nutritivo aumenta a digestibilidade da parede celular devido a expansão da celulose, pois as ligações de hidrogênio são quebradas e aumenta a hidratação da fibra, este processo permite rápido acesso dos microrganismo nas fibras.

Tabela 9 - Consumo de MS, ganho de peso e conversão alimentar de bovinos alimentados com feno de *Brachiaria* tratado com 3% de amônia anidra (NH₃) ou 5% de uréia e feno não tratado (controle)

| | FERNANDES et al. (2002) | | ROTH et al. (2010b) | | | |
|----------------|-------------------------|-----------------|---------------------|----------|-----------------|-------|
| | Controle | NH ₃ | Uréia | Controle | NH ₃ | Uréia |
| CMS (%PV) | 1,97 | 2,23 | 1,90 | 2,19 | 2,19 | 2,01 |
| GP (kg/dia) | 0,60 | 0,53 | 0,37 | 1,161 | 1,336 | 1,014 |
| CA (kgMS/kgGP) | 10,76 | 12,76 | 16,87 | 8,98 | 7,78 | 9,83 |

Segundo Schmidt et al. (2003) a utilização de inoculantes biológicos em fenos de baixo valor nutritivo, surgiu como alternativa ao tratamento químico, pois não necessita da adição de substâncias químicas, nem acarreta poluição do ambiente. Este tratamento consiste em inocular microrganismos que degradam a fração fibrosa e aumentam a digestibilidade do material. Os autores verificaram o valor nutritivo de feno de braquiária amonizado com uréia e inoculado com *Pleurotus ostreatus* e observaram que a amonização elevou os teores de PB (3,9 vs 14%) e FDA (50,5 vs 52,0%) e os teores de hemicelulose (32,0 vs 30,4%) e a proporção de hemicelulose na parede celular (38,8 vs 36,9%) foram reduzidos. Todavia, o tratamento biológico tendeu a aumentar o teor de PB (3,9 vs 4,5%); elevou os teores de FDA (50,5 vs 55,8%), lignina (7,9 vs 9,9%), a proporção de celulose na parede celular (48,1 vs 51,6%) e a proporção de lignina na parede celular (9,6 vs 12,7%); e reduziu os teores de FDN (82,2 vs 78,3%), de hemicelulose (32,0 vs 22,5%) e a proporção de hemicelulose na parede celular (38,8 vs 28,7%). Entretanto, diminuiu a digestibilidade da MS, FDN, celulose e FDA, mas aumentou o consumo (1,74 vs 2,35% do PV), provavelmente em decorrência do menor teor de FDN e menor tamanho médio de partículas, o que causou maior velocidade de passagem.

Manejo do sistema de produção de feno

Todo o conhecimento desenvolvido e armazenado a partir de experimentação e pesquisas deve ser considerado quando o objetivo é produzir feno de qualidade.

Formação da cultura – a escolha da espécie deve ser pautada nos requisitos que levam a aptidão da planta para feno, tais como: valor nutritivo, rendimento, tolerância à corte, adaptação climática. Assim, no geral, acaba optando-se por uma gramínea do grupo *Cynodon* e logicamente o preparo do solo é fundamental por se tratar de forrageira de alto nível

tecnológico, seguido de adubação para planta exigente. No plantio propriamente dito, depara-se com a dificuldade de fazê-lo por muda. Em se tratando de pequenas propriedades, o método de melhor relação custo benefício foi a adubação e o plantio em sulco aberto pelo trator, com distribuição de adubo e a colocação e cobertura da muda feita manualmente.

As melhores mudas são os estolões maduros (em torno de 50 dias de crescimento), que podem ser colocados inteiros ao longo dos sulcos ou fracionados e colocados com 1/3 dentro do sulco e o restante fora deste. Este último procedimento proporciona formação mais rápida.

Condução da cultura – principalmente no primeiro ano de cultivo, a ocorrência de invasoras anuais é alta. O controle pode ser feito com herbicida seletivo ou capina manual. Esta última opção pode condicionar a manutenção de pessoal de apoio temporário na propriedade, para auxiliar nos dias de colheita de feno, quando a necessidade de efetivo normalmente triplica.

Manutenção da fertilidade - na produção de feno, a adubação no plantio deve ser feita considerando a análise de solo e o fato que a cultura é exigente. Todo ano faz-se análise de solo para efetuar a correção necessária, mas partindo-se de um solo pobre, no caso de cultivo de planta para feno, observa-se que é mais difícil de construir a fertilidade do que na exploração de culturas, haja vista a baixa reposição de nutrientes via resíduos (Tabela 10).

Tabela 10 - Resultados analíticos de um solo (Latossolo) em um sistema de produção de feno

| Nutrientes | Anos | | | | | |
|------------|--------|------|------|------|------|------|
| | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | |
| pH | 6,2 | 6,2 | 5,2 | 5,5 | 5,5 | |
| P | 1,4 | 1,4 | 2,0 | 2,3 | 1,5 | |
| K | 30 | 39 | 23 | 59 | 37 | |
| Ca | 2,8 | 2,5 | 2,5 | 2,0 | 1,8 | |
| Mg | 0,6 | 0,8 | 0,6 | 0,5 | 0,5 | |
| Al | 0,0 | 0,0 | 0,3 | 0,1 | 0,1 | |
| SB | 3,5 | 3,4 | - | 2,7 | 2,4 | |
| V | 60,2 | 54,0 | 38,7 | 39,8 | 37,2 | |
| MO | dag/kg | 3,6 | 3,1 | 2,7 | 3,0 | |
| P - rem | mg/L | 7,7 | 9,1 | - | 15,0 | 14,1 |

Sendo a adubação média anual 250 kg/ha de 08-28-16 no início das chuvas. A adubação de cobertura de 500 kg/ha de 20-00-20 em duas aplicações 15 dias após a primeira adubação e após o primeiro corte. Na entressafra 2007/2008 aplicou-se 1 t calcário/ha. Na entressafra 2009/2010 aplicou-se 3 t de adubo orgânico/ha. O rendimento médio de feno foi 5,5 t/ha ano.

Observa-se pelos dados da Tabela 10 que embora com adubações consideradas razoáveis para uma cultura, como por exemplo, a do milho, a fertilidade do solo não vem sendo construída. Medidas de melhoramento do solo devem ser tomadas, tais como: aplicação anual de matéria orgânica, aplicação imediata de 2 a 3 t de gesso/ha, bem como 1 a 2 t de calcário e aplicação de parte do P na forma de fosfato reativo.

Colheita, armazenamento e comércio – a colheita é o principal fator limitante da produção de feno, isto porque no momento apropriado que alia rendimento e valor nutritivo da forragem, ocorrem chuvas frequentes. São necessários no mínimo quatro dias de sol para se realizar uma “corrida” de produção do feno. Para tanto, hoje em dia as previsões climáticas auxiliam na tomada de decisão. Um dia de dúvida, pode resultar em insucesso da operação, obtenção de feno ruim ou perda do produto para consumo animal, podendo ser direcionado para outras finalidades, caso mofo, mas não decomponha, por exemplo, base para cogumelo, piso para batatas, etc.

O corte da forragem tem sido realizado com segadora de tambor, os revolvimentos com ancinho de dupla função, o qual tem mecanismo para enleitar ao final da desidratação. A definição do momento de armazenar tem sido feita com o tato e visual de coloração, por serem práticas executáveis no campo de imediato. Duas horas de indecisão no armazenamento pode resultar em ocorrência de chuvas no período e as consequências já foram descritas. No sistema que temos conduzido, a partida de feno trabalhada tem sido de 400 a 600 fardos, sendo necessários no dia de guardar, dois tratores, dois tratoristas, um motorista e três auxiliares. O enfardamento tem sido realizado com enfardadora de fardos retangulares, regulada para fardos com média de 12 kg.

A comercialização é feita num raio de até 150 km da propriedade e para que flua normalmente com saída de toda a produção, 80% do feno é entregue ao consumidor em veículo próprio, considerando esta operação como custo de produção do feno. Locação transporte de terceiros pelo produtor do feno ou pelo consumidor, praticamente inviabiliza o uso de feno na alimentação de ruminantes e ou equinos de genética mediana. Pode ser viável para produções altamente especializadas, o que em média não é o caso dos clientes em potencial para uso de feno no Sul de Minas Gerais.

Balanco financeiro do sistema – são tomados para os cálculos dados de 2008/2009 com gastos e despesa, sem uma análise econômica com inclusão de custo de oportunidade da terra, remuneração de técnico, depreciação de máquinas e equipamentos, etc.

Custos e receitas em feno % no custo do fardo

| | | |
|----------------|------------------|-------|
| Diesel | 8.116,00 | 24,46 |
| Cisal | 1.088,00 | 3,28 |
| Peças/Serviços | 3.942,00 | 11,88 |
| Adubo/Calcário | 16.431,00 | 49,52 |
| Mão-de-obra | 3.600,00 | 10,85 |
| Total | 33.177,00 | |

Produção/Venda 6040 fardos

| | | |
|---------|-----------|-------------------|
| Receita | 41.545,00 | R\$6,88 por fardo |
| Custo | 33.177,00 | R\$5,50 por fardo |

Observações

- 1 - o diesel inclui todo o gasto, considerando produção (tratores) também veículo de transporte interno campo – galpão e entregas (maioria do comércio +-80%).
- 2 - peças e serviços incluem manutenção de tratores, equipamentos e do veículo de transporte interno e externo.
- 3 - mão-de-obra correspondente a um funcionário em meio período o ano todo e os eventuais em dias de colheitas (armazenar feno)

Considerações Finais

A intensificação da exploração do potencial de produção das gramíneas de clima tropical durante o período das chuvas pode aumentar efeitos da estacionalidade do crescimento das plantas no período seco, afetando a desempenho animal, pois se tem 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 morfológicas 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 considerada, pois muitas vezes os equipamentos disponíveis não se adaptam ao processo eficiente de fenação dos caprins tropicais que apresentam alta produção de matéria seca.

A utilização de aditivos para conservação de fenos enfiados com alta umidade deve ser avaliada 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 com 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.

Como outras práticas na propriedade agrícola, a produção de feno de qualidade com gramíneas tropicais também é difícil, mas não impossível.

Referências bibliográficas

- ANDERSON, B.E. Use of warm-season grasses by grazing livestock. *In: Native warm-season grasses: Research trends and issues*. Moore, K.J., Anderson, B.E. CSSA Special Publication Number 30. Madison, Wisconsin, 2000. p. 147-157.
- BARON, V.S., MATHISON, G.W. Yield, quality and preservation of moist hay subjected to rain-free and weathered conditions. *Canadian Journal of Animal Science*. 70(2): 611-622, 1990.
- BARON, V.S., GREER, G.G. Comparison of six commercial hay preservatives under simulated storage conditions. *Canadian Journal of Animal Science*. 68(4): 1195-1207, 1988.
- BERGER, L.L., FAHEY Jr.G.C., BOURQUIN, L.D., TTGEMEYER, E.C. Modification of forage quality after harvest. *In: Forage quality evaluation, and utilization*. Fahy Jr. G.C. (ed.). Lincoln, 1994. Fahy Jr. et al. (ed.). American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, Madison, 1994. p. 922-966.
- BERTIPAGLIA, L.M.A.; DE LUCA, S.; MELLO, G.M.P.; REIS, R. A. Avaliação de fontes de urease na amonização de fenos de *Brachiaria brizantha* com dois teores de umidade. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 34 (2): 378 - 386, 2005.
- BONJARDIM, S.R., REIS, R.A., RODRIGUES, L.R.A.; PEREIRA, J.R.A. Avaliação da qualidade dos fenos de gramíneas tropicais armazenados com diferentes níveis de umidade e tratados com amônia. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 21(5): 866-873, 1992.
- BOSSUYT, C.V., WITTENBURG, K.M.; CROW, G.H. 1996. Effect of fungal biomass in alfalfa hay on intake and whole tract digestion in growing beef calves. *Journal of Animal Science*, 74: 1336- 1342.
- BUXTON, D.R., MERTENS, D.R., FISHER, D.S. Forage quality and ruminant utilization. *In: Cool-season forage grasses*. MOSER et al. (ed.). Agronomy Monograph. 34. ASA, CSSA and SSSA, Madison, Wisconsin, 1996. p. 229-266.
- CABALLERO, R.; ALZUETA, A.C.; ORTIZ, R.T.; RODRIGUEZ, M.L.; BARRO, C.; REBOL, A. Carbohydrate and protein fractions of fresh and dried Common Vetch at three maturity stages. *Agronomy Journal*, 93 (5):1006-1013, 2001.
- CABRAL, L. S.; FILHO, S. C.; MALAFAIA, P. A. M.; LANA, R. P.; SILVA, J. F. C.; VEIRA, R. A. M.; PEREIRA, E. S. Frações de carboidratos de alimentos volumosos e suas taxas de degradação estimadas pela técnica de produção de gases. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 29 (6): 2087-2098, 2000.
- COBLENTZ, W.K.; FRITZ, J.O.; BOLSEN, K.K.; COCHRAN, R.C.; FU, L. Relating sugar fluxes during bale storage to quality changes in alfalfa hay. *Agronomy Journal*, 89(5): 800-807, 1997.
- COBLENTZ, W.K.; TURNER, J.E.; SCARBROUGH, D.A.; Lesmeister, K.E.; Johnson, Z.B.; Kellogg, D.W.; Coffey K.P. Storage characteristics and nutritive value changes in bermudagrass hay as affected by moisture content and density of rectangular bales. *Crop Science*, 40(5): 1375-1383, 2000.
- COBLENTZ, W.K.; HOFFMAN, P.C. Effects of spontaneous heating on fiber composition, fiber digestibility, and in situ disappearance kinetics of neutral detergent fiber for alfalfa-orchardgrass hays. *Journal Dairy Science*, 92: 2875-2895, 2009.
- COLLINS, M. 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. 1995. p.67-89.

DINIZ, S.P.S.S. Micotoxinas. 1 ed. Campinas: Livraria e editora rural, 2002. 181p.

DUCHAINE, C.; LAVOIE, M.C.; CORMIER, Y. Effects of a bacterial hay preservative (*Pediococcus pentosaceus*) on hay under experimental storage conditions. **Applied and Environmental Microbiology**, 61 (12): 4240-4243, 1995.

FAHEY Jr.G.C., BOURQUIN, L.D., TITGEMEYER, E.C., ATWELL, D.G. Postharvest treatment of fibrous feedstuffs to improve their nutritive value. *In: Forage cell wall structure and digestibility*. Madison, 1993. Peterson et al. (ed.). American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, Madison, 1994. p. 717-766.

FERNANDES, L.O.; REIS, R.A.; RODRIGUES, R.L.A.; LEDIC, I.L.; MAZAN, R.J. Qualidade do feno de *Brachiaria decumbens* stapf. submetido ao tratamento com amônia anidra ou uréia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 31(3): 1325-1332, 2002.

FREITAS, D. de, COAN, R. M., REIS, R. A., PEREIRA, J. R. A., PANIZZI, R. de C. Avaliação de fontes de amônia para conservação do feno de alfafa (*Medicago sativa* L.) armazenado com alta umidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 31(2): 866-874, 2002.

GONÇALVES, G.D.; SANTOS, G.T.; JOBIM, C.C.; DAMACENO, J.C.; CECATO, U.; BRANCO, A.F. Determinação do consumo, digestibilidade e frações protéicas e de carboidratos do feno de Tifton 85 em diferentes idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 32(4): 804-813, 2004.

GROTHER, M.D., CROSS, D.L., GRIMES, L.W. The effect of ammonia level and time of exposure to ammonia on the nutritional and preservative characteristics of dry and high-moisture coastal bermuda grass hay. **Animal Feed Science and Technology**, 14 (1): 55-65, 1986.

GROTHER, M.D., CROSS, D.L., GRIMES, L.W., et al. Effect of ammonia level and injection of ammonia on nutrient quality and preservation of coastal bermudagrass hay. **Journal Animal Science**, 61(6): 1370-1377, 1985.

HANNA, W. W. SOLLENBERGER, L.E. Tropical and sub tropical grasses. *In: Forages. An introduction to grassland agriculture*. Barnes, R.F., Nelson, C.J., Moore, K.J., Collins, M. Blackwell Publishing. Ames. Iowa. USA. 6° ed. Vol. 2. p. 245-255.

HARRIS, C.E.; TULLBERG, J.N. 1980. Pathways of water loss from legumes and grasses cut for conservation. **Grass Forage Science**. 35: 1-11.

HATFIELD, R.D., JUNG, H. G., BRODERICK, G., JENKINS, T.C. Nutritional chemistry of forages. *In: Forages. An introduction to grassland agriculture*. Barnes, R.F., Nelson, C.J., Moore, K.J., Collins, M. Blackwell Publishing. Ames. Iowa. USA. 6° ed. Vol. 2. p. 467-485, 2007.

HLODVERSSON, R.; KASPERSSON, A. Nutrient losses during deterioration of hay in relation to changes in biochemical composition and microbial growth. **Animal Feed Science and Technology**. 15(2):149-165, 1986.

HUHTANEN, P., SÜDEKUM, K.H., NOUSIAINEN, J., SHINGFIELD, K.J. Forage conservation, feeding value and milk quality. *In: Grassland in a changing world*. 2010. Germany. Proceedings. Kiel: 23th General Meeting of the European Grassland Federation. 2010. p. 379-414.

JASTER, E.H., MOORE, K.J. Hay desiccation and preservation with potassium sorbate, potassium carbonate, sorbic acid and propionic acid. **Animal Feed Science and Technology**. 38(1): 175-186, 1992.

JOBIM, C.C., GONÇALVES, G.D. Microbiologia de Forragens Conservadas. *In: Volumos na Produção de Ruminantes: Valor Alimentício de Forragens*. Reis, R. A., Bernardes, T.F., Siqueira, G.R. Moreira, A.L. (Ed.). 2003. Jaboticabal. Anais..., FUNEP. p. 1-26. 2003.

KASPERSSON, A., HLODVERSSON, R.PALMGREN, U. et al.. Microbial and biochemical changes occurring during deterioration of hay and preservative effect of urea. **Swedish Journal Agricultural Research**, 14 (1): 127-133, 1984.

KU, M.S.B., SCHMITT, M.R., EDWARDS, G.E. Quantitative determination of RuDP carboxylase-oxygenase in leaves of several C3 and C4 plants. **Journal Experimental of Botany**, 30: 89-98, 1979.

LACEY, J., LORD, K.A., CAYLEY, G.R. Chemical for preventing mounding in damp hay. **Animal Feed Science and Technology**. 6 (3): 323-336, 1981.

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

MALES, J.R. Optimizing the utilization of cereal crop residues for beef cattle. **Journal Animal Science**. 65(4): 1124-1110, 1987.

MANGAN, J.L. The nitrogenous constituents of fresh forage. *In: Forage protein in ruminant animal production*. N° 06. Occ. Publ. BSAP, Edinburgh, England, 1982 p. 25-40.

- MEISSER, M. Konservierung von feuchtheu. *Agrarforschung*, 8(2), 2001. Disponível em: <<http://gateway.ovid.com/ovidtest>>. Acesso em: 10 set. 2001.
- MINSON, D.J. **Forage in ruminant nutrition**. New York. Academic Press. 1990. 483p.
- MOSER, L.E. Quality of forages as affected by post-harvest storage and processing. *In: Crop quality storage, and utilization*. ASA, CSSA. Madison, Wisconsin. 1980, p.227-260.
- MOSER, L.E. 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. 1995, p. 1-19.
- MULLAHEY, J.J., WALLER, S.S., MOORE, K.J., MOSER, L.E., KLOPFENSTEIN, T.J. In situ ruminal protein degradation of switchgrass and smooth bromegrass. *Agronomy Journal*. 84:183-188, 1992.
- MUCK, R.E., SHINNERS, K.J. Conserved forage (silage and hay): progress and priorities. *In: International Grassland Congress*, XIX. 2001. São Pedro. **Proceedings...** Piracicaba: Brazilian Society of Animal Husbandry. 2001, p.753-762.
- NASCIMENTO, J.M.; COSTA, C.; SILVEIRA, A.C.; ARRIGONI, M.B. Influência do método de fenação e tempo de armazenamento sobre a composição bromatológica e ocorrência de fungos no feno de alfafa (*Medicago sativa*, L. cv. Flórida 77). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 29 (3): 669-677, 2000.
- OLIVEIRA, M.A., PEREIRA, O.G., HUAMAN, C.A.M. et al. Características morfológicas e estruturais do Capim Bermuda "Tifton 85" (*Cynodon spp.*) em diferentes idades de rebrota. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 29(6): 1939-1948, 2000.
- 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*. 01 ed. Maringá: Universidade Estadual do Maringá, 2001, v.01, p. 64-86.
- POPPI, D. McLENNAN, S.R., BEDIYE, S., VEGA, A., ZORRILLA-RIOS, J. Forage quality: Strategies for increasing nutritive value of forages. *In: BUCHANAN-SMITH, J.G., BAILEY, L.D., MCGAUGHEY, P.* (ed.). *International Grassland Congress*. 18. Winnipeg and Saskatoon, 1997. **Proceedings...**, Canadian Forage Council, Canadian Society of Agronomy, Canadian Society of Animal Science, Winnipeg and Saskatoon, 1997, p. 307-322.

- REDFEARN, D.D., JENKINS, K. Escape and rumen degradable protein fractions in warm-season grasses. *In: Moore, K.J., Anderson, B.E.* (ed.). *Native warm-season grasses: Research trends and issues*. CSSA Special Publication Number 30. Madison, Wisconsin. 2000. p. 3-21.
- REES, D.V.H. A discussion of sources of dry matter loss during the process of haymaking. *Journal Agriculture Engineering Research*, 7(4): 469-479, 1982.
- REIS, S.T. **Valor nutricional de gramíneas tropicais em diferentes idades de corte**. 99p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), UFPA, Lavras, 2000.
- REIS, R.A., PANIZZI, R.C., ROSA, B. et al. Efeitos da amonização na ocorrência de fungos, composição química e digestibilidade in vitro de fenos de grama seda (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 26 (3): 454-460, 1997.
- REIS, R.A., RODRIGUES, L.R.A. Aditivos para a produção de fenos. *In: Moura, A.S.A.M.T.* et al. (eds). 35º Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Botucatu-SP, 1998. **Anais...**, Botucatu: SBZ. p. 109-152.
- REIS, R.A., RODRIGUES, L.R.A. Uso de conservantes em fenos com alto teor de umidade. *In: Semana de Zootecnia. A interação, solos, pastagens e nutrição animal*. XIV, 1992. **Anais...**, Fundação Cargill, Pirassununga. p.77-89.
- REIS, R.A., RODRIGUES, L.R.A., NAHAS, E. et al. Amonização do feno de *Brachiaria decumbens* com diferentes níveis de umidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 28(4): 539-543, 1993.
- REIS, R. A., ROSA, B., MOREIRA, A. L. Tratamento químico de volumosos: Amonização. *In: Simpósio sobre Manejo Estratégico da Pastagem*. 1 ed. Viçosa: UFV, Departamento de Zootecnia, 2002, v.01, p. 407-436.
- REIS, R. A., MELLO, G. M. P. de, BERTIPAGLIA, L. M. A. OLIVEIRA, A. P. de Produção de fenos de *Cynodon* *In: Cynodon: Forrageiras que estão mudando a pecuária brasileira*. 1 ed. Juiz de Fora : CNPGL/EMBRAPA, 2005. v.1, p. 63-120.
- RIBEIRO, K.G., PEREIRA, O.G., VALADARES FILHO, S.C. et al. 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. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 30 (2): 589-595, 2001.
- RODRIGUES, J.F.H. Aditivos químicos em ensilagem e fenação de capim-tifton 85. Tese (doutorado em Zootecnia), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 81p. 2010.

ROBERTS, C.A. 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. 1995, p.21-38.

ROSA, B., REIS, R.A., PANIZZI, R.C. et al. Preservação do feno de *Bracharia decumbens* Stapf cv. Basilisk submetido a tratamento com amônia anidra ou uréia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 27(4): 691-694, 1998.

ROTH, M. T. P., REIS, R. A., RESENDE, F. D. DE, SIQUEIRA, G. R., PIRES, A. J. V., BERTIPAGLIA, L. M. A. Chemical treatment of post-harvest Marandu grass seed residues with different moisture contents. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 39 (3): 479 - 486, 2010a.

ROTH, M.T.P.; RESENDE, F.D.; REIS, R.A.; SIQUEIRA, G.R.; FARIA, M. H.; BERCHIELLI, T.T. Performance and carcass characteristics of beef cattle fed with ammoniated *Bracharia brizantha* cv. Marandu hay. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 39 (3): 479 - 486, 2010b.

ROTZ, C.A.; DAVIS, R.J.; BUCKMASTER, D.R.; THOMAS, J.W. Bacterial inoculants for preservation of alfalfa hay. **Journal of Production Agriculture**, 1 (4): 362-367, 1988.

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.

RUGGIERI, A. C., REIS, R. A. QUEIROZ NETO, A.; BALBO, D. F. Principais plantas tóxicas que afetam bovinos de corte. In: **Bovinocultura de corte**. (1 ed) Piracicaba: FEALQ, 2010, v.2, p. 1191-1232.

RUSSEL, J. B.; O'CONNOR, J. B.; FOX, D. G. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. I Ruminant fermentation. **Journal of Animal Science**, 70:3551-3561, 1992.

SANDERSON, M.A., WEDIN, W.F. Nitrogen in the detergent fiber fractions of temperate legumes and grasses. **Grass and Forage Science**, 44:159-168. 1989.

SCHENCK e MULLER. Harvest dates affect fungal counts and fungal composition of baled haylage. In: **Grassland in a changing world**. 2010. Germany. Proceedings. Kiel: 23th General Meeting of the European Grassland Federation. 2010. p. 416-418.

SILANIKOVE, N., COHEN, O., LEVANON, D., et al. Preservation and storage of green panic (*Panicum maximum*) as moist hay with urea. **Animal Feed Science and Technology**, 20 (2): 87-96, 1988.

SCHMIDT, P.; WECHSLER, F.S.; VARGAS JUNIOR, F.M.; ROSSI, P. Valor Nutritivo do Feno de Braquiária Amonizado com Uréia ou Inoculado com *Pleurotus ostreatus*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 32 (6): 2040-2049, 2003.

SNIFFEN, C.J., O'CONNOR, J.D., VAN SOEST, P.J., FOX, D.G., RUSSELL, J.B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, 70: 3562-3577. 1992.

SOLLENBERGER, L. E.; REIS, R. A.; NUSSIO, L. G.; CHAMBLISS, C. G.; KUNKLE, W. Conserved Forage. In: American Society of Agronomy; Crop Science Society of America; Soil Science Society of America. (Org.). Warm Season (C4) Grasses. 01 ed. Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy; Crop Science Society of America; Soil Science Society of America, 2004, v. 01, p. 355-387.

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, p. 1-31.

SUNDSTOL, F. Ammonia treatment of straw: Methods for treatment and feeding experience in Norway. **Animal Feed Science and Technology**, 10(2): 173-187, 1984.

SUNDSTOL, F., COXWORTH, E.M. Ammonia treatment. In: SUNDSTOL, F. OWEN, E. Straw and others fibrous by-products as feed. Amsterdam: Elsevier Press, 1984, p.196-247.

THORLACIUS, S.O., ROBERTSON, J.A. Effectiveness of anhydrous ammonia as a preservative for high-moisture hay. **Canadian Journal of Animal Science**, 64 (4): 867-880, 1984

UNDI, M.; WITTENBERGER, K.M. Effect of fungal biomass in moldy alfalfa hay on preference by dairy calves with no previous exposure to moldy feeds. **Journal of Dairy Science**, 79:1250-1254, 1996.

VAN SOEST, P.J. 1994. **Nutritional ecology of the ruminant**. ed., New York: Cornell University Press, 476p.

- VIÉIRA, R.A.M.; PEREIRA, J.C.; MALAFAMA, P.A.M. et al. Fracionamento dos carboidratos e cinética de degradação *in vitro* da fibra em detergente neutro da extrusa de bovinos a pasto. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 29 (3): 889-897, 2000.
- WALDO, D.R., JOERGENSEN, N.A. Forages for high animal production: Nutritional factors and effects of conservation. **Journal of Dairy Science**, 64: 1207-1229, 1981.
- WILSON, J.R. Organization of plant tissues. In: JUNG, H.G. et al. (ed.) **Forage cell wall structure and digestibility**. ASA, CSSA, SSSA. Wisconsin. 1993. p. 1-32.
- WILSON, J.R.. Structural and anatomical traits of forages influencing their nutritive value for ruminants. In: GOMIDE J.A. (ed.). International Symposium on Animal Production under Grazing. **Proceedings...** Viçosa: UFV, p. 173-208. 1997.
- WITTENBERG, K.M.. Nutritive value of high moisture alfalfa hay preserved with *Pediococcus pentosaceus*. **Canadian Journal of Animal Science**, 74 (2): 229-234, 1994.
- WITTENBERG, K.M. Preservation of high-moisture hay storage through the use of forage additives. **Canadian Journal of Animal Science**, 71 (2): 429-437, 1991.
- WITTENBERG, K.M.; MOSHTAGH-NIA, S.A. Influence of anhydrous ammonia and bacterial preparations on alfalfa forage baled at various moisture levels. I. Nutrient composition and utilization. **Animal Feed Science and Technology**, 26 (3): 333-344, 1990.
- WITTENBERG, K.M.; MOSHTAGH-NIA, S.A. Influence of anhydrous ammonia and bacterial preparations on alfalfa forage baled at various moisture levels. II. Fungal invasion during storage. **Animal Feed Science and Technology**, 34 (1): 67-74, 1991.
- WITTENBERG, K.M., UNDI, M., BOSSUYT, C. Establishing a feed value for moulded hay. **Animal Feed Science and Technology**, 60 (3-4): 301-310, 1996.
- WOOLFORD, M.K., TETLOW, R.W. The effect of anhydrous ammonia and moisture content on this preservation and chemical composition of perennial ryegrass hay. **Animal Feed Science and Technology**, 11 (3): 159-166, 1984.

Brachiaria decumbens: MITOS, VERDADES E POTENCIALIDADES

Dilermando Miranda da Fonseca¹, Manoel Eduardo Rozalino Santos², Márcia Vitória Santos³

¹Professor Associado do Departamento de Zootecnia, UFV, Bolista do CNPq; ²Professor do Colegiado de Zootecnia, UNIVASF; ³Professora do Departamento de Zootecnia, UFV.

Introdução

A *Brachiaria decumbens* Stapf. constitui recurso forrageiro de grande relevância para o Brasil. Esta espécie é conhecida no País como capim-braquiária, mas possui outras denominações regionais, como braquiarinha e decumbens. Neste trabalho, para melhor compreensão e padronização, a *B. decumbens* será referida como capim-braquiária.

O capim-braquiária é originário da Uganda, tendo sido levado para a Austrália em 1930 e lá registrado (MACKAY, 1982). No início da década de 1960, a *B. decumbens* cv. Basilisk foi introduzida no Brasil pelo Instituto de Pesquisas Internacionais (IRI), em Matão, São Paulo. Entre 1968 e 1972, o Brasil importou grande volume de sementes de *B. decumbens* cv. Basilisk da Austrália, em decorrência dos programas governamentais de incentivo à formação de pastagens (EUCLIDES et al., 2008). Atualmente, essa espécie é cultivada em toda a América Tropical, no Sudeste Asiático e Pacífico.

O capim-braquiária possui em geral perfilhos com crescimento decumbente emergindo de touceiras, que proporciona boa capacidade de cobertura do solo e formação de denso relvado. Isso faz com que, com frequência, as touceiras do capim-braquiária sejam de difícil visualização no pasto, porque estão muito próximas uma das outras. Dependendo do manejo, a altura da planta pode variar de 0,1 a 1,8 m; seus colmos são geniculados e radicantes, especialmente nos nós inferiores; possuem rizomas pequenos; os entrenós inferiores são curtos e angulosos, tornando-se mais compridos e retilíneos em direção ao ápice do perfilho; a lâmina foliar pode ser linear ou lanceolada; e a inflorescência é racemosa, com espiguetas alternadas na raquis (VALLE et al., 2010). Aos leitores que tenham interesse em obter informações mais detalhadas sobre as características morfológicas e agronômicas da *B. decumbens*, recomenda-se a leitura do trabalho de Valle et al. (2010).

Muitos autores consideram a introdução da *B. decumbens* no Brasil como um divisor de águas para a pecuária nacional, pois com a sua introdução no Cerrado brasileiro, a partir do final da década de 1960 e