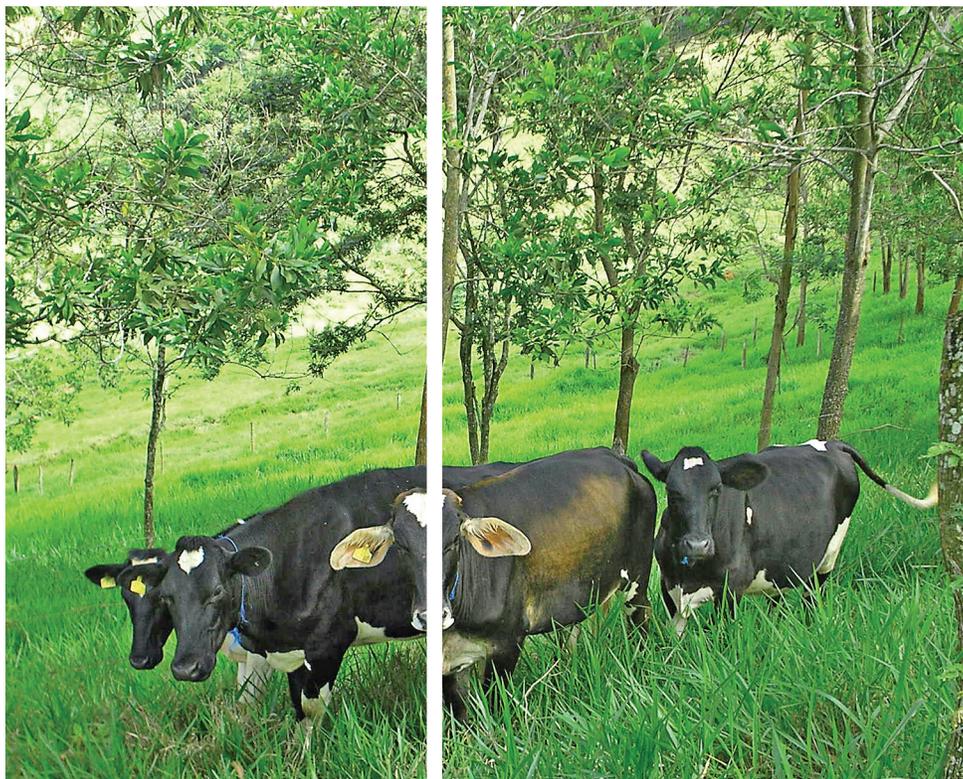


**Dez anos de pesquisa em um sistema
silvipastoril para recria de novilhas leiteiras
em áreas montanhosas**



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Gado de Leite
Ministério de Agricultura Pecuária e Abastecimento**

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
42**

Dez anos de pesquisa em um sistema
silvipastoril para recria de novilhas leiteiras
em áreas montanhosas

*Domingos Sávio Campos Paciullo
Carlos Renato Tavares de Castro
Maria de Fátima Ávila Pires
Marcelo Dias Müller
Deise Ferreira Xavier
Mirton José Frota Morenz
Carlos Augusto de Miranda Gomide
Marina Aparecida Lima*

Embrapa Gado de Leite
Juiz de Fora, MG
2021

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Gado de Leite
Rua Eugênio do Nascimento, 610
Dom Bosco
36038-330 - Juiz de Fora /MG
Telefone: (32) 3311-7400
<http://www.embrapa.br>
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações da
Unidade Responsável

Presidente
Pedro Braga Arcuri

Secretário-Executivo
Inês Maria Rodrigues

Membros

Jackson Silva e Oliveira, Fernando César Ferraz Lopes, Inácio de Barros, Francisco José da Silva Ledo, Fábio Homero Diniz, Deise Ferreira Xavier, Julieta de Jesus da Silveira N. Lanes, Manuela Sampaio Lana, Cláudio Antônio Versiani Paiva, Letícia Sayuri Suzuki, Emili Barcellos Martins Santos, Frank Ângelo Tomita Bruneli, Fausto de Souza Sobrinho, Vilmar Gonçalves, Jucélia da Silva Filgueiras

Supervisão editorial
Emili Barcellos Martins Santos

Normalização bibliográfica
Inês Maria Rodrigues (CRB 6/1689)

Tratamento das ilustrações e
Editoração Eletrônica
Rodrigo Henriques

Capa
Rodrigo Henriques

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Foto da capa
Domingos Sávio Campos Paciullo

1ª edição
Publicação digital - PDF (2021)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em partes,
constitui violação dos direitos autorais) Lei Nº 9.610).

Dados Internacionais de catalogação na publicação (CIP)
Embrapa Gado de Leite

Dez anos de pesquisa em um sistema silvipastoril para recria de novilhas leiteiras em áreas montanhosas. / Domingos Sávio Campos Paciullo ... [et al.]. - Juiz de Fora : Embrapa Gado de Leite, 2021.
27 p. (Embrapa Gado de Leite. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 42).

ISSN 0104-9046

1. *Brachiaria decumbens*. 2. Ganho de peso vivo. 3. Massa de forragem. 4. Novilhas leiteiras. 5. Sombreamento. 6. Valor nutritivo da forragem. I. Paciullo, Domingos Sávio Campos. II. Castro, Carlos Renato Tavares de. III. Pires, Maria de Fátima Ávila. IV. Müller, Marcelo Dias. V. Xavier, Deise Ferreira. VI. Morenz, Mirton José Frota. VII. Gomide, Carlos Augusto de Miranda. VIII. Lima, Marina Aparecida. IX. Série.

CDD 630

Sumário

Resumo	5
Abstract	7
Introdução	9
Metodologia	10
Características avaliadas	12
Resultados	15
Discussão	20
Considerações finais e implicações	25
Agradecimentos	25
Referências.....	26

Dez anos de pesquisa em um sistema silvipastoril para recria de novilhas leiteiras em áreas montanhosas

Domingos Sávio Campos Paciullo¹, Carlos Renato Tavares de Castro¹, Maria de Fátima Ávila Pires², Marcelo Dias Müller³, Deise Ferreira Xavier⁴, Mirton José Frota Morenz⁵, Carlos Augusto de Miranda Gomide¹, Marina Aparecida Lima⁶

Resumo – Os sistemas silvipastoris têm sido propostos como alternativa para produção animal, principalmente em áreas montanhosas. Um dos principais desafios no uso desses sistemas é a manutenção da produtividade das pastagens e dos animais por mais longo período, em decorrência do aumento progressivo do sombreamento do pasto, advindo do crescimento das árvores. Objetivou-se com este trabalho avaliar as características do pasto, a taxa de lotação e o desempenho de novilhas mestiças leiteiras em um sistema silvipastoril (SSP), tendo como testemunha uma pastagem em monocultivo de *Brachiaria decumbens* (MONO). O estudo foi realizado durante a época chuvosa (dezembro a maio), de 2002 a 2007 e de 2011 a 2016. O sombreamento médio no SSP variou entre 22% e 35% em 2002-2007 e entre 46% e 51%, em 2011-2016. O pastejo foi realizado por novilhas Holandês x Gir (1/2 e 3/4), com peso vivo inicial médio de 200 kg. No primeiro período, a massa de forragem e a produção animal foram semelhantes entre os sistemas, evidenciando a relativa tolerância da *B. decumbens* ao sombreamento moderado. Os teores de proteína bruta foram maiores no SSP no segundo período, mas os teores de fibra em detergente neutro e a

¹ Engenheiro Agrônomo, D.Sc. em Zootecnia, pesquisador da Embrapa Gado de Leite.

² Médica Veterinária, D.Sc. em Ciência Animal, pesquisadora da Embrapa Gado de Leite.

³ Engenheiro Florestal, D.Sc. em Ciência Florestal, pesquisador da Embrapa Gado de Leite.

⁴ D.Sc. em Agronomia, pesquisadora da Embrapa Gado de Leite.

⁵ Zootecnista, D.Sc. em Produção Animal, pesquisador da Embrapa Gado de Leite

⁶ Zootecnista, D.Sc. em Zootecnia, Gerente de ATER - Instituto Brasileiro de Desenvolvimento e Sustentabilidade.

digestibilidade *in vitro* da matéria seca, assim como o desempenho individual das novilhas foram semelhantes entre os sistemas, independentemente do período. Entre 2011 e 2016, as massas de forragem (total, verde, de lâmina foliar e de colmo) e o ganho de peso por área foram maiores no MONO, devido ao sombreamento mais severo no SSP. Em SSP's cuja prioridade for a produção animal, recomenda-se o controle da sombra, por meio do manejo do componente arbóreo.

Termos para indexação: *Brachiaria decumbens*, ganho de peso vivo, massa de forragem, novilhas leiteiras, sombreamento, valor nutritivo da forragem.

Ten years of research on a silvopastoral system for dairy heifers production in mountain areas

Abstract – The silvopastoral systems have been proposed as an alternative for animal production, mainly in mountain areas. One of the main challenges in use this kind of systems is the maintenance of pasture and animal production for a long period of time, due to the progressive shading increase in function of tree growth. The objective of this work was to evaluate pasture characteristics, stocking rate and performance of dairy heifers in a silvopastoral system, in comparison to monoculture of *Brachiaria decumbens*. The study was carried out during the rainy season (December to May) of each year, from 2002 to 2007 and 2011 to 2016. The average shading in silvopastoral system varied from 22% to 35% in 2002-2007 and from 46% and 51 %, in 2011-2016. Grazing was made by Holstein x Gir heifers (1/2 and 3/4), with an average initial live weight of 200 kg. In the first period, forage mass and animal production were similar between systems, showing a relative tolerance of *B. decumbens* to moderate shading. The crude protein contents were higher in the silvopastoral in the second period, but the neutral detergent fiber and *in vitro* dry matter digestibility, as well as the individual performance of the heifers were similar between systems, regardless the period. Forage masses (total, green, leaf blades and stems) and weight gain per area were higher in monoculture during the period 2011-2016, due to the more severe shading in the silvopastoral system. The control of shade is recommended by managing tree component in silvopastoral systems that aim animal production.

Index terms: *Brachiaria decumbens*, dairy heifers, forage mass, forage nutritive value, live weight gain, shading.

Introdução

As pastagens degradadas representam, há décadas, um problema que afeta várias regiões do Brasil e têm causado sérios prejuízos econômicos e ambientais. Em Minas Gerais, estimativas recentes indicam que 75% das pastagens encontram-se em estado moderado ou fortemente degradado (Vilela *et al.*, 2015). A baixa capacidade produtiva e o baixo valor nutricional da forragem refletem negativamente na capacidade de suporte das pastagens e no desempenho de animais em regime de pastejo. Embora estimativas indiquem melhorias na taxa de lotação das pastagens nas últimas duas décadas (IBGE, 2017), esse avanço tem ocorrido de forma muito lenta.

A adoção de um conjunto de práticas de manejo, sustentadas por conhecimentos científicos já consolidados, constitui-se no primeiro passo para reverter o processo de degradação das pastagens, contribuindo para conter a decadência econômica dos sistemas de produção animal, em várias partes do País. Para regiões montanhosas, normalmente com solos de baixa fertilidade natural, o desafio se constitui na recuperação e manutenção da capacidade produtiva das pastagens, com o uso de quantidades mínimas de fertilizantes químicos (Carvalho *et al.*, 2003). No entanto, há modelos produtivos que constituem opção viável para áreas declivosas.

Dentre os modelos disponíveis estão os sistemas silvipastoris, que se caracterizam por integrar, em uma mesma área, componentes lenhosos (arbóreos ou arbustivos), herbáceos- forrageiros e animais herbívoros (Carvalho *et al.*, 2002). Na Embrapa Gado de Leite foi desenvolvido um modelo de sistema silvipastoril para áreas montanhosas da Região Sudeste, principalmente para locais onde predominam solos de baixa fertilidade. Este modelo foi proposto em 1997 e descrito com detalhes por Carvalho *et al.* (2002; 2003). Basicamente, o sistema combinou espécies de leguminosas arbóreas com o eucalipto (*Eucalyptus grandis*), procurando atender às necessidades de fornecimento de sombra e de biomassa rica em nitrogênio, associadas a possibilidade de produção de madeira, celulose ou moirões para cerca (Carvalho *et al.*, 2003).

A despeito dos benefícios potenciais proporcionados pelo aumento do conteúdo de nitrogênio do solo, tais como favorecimento da produção e melhoria dos teores proteicos da forragem, sabe-se que, com o avanço

da idade das árvores, há redução da luminosidade para o sub-bosque. A diminuição de luz pode comprometer o crescimento das plantas forrageiras herbáceas, interferindo negativamente na capacidade de suporte e na produção animal por área (Santos *et al.*, 2018). Uma melhor compreensão das respostas produtivas de cada componente do sistema, ao longo do tempo, oferece oportunidades para propor medidas de intervenção e ajustes de gerenciamento que garantam estabilidade produtiva, econômica e sustentável do sistema.

O objetivo deste documento foi apresentar resultados das características do pasto e do desempenho de novilhas leiteiras obtidos nas avaliações realizadas durante os períodos de 2002-2007 e 2011-2016, na região da Zona da Mata de Minas Gerais, no modelo de sistema silvipastoril descrito por Carvalho *et al.* (2003), proposto prioritariamente para a produção animal.

Metodologia

Descrição do modelo proposto

O estudo foi conduzido no Campo Experimental José Henrique Bruschi, pertencente à Embrapa Gado de Leite, no Município de Coronel Pacheco, MG. O sistema silvipastoril (SSP) foi implantado em novembro de 1997, em uma área montanhosa com declividade de aproximadamente 30%, a 21°33'22"S, 43°06'15"W e a 410 m de altitude. O clima da região, conforme a classificação de Köppen, é do tipo Cwa (mesotérmico). A pluviosidade média mensal é de 60 mm e a temperatura média do ar de 17°C, de abril a setembro, e de 230 mm e 24°C, de outubro a março. O solo da área experimental é do tipo Latossolo Vermelho Amarelo distrófico de textura argilosa. Os valores das características químicas do solo, antes do plantio, eram: pH em água, 4,8; P disponível (Mehlich-1), 4,7 mg/dm³; Al, 0,9 cmolc/dm³; K, 0,11 cmolc/dm³; Ca, 0,68 cmolc/dm³ e Mg, 0,27 cmolc/dm³.

Nas faixas cultivadas com a gramínea, aplicaram-se, de acordo com análise de solo, 1.000 kg/ha de calcário dolomítico, 600 kg/ha de fosfato de Araxá, 250 kg/ha de superfosfato simples, 100 kg/ha de cloreto de potássio e 30 kg/ha de FTE BR-16 (3,5% de Zn, 1,5% de B, 3,5% de Cu e 0,40% de Mo). Para o estabelecimento das árvores, adotou-se o plantio

em renques, cada um com quatro linhas, no espaçamento de 3 x 3 m. Os renques com árvores foram estabelecidos em nível e distanciados em 30 m, o que resultou na densidade inicial de 342 árvores por hectare. No momento da introdução das árvores, foi plantado o feijão guandu (*Cajanus cajan*) entre as faixas arborizadas, a fim de efetuar sua incorporação ao solo como adubo verde, antes do florescimento das plantas. O componente arbóreo foi constituído pelas leguminosas *Acacia mangium*, *Acacia angustissima*, *Mimosa artemisiana* e um híbrido de leucena (*Leucaena leucocephala* x *L. diversifolia*), além do *Eucalyptus grandis*. As espécies mais representativas do sistema, depois dos três primeiros anos do estabelecimento eram *E. grandis*, *A. mangium* e *M. artemisiana*. Entre os anos de 1997 e 2010 foi observada mortalidade de todas as plantas de leucena e *A. angustissima*, devido à pouca adaptação dessas espécies às condições locais e ao pastejo frequente, especialmente em relação à leucena, de elevada aceitabilidade pelos animais. Adicionalmente, foi promovido um desbaste em 2003, de aproximadamente 30% das árvores, com objetivo de aumentar a incidência de luz no pasto. Ao longo dos anos, tanto a mortalidade, quanto o desbaste contribuíram para redução expressiva da densidade arbórea. Em 2016, o componente arbóreo era constituído por 81 árvores por hectare, com 62% de árvores de eucalipto, 20% de *A. mangium* e 18% de *M. artemisiana*.

O pasto de *Brachiaria decumbens* (sin. *Urochloa decumbens* Stapf) cv. Basilisk foi estabelecido no segundo ano, juntamente com a cultura do milho (*Zea mays* L.). Após a colheita do milho, iniciou-se o pastejo, aproximadamente aos 22 meses depois do plantio das espécies arbóreas, momento em que as árvores haviam atingido porte suficiente para não serem danificadas pelos animais. Uma pastagem de *B. decumbens* em monocultivo (MONO) foi estabelecida em 1998, seguindo protocolos semelhantes aos descritos anteriormente para o plantio da faixa de 30 m entre os renques de árvores. Em setembro de 2001, as áreas de pastagens do SSP e do MONO foram divididas em oito piquetes de 0,5 ha, totalizando uma área de 4 ha para cada sistema. No período 2001-2002 as áreas foram pastejadas por vacas não-lactantes.

Os dados experimentais considerados para elaboração do presente documento foram obtidos durante dois períodos distintos: o primeiro entre 2002 e 2007 e o segundo entre 2011 e 2016, sempre dentro da estação chuvosa (dezembro a maio). No período 2002-2007, as áreas foram

manejadas com novilhas leiteiras em regime de lotação rotacionada, com 35 dias de descanso e sete dias de ocupação por piquete (Paciullo *et al.*, 2009; 2011), com 0,5 ha cada. Em 2011, as pastagens foram redivididas e no período 2011-2016 foram submetidas ao pastejo por novilhas em regime de lotação contínua. Neste período, cada sistema apresentava três piquetes de 1,4 ha cada.

No início de cada período chuvoso, os sistemas receberam um grupo de 18 novilhas experimentais (*novilhas testers*), sendo nove por sistema e três por repetição de área. Foi adotada a técnica de taxa lotação variável, com a inclusão ou retirada de novilhas extras nos piquetes experimentais, conforme a disponibilidade de forragem. Entre 2002 e 2007, foi estabelecida a meta de oferta de forragem de 7,5 kg de MS por 100 kg de PV (7,5% do PV – peso vivo), baseada nas recomendações de Gomide (1993), para oferta de forragem de aproximadamente três vezes o potencial de consumo dos animais, considerado como 2,5% do PV. Durante o período 2011-2016, foi preconizada a manutenção da altura dos pastos entre 30 e 35 cm, sendo introduzidas ou retiradas novilhas nos piquetes sempre que as alturas estivessem acima ou abaixo desses limites. As novilhas apresentavam composição genética variando entre $\frac{1}{2}$ e $\frac{3}{4}$ Holandês x Gir e peso médio inicial de 200 kg. Em ambos os períodos avaliados, as novilhas tinham à sua disposição, em todos os piquetes, água e sal mineral.

As pastagens não foram adubadas durante o período de 2002-2007. Entre 2011 e 2014, as pastagens receberam doses anuais de 64 kg/ha de N e K₂O e 16 kg/ha de P₂O₅, divididas em duas aplicações iguais (janeiro e março). As fertilizações foram baseadas nas recomendações para manejo extensivo de pastagens, conforme Cantarutti *et al.* (1999).

Características avaliadas

Radiação fotossinteticamente ativa (RFA)

Para caracterizar o regime de luz ao longo dos períodos experimentais no SSP, foram feitas medições mensais da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) que atravessava o dossel arbóreo e alcançava o pasto. As avaliações foram constituídas por 15 (2002-2007) e 45 (2011-2016) leituras por piquete

(30% das leituras realizadas dentro do renque de árvores e o restante na faixa entre os renques). Foi adotado o esquema de medições sistematizadas, seguindo-se um caminhamento em ziguezague, dentro do renque de árvores e na faixa de pasto, entre os renques. As medições foram realizadas em dias de céu claro (sem nuvens), às 9:00, 12:00 e 15:00 h, por meio de um ceptômetro da marca Decagon (LP-80; Decagon Devices, Inc., Pullman, WA, USA). Considerando os fluxos de fótons medidos nas condições de sombreamento e sol pleno, foram calculadas as reduções médias de RFA (sombreamento) no SSP em relação ao MONO, da ordem de 28% (variação entre 22 e 35%) de 2002 a 2007 e 48% (variação entre 46 e 51%) de 2011 a 2016.

Altura do pasto, massa de forragem e densidade populacional de perfilhos

Durante o período 2002-2007 foram realizadas 40 medidas de altura por piquete e entre 2011-2016, 140 leituras por piquete, usando uma régua graduada em centímetros.

A massa de forragem foi estimada no pré-pastejo (a cada 35 dias) no primeiro período, quando foi adotado o pastejo de lotação rotacionada, e a cada 21 dias no segundo período experimental, sob manejo de lotação contínua. Em cada piquete, foram amostrados 20 ou 15 pontos (respectivamente para 2002-2007 e 2011-2016, respectivamente), representativos da altura média do pasto, com auxílio de uma moldura de 0,25 m². Os cortes foram realizados com cutelo, a altura de 5 cm do solo. As amostras foram levadas ao laboratório, onde foram pesadas e separadas em forragem verde e material morto. Na fração verde, foi contado o número de perfilhos e separadas as lâminas foliares e os colmos + bainha foliares. Todas as frações foram secadas em estufa de ventilação forçada de ar a 55° C, por 72 h e pesadas.

Valor nutritivo

As amostras foram obtidas por meio da técnica do pastejo simulado e então secadas em estufa de ventilação forçada de ar a 55° C, por 72 h. Em seguida, foram moídas em moinho tipo Willey, usando peneira de 1mm e armazenadas em frascos à temperatura ambiente para posteriores análises. Os teores de proteína bruta (PB) foram determinados pelo método de

Kjeldahl e calculados pela multiplicação do teor de N por 6,25 (AOAC, 2009). Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) foram analisados segundo procedimentos de van Soest *et al.* (1991) e a digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS), de acordo com Tilley e Terry (1963).

Taxa de lotação e ganho de peso

Todas as atividades envolvendo o uso de animais foram aprovadas pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Embrapa Gado de Leite (protocolo 02/2013). A taxa de lotação foi calculada com base no peso das novilhas experimentais (testers) adicionado ao peso das novilhas extras, considerando o período em que essas permaneceram nos piquetes. Todos os animais foram pesados a cada 28 dias, havendo jejum prévio de sólidos e líquidos por 12 h. O desempenho individual foi calculado pelo ganho diário de peso das novilhas, obtido pela diferença entre pesagens, dividida pelo intervalo de tempo decorrido (28 dias). O ganho de peso por área foi calculado pela multiplicação do peso por novilha pela taxa de lotação e pelo número de dias de pastejo.

Análises estatísticas

Para a análise de variância dos dados, foi utilizado o General Linear Models, com auxílio do programa SISVAR. As análises seguiram o delineamento em blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas, considerando-se os sistemas (MONO e SSP) como parcelas e os períodos (2002-2007 e 2011-2016), como subparcelas. Para os dados do pasto, foram consideradas três repetições (piquetes) e para os dados relacionados aos animais, nove repetições (três novilhas por bloco). As médias foram comparadas pelo teste de F, a 5% de probabilidade.

Resultados

No primeiro período, a altura média do pasto em pré-pastejo, após 35 dias de rebrota, foi de 40 cm e, no segundo período, o dossel foi mantido a altura média de 34 cm.

As massas de forragem total, verde, de lâmina foliar, de colmo, de material morto, além dos teores de PB, taxa de lotação e ganho de peso por área foram influenciados pela interação entre sistema e período experimental ($P < 0,05$). O coeficiente de DIVMS variou ($P < 0,05$) apenas com o período experimental. A densidade de perfilhos foi influenciada pelo sistema e pelo período ($P < 0,05$), enquanto os teores de FDN e o ganho de peso vivo por novilha não variaram com os tratamentos ($P > 0,05$).

Massa de forragem e densidade populacional de perfilhos

As massas de forragem total e verde apresentaram padrões semelhantes, com valores estatisticamente iguais entre sistemas no período 2002-2007 e maiores para o MONO no período 2011-2016. Não houve diferença entre períodos, dentro de cada sistema (Figura 1 A e B).

A massa de lâmina foliar também não diferiu entre sistemas no primeiro período experimental, embora tenha sido maior para o MONO em relação ao SSP no segundo período. Enquanto a massa de lâminas foliares no MONO não foi influenciada pelo período experimental, houve redução dessa variável no SSP em 2011-2016, comparado ao período 2002-2007 (Figura 1 C).

A massa de colmos somente diferiu entre sistemas no segundo período experimental, com maior valor para o MONO. O SSP não apresentou variação desse atributo com o período, mas no MONO a maior massa de colmos foi verificada no segundo período experimental (Figura 1 D).

A massa de material morto não variou com o sistema em 2002-2007, mas foi maior para o MONO no período 2011-2016. O período experimental não influenciou o material morto, independentemente do sistema (Figura 2 A).

A densidade de perfilhos foi maior no MONO do que no SSP e no segundo em relação ao primeiro período experimental (Figura 2 B).

Valor nutritivo da forragem

Os teores de PB foram semelhantes em ambos sistemas no primeiro período experimental e mais elevados no SSP no segundo período de avaliação. Em ambos os sistemas, os teores proteicos da forragem foram maiores no segundo período experimental (2011-2016) (Figura 3 A). Os teores de FDN não variaram com nenhum tratamento avaliado (valor médio de 68,8% da MS). Em relação aos coeficientes de DIVMS, não houve efeito de sistema, mas os resultados variaram com o período, sendo maiores no segundo período em relação ao primeiro (Figura 3 B e C).

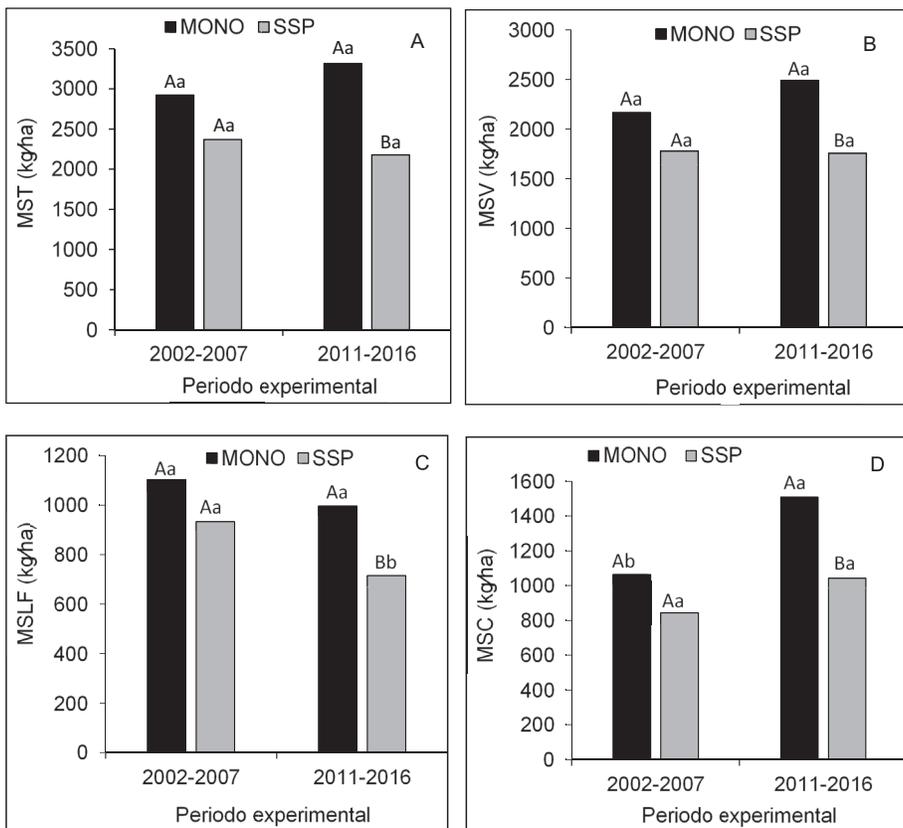


Figura 1. Massas secas de forragem total (A, MST), forragem viva (B, MSV), de lâminas foliares (C, MSLF) e de colmos (D, MSC) em sistema silvipastoril (SSP) e monocultivo de *B. decumbens*, em dois períodos experimentais. A>B compara sistemas dentro de período (P<0,05). a>b compara períodos dentro de sistema (P<0,05).

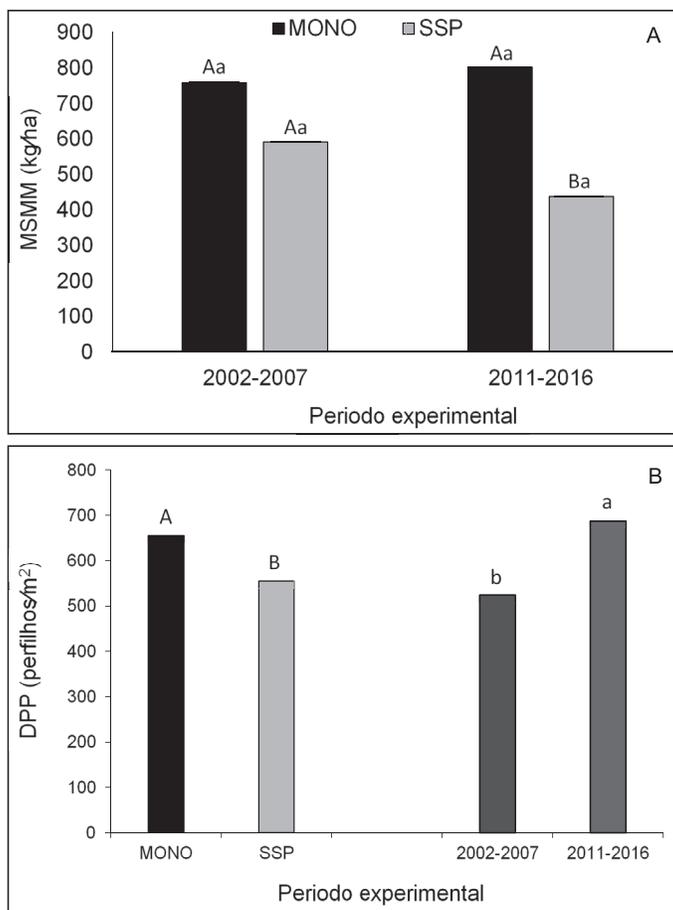


Figura 2. Massa seca de material morto (A, MSMM) e densidade populacional de perfilhos (B, DPP) em sistema silvipastoril (SSP) e monocultivo de *B. decumbens*, em dois períodos experimentais. A>B compara sistemas (P<0,05). a>b compara períodos (P<0,05).

Taxa de lotação e ganho de peso

As taxas de lotação não diferiram entre sistemas no primeiro período experimental, mas foram maiores no MONO do que no SSP, no segundo período. Não houve efeito do período experimental sobre as taxas de lotação do MONO, mas foi observada sua redução no SSP em 2011-2016 comparado com 2002-2007 (Figura 4 A e B).

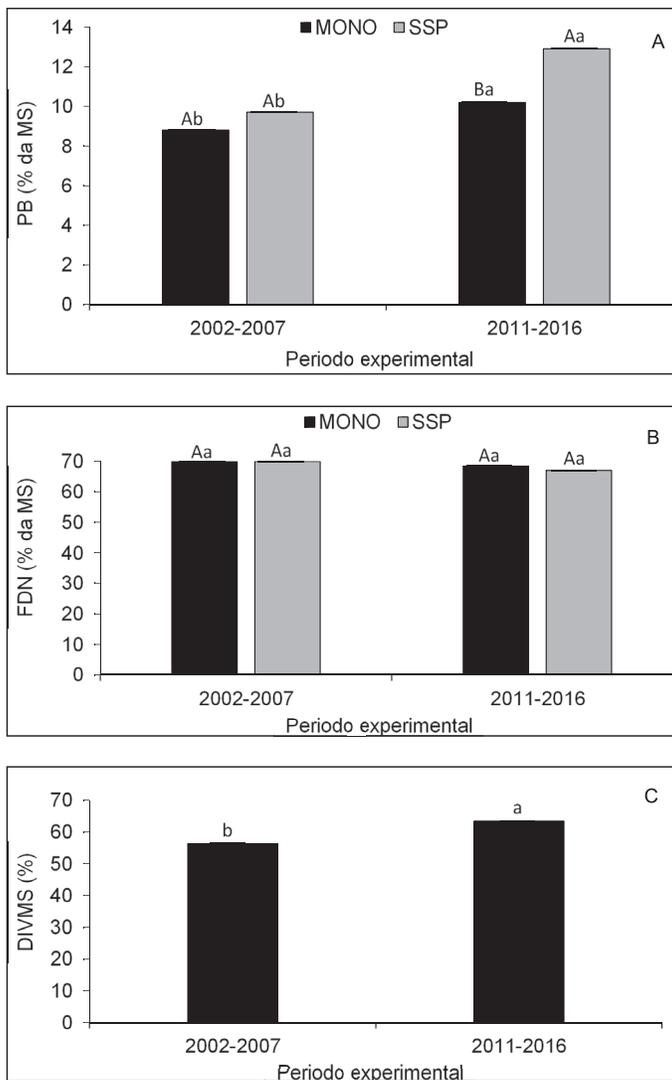


Figura 3. Teores de proteína bruta (A, PB), fibra em detergente neutro (B, FDN) e digestibilidade *in vitro* da MS (C, DIVMS) em sistema silvipastoril (SSP) e monocultivo de *B. decumbens*, em dois períodos experimentais. A>B compara sistemas dentro de período ($P<0,05$). a>b compara períodos dentro de sistema ($P<0,05$).

Os ganhos de peso vivo por novilha não variaram com os tratamentos. Já os ganhos de peso por área foram semelhantes entre sistemas em 2002-2007 e maiores para o MONO no período 2011-2016. Diferença entre períodos foi verificada somente para o SSP, com menor ganho de peso por área no segundo período comparado ao primeiro período experimental (Figura 4 C e D).

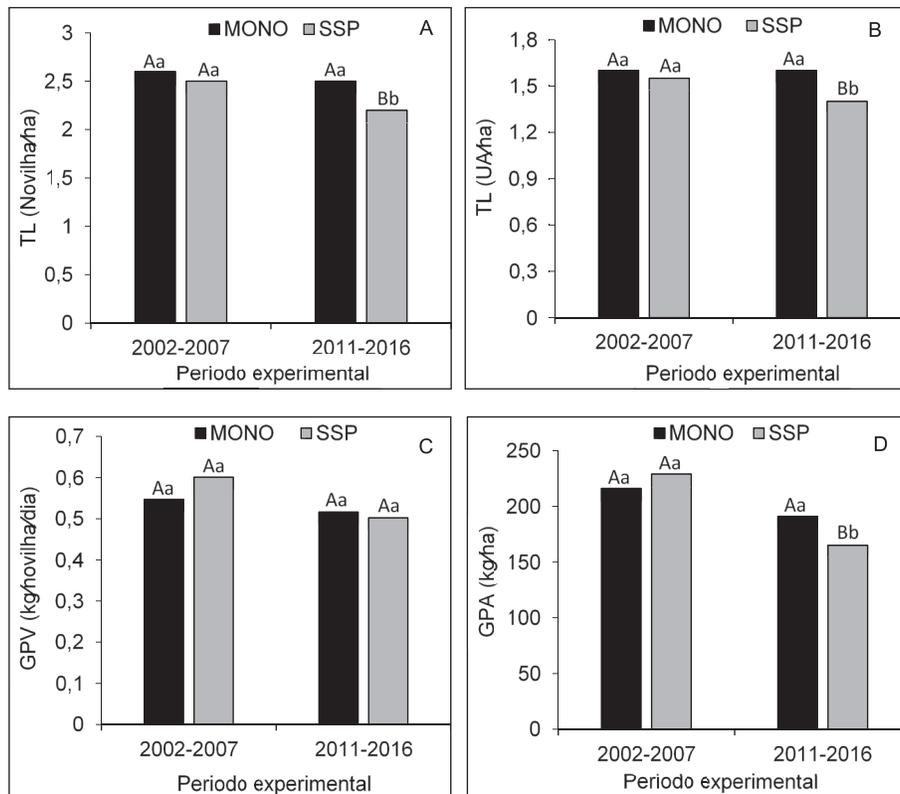


Figura 4. Taxas de lotação (TL) e ganhos de peso vivo por animal (GPV) e por área (GPA) em sistema silvipastoril (SSP) e monocultivo de *B. decumbens*, em dois períodos experimentais.

A>B compara sistemas dentro de período (P<0,05).

a>b compara períodos dentro de sistema (P<0,05).

Discussão

O SSP foi implantado em 1997 e as avaliações se iniciaram em 2002, estendendo-se até 2016. É interessante notar, que mesmo com a diminuição do número de árvores, resultado do desbaste e da mortalidade natural, ocorreu elevação da intensidade de sombreamento, que passou de 28% (média dos anos 2002-2007) para 48% (média dos anos 2011-2016), devido ao crescimento das árvores em altura e à expansão de suas copas. A competição por luz entre as árvores e o pasto tem fundamental importância na modulação do crescimento das plantas forrageiras, razão pela qual várias características do SSP foram influenciadas pelas condições de sombreamento.

Massa de forragem e densidade de perfilhos

No SSP houve menor massa total de forragem, assim como menores massas de folhas e colmos, em relação ao MONO, no segundo período experimental, quando o nível de sombreamento foi mais severo. Resultados obtidos nesses mesmos sistemas também indicaram redução da taxa de acúmulo de forragem com o progressivo decréscimo de radiação disponível para as plantas forrageiras (Lopes *et al.*, 2017). Vários estudos em SSP's têm demonstrado que o crescimento das árvores promove diminuição da RFA para o pasto, influenciando negativamente a produtividade de forragem (Abraham *et al.*, 2014; Santos *et al.*, 2016). O crescimento da forrageira é reduzido devido à queda nas taxas fotossintéticas de gramíneas C4 quando em condições de sombreamento (Peri *et al.*, 2002). Por outro lado, no primeiro período experimental a massa de forragem foi semelhante entre os sistemas avaliados, evidenciando a relativa tolerância da *B. decumbens* ao sombreamento moderado, conforme já constatado em outros estudos (Paciullo *et al.*, 2014; Lopes *et al.*, 2017; Lima *et al.*, 2019).

No período 2011-2016, observou-se acentuado aumento da massa de colmos no MONO, em relação ao período anterior (2002 a 2007). Esse resultado pode ser atribuído à fertilização anual das pastagens durante esse período. Embora as pastagens tenham recebido adubação no estabelecimento, durante o período entre 1997 e 2011, não houve reposição de nutrientes ao solo via fertilização química. Deve-se considerar também, que a mudança no método de pastejo, passando de lotação rotacionada para lotação

contínua, contribuiu para os aumentos nas massas de colmos no MONO. No SSP, a despeito da adubação exógena e da mudança no método de pastejo, não houve aumento na massa de colmos no segundo período, em relação ao primeiro, e observou-se decréscimo na massa de lâminas foliares em 2011-2016. Neste período, a intensa redução de RFA disponível para fotossíntese das plantas no sub-bosque, provavelmente, foi mais limitante ao crescimento da *B. decumbens* do que a baixa disponibilidade de nutrientes no solo do SSP. Na maioria dos casos, o sombreamento superior a 30-40% da RFA, além de reduzir a produção de forragem (Abraham *et al.*, 2014), interfere negativamente na resposta do pasto ao adubo aplicado (Pandey *et al.*, 2011; Lopes *et al.*, 2017), tornando questionável a prática da adubação das pastagens nesses casos, principalmente com uso de doses maiores de fertilizantes visando aumentar a produção de forragem.

Por outro lado, a adubação se mostrou importante para o aumento da densidade de perfilhos em ambos os sistemas, o que foi demonstrado pela elevação deste indicador em 2011-2016 em relação a 2002-2007. Este aumento da densidade de perfilhos, provavelmente também esteve associado à mudança do método de pastejo, a exemplo do que aconteceu com a massa de colmos. Normalmente, pastos submetidos ao regime de lotação contínua apresentam maior população de perfilhos que aqueles sob lotação rotacionada. A maior população de perfilhos no MONO em comparação ao SSP está amplamente descrita na literatura (Abraham *et al.*, 2014; Paciullo *et al.*, 2018; Lima *et al.*, 2019) e reflete uma mudança na qualidade da radiação que alcança o sub-bosque, induzindo a priorização do crescimento dos perfilhos já existentes, em detrimento da formação de novos perfilhos no SSP.

Valor nutritivo da forragem

As semelhanças entre sistemas quanto aos teores de FDN e aos coeficientes de DIVMS estão em consonância com os resultados encontrados por outros autores (Paciullo *et al.*, 2011; Lima *et al.*, 2018). Contudo, respostas diferentes foram obtidas em estudos análogos, constatando aumento ou redução da fração fibrosa e da digestibilidade em forrageiras sombreadas (Deinum *et al.*, 1996; Paciullo *et al.*, 2007), demonstrando não haver um padrão definido para a variação dos teores de FDN e DIVMS em SSPs quando comparados aos sistemas a pleno sol.

Os teores de PB variam com um padrão mais bem definido em relação às condições impostas pelo componente arbóreo em SSP's, em especial o sombreamento. Frequentemente, são observados aumentos dos teores proteicos da forragem no SSP, o que se confirmou neste estudo no segundo período de avaliação, quando as diferenças entre sistemas foram significativas, em favor do SSP. Os maiores teores de PB podem ser atribuídos à associação de alguns fatores. O primeiro mecanismo é baseado na teoria da diluição do N e na proposta da existência de um percentual ideal para certo nível de produção de matéria seca na planta (Lemaire e Chartier, 1992). A sombra reduziu a massa de forragem e pode ter promovido desbalanço na assimilação de carbono e nitrogênio. Neste caso, a absorção de N excedeu aos requerimentos metabólicos da planta. No SSP, houve maior concentração de N na menor massa de forragem, enquanto no MONO, observou-se maior diluição na maior massa de forragem produzida. O segundo mecanismo se baseia no efeito da fixação de N pelas leguminosas arbóreas e na transferência indireta de parte deste N para a gramínea, conforme sugerido por Xavier *et al.* (2014). O terceiro mecanismo está relacionado com o atraso no desenvolvimento ontogênico das plantas submetidas ao sombreamento, o que resulta em plantas fisiologicamente mais jovens no SSP do que no MONO. Neel *et al.* (2016) mostrou que havia uma defasagem entre 4 e 6 dias para que plantas sombreadas em um SSP alcançassem maturidade morfológica equivalente àquelas crescendo a sol pleno.

Foram observados aumentos dos teores protéicos em ambos os sistemas durante o período 2011-2016, em relação a 2002-2007, o que é justificado pela reposição de N via adubação das pastagens. Contudo, no MONO se destacou o concomitante aumento da massa de colmos, responsável pela ampliação da diferença nos valores de massa de forragem, em relação ao SSP. Por outro lado, a diferença no teor proteico entre sistemas (em favor do SSP) foi significativa também no segundo período. Estes resultados demonstram que as plantas no MONO responderam à adubação, principalmente, por meio de incrementos da produção de forragem (marcadamente por influência do aumento de colmos), enquanto, no SSP, a resposta se expressou pela maior concentração de N nos tecidos das plantas, pois não houve simultâneo incremento na massa de forragem ou de seus componentes, devido à menor disponibilidade de RFA para o pasto.

Taxa de lotação das pastagens e desempenho das novilhas leiteiras

As taxas de lotação foram maiores no MONO do que no SSP somente no segundo período experimental, quando as diferenças de massa de forragem em favor do MONO foram acentuadas. Ainda assim, as diferenças nas taxas de lotação foram de pequena magnitude, o que, provavelmente, foi devido ao baixo grau de intensificação dos sistemas, reduzindo a possibilidade de alcance da taxa de lotação potencial no MONO. A maior massa de material morto no MONO durante o período 2011-2016 indicou maior sobra de forragem do que no SSP. É provável que o uso de maior intensidade de pastejo no MONO, com manutenção de menores alturas do pasto do que no SSP, pudesse aumentar a taxa de lotação, sem comprometimento da persistência da pastagem. Corroboram essa hipótese, dados recentemente publicados em pastagens de *B. decumbens*, os quais revelaram que relvados mantidos em MONO podem ser manejados com alturas menores do que aqueles pastos cultivados em SSP (Machado *et al.*, 2020).

É notável a semelhança dos ganhos de peso por novilha entre os sistemas, em ambos períodos experimentais. O ganho individual reflete, entre outros fatores, a qualidade da forragem e a ausência de variação nos teores de FDN e na DIVMS entre os sistemas ajuda a explicar a semelhança no ganho de peso por novilha. Por outro lado, a associação de elementos e condições favoráveis, tais como teores proteicos da forragem mais elevados no segundo período e o maior conforto térmico no SSP (Pires *et al.*, 2010), poderiam contribuir para maiores ganhos individuais no ambiente sombreado no período 2011-2016. Uma possível explicação para a semelhança dos ganhos de peso entre os sistemas avaliados está relacionada aos elevados teores de FDN da forragem, o que poderia reduzir a disponibilidade de energia para as novilhas em crescimento. Mesmo com maior teor proteico na forragem, a eficiência de uso do N pode ter sido prejudicada pelo baixo teor de energia disponível na forragem no SSP. Os resultados de Bretas *et al.* (2020), observados nos mesmos sistemas avaliados neste estudo, confirmaram que as perdas de N via excretas (fezes e urina) foram significativamente maiores no SSP do que no MONO. Estes resultados evidenciam menor eficiência de uso do N extra no SSP, para crescimento das novilhas. Ainda, sugerem que o uso de suplementação energética para

as novilhas no SSP poderia aumentar a utilização do N, e, possivelmente, refletir em maiores ganhos individuais.

Apesar do manejo extensivo das pastagens, os ganhos de peso variando entre 0,502 e 0,601 kg/novilha.dia podem ser considerados satisfatórios para ambos os sistemas, uma vez que os animais foram alimentados exclusivamente a pasto. Segundo Campos (2005), novilhas mestiças Holandês x Gir deveriam ganhar em média, ao longo do ano, 0,400 kg/dia, quando o objetivo for a concepção aos 24 meses de idade. Os resultados evidenciam a possibilidade de se obter níveis de produtividade animal adequados, considerando as condições locais, por um longo intervalo de tempo, em ambos os sistemas, durante a época chuvosa do ano. Contudo, o estabelecimento de estratégias de suplementação volumosa e concentrada durante a época de escassez de pasto (época seca do ano) deve ser considerado, com objetivo de se manter bom desempenho das novilhas durante todo o ano.

Deve-se enfatizar, também, que as estratégias de manejo aplicadas aos sistemas, principalmente no sentido de se respeitar os limites biológicos de cada componente, contribuíram para o alcance dos ganhos de peso satisfatórios ao longo do tempo. Foram importantes os ajustes na taxa de lotação para evitar situações de superpastejo ao longo de todo o período de utilização das pastagens. Ademais, o protocolo de manejo se baseou em um pastejo leniente, que resultou em rebaixamento do pasto nunca superior a 40% da altura em pré-pastejo em 2002-2007. Da mesma forma, a manutenção de alturas entre 30-35 cm no pastejo contínuo, em 2011-2016, se caracterizou por um pastejo de baixa intensidade. Esse manejo foi importante na garantia de boa cobertura de solo pelo pasto e maior área foliar residual (observações visuais), o que contribuiu para a rebrota das plantas e persistência da pastagem ao longo do tempo. Outro aspecto importante é que este manejo permitiu às novilhas maior oportunidade de seleção da dieta, priorizando o ganho individual em detrimento do ganho por área.

A maior taxa de lotação no MONO em 2011-2016 teve reflexo positivo no ganho de peso por área nesse período, em relação ao SSP, embora as diferenças neste período tenham sido de pequena magnitude (15,7% em favor do MONO). Enfatiza-se, ainda, que o SSP possibilita o uso da madeira produzida dentro da própria fazenda ou para comercialização, o que representa uma vantagem adicional para esse sistema e serve de estímulo para a adoção pelo produtor rural.

Considerações finais e implicações

Sistemas de recria de novilhas leiteiras Holandês x Gir, baseados em pastagens de *B. decumbens*, manejadas extensivamente em áreas montanhosas, possibilitam ganhos de peso variando entre 0,500 e 0,600 kg/novilha.dia, na época chuvosa do ano, sem diferença entre o SSP e o MONO.

Os maiores teores proteicos da forragem no SSP não se refletiram em benefícios para o desempenho das novilhas leiteiras, devido, provavelmente, às características nutricionais da *B. decumbens*, relacionadas aos elevados teores de FDN e, conseqüentemente, baixos teores energéticos da dieta. A esta hipótese está relacionada a recomendação do uso de suplementação energética da pastagem no SSP, com o objetivo de aumentar a eficiência de uso do N adicional da forragem, o que poderia trazer benefícios para o ganho de peso das novilhas.

A redução de radiação fotossinteticamente ativa para o pasto da ordem de 22-35%, em relação ao sol pleno, reduz o perfilhamento, mas não interfere na massa de forragem e na produção animal, devido à elevada resiliência da *B. decumbens* quando submetida ao sombreamento moderado. Reduções de radiação na faixa de 46-51% devem ser evitadas, pelo efeito negativo que proporcionam nas características produtivas do pasto e no ganho de peso por área. Considerando que a diminuição da radiação para o pasto se intensifica com o avanço da idade das árvores, recomenda-se o controle do sombreamento, por meio do manejo do componente arbóreo, em sistemas silvipastoris que tenham a produção animal como prioridade.

Agradecimentos

Ao CNPq e à FAPEMIG pela concessão de apoio financeiro para condução da pesquisa.

Referências

ABRAHAM, E. M.; KYRIAZOPOULOS, A. P.; PARISSI, Z. M.; KOSTOPOULOU, P.; KARATASSIOU, M.; ANJALANIDOU, K.; KATSOUTA, C. Growth, dry matter production, phenotypic plasticity, and nutritive value of three natural populations of *Dactylis glomerata* L. under various shading treatments. **Agroforestry Systems**, n. 88, p. 287-299, 2014.

AOAC - Official methods of analysis of AOAC International. 15th edn. 1990. (Association of Official Analytical Chemists: Washington, DC, USA).

BRETAS, I.L.; PACIULLO, D.S.C.; ALVES, B.J.R.; MARTINS, M.R.; CARDOSO, A.S.; LIMA, M.A.; RODRIGUES, R.A.R.; SILVA, F.F.; CHIZZOTTI, F.H.M. Nitrous oxide, methane, and ammonia emissions from cattle excreta on *Brachiaria decumbens* growing in monoculture or silvopastoral with *Acacia mangium* and *Eucalyptus grandis*. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, n. 295, 2020.

CAMPOS, O.F.; LIZIEIRE, R.S.; CAMPOS, A.T.; CAMPOS, A.T. **Recria em rebanhos leiteiros**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2005. (Embrapa Gado de Leite. Circular Técnica, 84).

CANTARUTTI, R.B.; ALVAREZ V.; V.H. & RIBEIRO, A.C. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (5a Aproximação)**. Viçosa, MG, 1999. p.13-20.

CARVALHO, M.M.; ALVIM, M.J.; XAVIER, D.F.; YAMAGUCHI, L.C.T. **Estabelecimento de sistemas silvipastoris: ênfase em áreas montanhosas e solos de baixa fertilidade**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2002. 12 p. (Embrapa Gado de Leite. Circular Técnica, 68).

CARVALHO, M.M.; ALVIM, M.J.; XAVIER, D.F.; YAMAGUCHI, L.C.T. **Um sistema silvipastoril para recuperação de áreas degradadas na Mata Atlântica**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2003. 6 p. (Embrapa Gado de Leite. Comunicado Técnico, 31).

DEINUM, B.; SULASTRI, R.D.; SEINAB M.H.J. Effects of light intensity on growth, anatomy and forage quality of two tropical grasses (*Brachiaria brizantha* and *Panicum maximum* var. Trichoglume). **Netherlands Journal of Agriculture Science**, v. 44, p. 111-124, 1996.

GOMIDE, J. A. Produção de leite em regime de pasto. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 22, p. 591-613, 1993.

LEMAIRE, G.; CHARTIER, M. Relationships between growth dynamics and nitrogen uptake for individual sorghum plants growing at different plant densities. In: LEMAIRES, G. (Ed.). **Diagnosis of the nitrogen status in crops**. Paris: INRA - Station d'écophysologie des Plantes Fourragères, 1992. p. 3-43.

LIMA, M.A. PACIULLO, D.S.C.; MORENZ, M.J.F.; GOMIDE, C.A.M.; RODRIGUES, R.A.R.; CHIZZOTTI, F.H.M. Productivity and nutritive value of *Brachiaria decumbens* and performance of dairy heifers in a long-term silvopastoral system. **Grass and Forage Science**, v. 74, p. 160-170, 2019.

LOPES, C. M.; PACIULLO, D. S. C. C.; ARAÚJO, S. A. C.; GOMIDE, C. A. M.; MORENZ, M. J. F.; VILELA, S. D. J. Massa de forragem, composição morfológica e valor nutritivo de capim-braquiária submetido a níveis de sombreamento e fertilização. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 69, p. 225-233, 2017.

NEEL, J.P.S.; FELTON, E.E.D.; SINGH, S.; SEXSTONE, A.J.; BELESKY D.P. Open pasture, silvopasture and sward herbage maturity effects on nutritive value and fermentation characteristics of cool-season pasture. **Grass and Forage Science**, v. 71, p. 259-269, 2016.

PACIULLO, D.S.C.; CARVALHO, C.A.B.; AROEIRA, L.J.M.; MORENZ, M.J.F.; LOPES, F.C.F.; ROSSIELLO, R.O.P. Morphophysiology and nutritive value of signalgrass under natural shading and full sunlight. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 573–579, 2007.

PACIULLO, D.S.C.; CASTRO, C.R.T.; GOMIDE, C.A.M.; MAURÍCIO, R.M.; PIRES, M.F.Á.; MÜLLER M.D.; XAVIER, D.F. Performance of dairy heifers in a silvopastoral system. **Livestock Science**, v.141, p.166–172, 2011.

PACIULLO, D.S.C.; GOMIDE, C.A.M.; CASTRO, C.R.T.; MAURÍCIO, R.M.; FERNANDES, P.B.; MORENZ, M.J.F. Morphogenesis, biomass and nutritive value of *Panicum maximum* under different shade levels and fertilizer nitrogen rates. **Grass and Forage Science**, v. 72, p. 590-600, 2017.

PACIULLO, D.S.C.; LOPES, F.C.F.; JUNIOR J.D.M.; FILHO VIANA, A.V.; RODRIGUEZ, N.M.; MORENZ, M.J.F.; AROEIRA, L.J.M. Pasture traits and heifer performance in a silvopastoral system and in an exclusive *Brachiaria pasture*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.1528-1535, 2009.

PAES LEME, T.M.; PIRES, M.F.A.; VERNEQUE, R.S. Comportamento de vacas mestiças holandês x zebu, em pastagem de *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, p. 668-675, 2005.

PANDEY, C.B.; VERMA, S.K.; DAGAR, R.C. Forage production and nitrogen nutrition in three grasses under coconut tree shades in the humid-tropics. **Agroforestry Systems**, v. 83, p. 1-12, 2011.

PERI, P.L.; MCNEIL, D.L.; MOOT, D.J.; VARELLA, A.C.; LUCAS, R.J. Net photosynthetic rate of cocksfoot leaves under continuous and fluctuating shade conditions in the field. **Grass Forage Science**, v.57, p.157-170, 2002.

PIRES, M.F.A.; PACIULLO, D.S.C.; CASTRO, C.R.T.; XAVIER, D.F.; RIBEIRO, G.C. **Sistemas silvipastoris**: impactos sobre o conforto animal. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2010. 20 p. (Embrapa Gado de Leite. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 30).

SANTOS, D.C.; GUIMARÃES JR., R.; VILELA, L.; MACIEL, G.A. FRANÇA, A.F.S. Implementation of silvopastoral systems in Brazil with *Eucalyptus urograndis* and *Brachiaria brizantha*: productivity of forage and an exploratory test of the animal response. **Agriculture, Ecosystem and Environment**, v. 266, p. 174-180, 2018.

SANTOS, D.C.; GUIMARÃES JR., R.; VILELA, L.; PULROLNIK, K.; BUFON, V. B.; FRANÇA, A.F.S. Forage dry mass accumulation and structural characteristics of Piatã grass in silvopastoral systems in the Brazilian savannah. **Agriculture, Ecosystem and Environment**, v. 233, p. 16–24, 2016.

TILLEY, J.M.A, TERRY, R.A. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. **Grass and Forage Science** v. 18, p. 104-111, 1963.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, p. 3583–3597, 1991.

XAVIER, D. F.; LÉDO, F. J. S.; PACIULLO, D. S. C.; URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M. Nitrogen cycling in a *Brachiaria*-based silvopastoral system in the Atlantic forest region of Minas Gerais, Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, n. 99, p. 45-62, 2014.

Embrapa

Gado de Leite