

MANEJO DO PASTEJO EM SISTEMAS SILVIPASTORIS

Roberto Giolo de Almeida¹, Domingos Sávio Campos Paciullo²,
Roberta Aparecida Carnevalli³, Renato Tavares Castro⁴, Denise
Baptaglin Montagner⁵, Bruno Carneiro e Pedreira⁶

¹ Pesquisador da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS.

E-mail: roberto.giolo@embrapa.br

² Pesquisador da Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG.

E-mail: domingos.paciullo@embrapa.br

³ Pesquisadora da Embrapa Agrossilvipastoril, Sinop, MT.

E-mail: roberta.carnevalli@embrapa.br

⁴ Pesquisador da Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG.

E-mail: carlos.castro@embrapa.br

⁵ Pesquisadora da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS.

E-mail: denise.montagner@embrapa.br

⁶ Pesquisador da Embrapa Agrossilvipastoril, Sinop, MT.

E-mail: bruno.pedreira@embrapa.br

Introdução

A partir do final da década de 1990 os estudos sobre manejo do pastejo avançaram no sentido de considerar a planta forrageira como componente de um ecossistema (solo-planta-animal-meio) dinâmico e complexo em interações. Dessa forma, conhecimentos sobre a morfogênese e a ecofisiologia das plantas forrageiras e a ecologia do pastejo passaram a ser utilizados como ferramentas fundamentais para o entendimento dos processos de crescimento do pasto e suas implicações na produção e produtividade animal. Estes estudos refletiram em indicações refinadas de manejo com base em metas de alturas de pastejo, respeitando-se as características de cada espécie ou cultivar, de acordo com as características específicas dos sistemas pecuários (Nascimento Júnior et al., 2003; Da Silva e Nascimento Jr., 2007; Euclides et al., 2012).

Entretanto, na última década, tem aumentado a demanda por sistemas pecuários que contemplam o componente florestal, como os sistemas silvipastoris (ou sistemas de integração

SP 7282

pecuária-floresta, IPF) e agrossilvipastoris (ou sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta, ILPF). Estes sistemas são mais complexos do que os sistemas que apresentam somente um estrato com forrageiras e também são de uso mais restrito, porém, possibilitam uma gama de serviços ecossistêmicos e melhores índices de eficiência de uso da terra, importantes para a conjuntura atual. Devido a esta maior complexidade, são mais exigentes em conhecimentos, tanto para o nível de escala das interações da planta forrageira em sub-bosque como para a escala mais ampla da gestão do sistema (Almeida et al., 2014; Almeida et al., 2015a; Carvalho et al., 2015).

Neste capítulo, serão abordados temas referentes ao manejo do pastejo propriamente dito, a forrageiras tolerantes ao sombreamento e ao seu valor nutritivo, e ao manejo do solo, em sistemas silvipastoris.

Manejo do pastejo

O manejo do pastejo consiste em conciliar condições contrastantes, buscando garantir o equilíbrio entre consumo da forragem pelos animais em pastejo e a manutenção de área foliar residual necessária para a rápida recuperação da planta forrageira. A produção animal em pastagens é determinada por três processos, com eficiências distintas: crescimento, utilização e conversão (Hodgson, 1990). Destes, a utilização da forragem produzida apresenta a maior flexibilidade de modificação (40 a 80%) e pode ser alterada pelo manejo do pastejo. O conhecimento das características morfológicas e ecofisiológicas das espécies e cultivares forrageiras é essencial para estabelecer práticas de manejo adequadas (Da Silva e Nascimento Júnior, 2007; Euclides et al., 2012).

O ecossistema de pastagem é caracterizado por componentes bióticos e abióticos cuja interação resulta em processos dinâmicos e complexos. A interação solo-planta-animal-meio representa a complexidade deste ecossistema. Uma vez conhecido o sistema de produção, é importante observar as

características dos recursos físicos disponíveis (características físicas e químicas do solo), os recursos vegetais (espécies forrageiras) e animais (Da Silva e Pedreira, 2010). O manejo eficiente do sistema consiste no conhecimento da capacidade produtiva das plantas forrageiras, representada pela taxa de acúmulo de forragem e sua capacidade de suporte, a qual pode ser controlada pelos ajustes na taxa de lotação (Euclides et al., 2009; Da Silva e Pedreira, 2010; Euclides et al., 2012).

A relação planta-animal descreve as interações entre a estrutura do dossel forrageiro e a capacidade do animal em colher forragem em quantidade e valor nutritivo adequado para atender sua demanda nutricional. O conhecimento das características morfogênicas e estruturais e a ecologia do pastejo auxiliaram na compreensão desta interação. O manejo do pastejo passa necessariamente pelo controle estrito da condição do pasto (Hodgson e Da Silva, 2002; Da Silva, 2004) e determina alterações na intensidade de luz que alcança a base do dossel influenciando a forma e a velocidade do acúmulo de biomassa de um pasto após o pastejo. As características estruturais do dossel, representadas pela densidade populacional de perfilhos, o tamanho das folhas, o número de folhas vivas e a relação folha/colmo, são fatores determinantes da capacidade de preensão da forragem pelos animais em pastejo. Estas características podem influenciar o tamanho e a taxa do bocado, alterando a taxa de ingestão de matéria seca. O manejo do pastejo é fator determinante no controle destas alterações, pois pode promover o equilíbrio entre o acúmulo de biomassa, a estrutura do dossel forrageiro e a capacidade do animal em colher forragem eficientemente (Da Silva e Nascimento Júnior, 2007).

O conceito de índice de área foliar crítico, momento em que o dossel forrageiro intercepta 95% da radiação solar incidente (Hodgson, 1990), passou a ser usado para determinar o momento de entrada dos animais em pastejo sob lotação rotativa (Da Silva e Nascimento Júnior, 2007; Euclides et al., 2010). Este conceito foi aplicado em gramíneas temperadas e foi validado para gramíneas tropicais (Carnevalli et al., 2006; Barbosa et al., 2007;

Pedreira et al., 2007), representando o momento de “colheita” da forrageira quando ocorre o máximo acúmulo líquido de forragem, garantindo a manutenção da estrutura do dossel adequada ao pastejo, quando não ocorrem acúmulos de colmos e material morto. Estes estudos foram baseados em controle estrito e rigoroso da condição do dossel, representadas pelo monitoramento da radiação solar incidente, traduzida, de forma prática para o sistema de produção, como a altura do dossel. Assim, o momento em que o dossel forrageiro intercepta 95% da radiação solar incidente correlaciona-se com determinada altura do dossel, que será distinta de acordo com a espécie ou cultivar. A altura do dossel pode ser usada como ferramenta para o controle do processo de rebrotação dos pastos e indicativo do momento de entrada dos animais nos piquetes.

Por outro lado, pastos manejados sob lotação contínua devem ser utilizados com base no controle das características morfogênicas e estruturais do dossel, com o objetivo de alcançar as melhores respostas das plantas e dos animais. Pastos de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu foram avaliados sob lotação contínua, mantidos nas alturas de 10, 20, 30 e 40 cm (Sbrissia e Da Silva, 2008). Os autores recomendam que para melhor resposta animal e manutenção das características ecofisiológicas do dossel forrageiro, pastos de capim-marandu devem ser manejados com alturas do dossel de 30 cm. Este resultado foi corroborado por Flores et al. (2008) e Paula et al. (2012a; 2012b). A cultivar Xaraés (*B. brizantha*) foi avaliada sob lotação contínua, com alturas do dossel de 15, 30 e 45 cm (Flores et al., 2008; Carloto et al., 2011). Os autores avaliaram as respostas morfogênicas e estruturais do dossel e a resposta animal (consumo de forragem e comportamento ingestivo) e determinaram que pastos de capim-xaraés devem ser manejados com altura do dossel de 30 cm devido sua facilidade de manejo e equilíbrio entre ganhos individuais e por área ao longo do ano (Euclides et al., 2010). Experimento semelhante, em área contígua, foi realizado com o capim-piatã (Nantes et al., 2013). Os resultados do primeiro ano de avaliação demonstram que esta

cultivar deve ser manejada com altura do dossel de 15 a 30 cm, sob lotação contínua. Assim, pode-se recomendar a mesma altura de pastejo para as cultivares de *B. brizantha* (Marandu, Xaraés e Piatã), ou seja, 30 cm de altura do dossel, quando manejadas sob lotação contínua.

Estes conceitos estão bem consolidados para pastagens em monocultivo, onde a competição por sombra ocorre apenas entre e dentro da planta forrageira. O manejo do pastejo em sistemas que contemplam o componente arbóreo traz como desafio a necessidade de entendimento dos processos que envolvem a captação e utilização da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) pelas plantas forrageiras nestes ambientes. Não apenas a quantidade mas a qualidade da luz que alcança a base do dossel, ambas são importantes para que o processo fotossintético e a produtividade das plantas forrageiras sejam maximizados.

O tipo de material que promove o sombreamento influencia a resposta das plantas sob sua influência. Uma comparação entre sombreamento de 50% da RFA produzido por malha, árvores e estrutura de madeira, resultou em uma redução na produção de forragem de 56, 68 e 57% (Varella et al., 2011). Estes resultados podem ser explicados pela diferença na filtragem da luz entre as alternativas testadas, alterando sua qualidade quanto à relação vermelho/vermelho distante. As plantas possuem fitocromos, que são pigmentos que absorvem luz nos comprimentos entre 650 a 680 nm (vermelho), entre 710 e 740 nm (vermelho distante) e, em menores quantidades, de 430 nm (azul). Desta forma, o dossel de plantas que recebe radiação direta, tem prioridade no uso da luz por estar numa posição geograficamente mais favorável. As plantas abaixo desse dossel receberão uma luz filtrada com menor quantidade de luz em comprimentos de ondas na faixa do vermelho. Uma maior quantidade de luz na faixa do vermelho distante ou uma radiação direta desproporcional promove alteração no desenvolvimento e crescimento dessas plantas (Taiz e Zeiger, 2013). As alterações mais comuns causadas pela restrição luminosa são: redução do perfilhamento, aumento na

área foliar específica e aumento no comprimento dos colmos (estiolamento em busca de luz de melhor qualidade), além de aumento da relação parte aérea/raiz (Paciullo et al., 2007; Martuscello et al., 2009).

Em sistemas silvipastoris, onde ocorrem restrições luminosas mais acentuadas, as alterações na morfogênese das plantas forrageiras acarretam em modificações estruturais no dossel do pasto que podem interferir no comportamento ingestivo dos animais em pastejo, refletindo negativamente no consumo e desempenho animal. Nestas condições, as plantas forrageiras também se encontram em situação de competição mais intensa por recursos de crescimento, devido à presença das árvores, e tendem a apresentar maior dificuldade de rebrotação, sendo que a utilização de intensidades de pastejo mais severas podem desencadear o processo de degradação mais rapidamente quando em comparação com pastagens a pleno sol. As alterações na estrutura do pasto, principalmente com relação ao aumento no comprimento dos colmos, indicam que as metas de altura de pastejo devam ser diferentes daquelas recomendadas para pastagens a pleno sol, porém, estas metas ainda não estão bem definidas para cada espécie ou cultivar, mas existe o consenso de que devem ser empregadas intensidades de pastejo moderadas.

Em estudo de longa duração em andamento na Embrapa Gado de Corte, Santos et al. (2012) avaliaram características morfogênicas e estruturais do capim-piatã em sistemas de integração com eucalipto, em condição de sombreamento (ponto amostral próximo às árvores) e de pleno sol (ponto central entre fileiras de árvores), durante o segundo ano após a implantação das árvores, correspondendo ao primeiro ano de pastejo. Os autores observaram que o sombreamento não interferiu na disponibilidade e acúmulo de biomassa do capim-piatã, sendo que a redução da densidade populacional de perfilhos foi compensada pela maior taxa de alongamento de folhas e maior comprimento final de folhas e de colmos. À sombra, o teor de proteína bruta e a digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica da lâmina foliar foram

maiores do que na condição a pleno sol. Behling Neto (2012) avaliou estes mesmos sistemas com duas densidades de árvores (227 e 357 árvores/ha) e duas alturas de manejo da pastagem, durante o segundo ano de pastejo. O autor observou que pastos com menor densidade de árvores e manejados com maior altura apresentaram maior disponibilidade e menor valor nutritivo da forragem. Também, observou que a variação na RFA foi maior entre as fileiras de árvores do que entre estações do ano. Oliveira et al. (2014) compararam estes dois sistemas de ILPF com um sistema de integração lavoura-pecuária (ILP), com duas alturas de manejo da pastagem ($27 \pm 4,6$ e $39 \pm 5,8$ cm), durante o segundo ao terceiro ano de pastejo. Os autores observaram que pastos manejados com menor altura proporcionaram maior ganho de peso vivo por área durante o verão e o outono e que, apesar da disponibilidade de forragem decrescer com o aumento da densidade de árvores, o sistema de ILPF com menor densidade de árvores (227 árvores/ha) proporcionou ganhos por animal e por área semelhantes ao sistema de ILP, em pleno sol, nas estações do inverno, primavera e verão. O ganho de peso vivo por área acumulado neste sistema de ILPF foi de 85% em relação ao sistema de ILP. Gamarra (2015) continuou avaliando estes sistemas durante o quinto ano da implantação das árvores, após o segundo ciclo de cultivo de soja, correspondendo ao quarto ano de pastejo, sendo os pastos mantidos a uma altura de 35 cm. A disponibilidade de forragem do capim-piatã e a produção animal seguiram o mesmo padrão apresentado por Oliveira et al. (2014), sendo que o ganho de peso vivo por área acumulado no sistema de ILPF com menor densidade de árvores foi de 83% em relação ao sistema de ILP. Estes resultados, relativos a quatro anos de pastejo, indicam que sistemas de ILPF com eucalipto em arranjos espaciais mais amplos podem ser competitivos em termos de produção de gado de corte, além da diversificação da produção promovida pela inclusão do componente florestal no sistema. Porém, deve-se considerar o período de permanência das árvores no sistema, que, no caso do eucalipto, geralmente, varia de 5 a 15 anos, dependendo dos objetivos de colheita. Assim, com o passar

do tempo, o nível de sombreamento aumenta, sendo necessárias intervenções de desrama e/ou desbaste das árvores para melhorar a incidência de luz no sub-bosque e, consequentemente, a produção da forrageira.

Forrageiras tolerantes ao sombreamento

A exploração de sistemas silvipastoris implica na escolha de espécies apropriadas às finalidades desejadas e o sucesso de tais sistemas depende da identificação de forrageiras tolerantes ao sombreamento e de práticas de manejo que assegurem a sua produtividade e persistência no sub-bosque.

Diversos estudos indicam que a sombra moderada pode proporcionar aumento da produção forrageira quando em pastagens com baixa densidade arbórea, média fertilidade do solo e sob baixa precipitação, embora também haja relatos em que a produtividade forrageira é indiferente ou muito pouco afetada pela redução da luminosidade ambiente e, ainda, outras constatações que apontam ser o sombreamento intenso um fator limitante à produção de forragem. De modo geral, as plantas forrageiras são mais sensíveis ao sombreamento na fase de estabelecimento do que na fase produtiva.

Em áreas de savanas, Muoghalu e Isichei (1995) observaram que a espécie *Andropogon gayanus* ocorre com maior frequência e geralmente é mais produtiva sob o dossel arbóreo do que em áreas abertas, não sombreadas. Oliveira et al. (2013) também consideraram positiva a adaptação de *A. gayanus* cv. Planáltina a ambientes sombreados, apontando-a como gramínea promissora para sistemas silvipastoris. Entretanto, atualmente esta espécie tem sido pouco utilizada em pastagens no Brasil.

O efeito da redução da luminosidade ambiente sobre a produção de *Panicum maximum* foi avaliado em vários estudos (Wong e Wilson, 1980; Wilson et al., 1986; Couto et al., 1988; Almeida, 1991; Oliveira et al., 2013), em casa de vegetação e em campo, em consórcio com diversas espécies arbóreas. Os

resultados evidenciaram que não houve variação significativa da produção de forragem desta gramínea, em alguns casos, ou até mesmo melhoria em relação à condição a pleno sol, em outros, indicando seu potencial para uso em sistemas de integração.

A produção forrageira de *Panicum maximum* var. Trichoglume, *Chloris gayana*, *Setaria sphacelata* cv. Kazungula e *Paspalum notatum* cultivados sob severa deficiência de nitrogênio e à luminosidade correspondente a 50-76% da radiação solar total, foi 14-101% superior àquela obtida em áreas não sombreadas (Wild et al., 1993).

Elevados rendimentos de matéria-seca de *Brachiaria brizantha* foram obtidos por Eriksen e Whitney (1981) ao cultivarem essa forrageira sob 55% de sombreamento. Marques (1990) avaliou o consórcio de *B. brizantha* cv. Marandu com espécies florestais, concluindo que a sua disponibilidade de matéria seca nos diferentes consórcios mostrou-se comparável àquela verificada para a mesma gramínea e região, em ensaios de pastagens em monocultivo.

A superioridade de *B. brizantha* cv. Marandu e de *Panicum maximum* cv. Massai cultivados em condições de luminosidade reduzida também foram comprovados por Andrade et al. (2001) e Andrade et al. (2004), que constataram melhor desempenho dessas gramíneas quando sob 50% de interceptação luminosa, aliando boa tolerância ao sombreamento e alta capacidade produtiva, constituindo excelentes opções forrageiras para a composição de sistemas silvipastoris.

Ensaios conduzidos por Interrante et al. (2004) com as leguminosas forrageiras *Medicago lupina* e *M. orbicularis* constataram, em condições de campo, que essas espécies toleram até 30% de sombreamento. Os rendimentos forrageiros de *Lolium perenne*, *Festuca arundinacea*, *Dactylis glomerata* e *Poa pratensis*, igualmente espécies temperadas, também não foram afetados pelo sombreamento artificial de 35 e 60% (Morita et al., 1994). Kyriazopoulos et al. (2012) confirmaram a tolerância de *D. glomerata* à sombra ao constatarem que a produtividade dessa gramínea não foi afetada quando cultivada sob 60% da

interceptação da radiação solar. No entanto, alguns autores obtiveram resultados díspares com outras espécies forrageiras temperadas e constataram que o sombreamento promoveu redução no rendimento médio de forragem de *L. multiflorum*, *Avena strigosa* e *A. sativa* (Barro et al., 2008).

As leguminosas tropicais possuem nível de saturação luminosa mais baixo que as gramíneas, entretanto, dentre as várias espécies de leguminosas forrageiras ocorrem diferenças marcantes com relação à tolerância à redução da luminosidade ambiente. Segundo Congdon e Addison (2003), diversos estudos indicam que as leguminosas tropicais possuem elevado potencial para cultivo em ambientes sombreados, sendo, no entanto, necessário selecionar espécies adequadas ao manejo e adaptadas às condições edafoclimáticas da região de cultivo. Por possuírem elevada tolerância ao sombreamento, as leguminosas *Pueraria phaseoloides*, *Calopogonium mucunoides* e *Arachis pintoi* foram consideradas por Carvalho e Pires (2008) adequadas para integrar sistemas silvipastoris. Segundo Andrade et al. (2004), o *A. pintoi* cv. Belmonte não foi significativamente afetado pelo sombreamento quando cultivado em condições artificiais de redução da luminosidade ambiente; Gobbi et al. (2009) obtiveram resultados semelhantes com *A. pintoi* cv. Amarillo, leguminosa forrageira que apresenta elevado potencial para associação em sistemas silvipastoris cujo componente arbóreo-arbustivo não imponha sombreamento superior a 50%. Posteriormente, Nicodemo et al. (2015) também observaram produção satisfatória do *A. pintoi* consorciado com estilosantes-campo-grande quando cultivados sob povoamento de *Eucalyptus grandis* com sombreamento médio de 83% de interceptação da radiação solar. No entanto, os resultados obtidos por Andrade et al. (2001) em ensaios no sub-bosque de eucalipto apontaram para o desempenho não satisfatório da leguminosa *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão nessas condições.

Paciullo et al. (2009) observaram que a *Brachiaria decumbens* não apresentou qualquer alteração sob sombreamento de Acácia e Eucalipto com sete anos de idade e

espaçamento de 30 m, no sul de Minas Gerais. As maiores alterações foram em relação à época do ano (água e seca). O sombreamento moderado não interferiu nos resultados de desempenho de novilhas leiteiras que também foram fortemente influenciados pela época do ano. Entretanto, Mello et al. (2016) observaram grande variação no comportamento de novilhas quando submetidas a três níveis de luminosidade, aumentando consideravelmente o tempo de pastejo durante o dia na condição de maior sombreamento. Em condição de pleno sol, as novilhas aumentaram o tempo de ócio durante as horas mais quentes do dia, permanecendo ao redor do bebedouro em posição de desconforto.

Em relação à influência direta das árvores sobre a pastagem, seja por sombreamento ou por competição de fatores de crescimento, Paciullo et al. (2011a) demonstraram a forte influência das árvores sobre a pastagem de *Brachiaria decumbens* nos pontos mais próximos ao tronco. Plantas forrageiras distantes menos de 9 m da árvore apresentaram redução na densidade de perfilhos, na massa de forragem e em sua respectiva taxa de acúmulo.

Na região norte de Minas Gerais, pastagens de *Brachiaria decumbens* associadas com eucaliptos em espaçamentos variáveis (30 e 9 m entre renques) com quatro anos de idade, recebiam maiores quantidades de luz de melhor qualidade (faixa do vermelho e vermelho distante) no centro dos renques. Os parâmetros mais afetados negativamente pelo sombreamento foram: quantidade e qualidade de luz, relação folha:colmo, altura, produção de matéria seca e índice de área foliar e os parâmetros afetados positivamente foram teor de proteína e fibra da forragem (Rodrigues, 2012).

O capim-xaraés foi submetido ao sombreamento de eucalipto com espaçamentos de 15, 21 e 27 m entre renques no Mato Grosso do Sul. O menor espaço proporcionou menor produção de matéria seca do capim-xaraés, apesar de apresentar um melhor microclima para os animais (Cremon, 2013).

Brachiaria decumbens e *Brachiaria brizantha* foram submetidas ao sombreamento de eucalipto no interior de São Paulo. Observou-se forte influência sobre as variáveis microclimáticas, dependendo do adensamento, orientação dos renques e declinação solar, conforme a época do ano. Os principais parâmetros afetados pelo sombreamento acima de 50% da RFA foram: produção de forragem e IAF em todo o período, altura das plantas e área foliar específica, na época das águas. Na seca, os sistemas sombreados não afetaram as características agronômicas da pastagem já que na região os fatores temperatura e água limitam prioritariamente a produção (Bosi, 2014).

Dados recentes foram gerados na Embrapa Agrossilvipastoril, sobre sistemas de integração com capim-piatã (manejado a 95% de interceptação de luz) e eucalipto para produção de leite. Foi observado um expressivo aumento na altura do pasto (150%) quando esta era manejada com 55% de redução na RFA, em relação a um sistema a pleno sol e a um sistema silvipastoril com maior espaçamento (50 m) e redução de 18% na RFA. A redução proporcional na massa de forragem foi de 64% e, na taxa de acúmulo diária, de 42%. O sistema silvipastoril com maior espaçamento apresentou a mesma altura de manejo do pasto que o sistema a pleno sol, com uma pequena redução na massa de forragem (13%). Em uma avaliação comparativa, modificando-se o método de avaliação da luz para determinação do momento do pastejo, houve aumento de 130% na altura do pasto e redução de 55% na massa de forragem. Crestani (2015) demonstrou que houve uma ligeira melhoria na estrutura do pasto quando se alterou o método de avaliação da luz, entretanto, ainda não o suficiente para manutenção dos mesmos índices produtivos em plantas submetidas a elevados níveis de sombreamento. Esse fato pode ser indicativo de que plantas que não toleraram sombreamento são afetadas por este independentemente do manejo utilizado, ou seja, a alternativa para essas plantas deveria ser a de espaçamentos mais abertos com melhor qualidade de luz. Sistemas com necessidade de mais

sombreamento exigem plantas com melhores respostas à baixa qualidade de luz, universo ainda pouco explorado pela pesquisa.

Sistemas silvipastoris com espaçamentos mais amplos, onde há entrada de luz suficiente para o desenvolvimento da pastagem e sombra suficiente para que o animal a alcance sem percorrer grandes distâncias, tem sido a maneira mais eficaz de se obter sucesso nessa modalidade. Com uma redução de 20% na RFA, pôde-se obter uma pastagem com uma pequena redução do perímetro das touceiras (25%) acompanhado de um aumento significativo de touceiras pequenas (abaixo de 30 cm) e redução de touceiras grandes (acima de 60 cm). A taxa de aparecimento de perfilhos, que é afetada negativamente pelo sombreamento, no sistema equilibrado não sofre alteração em relação ao pleno sol, da mesma forma que a mortalidade, mantendo um índice de estabilidade semelhante. Assim sendo, a densidade populacional de perfilhos não foi afetada por essa disposição de árvores, mantendo o estande semelhante a pleno sol (Crestani, 2015). Nenhuma das variáveis morfogênicas foi afetada pelo sistema silvipastoril equilibrado, sendo que o mesmo não ocorreu no sistema mais sombreado, onde foi verificado aumento na taxa de alongamento de colmos, resposta esperada em ambientes com restrição lumínica. De forma geral, o sombreamento influenciou as variáveis-resposta, reduzindo em até 50% o tamanho das touceiras, diminuindo a densidade populacional de perfilhos em 35% e a estabilidade de perfilhos em 6%. Também, foram observados aumentos na ordem de 16% para o alongamento de folhas e de 594% para o alongamento de colmos.

O uso de sistemas em integração com altas densidades de árvores compromete a taxa de acúmulo das forrageiras, promovendo importantes reduções na capacidade de suporte dos pastos. Além disso, a estrutura do dossel é completamente modificada em pastos cultivados sob sistemas sombreados. Gobbi et al. (2011) descreveram mudanças nas características anatômicas de *Brachiaria decumbens* e *Arachis pintoi* que demonstram certa aclimatação destas espécies sob níveis de até 70% de sombreamento. Assim, é possível que algumas espécies

forrageiras sejam mais adaptadas a ambientes sombreados do que outras. Rodrigues et al. (2016) citam que é necessário desenvolver métodos ou ferramentas de manejo do pastejo específicos para gramíneas forrageiras cultivadas sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta.

Crestani e Da Silva (2015) fazem uma análise dos desafios a serem superados, e sugerem que pesquisas acerca dos níveis de sombra e de intensidade de competição (tipo de sombra, espécie de árvore, densidade e arranjo espacial, etc.) devem ser realizadas com o objetivo de encontrar o equilíbrio entre os componentes. O melhoramento de plantas forrageiras, visando sua adaptação a ambientes sombreados, pode, também, ser alternativa de longo prazo, mas ainda não é realidade. Assim, o grande desafio do manejo de pastagens em sistemas de produção em integração é garantir a persistência e a capacidade de suporte dos pastos durante os ciclos de produção, evitando-se o retorno da degradação das pastagens.

Valor nutritivo de forrageiras em sistemas silvipastoris

O valor nutritivo das forrageiras, definido em função de sua composição química e digestibilidade, depende de fatores químicos, físicos e estruturais inerentes à planta, que, por sua vez, são influenciados pelo meio ambiente, principalmente pelas condições edafoclimáticas, e pelas práticas de manejo. O ambiente luminoso, sob o qual as plantas se desenvolvem, influencia seu valor nutritivo. Isso faz com que as plantas que se desenvolvem em ambientes sombreados, como em sub-bosques de sistemas silvipastoris, apresentem variações nutricionais, em comparação às plantas cultivadas a pleno sol (Abraham et al., 2014; Neel et al., 2016; Santos, 2016).

A proteína bruta (PB) da forragem é a entidade nutritiva com variação mais consistente, quando está sob o efeito do sombreamento em sistemas silvipastoris ou mesmo em condições de sombra artificial. Normalmente, são encontrados maiores teores proteicos em forrageiras cultivadas em sistema silvipastoril,

quando comparados aos teores de forrageiras em monocultivo (Neel et al., 2008; Abraham et al., 2014; Paciullo et al., 2014; Santos, 2016; Fernandes, 2016). Da mesma forma, trabalhos conduzidos em condições de sombreamento artificial mostram aumentos dos teores de PB à medida que se diminui a RFA para as plantas. O maior teor de PB em forrageiras cultivadas em sistemas silvipastoris tem sido atribuído tanto ao efeito direto do sombreamento sobre características fisiológicas das plantas, quanto ao efeito do componente arbóreo sobre a dinâmica de nitrogênio no solo. Em condições de campo, Wilson (1996) relatou que a redução da intensidade da luz aumenta o conteúdo de nitrogênio no solo, como resultado da maior conservação de água, que aumenta a mineralização de nitrogênio no solo e, subsequentemente, a disponibilidade de nitrogênio para o pasto. Mecanismos ligados à influência da sombra na fisiologia das plantas foram citados por Belesky et al. (2006) e Dale e Causton (1992). Os primeiros autores mencionam um mecanismo relacionado ao atraso no desenvolvimento ontogenético de plantas cultivadas à sombra. Neste caso, as forrageiras tendem a ser mais jovens fisiologicamente, o que prolonga a fase vegetativa juvenil e permite a manutenção dos níveis metabólicos mais elevados por maior período de tempo. Associado a essa observação estão os resultados de Neel et al. (2016), os quais revelaram um atraso de 4 a 6 dias para que as plantas cultivadas sob sombreamento alcançassem uma maturidade morfológica equivalente às forrageiras em crescimento a sol pleno. Já Dale e Causton (1992) relacionaram a teoria de diluição de nitrogênio ao aumento do teor proteico na planta. O sombreamento pode ter impacto negativo na produção de forragem, assim, plantas sombreadas podem absorver quantidades de nitrogênio que excedem seus requerimentos metabólicos, o que resulta no acúmulo de grandes quantidades de nitrogênio, sem um correspondente aumento da biomassa. Ao contrário, plantas cultivadas em sol pleno podem produzir maior quantidade de matéria seca, resultando em menor concentração de nitrogênio na matéria seca produzida.

A despeito do aumento do teor de PB em forrageiras cultivadas em sistemas silvipastoris, alguns estudos têm indicado que o sombreamento pode estimular o aumento do teor de nitrato na planta e da fração de nitrogênio ligada à fibra em detergente ácido. Neel et al. (2008) relataram aumentos significativos dos teores de nitrato em forrageira cultivada à sombra. Em condições de sombreamento de 20, 50 e 80% em relação ao sol pleno, foram relatados aumentos significativos dos teores de nitrato nas plantas. Assim, para os três graus de redução da luminosidade foram observados valores médios de 0,38; 1,33 e 0,92% de nitrato, respectivamente. Os elevados teores sob sombra foram considerados pelos autores passíveis de causarem prejuízos ao consumo e desempenho animal.

Em trabalho conduzido em condições de sombreamento artificial, ficou demonstrado que os níveis crescentes de sombra induziram aumentos dos teores de proteína bruta insolúvel em detergente ácido (PIDA) em plantas de *Panicum maximum* cv. Massai (Paciullo et al., 2016). Esse resultado sugere que o efeito positivo do sombreamento no teor de PB pode não representar, necessariamente, benefícios para o valor nutricional da forrageira. Embora este fenômeno tenha sido constatado para a cultivar Massai, o mesmo não foi observado para a cultivar Tanzânia, mostrando que este comportamento está sob efeito da interação da sombra com o genótipo forrageiro.

O aumento do teor proteico da forragem em sistemas silvipastoris pode estar associado ao melhor desempenho de bovinos em pastejo nestes sistemas. Paciullo et al. (2011b) atribuíram o maior ganho de peso de novilhas leiteiras em sistema silvipastoril, comparado com monocultivo de *B. decumbens*, ao maior consumo de PB pelas novilhas, resultado do maior teor proteico do pasto em condições de sombreamento. Contudo, trabalhos recentes (Santos, 2016; Fernandes, 2016) não detectaram diferenças no desempenho de bovinos em sistema silvipastoril, comparado ao monocultivo de capim-braquiária, mesmo com maiores teores proteicos na forragem sombreada. Este fato pode estar associado aos fatores já mencionados

(aumentos dos teores de nitrato e PIDA da forragem), embora se reconheça que o tema necessite de estudos detalhados para confirmação da hipótese sugerida.

A literatura não indica uma tendência clara a respeito da variação dos teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) em função do sombreamento, em sistemas silvipastoris. Em geral, os teores de fibra podem aumentar ligeiramente ou não se modificarem com as condições observadas em sistemas silvipastoris, quando comparadas às pastagens sem árvores (Lin et al., 2001; Neel et al., 2016; Fernandes, 2016). Para a *B. brizantha* cv. Piatã também não foram observadas variações nos teores de FDN e FDA em plantas cultivadas em sistema silvipastoril ou cultivo solteiro (Santos, 2016). Contudo, Kephart e Buxton (1993) verificaram que, impondo 63% de sombra a cinco espécies de gramíneas forrageiras perenes, o conteúdo da parede celular decresceu em 3% e o teor de lignina em 4%. Ligeiros decréscimos dos teores de FDN também foram observados para as cultivares Massai e Tanzânia, de *Panicum maximum*, submetidas a níveis crescentes de sombreamento (Paciullo et al., 2016). Os decréscimos dos teores de FDN podem estar associados ao menor espessamento das paredes de células do esclerênquima em forrageiras cultivadas à sombra, em relação às cultivadas em sol pleno (Deinum et al., 1996). Esta explicação é suportada pelos resultados de Kephart e Buxton (1993), os quais verificaram uma tendência de redução no desenvolvimento da parede secundária em plantas crescendo em ambiente sombreado. As diferenças no comportamento dos teores de fibra de forrageiras estão relacionadas à quantidade e qualidade da luz, ao manejo da forrageira, ao estádio de maturidade e à espécie (Neel et al., 2008).

Vários estudos têm demonstrado padrão indefinido da variação da digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) de forrageiras cultivadas em sistemas silvipastoris, comparado ao monocultivo. A ausência de um padrão definido está associada à espécie, ao nível de sombreamento e às condições de

temperatura e umidade. Assim, são encontrados resultados que mostram redução (Neel et al., 2016; Santos, 2016), semelhança (Sousa et al., 2010; Paciullo et al., 2014; Fernandes, 2016) ou mesmo aumento (Paciullo et al., 2007) da DIVMS em sistemas silvipastoris, em relação ao monocultivo da forrageira.

O efeito da interação de diferentes fatores sobre a DIVMS pode ser ilustrado no trabalho de Carvalho et al. (1999). Após quatro anos da introdução de nove espécies de leguminosas arbóreas em uma pastagem já formada de *B. decumbens*, foi observado que durante a estação seca ou em período de menores precipitações, em áreas de pastagem sob a influência da sombra, a *B. decumbens* apresentava melhor qualidade do que a forragem produzida nas áreas fora da influência das árvores. O teor de PB da forragem foi maior em regime de sombreamento do que a pleno sol, em ambas as estações. Durante a estação chuvosa, as condições de sombreamento não apresentaram efeito significativo na DIVMS da *B. decumbens*. Entretanto, durante a seca a forragem produzida na sombra apresentou valores de DIVMS maiores do que aqueles observados ao sol.

O trabalho de Denium et al. (1996) mostrou o efeito da interação entre o grau de sombreamento e a espécie, na DIVMS. Efeito positivo da sombra foi observado em *Setaria anceps* e, negativo, em *P. maximum*. Em *B. brizantha* não foi constatado efeito do sombreamento sobre a DIVMS. Sob sombreamento intenso (28% de transmissão de luz) foram verificados decréscimos nos valores de digestibilidade de várias gramíneas forrageiras, mas em condições de sombra moderada (64% de transmissão de luz) a DIVMS aumentou em comparação ao observado nas gramíneas cultivadas à luz solar plena.

Uma explicação para o aumento da digestibilidade em plantas sombreadas pode ser extraída dos relatos de Allard et al. (1991), segundo os quais as células do mesofilo foliar são mais esparsamente arranjadas, com maior quantidade de espaços intercelulares, em condições de sombreamento em comparação ao pleno sol, o que contribui para aumento das taxas de digestão das gramíneas forrageiras. Pereira et al. (2015), encontraram

diferenças nas características da lâmina foliar de gramíneas do gênero *Panicum* cultivadas em sistema de integração com eucalipto, sendo que a maior digestibilidade observada para o capim-tanzânia, em comparação ao capim-mombaça, foi associada a maior proporção de mesófilo desta cultivar.

Manejo do solo em sistemas silvipastoris

Dentre os benefícios dos sistemas silvipastoris, aqueles provenientes das interações com o solo provavelmente são os que mais se pronunciam quando comparados aos sistemas pecuários exclusivos. A interação positiva solo-forrageira-árvore evidencia-se quando analisada sob a ótica da exploração do solo pelo sistema radicular, pois as forrageiras, na sua maioria, apresentam grande porcentagem do seu sistema radicular nos primeiros 20 cm de profundidade. Singh (1999) estudando a distribuição de biomassa de raízes em plantas forrageiras (*Paspalum dilatatum* Schum., *Pennisetum glaucum* L., *Pennisetum purpureum* Schum. e *Brachiaria mutica* Stapf) em sistemas exclusivos, mostrou que entre 65 a 86% do peso seco de raiz está concentrado na camada de 0 a 20 cm de profundidade, sem adubação nitrogenada. Quando se aplicou nitrogênio, esta quantidade aumentou para 82 a 95% (Singh, 1999). Resultados semelhantes foram alcançados para *Panicum maximum* independentemente do nível de nitrogênio, em que 83 a 87% da massa seca de raiz foi mensurada na camada de 0-20 cm (Sarmento et al., 2008).

Estudos realizados na Embrapa Agrossilvipastoril mensuraram a produção de raízes nos primeiros 20 cm de profundidade em sistema silvipastoril (linhas triplas espaçadas de 30 m) e em sistema exclusivo (pleno sol), e os resultados indicaram que quanto mais próximo das árvores, menor a massa de raiz do capim-marandu, principalmente no lado do renque em que há maior projeção de sombra. Por outro lado, a exploração do solo feita pelo componente arbóreo é diferente, com maior quantidade de raízes atuantes em camadas bem mais profundas

que as raízes das forrageiras. Essa característica garante à árvore a possibilidade de absorver nutrientes em camadas que habitualmente não são exploradas pelo capim, o que favorece sobremaneira a ciclagem de nutrientes em sistemas silvipastorais. Dessa forma, em todo aporte de nutrientes realizado em sistemas com esse tipo de interação (forrageira-árvore), há maiores chances de recuperação do elemento utilizado na adubação pois quando o mesmo não for utilizado pela forrageira, durante a percolação na solução do solo, pode ainda ser capturado pelas raízes das árvores em maiores profundidades, voltando ao complexo forrageira-árvore.

A decomposição da serrapilheira é grande aliada do processo de ciclagem de nutrientes que outrora já estiveram à disposição no solo ou, ainda, na forrageira. A decomposição provoca melhoria da estrutura física do solo como, melhor porosidade, maior capacidade de infiltração e maior retenção de água (Bernadinho e Garcia, 2009).

Quanto menor o espaçamento entre renques ou entre fileiras de árvores, maior o efeito da sombra sobre a planta forrageira e menor a necessidade de nutrientes para crescimento, pois a forrageira estará limitada pela redução na luminosidade. No entanto, a ciclagem é ainda mais intensa, pois a deposição de serrapilheira ocorre de maneira mais homogênea na pastagem. Nesse contexto, é necessário buscar distância entre renques ou entre fileiras de árvores que garanta uma boa distribuição de serrapilheira, a qual possibilite a captura de nutrientes em camadas mais profundas do solo, mas que não limite o crescimento da planta forrageira devido a restrições luminosas. Behling Neto et al. (2012) avaliaram a serrapilheira em dois sistemas de integração com eucalipto, com dois espaçamentos entre fileiras de árvores (22 m com densidade de 227 árvores/ha, e 14 m com densidade de 357 árvores/ha), e observaram que o arranjo mais adensado de árvores promoveu maior deposição de serrapilheira e aporte de fósforo e enxofre.

Importante esclarecer que não existe uma distância entre renques recomendada, que se aplique a todos os sistemas, isso

depende da aptidão e declive do solo; da espécie arbórea escolhida e da arquitetura da copa; do maquinário disponível na propriedade que poderá ser utilizado na área; do destino que será dado à madeira (lenha, serraria, etc.); e do arranjo das árvores, em renques (mais de uma fileira) ou em fileiras simples.

A utilização de árvores em renques tem uma série de benefícios em relação ao manejo e conservação do solo. Sob essa ótica, o plantio pode ser feito no sentido de orientação leste-oeste para garantir que a luminosidade não seja um limitante para as forrageiras, pois assim sempre haverá incidência luminosa nas faces norte e sul. Essa recomendação só se aplica em local de relevo plano ou com pequeno declive. No caso de área mais declivosas, o plantio deve seguir o nível do terreno. Isso garante que a linha de árvores atue na redução da velocidade da água que escoa pela superfície do solo, melhorando a retenção e infiltração, e reduzindo o arraste de partículas de solo para cursos d'água.

A adubação de forrageiras em sistemas integrados com componente florestal segue os mesmos princípios básicos da adubação em monocultivo. No entanto, a forrageira pode ser beneficiada pelo adubo ou corretivo residual da cultura antecessora, no caso de sistemas integrados com lavoura (ILPF), e/ou pelo adubo ou corretivo direcionado ao componente florestal em consórcio. De qualquer forma, ocorre uma melhor recuperação dos nutrientes aplicados no sistema, em função da melhor distribuição de raízes do complexo forrageira-árvore no perfil do solo. Nestes sistemas, quando o componente arbóreo reduz a incidência de luz para o pasto, não é possível obter elevado grau de intensificação da pastagem, porque o sombreamento e a competição por água e nutrientes podem ser fatores limitantes para obtenção de elevadas produtividades de forragem. Nesse caso, a adubação da pastagem deve ser ajustada à produção animal obtida, com doses moderadas para minimizar os riscos de desperdício (Almeida et al., 2015b). No entanto, ao utilizar a tecnologia de adubação de pastagem, o manejo do pastejo passa a ser ferramenta fundamental para

garantir a colheita eficiente da forragem e aproveitar efetivamente os benefícios da tecnologia utilizada.

Considerações finais

Sistemas silvipastoris são mais complexos do que sistemas com forrageiras em monocultivo e, por isto, necessitam de mais conhecimentos em gestão, envolvendo o planejamento para escolha dos componentes forrageiro e florestal, para determinação do arranjo espacial das árvores e das práticas de manejo do componente florestal e do solo, que são determinantes para as estratégias de manejo do pastejo. Ainda há carência de informações sobre o manejo do pastejo nestes sistemas de modo que o consenso atual é de que as forrageiras devam ser manejadas com intensidades de pastejo moderadas para manutenção da produtividade e persistência da pastagem.

Referências

- ABRAHAM, E.M.; KYRIAZOPOULOS, A.P.; PARISSI, Z.M. et al. Growth, dry matter production, phenotypic plasticity, and nutritive value of three natural populations of *Dactylis glomerata* L. under various shading treatments. **Agroforestry Systems**, v.88, p.287-299, 2014.
- ALLARD, G.; NELSON, C.J.; PALLARDY, S.G. Shade effects on growth of tall fescue: I. leaf anatomy and dry matter partitioning. **Crop Science**, v.31, p.163-167, 1991.
- ALMEIDA, J.C.C. **Comportamento de *Eucalyptus citriodora* Hooker em áreas pastejadas por bovinos e ovinos no Vale do Rio Doce, Minas Gerais.** 1991. 44f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- ALMEIDA, R.G.; PEREIRA, M.A.; KICHEL, A.N. et al. Planejamento e gestão de sistemas pecuários integrados com agricultura. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PRODUÇÃO DE RUMINANTES NO CERRADO, 3., 2015, Uberlândia, MG. **Planejamento e gestão da empresa pecuária:** anais. Uberlândia, MG: UFU, 2015a. p. 106-123.

- ALMEIDA, R.G.; RAMOS, A.K.B.; ZIMMER, A. H. et al. Desempenho das forrageiras tropicais em sistema de integração lavoura-pecuária e de lavoura-pecuária-floresta. In: CORDEIRO, L. A. M. et al.. (Org.). **Integração lavoura-pecuária-floresta:** o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília, DF: Embrapa, 2015b, p. 201-223.
- ALMEIDA, R.G.; RANGEL, J.H.A.; CAVALCANTE, A. C. R. et al. Sistemas silvipastoris: produção animal com benefícios ambientais. In: CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 9, 2014, Ilhéus, BA. **Anais:** Palestras apresentadas. Ilhéus, BA: SNPA; UFRB, 2014. p. 289-306.
- ANDRADE, C.M.S.; GARCIA, R.; COUTO, L. et al. Fatores limitantes ao crescimento do capim-tanzânia em um sistema agrossilvipastoril com eucalipto, na região dos cerrados de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n.4, p.1178-1185, 2001.
- ANDRADE, C.M.S.; VALENTIM, J.F.; CARNEIRO, J.C. et al. Crescimento de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais sob sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 3, p. 263-270, 2004.
- BARBOSA, R.A; NASCIMENTO JR., D.; EUCLIDES, V.P.B. et al. Capim-tanzânia submetido a combinações entre intensidades e frequência de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.3, p.329-340, 2007.
- BARRO, R.S.; VARELLA, A.C.; LEMAIRE, G. et al. Forage yield and nitrogen nutrition dynamics of warm-season native forage genotypes under two shading levels and in full sunlight. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, n.7, p. 1589-1597, 2012.
- BEHLING NETO, A. **Caracterização da forragem de capim-piatã e do microclima em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta, com dois arranjos de árvores de eucalipto.** 2012. 66f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Federal de Mato Grosso, Faculdade de Agronomia, Medicina Veterinária e Zootecnia, Cuiabá, MT.
- BEHLING NETO, A.; ALMEIDA, R.G.; ABREU, J. G. et al. Deposição de serapilheira e aporte de macronutrientes em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta, com dois arranjos de árvores. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS PARA A PRODUÇÃO PECUÁRIA SUSTENTÁVEL, 7., 2012, Belém, PA. **Anais...** Belém, PA: CATIE; CIPAV, 2012. p. 1-5.

- BELESKY, D.P.; NEEL, J.P.; CHATTERTON, N.J. *Dactylis glomerata* growing along a light gradient in the Central Appalachian Region of the Eastern USA. III. Nonstructural carbohydrates and nutritive value. **Agroforestry Systems**, v.67, p.51-61, 2006.
- BERNARDINO, F.S.; GARCIA, R. Sistemas silvipastoris. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n.60, p.77-87, 2009.
- BOSI, C. **Interações em sistema silvipastoril: microclima, produção de forragem e parametrização do modelo de estimativa de produtividade de pastagens de Brachiaria.** 2014. 139f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.
- CARLOTO, M.N.; EUCLIDES, V.P.B.; MONTAGNER, D.B. et al. Desempenho animal e características de pasto de capim-xaraés sob diferentes intensidades de pastejo, durante o período das águas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.1, p.97-104, 2011.
- CARNEVALLI, R.A.; DA SILVA, S.C.; BUENO, A.A.O. et al. Herbage production and grazing losses in *Panicum maximum* cv. Mombaça under four grazing managements. **Tropical Grasslands**, v.40, p.165-176, 2006.
- CARVALHO, G.G.P.; PIRES, A.J.V. Leguminosas tropicais herbáceas em associação com pastagens. **Archivos de Zootecnia**, v.57, p.103-113, 2008.
- CARVALHO, M.M.; BARROS, J.C.; XAVIER, D.F. et al. Composición química del forraje de *Brachiaria decumbens* asociada con tres especies de leguminosas arbóreas. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE SISTEMAS AGROPECUÁRIOS SUSTENIBLES, 6., 1999, Cali. **Memórias...** Cali: CIPAV, 1999. 1 CD-ROM.
- CARVALHO, P.C.F.; MORAES, A.; ANGHINONI, I. et al. Integração do componente pastoril em sistemas agrícolas. In: Da SILVA, S.C.; PEDREIRA, C.G.S.; MOURA J.C. (Eds.). **SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS:** Sistemas de produção, intensificação e sustentabilidade da produção animal. Piracicaba: FEALQ, p. 33-56, 2015.

- CONGDON, R.A.; ADDISON, H. Optimising nutrition for productive and sustainable farm forestry systems: pasture legumes under shade. 2003. Disponível em: <[http://eprints.jcu.edu.au/192/1/Congdon_\(2003\)_RIRDC_report.pdf](http://eprints.jcu.edu.au/192/1/Congdon_(2003)_RIRDC_report.pdf)>
- COUTO, L.; GARCIA, R.; BARROS, N.F. et al. Redução do custo de reflorestamento no Vale do Rio Doce, em Minas Gerais, por meio da utilização de sistemas silvipastoris: gado bovino em eucaliptal a ser explorado. Belo Horizonte: EPAMIG, 1988. 28p. (Boletim técnico, 26).
- CREMON, T. Espaçamento entre faixas de árvores (*Eucalyptus urophylla* S.T. Blake) e suas interrelações com o acúmulo de forragem [*Urochloa brizantha* (Hochst. Ex A. Rich) Stapf cv. Xaraés], microclima e bem-estar animal. 2013. 42f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS.
- CRESTANI, S. Respostas morfogênicas e dinâmica da população de perfilhos e touceiras em *Brachiaria brizantha* cv. Piatã submetida a regimes de sombra em área de integração lavoura-pecuária-floresta. 2015. 102f. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.
- CRESTANI, S.; Da SILVA, S.C. Uso do critério de interceptação de luz para o manejo do pastejo em área de pastagens de sistemas integrados com componente arbóreo. In: Da SILVA, S.C.; PEDREIRA, C.G.S.; MOURA J.C. (Eds.). **SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS**: Sistemas de produção, intensificação e sustentabilidade da produção animal. Piracicaba: FEALQ, p. 83-112, 2015.
- DALE, M.P.; CAUSTON, D.R. The ecophysiology of *Veronica chamaedrys*, *V. montana* and *V. officinalis*. IV. Effects of shading on nutrient allocations, a field experiment. **Journal of Ecology**, v.80, p.517-526, 1992.
- Da SILVA, S.C. Understanding the dynamics of herbage accumulation in tropical grass species: the basis for planning efficient grazing management practices. In: GRASSLAND ECOPHYSIOLOGY AND GRAZING ECOLOGY, 2., 2004, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR, 2004. 1 CD-ROM.

- Da SILVA, S.C.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.121-138, 2007 (suplemento especial).
- Da SILVA, S.C.; PEDREIRA, C.G.S. Fatores condicionantes e predisponentes da produção animal em pastagens. In: PIRES, A.V. (Ed.). **Bovinocultura de corte**. Piracicaba: FEALQ, 2010, p. 419-431.
- DEINUM, B.; SULASTRI, R.D.; ZELNAB, M.H.J. et al. Effects of light intensity on growth, anatomy and forage quality of two tropical grasses (*Brachiaria brizantha* and *Panicum maximum* var. *Trichoglume*). **Netherlands Journal of Agricultural Science**, v.44, p.111-124, 1996.
- ERIKSEN, F.I.; WHITNEY, A.S. Effects of light intensity on growth of some tropical forage species. I. Interaction of light intensity and nitrogen fertilization on six forage grasses. **Agronomy Journal**, v.73, n.3, p.427-433, 1981.
- EUCLIDES, V.P.B. Planejamento do uso de áreas de pastagens em sistema de produção animal em pasto. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DA PASTAGEM, 25., 2009, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2009, p.117-149.
- EUCLIDES, V.P.B.; MONTAGNER, D.B.; ARAÚJO, A.R. et al. Cultivares de *Panicum maximum* para produção de ruminantes. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 6., 2012, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2012, p.129-151.
- EUCLIDES, V.P.B.; VALLE, C.B.; MACEDO, M.C.M. et al. Brazilian scientific progress in pasture research during the first decade of XXI century. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.151-168, 2010 (suplemento especial).
- FERNANDES, P.B. **Sistema silvipastoril com *Brachiaria decumbens* em pecuária de leite**. 2016. 61f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.
- FLORES, R.S.; EUCLIDES, V.P.B.; ABRÃO, M.P.C. et al. Desempenho animal, produção de forragem e características estruturais dos capins marandu e xaraés submetidos a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p. 1355-1365. 2008.

- GAMARRA, E.L. **Produção de bovinos em sistemas de integração estabelecidos.** 2015. 25f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS.
- GOBBI, K.F.; GARCIA, R.; GARCEZ NETO, A.F. et al. Características morfológicas, estruturais e produtividade do capim-braquiária e do amendoim forrageiro submetidos ao sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.9, p.1645-1654, 2009.
- GOBBI, K.F.; GARCIA, R.; VENTRELLA, M.C. et al. Área foliar específica e anatomia foliar quantitativa do capim-braquiária e do amendoim-forrageiro submetidos a sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.7, p.1436-1444, 2011.
- HODGSON, J. **Grazing management: science into practice.** Essex: Longman Scientific and Technical, 1990. 203p.
- HODGSON, J.; Da SILVA, S.C. Options in tropical pasture management. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002. p.180-204.
- INTERRANTE, S.M.; MUIR, J.P.; ROSIERE, R.E. et al. Effects of shade and rhizobium inoculation on herbage of black and button medics. **Texas Journal of Agriculture and Natural Resources**, v.17, p.57-71, 2004.
- KEPHART, K.D.; BUXTON, D.R. Forage quality responses of C₃ and C₄ perennial grasses to shade. **Crop Science**, v.33, p.831-837, 1993.
- KYRIAZOPOULOS, P.; ABRAHAM, E.M.; PARISSI, Z.M. et al. Forage production and nutritive value of *Dactylis glomerata* and *Trifolium subterraneum* mixtures under different shading treatments. **Grass and Forage Science**, v.68, p.72-82, 2012.
- LIN, C.H.; Mc GRAW, R.L.; GEORGE, M.F. et al. Nutritive quality and morphological development under partial shade of some forage species with agroforestry potential. **Agroforestry Systems**, v.53, p.269-281, 2001.
- MARQUES, L.C.T. **Comportamento inicial de paricá, tatajuba e eucalipto em plantio consorciado com milho e capim marandú, em Paragominas, Pará.** 1990. 92f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

- MARTUSCELLO, J.A.; JANK, J.; GONTIJO NETO, M.M. et al. Produção de gramíneas do gênero *Brachiaria* sob níveis de sombreamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, n.7, p.1183-1190, 2009.
- MELLO, A.C.T.; CARNEVALLI, R.A.; SHIRATSUCHI, L.S. et al. *Dairy heifers improve grazing activity in shaded tropical grasslands*. Ciência Rural, 2016 (Aceito para publicação).
- MORITA, O.; GOTO, M.; EHARA, H. Growth and dry matter production of pasture plants grown under reduced light conditions of summer season. *Bulletin of the Faculty of Bioresources*, v.12, n.1, p.11-20, 1994.
- MUOGHALO, J.I.; ISICHEI, A.O. Effect of tree canopy on grass species in Nigerian Guinea savanna. *Tropical Agriculture*, Guildford, v.72, n.1, p.97-101, 1995.
- NANTES, N.N.; EUCLIDES, V.P.B.; MONTAGNER, D.B. et al. Desempenho animal e características de pastos de capim-piatã submetidos a diferentes intensidades de pastejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.48, n.1, p.114-121, 2013.
- NASCIMENTO JR., D.; BARBOSA, R.B.; MARCELINO, K.R.A. et al. A produção animal em pastagens no Brasil: uso do conhecimento técnico e resultados. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; Da SILVA, S.C.; De FARIA, V.P. (Eds.). SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 20., 2003, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: FEALQ, 2003, p.1-82.
- NELL, J.P.S.; FELDHAKE, C.M.; BELESKY, D.P. Influence of solar radiation on the productivity and nutritive value of herbage of cool-season species of an understorey sward in a mature conifer woodland. *Grass and Forage Science*, v.63, p.38-47, 2008.
- NELL, J.P.S.; FELTON, E.E.D.; SINGH, S. et al. 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.
- NICODEMO, M.L.F.; SOUZA, F.H.D.; PEZZOPANE, J.R.M. et al. Frequências de cortes em nove leguminosas forrageiras tropicais herbáceas cultivadas ao sol e sob plantação florestal. *Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.67, n.3, p. 809-818, 2015.

- OLIVEIRA, F.L.R.; MOTA, V.A.; RAMOS, M.S. et al. Comportamento de *Andropogon gayanus* cv. 'Planaltina' e *Panicum maximum* cv. 'Tanzânia' sob sombreamento. **Ciência Rural**, v.43, n.2, p. 348-354, 2013.
- OLIVEIRA, C.C.; VILLELA, S.D.J.; ALMEIDA, R.G. et al. Performance of Nellore heifers, forage mass, and structural and nutritional characteristics of *Brachiaria brizantha* grass in integrated production systems. **Tropical Animal Health and Production**, v. 45, n.1, p. 167-172, 2014.
- PACIULLO, D.S.C.; CARVALHO, C.A.B.; AROEIRA, L.J.M. et al. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.573-579, 2007.
- PACIULLO D.S.C., CASTRO, C.R.T., GOMIDE, C.A.M. et al. Performance of dairy heifers in a silvopastoral system. **Livestock Science**, v.141, p.166-172, 2011b.
- PACIULLO, D.S.C.; GOMIDE, C.A.M.; CASTRO, C.R.T. et al. Características produtivas e nutricionais do pasto em sistema agrossilvipastoril, conforme a distância das árvores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.10, p.1176-1183, 2011a.
- PACIULLO, D.S.C.; GOMIDE, C.A.M.; CASTRO, C.R.T. et al. Morphogenesis, biomass and nutritive value of *Panicum maximum* under different shade levels and fertilizer nitrogen rates. **Grass and Forage Science**, 2016 (Prelo).
- PACIULLO, D.S.C.; LOPES, F.C.F.; MALAQUIAS JUNIOR, J.D. et al. Características do pasto e desempenho de novilhas em sistema silvipastoril e pastagem de braquiária em monocultivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.11, p.1528-1535, 2009.
- PACIULLO, D.S.C.; PIRES, M.F.A.; AROEIRA, L.J.M. et al. Sward characteristics and performance of dairy cows in organic grass-legume pastures shaded by tropical trees. **Animal**, v.8, p.1264-1271, 2014.
- PAULA, C.C.L.; EUCLIDES, V.P.B.; LEMPP, B. et al. Acúmulo de forragem, características morfogênicas e estruturais do capim-marandu sob alturas de pastejo. **Ciência Rural**, v.42, n.11, 2012b.

- PAULA, C.C.L.; EUCLIDES, V.P.B.; MONTAGNER, D.B. et al. Estrutura do dossel, consumo e desempenho animal em pastos de capim-marandu sob lotação contínua. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.64, n.1, p.169-176, 2012a.
- PEDREIRA, B.C.; PEDREIRA, C.G.S.; DA SILVA, S.C. Estrutura do dossel e acúmulo de forragem de *Brachiaria brizantha* cultivar Xaraés em resposta a estratégias de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** v.42, p.281-287, 2007.
- PEREIRA, M; ALMEIDA, R.G.; MORAIS, M.G. et al. Anatomical characteristics and leaf blade digestibility of five *Panicum* genotypes under integrated crop-livestock-forest system. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 23, 2015, New Delhi. **Proceedings...** New Delhi, India: RMSI; ICAR, 2015. 3 p. (Paper ID: 1506).
- RODRIGUES, C.O.D. **Relações luminosas e desempenho do capim-brasílio em sistema silvipastoril.** 2012. 46f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, MG.
- RODRIGUES, M.O.D.; SANTOS, A.C.; SANTOS, P.M. et al. Mombasa grass characterisation at different heights of grazing in an intercropping system with Babassu and monoculture. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 4, p. 2085-2098, 2016.
- SANTOS, D.C. **Características do capim-piatã e desempenho de bovinos em sistemas silvipastoris no cerrado brasileiro.** 2016. 81f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO.
- SANTOS, V.A.C.; ABREU, J.G.; ALMEIDA, R.G. et al. Disponibilidade, morfofisiologia e valor nutritivo do capim-piatã sob sombreamento e sol pleno em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS PARA A PRODUÇÃO PECUÁRIA SUSTENTÁVEL, 7., 2012, Belém, PA. **Anais...** Belém, PA: CATIE; CIPAV, 2012. p. 1-5.
- SARMENTO, P.; RODRIGUES, L.R.A.; LUGAO, S.M.B. et al. Sistema radicular do *Panicum maximum* Jacq. cv. IPR-86 Milênio adubado com nitrogênio e submetido à lotação rotacionada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.1, p. 27-34. 2008.

- SBRISSIA, A.F.; Da SILVA, S.C. Compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos em pastos de capim-marandu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.1, p.35-47, 2008.
- SINGH, K.A. Effect of nitrogen levels on yield, root biomass distribution, nitrogen recovery by forage grasses and changes in soil properties of acid Inceptisol. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v.69, n. 8, p.551-554, 1999.
- SOUSA, L.F.; MAURÍCIO, R.M.; MOREIRA, G.R. et al. Nutritional evaluation of "Braquiarão" grass in association with "Aroeira" trees in a silvopastoral system. **Agroforestry Systems**, v.79, n.2, p.179-189, 2010.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.
- VARELA, A.C.; MOOT, D.J.; POLLOCK, K.M. et al. Do light and alfalfa responses to cloth and slatted shade represent those measured under an agroforestry system? **Agroforestry Systems**, v. 81, p. 157-173, 2011.
- WILD, D.W.M.; WILSON, J.R.; STÜR, W.W. et al. Shading increases yield of nitrogen-limited tropical pastures. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 28., 1993. Nice. **Proceedings ...** Nice: IGC, 1993. p.2060-2062.
- WILSON, J.R. Shade-stimulated growth and nitrogen uptake by pasture grasses in a subtropical environment. **Australian Journal of Agriculture Research**, v.47, p.1075-1093, 1996.
- WILSON, J.R.; CATCHPOOLE, V.R.; WEIER, K.L. Stimulation of growth and nitrogen uptake by shading a rundown green panic pasture on brigalow clay soil. **Tropical Grasslands**, v.20, n.3, p.134-143, 1986.
- WONG, C.C.; WILSON, J.R. Effects of shading on the growth and nitrogen content of green panic and siratro in pure and mixed swards defoliated at two frequencies. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.31, n.3, p.269-285, 1980.