

# POTENCIAL DE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGEM EM SISTEMAS SILVIPASTORIS

---

Domingos Sávio Campos Paciullo<sup>1</sup>  
Carlos Augusto de Miranda Gomide<sup>1</sup>  
Marcelo Dias Müller<sup>1</sup>  
Maria de Fátima Ávila Pires<sup>1</sup>  
Carlos Renato Tavares de Castro<sup>1</sup>

## Introdução

O Brasil possui condições privilegiadas para a produção animal a pasto, tendo em vista alguns fatores, tais como alto potencial de produção e grande diversidade de espécies forrageiras, extensa área territorial com possibilidade de uso para agropecuária e clima relativamente favorável em boa parte do ano, na maioria das regiões do país. Apesar do progressivo aumento dos níveis de produtividade de sistemas de produção de bovinos, em algumas regiões do país, nota-se, ainda hoje, baixa eficiência produtiva de animais em regime de pastejo. Diferentes fatores concorrem para este panorama, entre eles a degradação das pastagens, resultado de práticas de manejo inadequadas, o baixo potencial genético dos animais e o baixo nível de adoção de tecnologias comprovadamente eficazes, as quais poderiam elevar os índices de produtividade dos sistemas pecuários.

Outro aspecto que tem ganhado relevância atualmente é o relativo ao impacto ambiental das atividades agropecuárias. A pecuária brasileira, em especial, vem sendo criticada por emitir quantidades significativas de gases de efeito estufa, sendo o metano entérico produzido pelos ruminantes um dos principais. O metano produzido em sistemas de produção de bovinos origina-se,

---

<sup>1</sup>Embrapa Gado de Leite – Rua Eugênio do Nascimento, 610, Dom Bosco, Juiz de Fora, MG. CEP: 36038-330. E-mail: domingos@cnppl.embrapa.br

principalmente, da fermentação entérica (85 a 90%), sendo o restante produzido a partir dos dejetos destes animais.

Dentre as alternativas de produção agropecuária sustentável se destacam os sistemas silvipastoris. Esse tipo de exploração se refere ao cultivo associado de árvores e pastagens, além de animais, em uma mesma unidade de manejo, na qual deve haver tanto interações ecológicas como econômicas. Alguns benefícios têm sido atribuídos ao uso desses sistemas, entre eles a possibilidade de aumento da fertilidade e conservação do solo, melhoria do conforto térmico para os animais, aumento da qualidade da forragem, diversificação e aumento de renda e ganho por serviços ambientais, como sequestro de carbono atmosférico (Power et al., 2003; Paes Leme et al., 2005; Schoeneberger, 2009; Müller et al., 2011; Paciullo et al., 2014).

Nesse artigo são discutidos aspectos relacionados aos efeitos do sombreamento no componente pasto, assim como suas implicações para o manejo da pastagem. São abordadas questões associadas ao potencial de produção e à qualidade da forragem, em sistemas silvipastoris, e implicações no desempenho animal.

### **Respostas das forrageiras ao sombreamento**

A presença do componente arbóreo nos sistemas silvipastoris pode influir de maneira diferente no desenvolvimento do estrato vegetal herbáceo. O crescimento das forrageiras em associação com espécies arbóreas pode ser prejudicado ou favorecido, dependendo de fatores como a tolerância das espécies à sombra, o grau de sombreamento proporcionado pelas árvores e a competição entre as plantas, com relação à água e nutrientes no solo (Ribaski et al., 2001). Em geral as forrageiras que apresentam algum grau de tolerância ao sombreamento apresentam alterações morfofisiológicas, quando cultivadas à sombra, que lhes confere maior capacidade de produção, quando comparado às espécies não-tolerantes em ambiente de luminosidade reduzida.

#### *Respostas fisiológicas*

Aumentos da área foliar específica com a diminuição da luminosidade têm sido observados para gramíneas de clima temperado (Kephart et al., 1992) e tropical (Paciullo et al., 2007). Da mesma forma, plantas submetidas ao sombreamento apresentam

maiores teores de clorofila total que aquelas cultivadas em condições de sol pleno (Dias-Filho, 2002).

Dias-Filho (2002) examinou as respostas fotossintéticas de *B. brizantha* e *B. humidicola*, cultivadas em condições de luz plena e sombreamento. Para ambas as espécies, as plantas submetidas ao sombreamento apresentaram menor ponto de compensação de luz do que plantas expostas ao sol pleno, o que foi resultado das menores taxas de respiração no escuro por unidade de área foliar. Segundo os autores, baixa respiração no escuro e baixo ponto de compensação de luz são atributos de plantas tolerantes à sombra. O baixo ponto de compensação de luz é benéfico para que as plantas mantenham o balanço de carbono positivo sob condições de luminosidade reduzida. Para espécie de gramínea  $C_3$  (*Stipa speciosa*), Fernández et al. (2002) também constataram balanço de carbono positivo em condições de sombreamento moderado.

Outro resultado que demonstra ajustes nos processos fisiológicos, em função da redução da radiação incidente foram apresentados por Paciullo et al. (2011b). Esses autores avaliaram as biomassas de parte aérea, raízes e total, além das relações entre a biomassa do pasto e a RFA incidente em relavado de *B. decumbens*, submetido a três ambientes em termos de radiação. É interessante observar que as relações biomassa/RFA incidente foram maiores nos ambientes com menores RFA (Tabela 1). Para a parte aérea, essa relação foi 71% maior sob sombreamento intenso, quando comparado ao sol pleno. Para a biomassa total, o valor na sombra intensa foi 43% maior do que a sol pleno. Embora não tenham sido avaliadas as taxas fotossintéticas e respiratórias das plantas neste estudo, seus resultados sugerem uma maior eficiência de uso da radiação em condições de sombra, o que pode se constituir em mais um mecanismo de plasticidade da gramínea quando submetida ao sombreamento. De fato, Guenni et al. (2008) verificaram maior eficiência do uso da radiação em gramíneas sombreadas, especialmente quando cultivadas em solos originalmente deficientes em N. Nesta situação, o sombreamento estimula o aumento da concentração de N na planta, contribuindo para aumentar a assimilação de carbono e, conseqüentemente, a eficiência de uso da radiação (Wilson & Ludlow 1991; Cruz, 1997).

**Tabela 1** – Radiação fotossinteticamente ativa (RFA), massas de parte aérea e raiz de *B. decumbens* (kg/ha) e relações massa/RFA, conforme a intensidade da RFA.

Características	RFA incidente no sub-bosque de <i>B. decumbens</i> (%)		
	100	79	45
RFA ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ )	1.389	1.111	623
Massa de parte aérea	2.306	2.591	1.778
Massa de raiz	3.071	1.963	1.684
Massa total	5.377	4.554	3.462
<b>Massa/RFA</b>			
Parte aérea	1,66	2,33	2,85
Raiz	2,21	1,77	2,70
Total	3,87	4,09	5,55

Fonte: Adaptado de Paciullo et al. (2011b).

#### *Respostas morfogênicas*

Estudos com gramíneas tropicais indicaram que a intensificação do sombreamento resultou em lâminas foliares e colmos mais longos (Castro et al., 1999; Fernández et al., 2002; Lopes et al., 2011; Paciullo et al., 2011d). Esses resultados decorrem das maiores taxas de alongamento de folhas e colmos quando as plantas são submetidas à luminosidade reduzida, conforme observado para gramíneas dos gêneros *Brachiaria* (Dias-Filho, 2000; Paciullo et al., 2011d; Lopes et al., 2011) e *Panicum* (Castro et al., 2009) cultivadas em condições de sombreamento. Em geral, a taxa de aparecimento de folhas não é influenciada pelo sombreamento (Paciullo et al., 2008; 2010), ou apresenta apenas aumento de pequena magnitude (Lopes et al., 2011), provavelmente pelo papel central que desempenha na morfogênese das plantas, fato que contribui para que essa seja a última característica modificada pela planta em condições adversas de crescimento (Nabinger & Pontes, 2001). O número de folhas por perfilho também não tem se modificado com o sombreamento, o que está relacionado ao pequeno ou ausente efeito da sombra na taxa de aparecimento e tempo de vida da folha (Fernández et al., 2002; Paciullo et al., 2008; Lopes et al., 2011).

*Repostas no perfilhamento e na alocação de biomassa*

Um componente importante da produção de forragem em pastagens, fortemente influenciado pelos níveis de radiação, é o perfilhamento. Em geral, tem sido constatada redução da taxa de perfilhamento de gramíneas quando submetidas ao sombreamento (Fernandéz et al., 2002; Paciullo et al., 2007). Para manter o desenvolvimento do perfilho, em condições de sombreamento, a planta prioriza o crescimento dos perfilhos existentes, em detrimento da produção de novos perfilhos. A importância da intensidade da sombra sobre este fator foi demonstrada por Paciullo et al. (2007), em pastagem de *B. decumbens*, cuja densidade populacional de perfilhos por m<sup>2</sup> aumentou de 253 para 447 quando a intensidade de luz se elevou, respectivamente, de 35 para 65%, em relação à condição de sol pleno. Outro estudo demonstrou redução entre 20 e 32% na densidade de perfilhos, com o sombreamento, para várias espécies do gênero *Brachiaria* cultivadas sob sol pleno e diferentes percentagens de sombra (Paciullo et al., 2011d).

Outra modificação decorrente do sombreamento é a redução da produção de raízes, resultante da mudança no padrão de alocação de fotoassimilados pelas plantas cultivadas em ambiente de reduzida luminosidade (Dias-Filho, 2000; Guenni et al., 2008; Paciullo et al., 2010). Como consequência desse fenômeno, tem-se maior relação parte aérea/raiz em plantas cultivadas em ambientes sombreados. Em pastagem de *B. decumbens* calculou-se que a redução da biomassa aérea sob a maior percentagem de sombra (60% de sombra em relação à radiação plena) foi de 29,7% em relação ao cultivo sob menor sombreamento (16% da radiação plena), enquanto a redução relativa na biomassa de raízes, causada pelo sombreamento, foi de 70,5% (Paciullo et al., 2010). A diminuição mais acentuada da massa de raízes em relação à parte aérea refletiu-se numa maior relação parte aérea/raízes das plantas sob maiores percentagens de sombra, em relação àquelas crescendo sob menor efeito da sombra das árvores. Dias-Filho (2000) enfatiza que a marcada redução na biomassa de raízes pode resultar em maior vulnerabilidade do pasto aos estresses ambientais que exijam forte interferência do sistema radicular para o processo de rebrotação. Estudos mais detalhados são necessários, principalmente sobre as interações do sombreamento com a intensidade e a frequência de pastejo e o regime de fertilização do pasto.

### **Produção de forragem**

O crescimento e a produção das forrageiras em associação com espécies arbóreas podem ser prejudicados ou favorecidos, dependendo da magnitude das repostas das plantas à sombra.

Também é importante considerar que o grau de sombreamento proporcionado pelas árvores influencia no potencial produtivo do pasto. Neste sentido, a intensidade de sombreamento imposto pelo componente arbóreo pode variar bastante dependendo da idade, espaçamento e arranjo das árvores na área. Sombreamentos variando entre 20 e 40% da radiação fotossinteticamente ativa têm sido considerados moderados, enquanto sombreamentos acima destas percentagens podem ser considerados acentuados. Normalmente, níveis de sombra acima de 40-50% da luz solar plena têm sido prejudiciais ao crescimento e produção de forragem em sistemas agrossilvipastoris ou silvipastoris (Castro et al., 1999; Andrade et al., 2004; Paciullo et al., 2007). Por outro lado, em condições de sombreamento moderado, é possível obter produções de forragem semelhantes àquelas observadas no sol pleno. Por exemplo, sob sombreamento intenso (65% de sombreamento em relação à condição de sol pleno), a *B. decumbens* apresentou baixo nível de produtividade. A diminuição do sombreamento de 65 para 35% resultou em aumentos da ordem de 65% para a massa de forragem (Paciullo et al., 2007), evidenciando a tolerância dessa espécie ao sombreamento moderado. Castro et al. (1999) também observaram redução de 50% no rendimento forrageiro dessa espécie quando cultivada com 60% de sombreamento artificial. A espécie *Brachiaria brizantha* cv. Marandu também apresentou diminuição de 60% na taxa de acúmulo de MS quando cultivada sob 70% sombreamento artificial (Andrade et al., 2004).

### **Aspectos do manejo da pastagem**

#### *Considerações sobre a fertilização*

A redução na disponibilidade de nutrientes do solo é uma das principais causas de degradação das pastagens em várias regiões do Brasil e em outras áreas tropicais da América do Sul (Boddey et al., 2004). O decréscimo da disponibilidade de nitrogênio (N) no solo sob pastagem é atribuído, em parte, à sua imobilização por microorganismos durante o processo de decomposição dos resíduos vegetais com alta relação carbono/nitrogênio (C/N) (Myers &

Robbins, 1991; Monteiro et al., 2002). Em condições de alta relação C/N, a biomassa microbiana do solo passa a competir com as plantas pelo N mineral disponível no solo, imobilizando-o, temporariamente, sob forma orgânica. A deficiência de N está relacionada também com o declínio dos teores de matéria orgânica, com as perdas por volatilização e lixiviação e com a exportação via produto animal.

A presença do componente arbóreo em ecossistemas de pastagens pode interferir de forma diferente nas características do solo, o que indica necessidade específica de manejo da fertilidade para cada tipo de sistema.

Em sistemas silvipastoris cujo componente arbóreo é constituído exclusivamente por leguminosas com capacidade de fixação de N atmosférico têm sido verificados aumentos nos teores de vários nutrientes no solo, assim como da matéria orgânica (Alvim et al., 2004; Paciullo et al., 2011c). As respostas positivas têm sido observadas, especialmente, em pastos estabelecidos em solos de baixa fertilidade natural (Wilson, 1998; Carvalho et al., 2001; Guenni et al., 2008). Neste tipo de sistema, aumentos nos teores de vários nutrientes do solo, em decorrência da presença de leguminosas arbóreas, podem estimular o crescimento da gramínea no sub-bosque e aumentar a produção de MS (Alvim et al., 2004; Castro et al., 2009). Uma explicação para melhoria da fertilidade de solo sob a copa de leguminosas está relacionada à velocidade do processo de decomposição dos resíduos vegetais. A presença de leguminosas fixadoras de N, com baixa relação C/N, favorece a maior atividade dos microrganismos e acelera o processo de decomposição e mineralização dos principais nutrientes do ecossistema (Wilson, 1996). Os efeitos esperados, particularmente em solos naturalmente pobres em nutrientes, são obtidos em longo prazo, pois dependem do crescimento das árvores e dos processos de decomposição da serapilheira das árvores. Um exemplo do benefício de leguminosas arbóreas para a gramínea *B. decumbens* submetida a manejo extensivo foi apresentado nos trabalhos de Castro et al. (2009) e Paciullo et al. (2011c). O sistema silvipastoril foi implantado no início da década de 1990, com objetivo verificar o efeito de leguminosas arbóreas nas características de pastagens degradadas em áreas montanhosas da região Sudeste (Carvalho et al., 2001). Os dados obtidos após 13 anos de implantação do sistema silvipastoril, indicaram aumentos significativos nos teores de vários nutrientes do

solo, com reflexos positivos na massa de forragem e no conteúdo de N do pasto, à medida que se aumentou a percentagem de cobertura arbórea na pastagem (Tabela 2). Esses resultados evidenciam que a inclusão do componente arbóreo, constituído por leguminosas, pode contribuir para recuperação e persistência de pastagens de *B. decumbens* em áreas montanhosas, onde, normalmente, é adotado manejo extensivo.

A associação de leguminosas arbóreas com árvores do gênero *Eucalyptus* pode ser opção interessante para diversificação do sistema. O eucalipto poderá ser fonte de renda para o produtor pela produção e possibilidade de comercialização da madeira, enquanto as leguminosas contribuem para a melhoria das condições de solo, além de proporcionarem outros benefícios para o sistema. Balieiro (1999) verificou que a meia vida da serrapilheira de um sistema silvipastoril exclusivo de eucalipto foi de 18 meses, enquanto que de um sistema consorciado de eucalipto com leguminosa *Pseudosamanea guachapele*, que possui baixa relação C/N, foi de 13 meses, possibilitando maior taxa de reciclagem de nutrientes na pastagem. Xavier (2009) estimou os fluxos de N em pastagens de *B. decumbens* em monocultivo ou em sistema silvipastoril, constituído por eucalipto e as leguminosas *A. mangium* e *M. artemisiana*. Enquanto o sistema silvipastoril apresentou balanço positivo de N total de 35 kg/ha/ano, devido à fixação biológica das leguminosas, na pastagem em monocultivo o balanço foi de -12 kg/ha/ano. Em função da maior ciclagem de N via liteira proveniente das árvores, no sistema silvipastoril, a autora concluiu que esse tipo de arranjo é alternativa viável para recuperar áreas em processo de degradação.



**Tabela 2.** Características do solo e do pasto de *B. decumbens*, após 13 anos de manejo sob três condições de cobertura por leguminosas arbóreas.

Característica	Cobertura por leguminosas arbóreas (%)		
	0	20	30
<b>Solo</b>			
K (mg/dm <sup>3</sup> )	30,6	35,0	47,6
P (mg/dm <sup>3</sup> )	1,87	2,90	5,20
MO (%)	1,70	2,10	2,53
CTC efetiva (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	1,25	1,45	1,86
CTC potencial (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	5,60	6,87	7,53
<b>Pasto</b>			
Massa de forragem (kg/ha)	1.595	2.051	3.139
Conteúdo de N no pasto (kg/ha)	22,6	30,9	51,4

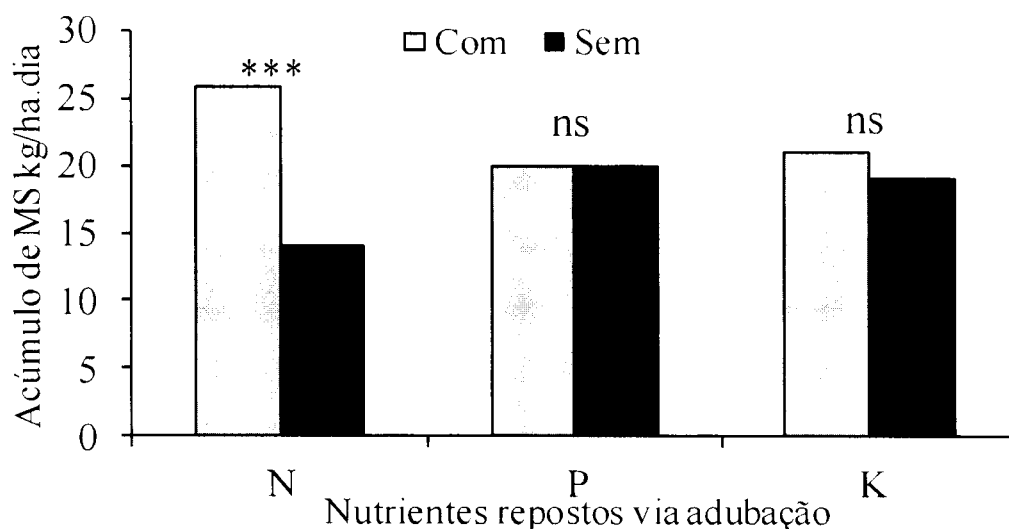
**Fonte:** Adaptado de Castro et al. (2009) e Paciullo et al. (2011c).

Apesar dos modelos anteriormente citados serem potencialmente viáveis para produção animal em regime de pastejo com baixo uso de insumos, especialmente fertilizantes, reconhece-se que, para sistemas intensivos de produção, dificilmente o produtor poderá se abster do uso de fertilizantes, principalmente se considerarmos as condições de baixa fertilidade de solo, comuns em várias regiões do Brasil. Outro ponto importante se refere à espécie forrageira. O uso de gramíneas forrageiras mais produtivas, e também mais exigentes em termos de fertilidade do solo, como algumas cultivares de *B. brizantha* e *P. maximum*, demandam reposição de nutrientes ao solo em maiores quantidades.

Andrade et al. (2001) verificaram aumento na produção de MS do capim Tanzânia no sub-bosque de eucalipto quando foi usada adubação nitrogenada, mas a reposição com potássio e fósforo não foi efetiva para o aumento da produção, em comparação à condição não adubada (Figura 2). Mesmo o maior valor de taxa de acúmulo (25,8 kg/ha.dia de MS) esteve abaixo do potencial produtivo da gramínea. Os autores mostram taxas de acúmulo obtidas por outros autores com capim-Tanzânia, adubado com N e cultivado a céu aberto, variando entre 82,3 e 97,6 kg/ha.dia. As diferenças em taxas de acumulação de MS foram atribuídas, em grande parte, à menor

quantidade de luz disponível para o crescimento da gramínea, devido ao sombreamento imposto pelo eucalipto.

Um estudo com *B. brizantha* cv. Marandu em sistema silvipastoril com eucalipto revelou aumentos na massa de forragem e na produção animal, na medida em que se estarem aquém das taxas de lotações normalmente obtidas em condições aumentou a dose de N de zero até 150 kg/ha/ano (Bernardino et al., 2011). Neste caso, as taxas de lotação também aumentaram com a fertilização, apesar dos valores entre 1,26 e 1,67 UA/ha, obtidos com a maior dose, ainda de sol pleno, com o uso de fertilização. Ainda assim, a adubação nitrogenada se mostrou necessária para intensificar a produção animal no sub-bosque de eucalipto.



**Figura 1.** Efeito da adubação com N, P e K sobre a taxa de acumulação de MS do capim-tanzânia, em um sistema agrossilvipastoril.

\*\*\* Significativo ( $P < 0,01$ ); ns: Não significativo. (Dados do primeiro corte). **Fonte:** Adaptada de Andrade et al. (2001).

Pandey et al. (2011) relataram respostas positivas de três gramíneas forrageiras (*P. maximum*, *P. purpureum* e *B. mutica*) ao fertilizante nitrogenado aplicado até a dose de 120 kg/ha/ano de N. Entretanto, foi constatado que a eficiência de resposta ao N aplicado foi inversamente proporcional à percentagem de sombreamento imposta ao pasto. Para *B. decumbens* também foi verificada maior resposta à adubação (90 kg/ha de N e  $K_2O$  por ano) em condições de radiação plena, quando comparada às condições de sombra (Paciullo et al.,

2012). Na ausência de adubação, a taxa de acúmulo nas condições de sol pleno e sombreamento moderado foram semelhantes, mas, quando se efetuou a fertilização, o acúmulo obtido no sol pleno foi maior que aquele em sombra moderada (Tabela 3). No sombreamento intenso (redução de 70% da RFA plena) não houve resposta ao adubo em termos de acúmulo de forragem. Concluiu-se que a intensidade de resposta da gramínea ao fertilizante depende do grau de sombreamento no sistema silvipastoril.

Os resultados apresentados evidenciam que o uso de fertilizantes na busca pelo aumento de produtividade do componente pecuário, em sistemas silvipastoris, embora seja importante, deve ser analisado com reservas, em função da interferência do sombreamento nas respostas das gramíneas. Os benefícios podem ser alcançados com uso de doses moderadas, desde que o sombreamento também seja apenas moderado. Na maioria dos casos, sombreamento acima de 50% da RFA reduz acentuadamente a resposta do pasto ao adubo aplicado (Eriksen & Whitney, 1981; Guenni et al., 2008; Pandey et al., 2011), tornando a prática da adubação questionável nesses casos.

**Tabela 3.** Taxa de acúmulo de MS de forragem (kg/ha.dia) de *B. decumbens*, conforme o nível de sombreamento e uso de fertilização.

Sombreamento (%)	Fertilização	
	Com	Sem
0	54,4 Aa	36,1 Ba
20	37,7 Ab	31,8 Aa
70	15,7 Ac	19,6 Ab

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste t de student, a 5% de probabilidade.

**Fonte:** Adaptado de Paciullo et al. (2012).

#### *Considerações sobre o manejo do pastejo*

Ainda não há definições claras a respeito do manejo do pastejo em sistemas silvipastoris. Conhecimentos sobre questões importantes como, intervalo de desfolha e intensidade de pastejo mais adequados ainda não foram gerados e devem merecer especial atenção por parte dos pesquisadores.

Dos critérios disponíveis para orientação do intervalo de desfolha, no método de lotação rotativa, nenhum possui estudo

detalhado que permita seu uso com segurança, como ocorre frequentemente em pastagens a sol pleno. Sabe-se que os métodos de manejo do pastejo evoluíram sobremaneira nos últimos anos, na medida em que conhecimentos sobre aspectos morfofisiológicos avançaram e passaram a fazer parte dos protocolos de avaliações de pesquisas na área de manejo de pastagens. Pesquisas sobre o momento de interrupção do período de rebrotação do pasto, assim como da altura residual, em relvados de gramíneas em monocultivo têm contribuído para o aumento da eficiência do uso do pasto, conforme resultados apresentados por Gomide (2001), Carnevalli (2003), Da Silva & Nascimento Jr. (2007), entre outros.

O critério do número de dias para definição do intervalo de desfolha tem sido contestado, embora seja o mais fácil do ponto de vista prático. Em função das condições de crescimento do pasto, relacionadas às práticas de manejo e ao clima, o período fixo em dias pode ser muito longo ou muito curto, acarretando no pasto comprometimento da estrutura da vegetação ou de sua persistência. Se considerarmos o sombreamento em sistemas silvipastoris, como fator que influencia no crescimento do pasto, o problema pode se agravar, tendo em vista as interações que poderão ocorrer entre o sombreamento e os outros fatores de crescimento. Portanto, esse é um critério questionável também para o manejo de pastagens em sistemas silvipastoris.

O critério do número de folhas vivas por perfilho, proposto por alguns autores (Fulkerson & Slack, 1995; Candido et al., 2005), poderia se revestir de importância para orientação do manejo de pastagens em sistemas silvipastoris. À luz dos conhecimentos sobre morfogênese e estrutura de pastos sombreados, podem-se fazer as inferências descritas a seguir. Os resultados mostram que a taxa de aparecimento de folhas e sua vida útil, praticamente não se alteram com o sombreamento, desde que em nível moderado (Paciullo et al., 2008; Lopes et al., 2011). Esse fato resulta em relvados com número mais ou menos constante de folhas vivas, independentemente do fato da gramínea forrageira estar ou não em sistema silvipastoril. Com as taxas de alongamento de colmo estimuladas pela diminuição da RFA, no sub-bosque, tem-se que relvados sombreados alcançam maiores alturas que aqueles a sol pleno, mantendo o mesmo número de folhas vivas por perfilho. A elevação da altura sustentada por colmos mais finos pode acarretar tombamento das plantas e redução

da eficiência de pastejo, o que pode comprometer o uso de tal critério.

O critério de interceptação da radiação incidente se constitui em um dos principais avanços para manejo do pastejo de gramíneas tropicais nos últimos anos (Da Silva & Nascimento Jr., 2007). A utilização do pasto, no momento em que o relvado intercepta 95% da luz incidente, tem trazido benefícios em termos de eficiência do pastejo, além de se constituir em critério plausível de ser usado pelos manejadores do pasto, quando se associa esse momento com uma altura, que em última instância seria a meta balizadora do manejo. Em ambientes sombreados uma questão deve ser considerada: a menor densidade populacional de perfilhos. Neste caso, muitos relvados cultivados à sombra, poderão não alcançar o nível de interceptação de 95% da radiação incidente, mesmo com períodos longos de rebrotação. Uma alternativa seria a avaliação de percentuais de interceptação menores que 95%, mesmo reconhecendo-se que esse seria o ideal para a maioria das gramíneas manejadas em monocultivo. O uso das alturas já pré-definidas para forrageiras cultivadas a sol pleno, não parece ser o ideal para relvados mantidos à sombra, tendo em vista as modificações morfofisiológicas, resultantes do sombreamento, discutidas em tópicos anteriores deste trabalho.

As considerações feitas acima remetem para a necessidade de estudos em ambientes sombreados, que estabeleçam critérios eficientes para o manejo do pastejo em ambientes silvipastoris. Neste sentido, será de suma importância, o uso dos protocolos de avaliação de forrageiras desenvolvidos e aplicados nos últimos anos para o manejo de pastagens em monocultivo.

### **Escolha da espécie forrageira: tolerância à sombra e nível tecnológico do sistema**

A escolha de forrageiras tolerantes ou medianamente tolerantes ao sombreamento é condição essencial em associações de pastagens com árvores. A pesquisa sobre tolerância de forrageiras ao sombreamento tem avançado a partir de estudos realizados com diversas espécies de gramíneas e leguminosas forrageiras em várias partes do mundo (Smith & Whiteman, 1983; Wong et al., 1985; Andrade et al., 2003; 2004; Soares et al., 2009; Paciullo et al.,

2011d), o que tem permitido orientação segura para escolha da espécie mais adequada para compor sistemas silvipastoris.

Dentre as espécies de gramíneas que possuem tolerância mediana ao sombreamento estão algumas das forrageiras mais utilizadas para formação de pastagem no Brasil e em outras regiões tropicais e subtropicais, como *Brachiaria spp.* e *Panicum maximum* (Tabela 4). Gramíneas tais como *B. decumbens* cv. Basilisk, *B. brizantha* cvs. Marandu, Xaraés e Piatã, *B. ruziziensis*, *P. maximum* cvs. Tanzânia, Massai e Vencedor apresentaram relativa tolerância ao sombreamento moderado, sendo potencialmente adequadas para sistemas silvipastoris (Castro et al., 1999; Carvalho et al., 2002; Andrade et al., 2004; Paciullo et al., 2007; Guenni et al., 2008; Soares et al., 2009; Silva et al., 2010; Paciullo et al., 2011d).

Informações disponíveis sobre a tolerância à sombra do capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) sugerem que essa gramínea apresenta tolerância entre média e baixa (Eriksen e Whitney, 1981; Pandey et al., 2011), refletindo, talvez, diferenças entre variedades. O capim-gordura é considerado pouco tolerante ao sombreamento, conforme conclusões de Garcia et al. (1994). A tolerância de leguminosas forrageiras ao sombreamento também varia entre espécies. Dentre as medianamente tolerantes encontram-se o *Calopogonium mucunoides*, a *Centrosema pubenses* e a *Pueraria phaseoloides*. O estilosantes (*Stylosanthes guianensis*) e o siratro (*Macropitlium atropurpureum*) foram considerados como de baixa tolerância ao sombreamento (Wong, 1991; Andrade et al., 2003). O amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*) teve bom desempenho em condições de sombra, sendo considerado por Andrade et al. (2004) como tolerante ao sombreamento.

**Tabela 4.** Gramíneas forrageiras tropicais tolerantes ao sombreamento moderado.

<b>Espécie/cultivar</b>	<b>Referência</b>
<b>Gênero <i>Brachiaria</i></b>	
<i>B. decumbens</i>	Schreiner (1987), Andrade et al. (2003), Paciullo et al., (2007; 2011d), Guenni et al. (2008), Gobbi et al. (2009)
<i>B. brizantha</i> cv. Marandu	Dias-Filho (2000), Andrade et al. (2003), Soares et al. (2009), Paciullo et al. (2011d)
<i>B. brizantha</i> cv. Xaraes	Martuscello et al. (2009), Paciullo et al. (2011d)
<i>B. brizantha</i> cv. Piatã	Santos et al. (2012)
<i>B. humidicola</i>	Smith & Whiteman (1983), Dias-Filho (2000)
<i>B. ruziziensis</i>	Paciullo et al. (2011d)
<b>Gênero <i>Panicum</i></b>	
<i>P. maximum</i> cv. Vencedor	Castro et al. (1999)
<i>P. maximum</i> cv. Tanzânia	Carvalho et al. (2002), Castro et al. (2009)
<i>P. maximum</i> cv. Massai	Andrade et al. (2004), Silva et al. (2010)
<b>Outros gêneros</b>	
<i>Hemarthria altissima</i>	Schreiner (1987)
<i>Paspalum notatum</i>	Schreiner (1987), Andrade et al. (2004)

Outro aspecto importante para orientar na escolha da espécie forrageira para sistemas de produção é a adequação da espécie ao nível tecnológico pretendido para o manejo do sistema. As informações da Tabela 5, adaptadas de Cantarutti et al. (2005), resumem a adaptabilidade de gramíneas forrageiras a sistemas de alto nível tecnológico ou intensivo, médio e baixo ou extensivo, conforme as características da forrageira, tais como produtividade, valor nutritivo e requerimento nutricional. Os sistemas de alto nível tecnológico apresentam pastejo de lotação rotacionada, uso de fertilizante e calcário em doses maiores, além da irrigação. Nestes sistemas, são esperadas maiores taxas de lotação, as quais podem variar entre 4 e 7 UA/ha, quando o pasto é o principal alimento da dieta dos animais, podendo alcançar maiores taxas de lotação, quando os animais são alimentados com suplementos volumosos ou concentrados no cocho. Os sistemas de baixo nível tecnológico caracterizam-se pelo manejo com taxas de lotação normalmente menores que 1 UA/ha/ano, enquanto os sistemas de nível médio comportam intensidade de pastejo e taxas de lotação, intermediárias (Cantarutti et al., 2005).

**Tabela 5.** Gramíneas forrageiras adaptadas a diferentes sistemas de produção de diferentes níveis tecnológicos ou intensidade de utilização.

Nível tecnológico	Espécies de gramínea forrageiras
Alto ou intensivo	<i>Pennisetum purpureum</i> , <i>Cynodon spp.</i> , <i>Panicum maximum</i> <i>Brachiaria brizantha</i>
Médio	<i>P. maximum</i> , <i>B. brizantha</i> , <i>B. decumbens</i> , <i>Setaria sphacelata</i> , <i>Andropogon gayanus</i>
Baixo ou extensivo	<i>B. decumbens</i> , <i>B. humidicola</i> , <i>A. gayanus</i> , <i>Hyparrhenia rufa</i> , <i>Melinis minutiflora</i> <i>Paspalum notatum</i>

**Fonte:** Adaptado de Cantarutti et al. (2005)

As gramíneas adaptadas ao alto nível tecnológico são mais exigentes quanto à fertilidade de solo e a outros fatores de crescimento, embora algumas se adequem também ao nível intermediário, como a *B. brizantha* e o *P. maximum*. O uso de sistemas intensivos, os quais requerem, na maioria das vezes, altas doses de adubação nitrogenada, deve ser analisado com reservas



quando a pastagem é arborizada. Neste caso, haverá algum grau de redução de luz para o pasto, dependendo da espécie arbórea, idade das árvores, espaçamento, entre outros. Quando há alguma limitação nutricional, o sombreamento moderado deixa de ser o fator limitante ao crescimento vegetal. Em outras palavras, a resposta produtiva do pasto sob sombreamento moderado pode ser semelhante àquela do pleno sol. Entretanto, o alcance de alta produtividade de forragem, em solos fertilizados com doses elevadas de adubos, pode ser comprometido pela limitação de RFA disponível para o pasto, em sistemas silvipastoris. Logicamente, a limitação será maior, quanto mais intenso for o sombreamento. Mediante estas considerações, o uso de sistemas de nível tecnológico intermediário pode ser boa opção, especialmente porque as espécies *B. brizantha* e o *P. maximum* são também moderadamente tolerantes ao sombreamento (Tabela 4), permitindo que o pasto acumule forragem em níveis compatíveis com taxas de lotação intermediárias (2 a 3 UA/ha).

Os sistemas extensivos de produção animal também podem ser boa alternativa para sistemas silvipastoris, especialmente quando implantados em condições de solos mais pobres em fertilidade, topografia montanhosa e sem uso de fertilização. Dados obtidos em pastagens de *B. decumbens* implantadas em sistemas silvipastoris, demonstram o potencial desses sistemas para produção animal, seja na fase de recria de novilhas (Paciullo et al., 2011a) ou na fase de produção de leite (Paciullo et al., 2014). No estudo com novilhas leiteiras foram obtidos ganhos médios de peso corporal de 600 g/novilha/dia e, naquele com vacas mestiças, produções médias de leite de 10,5 kg/vaca/dia, ambos com animais mantidos exclusivamente a pasto. As taxas de lotação variaram entre 1,3 e 1,8 UA/ha. Esses valores são marcadamente maiores do que aqueles observados em pastagens da região sudeste, e mesmo de outras regiões.

### **Valor nutritivo da forragem**

A sombra, geralmente, favorece o aumento da disponibilidade de nitrogênio no solo e estimula o crescimento das plantas e, conseqüentemente, induz aumentos na concentração de nitrogênio das gramíneas (Samarakoon et al. 1990; Kephart e Buxton, 1993; Ribaski & Montoya, 2000).

