

## DIFERIMENTO DO USO DE PASTAGENS

Patricia Menezes Santos\*

Alberto Carlos de Campos Bernardi\*

### 1. Introdução

A estacionalidade de produção das plantas forrageiras é um fato já bem conhecido por técnicos e produtores, e representa um dos principais entraves ao aumento da taxa de lotação animal em pastagens ao longo do ano. Ela depende de características do sistema clima-solo-planta. Pedreira & Mattos (1981), por exemplo, caracterizaram diferenças entre espécies forrageiras, agrupando-as de acordo com a distribuição de produção (Figura 1).

Na Figura 1, o capim-coastcross representa o grupo de espécies com boa distribuição de produção, o capim-colonião, as espécies com distribuição regular, e a grama-batatais, aquelas que apresentam acentuada estacionalidade. A produção desses capins entre maio e setembro foi 24, 16 e 7% da produção entre outubro e maio, respec-

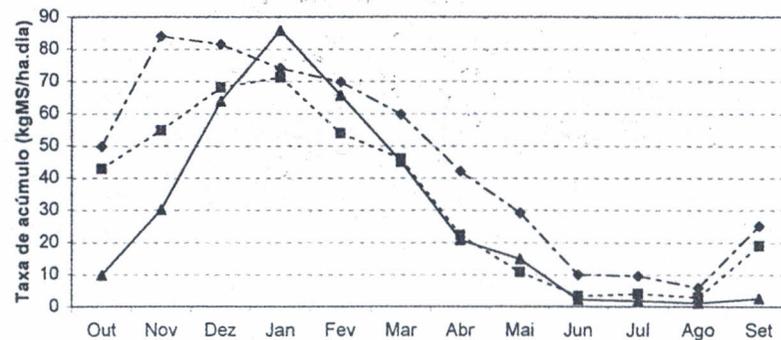


Figura 1. Taxa de acúmulo de forragem (kgMS/ha . dia) do capim-coastcross (◆), do capim-colonião (■) e da grama-batatais (▲) em Nova Odessa, SP. Os dados são médias de anos de 1973/1974 e 1974/1975 (adaptado de Pedreira & Mattos, 1981).

\* Embrapa Pecuária Sudeste.

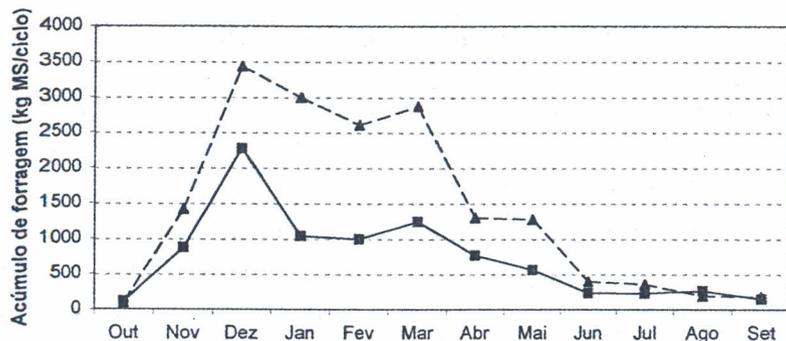


Figura 2. Acúmulo de forragem (kgMS/ha/ciclo de pastejo) do capim-tobiatã com (▲) e sem adubação (■) em São Carlos, SP em 1997/1998 (adaptado de Primavesi et al., 1999).

tivamente. É importante notar que mesmo as espécies com melhor distribuição de produção apresentam redução de seu crescimento no período seco e frio do ano.

O uso de práticas como a adubação de pastagens também interfere na estacionalidade de produção. Quando a adubação é feita ao longo do verão ela acentua as diferenças no ano. A Figura 2 mostra a estacionalidade de produção do capim-tobiatã com e sem adubação durante o verão (Primavesi et al., 1999). A produção de forragem entre maio e setembro representou 16% e 20% da produção entre outubro e abril nas áreas com e sem adubação, respectivamente.

O diferimento de pastagens é uma alternativa para reduzir o efeito da estacionalidade sobre o sistema de produção. Essa técnica consiste em vedar uma determinada área de pastagem no final da estação de crescimento, possibilitando, dessa maneira, que a forragem acumulada seja utilizada durante a entressafra.

O objetivo deste trabalho é discutir princípios básicos de fisiologia e manejo de plantas forrageiras relacionados ao diferimento de pastagens.

## 2. Inserção do diferimento no sistema de produção

A inserção do diferimento de pastagens no sistema de produção depende, dentre outros, da estacionalidade de produção. A taxa de

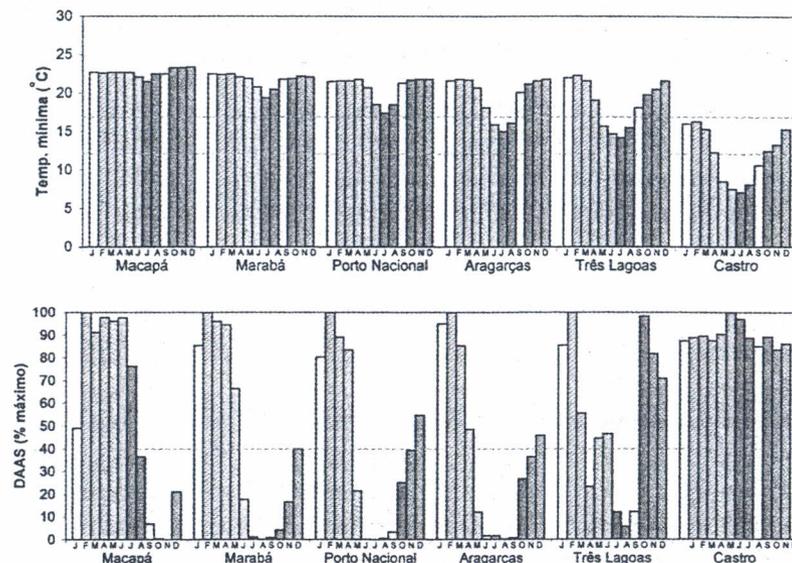


Figura 3. Temperatura mínima média (°C) e disponibilidade média de água no solo (% da disponibilidade máxima) ao longo do ano em Macapá (0°S), Marabá (5°S), Porto Nacional (10°S), Aragarças (15°S), Três Lagoas (20°S) e Castro (25°) (Agritempo, 2005).

crescimento das espécies forrageiras ao longo do ano tem sido determinada em vários experimentos no Brasil, no entanto, as diferenças nas condições de avaliação e na metodologia utilizada dificultam a reunião dessas informações de forma a caracterizar a estacionalidade de produção de forragem em cada região. Na falta dessas informações, dados de disponibilidade de água no solo e temperatura mínima serão utilizados para indicar o período de menor produção forrageira nas regiões do país.

A Figura 3 mostra dados históricos de temperatura mínima média e de disponibilidade média de água no solo ao longo do ano em Macapá (0°S), Marabá (5°S), Porto Nacional (10°S), Aragarças (15°S), Três Lagoas (20°S) e Castro (25°) (Agritempo, 2005). A disponibilidade média de água no solo está representada como percentagem do valor máximo de disponibilidade atual de água no solo (DAAS) obtido em cada estação meteorológica. Esta, por sua vez, é calculada pela equa-

ção:  $DAAS_i = DAAS_{i-1} + Precipitação_i - ETP_i$ , sendo a DAAS limitada à capacidade máxima de armazenamento de água do solo cadastrada para a estação experimental (Evangelista et al., 2003).

Considerando que o crescimento das gramíneas tropicais é paralisado em temperaturas abaixo de 12 a 17°C e que disponibilidades de água abaixo de 40%, de modo geral, representam uma situação de estresse hídrico, pode-se concluir que em Macapá, Marabá e Porto Nacional a produção de forragem é limitada principalmente pela disponibilidade de água. Em Aragarças e Três Lagoas, tanto a disponibilidade hídrica quanto a temperatura limitam o crescimento das plantas e, em Castro, apenas a temperatura restringe o desenvolvimento das forrageiras tropicais.

O período de menor crescimento das plantas forrageiras em Macapá ocorre entre agosto e dezembro, em Marabá entre junho e novembro e em Porto Nacional e Aragarças entre maio e outubro/novembro. Em Três Lagoas, o período de restrição está entre julho e setembro. Já em Castro, esse período ocorre entre maio e setembro. É importante observar ainda que, em Castro, a temperatura mínima média sempre ficou abaixo de 17°C, sendo importante escolher espécies que se desenvolvam nessa faixa de temperatura. De modo geral, quanto maior a latitude, mais cedo as condições de restrição ao crescimento das plantas se instalam.

Apesar de essas informações indicarem a época de menor desenvolvimento da planta forrageira, outros fatores influenciam o período de utilização e a taxa de lotação das áreas diferidas e da propriedade como um todo (ex.: a eficiência de pastejo).

A Tabela 1 mostra os resultados de uma simulação feita para determinar os limites dessa tecnologia em termos de taxa de lotação para solos de baixa, média e alta fertilidade nas regiões Norte e Brasil Central. Para realizar essa simulação, considerou-se que o período de utilização da área diferida na Região Norte é de três meses e no Brasil Central, de seis meses; a taxa de lotação animal nas propriedades é 15% menor nas secas (maio a outubro) que nas águas (novembro a abril); nas áreas diferidas, a taxa de lotação média ao longo do ano é 25% maior que nas áreas extensivas; as áreas de pastejo diferido receberam 50 kgN/ha no momento da vedação; e as áreas foram vedadas por um período de 100 dias. Foi considerado como limite

**Tabela 1.** Simulação da taxa de lotação potencial com a utilização do diferimento de pastagens em solos de baixa (menos de 20% de argila), média (entre 20 e 40% de argila) e alta (mais de 40% de argila) fertilidade nas regiões Norte e Brasil Central.

Região	Fertilidade	Lotação	Distribuição das áreas (% do total)		
			Extensiva	Intensiva	Diferida
Brasil Central	Baixa	0,80	86	0	14
	Baixa	0,96	56	10	34
	Baixa	1,12	25	20	55
	Baixa	1,24	0	28,5	71,5
	Média	1,00	86	0	14
	Média	1,20	56	10	34
	Média	1,40	25	20	55
	Média	1,55	0	28,5	71,5
	Alta	1,20	86	0	14
	Alta	1,44	56	10	34
	Alta	1,68	25	20	55
	Alta	1,86	0	28,5	71,5
Norte	Baixa	0,84	100	0	0
	Baixa	1,02	81	10	9
	Baixa	1,21	61	20	19
	Baixa	1,78	0	51	49
	Média	1,05	100	0	0
	Média	1,28	81	10	9
	Média	1,51	61	20	19
	Média	2,23	0	51	49
	Alta	1,26	100	0	0
	Alta	1,54	81	10	9
	Alta	1,81	61	20	19
	Alta	2,68	0	51	49

da tecnologia o ponto em que não houvesse mais área de pastejo extensivo na propriedade.

De acordo com a simulação apresentada na Tabela 1, no Brasil Central a taxa de lotação potencial é de 1,24, 1,55 e 1,86 UA/ha, respectivamente, para solos de baixa, média e alta fertilidade. Já na Região Norte, seria possível obter taxa de lotação de 1,78, 2,23 e 2,68 UA/ha também em áreas de baixa, média e alta fertilidade, respectivamente. Esses resultados, diante das médias nacionais de taxa de lotação (cerca de 0,6 UA/ha), indicam que o diferimento de pastagens é uma tecnologia interessante e que deve ser adotada nas propriedades.

### 3. Espécies forrageiras para diferimento

A adoção da técnica de diferimento de pastagens visa acumular forragem no final da estação de crescimento das plantas forrageiras para utilizá-la durante o período de entressafra. Dessa forma, é de-

**Tabela 2.** Taxa de acúmulo de matéria seca de 25 espécies forrageiras em Nova Odessa, SP. Os dados são médias de anos de 1973/1974 e 1974/1975.

Espécie	Nome comum	Taxa de acúmulo no outono (kgMS/ha . dia)
<i>Digitaria decumbens</i>	Pangola	15,9
<i>Cenchrus ciliaris</i> cv. Buffel Biloela	Biloela	16,5
<i>Chloris gayana</i> cv. Callide	Callide	18,9
<i>Panicum maximum</i> cv. Gatton	Gatton	20,7
<i>Cynodon dactylon</i>	Grama-paulista	21,0
<i>Paspalum guenoarum</i>	Ramirez	21,0
<i>Setaria anceps</i>	Nandi	21,2
<i>Digitaria</i> sp.	Digitaria	25,6
<i>Digitaria</i> sp.	Umfolozi	26,5
<i>Digitaria milanijana</i>	Milanijana	26,8
<i>Digitaria valida</i>	Válida	27,7
<i>Digitaria diversinervis</i>	Diversinervis	28,3
<i>Digitaria</i> sp.	Slender	31,0
<i>Echinochloa pyramidalis</i>	Mandantinho	31,5
<i>Paspalum notatum</i>	Pensacola	32,2
<i>Brachiaria decumbens</i> cv. Ipeam	Braquiária	32,5
<i>Panicum maximum</i> var. trichoglume-green	Green	32,7
<i>Paspalum notatum</i>	Batatais	34,1
<i>Panicum maximum</i>	Colônia	35,5
<i>Brachiaria mutica</i> cv. Angola	Angola	35,7
<i>Andropogon gayanus</i> var. squamulatus	Gamba	40,3
<i>Brachiaria ruziizensis</i>	Ruzi	44,3
<i>Brachiaria decumbens</i> cv. Australiana	Braquiária-australiana	48,1
<i>Cynodon dactylon</i>	Estrela	52,3
<i>Cynodon dactylon</i>	Coastcross 1	52,5

Adaptado de: Pedreira & Mattos (1981).

sejável que as espécies a serem diferidas apresentem bom potencial de crescimento e capacidade de manter seu valor nutritivo durante o período de vedação.

O experimento desenvolvido por Pedreira & Mattos (1981) mostra uma variação na taxa de acúmulo de matéria seca das espécies testadas durante o outono de 15,9 kgMS/ha . dia a 52,5 kgMS/ha . dia (Tabela 2). A partir desses resultados, é possível determinar que o capim-braquiária-australiana, a grama-estrela e o capim-coastcross são os mais recomendados para o diferimento do ponto de vista de acúmulo de forragem.

A diferença na taxa de acúmulo de forragem das espécies avaliadas por Pedreira & Mattos (1981) reflete a resposta das plantas à redução na temperatura, na disponibilidade hídrica, na luminosidade e no fotoperíodo. Essas condições, por outro lado, variam de região para região, o que limita a extrapolação desses resultados para outros locais.

Outro fator que deve ser considerado na escolha do capim para diferimento é o ritmo de redução de seu valor nutritivo. Durante o período de florescimento, de modo geral, a qualidade dos capins decresce rapidamente. Dessa forma, deve-se dar preferência às plantas que não apresentem pico de florescimento durante o outono.

A passagem da planta do estágio vegetativo para o reprodutivo depende de fatores genéticos, ambientais e hormonais que interagem entre si. Dentre os fatores do ambiente que interferem no florescimento, o mais estudado é o fotoperíodo.

A resposta das plantas ao comprimento do dia permite classificá-las em: plantas de dia longo, plantas de dia curto, plantas indiferentes, plantas intermediárias ou plantas anfotoperiódicas. Esta classificação se baseia em um fotoperíodo crítico que depende da espécie em questão e não do comprimento absoluto do dia. As plantas que florescem quando o fotoperíodo é menor que o valor crítico são consideradas de dia curto, e aquelas que florescem em resposta a comprimentos do dia acima do valor crítico são classificadas como de dia longo. As plantas indiferentes florescem independentemente do fotoperíodo, enquanto as intermediárias só vão florescer quando submetidas a comprimentos de dia intermediários, ou seja, dias muito longos ou muitos curtos inibem o processo. O comportamento das plantas anfotoperiódicas é o oposto das intermediárias, isto é, elas florescem quando o comprimento do dia é muito longo e/ou muito curto. Além das plantas que se encaixam nessa classificação, existem aquelas cuja indução depende de uma combinação entre dias curtos e longos (Taiz & Zeiger, 1991; Hopkins, 1995).

As plantas de dias curtos ou de dias longos podem ainda ser classificadas como qualitativas ou quantitativas. Nas plantas qualitativas, o florescimento só ocorre se as exigências quanto ao fotoperíodo são atendidas, enquanto as quantitativas aceleram o processo de florescimento a partir de determinado comprimento do dia (Taiz & Zeiger, 1991; Hopkins, 1995).

Existem poucos trabalhos relacionados à fisiologia do florescimento com gramíneas forrageiras tropicais. O capim andropogon (*Andropogon gayanus* Kunth.) é uma planta de dia curto com fotoperíodo crítico de 12 a 14 horas (Tompsett, 1976). Ele apresenta uma fase de juvenildade de aproximadamente seis semanas, não tendo sido possível induzi-lo

ao florescimento com dias curtos aos 28 dias de crescimento (Tompsett, 1976). A temperatura ótima para o florescimento dessa espécie é de 25°C, sendo que com 17°C ele é muito reduzido, parando em temperaturas menores que 16°C (Tompsett, 1976).

O gênero *Brachiaria* apresenta diversas respostas aos fatores climáticos. A *Brachiaria mutica* (Forssk.) Stapf. é uma planta de dia curto qualitativa, enquanto a *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex Rich.) Stapf. e a *Brachiaria decumbens* Stapf. não respondem ao fotoperíodo, e a *Brachiaria ruziziensis* R. Germ. & C. Evrard. é uma planta de dia curto quantitativa (Dirven et al., 1979). Neste trabalho, a *B. mutica* não produziu inflorescência com fotoperíodo acima de 14 horas, sendo que seu florescimento foi acelerado quando se passou de 12 para 10 horas de fotoperíodo. A *B. brizantha* e a *B. decumbens* já apresentavam inflorescência com menos de cinco dias de crescimento e a *B. ruziziensis*, no fotoperíodo de 14 horas, apresentou as primeiras inflorescências com menos de quarenta dias, sendo que, em fotoperíodos menores, a indução floral ocorreu antes (Dirven et al., 1979).

O *Panicum maximum*, em geral, é classificado como planta de dia curto. No caso do capim-colonião (*Panicum maximum* Jacq. cv. Colonião), o fotoperíodo crítico é de 12 a 14 horas, sendo que quanto menor o fotoperíodo mais precoce é o florescimento. São necessários, no mínimo, dez dias curtos para que ocorra a indução floral (Felippe, 1978). O cultivar Gatton-panic foi classificado como planta de dia curto quantitativa respondendo a fotoperíodos entre 12 e 14 horas (Hopkinson & English, 1982).

O *Panicum maximum* apresenta uma fase de juvenildade que depende do tipo de perfilho (Felippe, 1978; Felippe, 1979). Felippe (1979) observou que o perfilho principal do capim-colonião precisa produzir cerca de cinco a sete folhas antes que a planta se torne receptiva à indução floral (fase juvenil) e que, no caso dos perfilhos laterais, esse número depende do nível de inserção. Além disso, no mínimo quatro folhas são produzidas antes que ocorra a iniciação floral e o surgimento das primeiras inflorescências.

A Tabela 3 mostra a época de floração de algumas gramíneas tropicais. De acordo com esses dados, os capins *Andropogon gayanus*, *Brachiaria ruziziensis* e *Panicum maximum* apresentam pico de florescimento durante o outono e, portanto, não são indicados para o

Tabela 3. Época de pico de floração de algumas espécies forrageiras.

Nome científico	Pico de floração
<i>Andropogon gayanus</i> cv. Planaltina	Maio
<i>Brachiaria decumbens</i> cv. Basilisk	Janeiro e março
<i>B. decumbens</i> cv. IPEAN	Janeiro e março
<i>B. brizantha</i>	Janeiro e março
<i>B. ruziziensis</i>	Abril
<i>B. humidicola</i>	Janeiro e março
<i>B. mutica</i>	Fevereiro e março
<i>Cynodon</i> spp. cv. Tifton-85	Janeiro
<i>Cynodon</i> spp. cv. Florakirk	Janeiro
<i>Cynodon</i> spp. cv. Coastcross	Agosto e outubro
<i>Panicum maximum</i> cv. Colonião	Abril
<i>Panicum maximum</i> cv. Green-panic	Dezembro e março
<i>Panicum maximum</i> cv. Guiné	Março e abril
<i>Panicum maximum</i> cv. Makueni	Novembro, março e agosto
<i>Setaria anceps</i> cv. Kazungula	Janeiro
<i>Setaria anceps</i> cv. Nandi	Janeiro
<i>Setaria anceps</i> cv. Narok	Janeiro
<i>Cynodon plectostachyus</i>	Janeiro

Adaptado de Costa (1984) e Carvalho (2000).

diferimento. Por outro lado, a *Brachiaria decumbens* cv. Australiana e os *Cynodons* spp. se apresentam como uma boa opção para o diferimento, uma vez que, além de não apresentarem pico de florescimento no outono, têm elevada taxa de acúmulo de forragem nessa época (Tabela 2). O diferimento de áreas de *Brachiaria brizantha* também tem apresentado bons resultados, pois não apresenta pico de florescimento no outono, possibilita bons acúmulos de forragem e não é suscetível à cigarrinha-das-pastagens.

Em muitas propriedades onde os pastos já estão implantados, é necessário diferir o uso de plantas forrageiras que florescem no período de outono. Nesses casos, podem ser adotadas algumas medidas para reduzir a porcentagem de perfilhos reprodutivos na área. A redução da produtividade do pasto limita o uso de produtos químicos (reguladores vegetais) para o controle do florescimento, sendo obtidos melhores resultados por meio de práticas de manejo específicas. Para os capins Tanzânia e Mombaça (*Panicum maximum* Jacq.), por exemplo, o aumento da intensidade e/ou frequência de pastejo a partir de fevereiro reduz o número de perfilhos reprodutivos e a participação das hastes na massa de forragem (Santos, 2002; Carnevalli, 2003; Carvalho, 2004).

Infelizmente, não há informações suficientes na literatura sobre fisiologia do florescimento e produção dos capins ao longo do ano

em todo o território nacional. A construção desse banco de dados auxiliaria tanto a escolha de espécies quanto o planejamento das propriedades. Esse trabalho, no entanto, exige a formação de uma rede de pesquisa para que os dados sejam obtidos sob as mesmas condições e possam, portanto, ser comparados. O conhecimento mais detalhado da fisiologia e da resposta das plantas forrageiras às mudanças nas condições ambientais e a elaboração de modelos para estimar a produção também poderiam contribuir para caracterizar os cultivares e orientar programas de melhoramento e seleção.

#### 4. Parâmetros para definir a época de diferimento e utilização dos pastos

Uma das maiores dúvidas com relação ao diferimento é a época em que o pasto deve ser vedado. Se a área for reservada muito cedo, o valor nutritivo da forragem no momento da utilização será baixo e os riscos de perdas antes e durante o pastejo serão mais elevados (Filgueiras et al., 1997; Leite et al., 1998). Por outro lado, um período de vedação muito curto poderá determinar pouco acúmulo de forragem (Filgueiras et al., 1997; Leite et al., 1998).

Nos últimos anos, alguns grupos de pesquisa têm se dedicado a determinar a melhor época de diferimento e utilização das espécies forrageiras no país (Tabela 4). A partir das informações apresentadas na Tabela 4 é possível verificar que, de modo geral, os trabalhos recomendam que a vedação das pastagens seja feita entre dezembro e abril e a utilização, entre junho e setembro. O pastejo das áreas vedadas mais cedo deve ser diferido por menos tempo e essas áreas devem ser utilizadas primeiro, pois encontrarão melhores condições de crescimento.

A Tabela 4, no entanto, mostra que há diferenças entre espécies e regiões quanto à época ideal para vedação e utilização. Leite et al. (1998), por exemplo, observaram que, no Distrito Federal, DF, o diferimento do *Andropogon gayanus* Planaltina deve ser feito em março, enquanto a *Brachiaria brizantha* Marandu e o *Panicum maximum* Vencedor podem ser vedados até meados de abril. Por outro lado, a *Brachiaria brizantha* Marandu, para ser utilizada em julho, deve ser vedada em fevereiro em Porto Velho, RO (Leite et al., 1998), no

Tabela 4. Época de diferimento recomendada para algumas espécies forrageiras.

Espécie	Local	Vedação	Utilização	Referência
<i>Andropogon gayanus</i> Planaltina	Porto Velho, RO	Março	Junho e julho	Costa et al. (1992)
<i>Andropogon gayanus</i> Planaltina	Distrito Federal, DF	Abril	Agosto e setembro	Leite et al. (1998)
<i>Brachiaria brizantha</i> Marandu	Brotas, SP	Março	Julho a setembro	Bueno et al. (2000a,b)
<i>Brachiaria brizantha</i> Marandu	Porto Velho, RO	Fevereiro	Julho	Costa et al. (1993)
<i>Brachiaria brizantha</i> Marandu	Porto Velho, RO	Março	Junho e julho	Costa et al. (1993)
<i>Brachiaria brizantha</i> Marandu	Distrito Federal, DF	Março até meio de abril	Agosto e setembro	Leite et al. (1998)
<i>Brachiaria decumbens</i>	Prudente de Moraes, MG	Abril	Julho	Filgueiras et al. (1997)
<i>Brachiaria decumbens</i> (BRA/4391)	Distrito Federal, DF	Dezembro a fevereiro	Até junho	Pizarro et al. (1997)
<i>Panicum maximum</i> Vencedor	Distrito Federal, DF	Março até meio de abril	Julho a setembro	Leite et al. (1998)
<i>Paspalum</i> sp.	Porto Velho, RO	Abril	Julho a setembro	Costa et al. (1997)
<i>Pennisetum purpureum</i> Cameroon	Igarapé, MG	Janeiro e fevereiro	Início da seca	Costa et al. (1997)
<i>Pennisetum purpureum</i> Cameroon	Igarapé, MG	Março	Final da seca	Andrade et al. (1990)
<i>Pennisetum purpureum</i> Cameroon	Felixlândia, MG	Janeiro	Início da seca	Andrade & Salgado (1992)
<i>Pennisetum purpureum</i> Mineiro	Três Pontas, MG	Fevereiro	Meio da seca	Andrade & Salgado (1992)
<i>Pennisetum purpureum</i> Mott	Porto Velho, RO	Fevereiro	Início da seca	Andrade (1993)
<i>Pennisetum purpureum</i> Mott	Porto Velho, RO	Março	Final da seca	Andrade (1993)
<i>Pennisetum purpureum</i> Mott	Porto Velho, RO	Abril	Junho e julho	Costa et al. (1998)
<i>Pennisetum purpureum</i> Mott	Porto Velho, RO	Abril	Agosto e setembro	Costa et al. (1998)

início de março em Brotas, SP (Bueno et al., 2000a,b), e de março até meados de abril em Porto Velho, RO (Costa et al., 1993).

Uma vez que a extensão territorial limita o desenvolvimento de experimentos como os apresentados na Tabela 4 para todas as regiões do país, é necessário buscar parâmetros que indiquem a época de vedação e a utilização das pastagens nas regiões do país. O uso de modelos de simulação semelhantes àqueles utilizados para o zoneamento agrícola (Agritempo, 2005) talvez seja a melhor forma de agregar essas informações para gerar uma recomendação prática. Para isso, no entanto, é necessário definir os parâmetros a serem considerados pelo modelo.

O déficit hídrico, a baixa temperatura e a redução da luminosidade e do comprimento do dia são fatores climáticos que deprimem o crescimento das plantas forrageiras durante o período de menor acúmulo e, portanto, devem ser considerados para definir o período de diferimento dos pastos.

A disponibilidade de água depende de características do solo, da planta e do clima. A capacidade de armazenamento de água dos solos brasileiros já foi mapeada e vem sendo utilizada nos modelos de zoneamento agrícola. As respostas das plantas forrageiras às condições de estresse hídrico crescente, no entanto, ainda não são bem conhecidas e precisariam ser modeladas.

A temperatura base inferior, ou seja, aquela abaixo da qual não há crescimento, é uma característica genética das plantas (Unruh et al., 1996). Na Tabela 5 são apresentadas as temperaturas base inferior de algumas gramíneas tropicais. Esses valores mostram que a temperatura base inferior varia entre espécies e entre cultivares de uma mesma espécie (Moreno, 2004; Villa Nova et al., 2004).

O efeito da luminosidade e do fotoperíodo sobre o desenvolvimento das plantas forrageiras normalmente é relegado a segundo plano, em parte, devido à dificuldade de diferenciar o impacto dessas variáveis daquele causado por mudanças de temperatura do ar no campo. O índice de unidade fototérmica, proposto por Villa Nova et al. (1983), procura integrar os efeitos de temperatura do ar e do fotoperíodo para previsão da produtividade das culturas em resposta às variáveis climáticas. Modelos utilizando esse índice têm sido eficientes em explicar a produção de cultivares de *Cynodon* e *Panicum* (Medeiros et al., 2001; Moreno, 2004).

Tabela 5. Temperatura base inferior de algumas gramíneas tropicais.

Espécie	Temperatura base inferior (°C)
<i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça	17,5
<i>Panicum maximum</i> cv. Tobiatã	17,5
<i>Panicum maximum</i> cv. Tanzânia	17,1
<i>Panicum maximum</i> cv. Atlas	16,2
<i>Panicum maximum</i> cv. Massai	15,6
<i>Pennisetum purpureum</i>	15,6
<i>Cynodon nlemfuënsis</i> var. nlemfuënsis cv. Florico	12,0

Adaptado de Moreno et al. (2004) e Villa Nova et al. (2004).

Para zonear o diferimento é necessário também definir o ponto ideal para utilização do pasto quando o pastejo for diferido. As principais preocupações, nesse caso, devem ser acumular grande quantidade de massa e evitar o tombamento das plantas em virtude de sua altura. O tombamento determina uma perda elevada de forragem, conseqüentemente, uma eficiência muito baixa de aproveitamento do material acumulado. Dessa forma, a desfolha das plantas forrageiras no pastejo diferido deve ser feita quando houver bastante massa de forragem acumulada, porém antes que o risco de tombamento se torne elevado.

A altura das plantas está relacionada à altura das hastes. Moreno (2004) verificou que o alongamento das hastes de cultivares de *Panicum* também está vinculado ao acúmulo de unidades fototérmicas e à interceptação luminosa. Esses índices, portanto, poderiam ser utilizados em modelos de predição da época de diferimento dos pastos, desde que correções para os efeitos de deficiência hídrica, intensidade de desfolha inicial e adubação nitrogenada fossem consideradas (Medeiros et al., 2001). Além disso, seria preciso considerar o estágio fisiológico da planta.

O zoneamento pode ser uma ferramenta muito útil para auxiliar técnicos e produtores na utilização do diferimento de pastagens, porém alguns parâmetros ainda precisam ser modelados pela pesquisa antes que ele seja realizado.

## 5. Nitrogênio em áreas de pastejo diferido

A aplicação de nitrogênio no solo, no momento da vedação do pasto, pode ser feita de forma estratégica para acelerar o ritmo de crescimento

da planta e, conseqüentemente, aumentar a taxa de acúmulo de forragem. No Brasil, o consumo de nitrogênio é da ordem de 2,2 milhões t por ano. Nos principais adubos nitrogenados comercializados no Brasil, o nitrogênio está presente nas formas amídica (uréia), nítrica (nitratos de potássio e amônio) e amoniacal (sulfato e nitrato de amônio, MAP e DAP), sendo todas solúveis em água. A uréia é o mais comum fertilizante nitrogenado no mercado brasileiro (Associação Nacional para Difusão de Adubos – Anda, 2003). Isso ocorre porque apresenta vantagens do ponto de vista econômico como: alta concentração de N, facilidade de manipulação e menor potencial de acidificação do solo, apesar dos riscos de perdas do N por volatilização.

O fertilizante nitrogenado aplicado na pastagem tem como destino a absorção pela planta, imobilização no solo ou perda do sistema. Resultados de pesquisa têm mostrado que a recuperação aparente do N do fertilizante aplicado em pastagens está dentro dos limites de 50 a 80% e, com maior freqüência, entre 65 e 70% (Whitehead, 1995). Com o aumento das doses de N, menor é a quantidade recuperada do nutriente. Primavesi et al. (2004) observaram que a recuperação média de N da uréia foi de 68% do N obtido do nitrato de amônio, que variou, em média, de 68 a 75%. Já Martha Jr. et al. (2004b) obtiveram uma eficiência média de 56% para a uréia.

Em função dos altos custos da adubação nitrogenada, é necessário que os recursos sejam usados da maneira mais eficiente e racional possível. Por isso, o manejo, a dose recomendada e a fonte de nitrogênio a ser utilizada têm grande importância no sucesso do investimento da adubação nitrogenada.

A eficiência da adubação nitrogenada é aumentada por meio de diversas práticas como: emprego de formas com disponibilidade controlada, parcelamento das doses recomendadas, localização adequada em relação às plantas e sementes e calagem (FAO, 1998; Isherwood, 1998; Johnston, 2000).

Existem múltiplos processos que interferem na dinâmica do N no solo, como lixiviação, volatilização, imobilização-mobilização, nitrificação, desnitrificação e mineralização (Rajj, 1991; Whitehead, 1995; Fageria et al., 1999). Esses processos podem ocasionar grandes modificações na disponibilidade e na necessidade desse nutriente para as plantas forrageiras. Por isso, o conhecimento das reações que

interferem na dinâmica do nitrogênio é fundamental para subsidiar recomendações técnicas eficientes sobre o manejo da adubação nitrogenada às plantas forrageiras.

### Nitrogênio no solo

O nitrogênio no solo está predominantemente em ampla variedade de formas orgânicas que podem ser rapidamente decompostas (resíduos de plantas e animais) e formas mais estáveis (húmus). A disponibilidade desse nutriente é controlada pelos processos microbianos de mineralização e imobilização, os quais dependem basicamente da relação C/N e da composição bioquímica dos resíduos culturais em decomposição. Segundo Allison (1966), há um equilíbrio entre esses dois processos quando a relação C/N situa-se em torno de 25. Abaixo desse valor, a mineralização irá predominar sobre a imobilização, ocorrendo o inverso para valores de C/N superiores a 25.

Somente uma pequena parte do N do solo encontra-se em formas inorgânicas como: amônio ( $\text{NH}_4^+$ ), nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ). A forma do N absorvida pelas gramíneas é determinada em grande parte pelo pH do solo e temperatura. O nitrato é a forma predominante de absorção de N pela maioria das plantas, já que o amônio presente nos fertilizantes e resíduos orgânicos é rapidamente oxidável pelos microorganismos do solo (Whitehead, 1995).

### Perdas de N aplicado ao solo

O conhecimento e quantificação das formas de perdas do fertilizante nitrogenado aplicado ao solo são essenciais para estabelecer estratégias visando aumentar a eficiência de uso e minimizar seu impacto ambiental. As perdas podem ocorrer através da erosão, lixiviação do nitrato, volatilização da amônia, ou desnitrificação.

#### EROSÃO

A erosão é o processo de desprendimento e arraste das partículas de solo causado pela ação da água ou do vento. Nas condições tropicais, a erosão hídrica apresenta maior interesse por ser de ocorrência mais freqüente, processar-se com maior rapidez e causar grandes prejuízos. Nesse processo, as maiores perdas são das camadas superficiais do solo, que contêm maiores teores de matéria orgânica e que recebem os fertilizantes.

No entanto, pastagens bem manejadas apresentam adequadas características físicas e cobertura vegetal, que reduzem muito as possibilidades de estabelecer o processo erosivo. Por isso, apresentam perdas desprezíveis de N, por erosão ou escoamento superficial, apresentando valores em torno de 5 kg ha<sup>-1</sup> (Martha Júnior et al., 2004c). Além disso, no caso de áreas de pastejo diferido, a aplicação do fertilizante nitrogenado é feita no final da estação das águas, quando a precipitação pluvial é relativamente baixa.

#### LIXIVIAÇÃO

O cátion amônio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) permanece no solo na forma trocável, adsorvido pelas cargas negativas do solo. Porém, em solos sem restrição de oxigênio, a forma mineral de nitrogênio predominante é o nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Quando aplicado no solo, em curto período de tempo, a maior parte do N amídico (uréia) ou amoniacal (sulfato de amônio) sofre oxidação e passa para a forma nítrica. Este, por ter carga negativa, é repellido pela superfície das partículas do solo, permanecendo na solução do solo (Rajj, 1991).

A lixiviação de nitrato é umas das formas de perda do N disponível às plantas. Ela é influenciada diretamente pelos fatores que determinam o fluxo de água no solo e pela concentração de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na solução. Fatores como sistema de preparo do solo, tipo de solo e forma de aplicação dos fertilizantes nitrogenados podem influenciar tanto o fluxo de água quanto a concentração de nitrato na solução do solo (White, 1987). O tipo de solo pode ter grande influência na magnitude do processo de lixiviação. Solos argilosos possuem maior capacidade de retenção de nitrogênio, principalmente na forma de NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, do que solos arenosos. A maior capacidade de armazenamento de água dos solos argilosos reduz a percolação da água pelo perfil e, conseqüentemente, o arraste de nitrato para camadas inferiores do solo (Whitehead, 1995). Além da textura, o conteúdo de matéria orgânica também pode interferir na lixiviação de nitrato, em função da maior disponibilidade de nitrogênio decorrente da decomposição da MO, principalmente quando a área não está sendo cultivada.

A acidez inibe a produção de nitrato em solos que recebem aplicação de amônio, assim como a nitrificação é favorecida pela calagem. A taxa de nitrificação decresce abaixo de pH 6,0 em água e é insignificante abaixo de pH 4,5 em água (Adams & Martin, 1984).

Em sistemas de pastagens intensivas, onde a melhor estruturação ao longo do perfil proporciona maior taxa de infiltração de água, a mobilidade do íon nitrato no perfil do solo é alta. No entanto, a lixiviação de nitrato para camadas abaixo dos 30 cm superficiais, em pastagens tropicais adequadamente manejadas, pode representar menos de 5% das perdas do nutriente (Oliveira et al., 2003). Isso ocorre porque essas espécies apresentam abundante e profundo sistema radicular, que lhes confere elevada capacidade de extração de nutrientes.

#### DESNITRIFICAÇÃO

A desnitrificação é um outro mecanismo de perda de N do solo, no qual o nitrato é reduzido, por ação de microrganismos, a óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) ou N<sub>2</sub>, perdidos para a atmosfera na forma de gás.

Esse processo é mais acelerado em solos que receberam N na forma nítrica, com altos teores de matéria orgânica, sob inundação por longos períodos (anaerobiose), compactados, com pH próximo à neutralidade e em altas temperaturas (Haynes & Williams, 1993; Granli & Bockman, 1995; Whitehead, 1995; Fageria et al., 1999). De acordo com Veldkamp et al. (1998), os efeitos ambientais são mais importantes que as formas dos fertilizantes.

As fontes de nitrogênio como nitrato de amônio, nitrato de cálcio e sulfato de amônio podem sofrer perdas por desnitrificação como conseqüência da diminuição da aeração, pela maior umidade combinada com os problemas físicos de compactação e na presença de compostos de carbono solúveis. Em solos de várzea, que permanecem inundados, não é recomendada a utilização de fertilizantes nitrogenados na forma nítrica, pois as condições redutoras do solo provocam rápida desnitrificação.

As perdas por desnitrificação em sistemas de pastagens tropicais podem ser potencializadas com o aumento do fornecimento de fontes nitrogenadas (Veldkamp et al., 1998). Resultados experimentais obtidos em pastagens adequadamente manejadas indicaram que as perdas por desnitrificação estão em torno de 20% do N aplicado (Martha Júnior et al., 2004a).

#### VOLATILIZAÇÃO

Em pastagens tropicais, a volatilização de amônia (NH<sub>3</sub>) para a atmosfera é a forma mais significativa de perda de nitrogênio (N)

é um dos principais fatores responsáveis pela baixa eficiência da uréia, principalmente quando esta fonte de N é aplicada a lanço e em cobertura no final do período das chuvas (Primavesi et al., 2001; Martha Júnior et al., 2004b).

Em áreas de pastejo diferido, a aplicação do nitrogênio (N) é feita exatamente no final do período das águas, quando a ocorrência de chuvas é mais irregular. Esse processo, portanto, é o que deve merecer mais atenção quando se adota essa prática de manejo.

O processo de volatilização envolve, de acordo com Rodrigues & Kiehl (1992), inicialmente a hidrólise da fonte nitrogenada por meio da urease, uma enzima produzida por bactérias, actinomicetos e fungos do solo, ou, ainda, originada de restos vegetais. Como resultado da hidrólise, tem-se a formação de carbonato de amônio. O carbonato de amônio resultante da hidrólise da uréia não é estável e desdobra-se em  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}_2$  e água. Parte do  $\text{N-NH}_3$  formado reage com íons  $\text{H}^+$  da solução do solo e com íons  $\text{H}^+$  dissociáveis do complexo coloidal, resultando no cátion  $\text{NH}_4^+$ . Entretanto, a neutralização da acidez potencial determina a elevação do pH, que pode atingir valores acima de 7 na região próxima aos grânulos do fertilizante aplicado. Na camada próxima à aplicação do fertilizante, constatou-se aumento do pH em água de 6,9 para 8,7.

A quantidade de N perdido por volatilização, após a aplicação de uréia sobre a superfície do solo, pode atingir valores extremos próximos a 80% do N aplicado (Lara Cabezas et al., 1997). Essas perdas variam muito em função das condições climáticas e do tipo de solo, teores de argila, matéria orgânica e capacidade de troca de cátions do solo (Bouwmeester et al., 1985; Rodrigues & Kiehl, 1986; Al-Kanani et al., 1991). Martha Júnior et al. (2004c) resumiram os principais efeitos de fatores de clima, solo e de manejo sobre o processo de volatilização da amônia.

A presença de resíduos sobre a superfície do solo influencia a quantidade de nitrogênio que se perde através da volatilização de amônia, especialmente quando a uréia é aplicada superficialmente. Esse problema geralmente ocorre nas pastagens e no sistema plantio direto. O incremento do conteúdo de matéria orgânica (MO), verificado nas camadas superficiais do solo, tende a aumentar a população microbiana e a CTC, aumentando assim a atividade da urease, que

catalisa a hidrólise da uréia, favorecendo a volatilização de  $\text{NH}_3$  (Bayer & Mielniczuk, 1997). A presença de resíduos vegetais sobre a superfície também reduz o contato da uréia com o solo, diminuindo a adsorção de  $\text{NH}_4^+$  aos colóides orgânicos e inorgânicos, e com isso facilitando a volatilização de amônia.

A incorporação de uréia ao solo a 4 a 5 cm de profundidade é uma alternativa eficaz para a redução das perdas de  $\text{N-NH}_3$  por volatilização (Rodrigues & Kiehl, 1986; Hargrove, 1988; Lara-Cabezas et al., 2000). Entretanto, em pastagens tropicais, os fertilizantes nitrogenados são normalmente aplicados em cobertura, sem incorporação do fertilizante no solo, porque esta prática prejudica o sistema radicular da planta forrageira, diminuindo o vigor de rebrota da pastagem (Corsi et al., 2001).

Existem outras alternativas para a redução das perdas por volatilização de fontes nitrogenadas, entre elas estão o uso de fontes menos suscetíveis à volatilização, como as nítricas ou amoniacais (Primavesi et al., 2001, 2004), ou ainda através da adição de ácidos (Hargrove, 1988), sais (Fenn et al., 1987; Sengik & Kiehl, 1995; Vitti et al., 2002), alterações na granulometria da uréia (Lara-Cabezas et al., 1992), ou tornando-a de liberação lenta (Carter et al., 1986; Wang & Alva, 1986). O fornecimento de água, por meio da irrigação, em seguida à adubação nitrogenada também é uma prática efetiva na redução das perdas de amônia (Bouwmeester et al., 1985; Black et al., 1987).

## 6. Considerações finais

O diferimento de pastagens é uma técnica relativamente simples que permite elevar a taxa de lotação das propriedades a valores por volta de 2 UA/ha. O zoneamento do diferimento de pastagens no Brasil deverá orientar técnicos e produtores quanto às épocas de vedação e utilização do pasto mais indicadas para cada região.

## 7. Referências bibliográficas

- ADAMS, F.; MARTIN, J. B. Liming effects on nitrogen use and efficiency. In: HAUCK, R. D. (ed.). **Nitrogen in crop production**. Madison: American Society of Agronomy, 1984. p. 417-426.
- AGRITEMPO. Sistema de monitoramento agrometeorológico. Disponível em: <http://www.agritempo.gov.br>. Acesso em: 17/04/2005.

- AL-KANANI, T.; MACKENZIE, A.F.; BARTHAKUR, N.N. Soil water and ammonia volatilization relationships with surface-applied nitrogen fertilizer solutions. *Soil Science Society American Journal*, v. 55, p. 1761-1766, 1991.
- ALLISON, F. E. The fate of nitrogen applied to soils. *Advances in Agronomy*, Madison, v. 18, p. 219-258, 1966.
- ANDRADE, I. F. Efeito da época de vedação na produção e valor nutritivo do capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) cv. Mineiro. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 22, n. 1, p.53-63, 1993.
- ANDRADE, I. F.; AIRES, I. M.; BASTOS, C. M. C.; CARNEIRO, A. M. Efeito da época de vedação sobre a produção e o valor nutritivo do capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) cv. Camerron. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 19, n. 4, p. 243-255, 1990.
- ANDRADE, I. F.; SALGADO, J. G. F. Efeito da época de vedação do capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) cultivar Camerron sobre sua produção e valor nutritivo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 21, n. 4, p. 637-646, 1992.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS – ANDA. *Anuário estatístico do setor de fertilizantes – 2002*. São Paulo: Anda, 2003. 158p.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, v. 21, p. 105-112, 1997.
- BLACK, A. S.; SHERLOCK, R. R.; SMITH, N. P. Effect of timing of simulated rainfall on ammonia volatilization from urea applied to soil of varying moisture content. *Journal of Soil Science*, v. 38, n. 4, p. 679-688, 1987.
- BOUWMEESTER, R. J. B.; VLEK, P. L. G.; STUMPE, J. M. Effect of environmental factors on ammonia volatilization from an urea-fertilized soil. *Soil Science Society American Journal*, v. 49, p. 376-381, 1985.
- BUENO, M. F.; MATTOS, H. B. de; COSTA, M. N. X. da; PIEDADE, S. M. S.; LEITE, W. B. O. Épocas de vedação e de uso no capim marandu. 1. Produção de matéria seca e valor nutritivo. *Boletim da Indústria Animal*, v. 57, n. 1, p. 1-9, 2000a.
- BUENO, M. F.; MATTOS, H. B. de; COSTA, M. N. X. da; PIEDADE, S. M. S.; LEITE, W. B. O. Épocas de vedação e de uso no capim marandu. 2. Produção de forragem e composição mineral. *Boletim da Indústria Animal*, v. 57, n. 1, p. 11-19, 2000b.
- CARNEVALLI, A. R. *Dinâmica da rebrotação de pastos de capim-mombaça submetidos a regimes de desfolhação intermitente*. Piracicaba, 2003. 136p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- CARTER, M. F.; VLEK, P. L. G.; TOUCHTON, J. T. Agronomic evaluation of new urea forms for flooded rice. *Soil Science Society America Journal*, v. 50, p. 1055-1060, 1986.
- CARVALHO, C. A. B. de. *Padrões demográficos de perfilhamento e acúmulo de forragem em pastagens de Cynodon spp. manejadas em quatro intensidades de pastejo*. Piracicaba, 2000. 96p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- CARVALHO, D. D.; MATTHEW, C.; HODGSON, J. Comportamento de florescimento em cultivares de *P. maximum*, mombaça e tanzânia, sob duas alturas de desfolhação (*compact disc*). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., Campo Grande, 2004. *Anais*. Campo Grande: SBZ, 2004.
- CORSI, M.; MARTHA JR., G. B.; PAGOTTO, D. S. Sistema radicular: dinâmica e resposta a regimes de desfolha. In: SILVA, S. C.; PEDREIRA, C. G. S. (eds.). *A produção animal na visão dos brasileiros – pastagens*. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 2001. p. 838-852.
- COSTA, N. L.; OLIVEIRA, J. R. C. *Épocas de vedação e utilização de Andropogon gayanus cv. Planaltina em Rondônia*. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 1992. 4p. (Comunicado Técnico, 103).
- COSTA, N. L.; OLIVEIRA, J. R. C.; PAULINO, V. T. Efeito do diferimento sobre o rendimento de forragem e composição química de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em Rondônia. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, v. 22, n. 3, 1993.
- COSTA, N. L.; OLIVEIRA, J. R. C.; TOWNSEND, C. R. Efeito do diferimento sobre a produção e composição química do capim-elefante cv. Mott. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 33, n. 4, p. 497-500, 1998.
- COSTA, N. L.; TOWNSEND, C. R.; MAGALHÃES, J. A.; PEREIRA, R. G. A. *Resposta de genótipos de Paspalum ao diferimento*. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 1997. 3p. (Comunicado Técnico, 139).
- COSTA, N. M. S. Regionalização da produção de sementes de plantas forrageiras em Minas Gerais. *Informe Agropecuário*, v. 10, n. 111, 1984.
- DIRVEN, J. G. P.; VAN SOEST, L. J. M.; WIND, K. The influence of photoperiod on head formation in some *Brachiaria* species and *Chloris gayana* cv. Masaba. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, v. 27, p. 48-59, 1979.
- EVANGELISTA, S. R. M.; TERNES, S.; SANTOS, E. H. dos; ASSAD, E. D.; ROMANI, L. A. S.; FRANZONI, A. Agroclima – sistema de monitoramento agroclimatológico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 13., Santa Maria, 2003. *Anais*. Santa Maria: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2003.
- FAGERIA, N. K.; STONE, L. F.; SANTOS, A. B. *Maximização da eficiência de produção das culturas*. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 294p.
- FAO. *Guide to efficient plant nutrition management*. Rome: FAO. 1998. 19p.
- FELIPPE, G. M. Effects of photoperiod, GA<sub>3</sub> and CCC on flowering of *Panicum maximum*. *Hoehnea*, v. 7, p. 11-16, 1978.
- FELIPPE, G. M. The flowering of tillers of *Panicum maximum* Jacq. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 2, p. 87-90, 1979.
- FENN, L. B.; MALSTROM, H. L.; WU, E. Ammonia losses from surface-applied urea or urea application rates, plant residue and calcium chloride addition. *Fertilizer Research*, v. 12, p. 219-227, 1987.
- FILGUEIRAS, E. P.; BORGES, A. L. C. C.; RODRIGUES, N. M.; ESCUDER, J.; GONÇALVES, L. C. Efeito do período de vedação sobre a produção e qualidade da *Brachiaria decumbens* Stapf: I-matéria seca e proteína bruta. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 49, n. 5, p. 586-601, 1997.
- GRANLI, T.; BOCKMAN, O. C. Nitrous oxide (N<sub>2</sub>O) emissions from soils in warm climates. *Fertilizer Research*, v. 42, n. 1-3, p. 159-163, 1995.

- HARGROVE, W. L. Soil environmental and management factors influencing ammonia volatilization under field conditions. In: BOCK, B. R.; KISSEL, D.E. (eds.). **Ammonia volatilization from urea fertilizers**. Muscle Shoals: Tennessee Valley Authority, 1988. p. 17-36. (Bulletin, Y-206).
- HAYNES, R. J.; WILLIAMS, P. H. Nutrient cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem. **Advances in Agronomy**, v. 49, p. 119-199, 1993.
- HOPKINS, W. G. **Introduction to plant physiology**. New York: John Wiley, 1995. 464p.
- HOPKINSON, J. M.; ENGLISH, B. H. Spikelet population dynamics in seed crops of *Panicum maximum* Gatton. **Seed Science and Technology**, v. 10, p. 379-403, 1982.
- ISHERWOOD, K. F. **Fertilizer use and the environment**. Paris: IFA:Unep. 1998. 51p.
- JOHNSTON, A. E. **The efficient use of plant nutrients in agriculture**. Paris, IFA, 2000. 14p.
- LARA-CABEZAS, W. A. R.; TRIVELIN, P. C. O.; BOARETTO, A. E. Efeito do tamanho de grânulo e relação N/S da uréia aplicada em superfície na volatilização de amônia sob diferentes umidades iniciais do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 16, p. 409-413, 1992.
- LARA-CABEZAS, W. A. R. et al. Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluida de cobertura na cultura do milho, em sistema de plantio direto no Triângulo Mineiro (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 363-376, 2000.
- LARA-CABEZAS, W. A. R.; KORNDÖRFER, G. H.; MOTTA, S. A. Volatilização de N-NH<sub>3</sub> na cultura de milho: II. Avaliação de fontes sólidas e fluidas em sistema de plantio direto e convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, p. 489-496, 1997.
- LEITE, G. G.; COSTA, N. L.; GOMES, A. C. Efeito da época de diferimento sobre a produção e qualidade da forragem de gramíneas na região dos cerrados do Brasil. **Pasturas Tropicais**, v. 20, n. 1, p. 15-22, 1998.
- MARTHA JÚNIOR, G. B.; CORSI, M.; TRIVELIN, P. C. O.; ALVES, M. C. Nitrogen recovery and loss in a fertilized elephant grass pasture. **Grass and Forage Science**, v. 59, n. 1, p. 80-90, 2004a.
- MARTHA JÚNIOR, G. B.; CORSI, M.; TRIVELIN, P. C. O.; VILELA, L.; PINTO, T. L. F.; TEIXEIRA, G. M.; MANZONI, C. S.; BARIONI, L. G. Perda de amônia por volatilização em pastagem de capim-tanzânia adubada com uréia no verão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6, p. 2240-2247, 2004b.
- MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L.; BARIONI, L. G.; SOUSA, D. M. G.; BARCELLOS, A. O. Manejo da adubação nitrogenada em pastagens. In: PEDREIRA, C. G. S.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. **Fertilidade do solos para pastagens produtivas**. Piracicaba: Fealq, 2004c. p. 155-215.
- MEDEIROS, H. R. de.; PEDREIRA, C. G. S.; VILLA NOVA, N. A.; BARIONI, L. G.; MELLO, A. C. L. Prediction of herbage accumulation of *Cynodon* grasses by na empirical model based on temperature and day length. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., São Pedro, 2001. **Proceedings**. São Pedro: SBZ, 2001.
- MORENO, L. S. B. Produção de forragem de capins do gênero *Panicum* e modelagem de respostas produtivas e morfofisiológicas em função de variáveis climáticas. Piracicaba, 2004. 86p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- OLIVEIRA, P. P. A.; TRIVELIN, P. C. O.; OLIVEIRA, W. S. Eficiência de fertilização nitrogenada com uréia (<sup>15</sup>N) em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu associada ao parcelamento de superfosfato simples e cloreto de potássio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 613-620, 2003.
- PEDREIRA, J. V. S.; MATTOS, H. B. Crescimento estacional de vinte e cinco espécies ou variedades de capins. **Boletim da Indústria Animal**, v. 38, n. 2, p. 117-143, 1981.
- PIZARRO, E. A.; RAMOS, A. K. B.; CARVALHO, M. A. Efeito da época de diferimento em novo germoplasma de *Brachiaria decumbens*. **Pasturas tropicais**, v. 19, n. 1, p. 16-20, 1997.
- PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. A.; CANTARELLA, H.; SILVA, A. G.; FREITAS, A. R.; VIVALDI, L. J. Adubação nitrogenada em capim-coastcross: efeitos na extração de nutrientes e recuperação aparente do nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 1, p. 68-78, 2004.
- PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. A.; PRIMAVESI, A. C.; CANTARELLA, H.; ARMELIN, M. J. A.; SILVA, A. G.; FREITAS, A. R. **Adubação com uréia em pastagem de *Cynodon dactylon* cv. Coastcross sob manejo rotacionado: eficiência e perdas**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2001. 42p. (Circular Técnica, 30).
- PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A. C. P. A.; PEDROSO, A. F.; CAMARGO, A. C. de; RASSINI, J. B.; ROCHA FILHO, J.; OLIVEIRA, G. P. de; Correa, L. A.; ARMELIN, M. J. A.; VIEIRA, S. R.; DEÇHEN, S. C. F. **Microbacia hidrográfica do ribeirão Canchin: um modelo real de laboratório ambiental**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 1999. 133p. (Boletim de Pesquisa, 5).
- RODRIGUES, M. B.; KIEHL, J. C. Distribuição e nitrificação da amônia proveniente da uréia aplicada ao solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 16, p. 403-408, 1992.
- RODRIGUES, M. B.; KIEHL, J. C. Volatilização de amônia após emprego de uréia em diferentes doses e modos de aplicação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 10, p. 37-43, 1986.
- SANTOS, P. M. **Controle do desenvolvimento das hastes no capim-tanzânia: um desafio**. Piracicaba, 2002. 98p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- SENGIK, E.; KIEHL, J. C. Controle da volatilização de amônia em terra tratada com uréia e turfa pelo emprego de sais inorgânicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 19, p. 455-461, 1995.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. Redwood: The Benjamin/Cummings, 1991. 565p.
- TOMPSETT, P. B. Factors affecting the flowering of *Andropogon gayanus* Kunth. Responses to photoperiod, temperature and growth regulators. **Annals of Botany**, v. 40, p. 695-705, 1976.
- UNRUH, J. B.; GAUSSON, R. E.; WIEST, S. C. Basal growth temperature and growth rate constants of warm-season turfgrass species. **Crop Science**, v. 36, p. 997-999, 1996.

- VELDKAMP, E.; KELLER, M.; NUÑEZ, M. Effects of pasture management on  $N_2O$  e NO emissions from soils in the humid tropics of Costa Rica. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 12, p. 71-79, 1998.
- VILLA NOVA, N. A.; CARRETEIRO, M. V.; SCARDUA, R. Um modelo para avaliação do crescimento de cana-de-açúcar (*Sacharum spp.*) em termos da ação combinada do fotoperíodo e da temperatura média do ar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 2., Campinas, 1983. **Anais**. Campinas: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia; Instituto Agronômico de Campinas, 1983. p. 31-48.
- VILLA NOVA, N. A.; TONATO, F.; PEDREIRA, G. S.; PEDREIRA, B. C. Método alternativo para a determinação da temperatura-base de espécies forrageiras (*compact disk*). In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL "GRASSLAND ECO-PHYSIOLOGY AND GRAZING ECOLOGY", 2., Curitiba, 2004. **Anais**. Curitiba: UFPR, 2004.
- VITTI, G. C.; TAVARES JR., J. E.; LUZ, P. H. C. et al. Influência da mistura de sulfato de amônio com uréia sobre a volatilização de nitrogênio amoniacal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 3, p. 663-671, 2002.
- WANG, F. L.; ALVA, A. K. Ammonium adsorption and desorption in sandy soils. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 64, p. 1669-1674, 2000.
- WHITE, R. E. Leaching. In: WILSON, J. R. **Advances in nitrogen cycling in agricultural ecosystems**. Wallingford : C.A.B. International, 1987. p. 193-211.
- WHITEHEAD, D. C. **Grassland nitrogen**. Wallingford: CAB International, 1995. 397p.