

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Estrutura do dossel forrageiro e comportamento ingestivo de novilhas
em *Brachiaria brizantha* cv. Piatã sob regimes de sombra em área de
integração lavoura-pecuária-floresta**

Eliana Vera Geremia

Tese apresentada para obtenção do título de
Doutora em Ciências. Área de concentração:
Ciência Animal e Pastagens

**Piracicaba
2016**

Eliana Vera Geremia
Zootecnista

**Estrutura do dossel forrageiro e comportamento ingestivo de novilhas em
Brachiaria brizantha cv. Piatã sob regimes de sombra em área de integração
lavoura-pecuária-floresta**

Orientador:
Prof. Dr. **SILA CARNEIRO DA SILVA**

Tese apresentada para obtenção do título de
Doutora em Ciências. Área de concentração:
Ciência animal e Pastagens

**Piracicaba
2016**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP**

Geremia, Eliana Vera

Estrutura do dossel forrageiro e comportamento ingestivo de novilhas em *Brachiaria brizantha* cv. Piatã sob regimes de sombra em área de integração lavoura-pecuária-floresta / Eliana Vera Geremia. - - Piracicaba, 2016.

151 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Sistemas agrossilvipastoris 2. Manejo do pastejo 3. Comportamento ingestivo
4. Consumo de forragem 5. Composição da dieta 6. Valor nutritivo da forragem I. Título

CDD 633.2
G367e

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

Dedico

A minha mãe ***Aromilde Zanon Geremia*** que infelizmente não pode acompanhar o final dessa caminhada, mas ainda assim eu sinto a sua presença, apoio e carinho em cada novo passo dado.
“Há momentos na vida em que sentimos tanto a falta de alguém que o que mais queremos é tirar essa pessoa de nossos sonhos e abraçá-la”

Ao meu pai ***Izidoro Geremia*** um homem de caráter, humilde o melhor exemplo que eu poderia ter.

Ofereço

Aos meus irmãos: ***Carlos, Ronaldo & Elivelton***. Com quem aprendi desde cedo a compartilhar, pensar em alguém além de mim e amar incondicionalmente.

Minhas cunhadas: ***Sandra, Janete & Maristela***. Por todo incentivo.

Aos meus sobrinhos: ***Carla Vitoria, João Guilherme, Izadora, Marco Antônio e Ana Julia*** que tantas alegrias nos tem dado.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelas pessoas que me cercam.

Ao professor Sila Carneiro da Silva, pela orientação, companheirismo, incentivo, profissionalismo e paciência ao longo do meu treinamento de mestrado e doutorado.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” e aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagem da ESALQ pelos valiosos ensinamentos.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos.

À pesquisadora Dr. Roberta A. Carnevalli e a toda equipe da Embrapa Agrossilvipastoril pelo apoio estrutural e auxílio durante a condução do experimento de campo.

A prof. Dr. Beatriz Lempp por ceder seu laboratório de anatomia para minhas análises, e todo o auxílio durante esse processo.

Ao Carlos César Alves e Elda Silva, pelos ensinamentos e ajuda com as análises bromatológicas e anatômicas.

Aos amigos que fiz em Sinop, Admar Coletti, Andréia Melo, Suellen Matiero, Marcos Demicheli, Miquéias Michetti, Larissa Garcia, Beatriz Lima e Leonir Bergamo. Muito obrigada pelo auxílio nas coletas à campo e companhia nas horas de lazer.

Aos meus companheiros de trabalho, Steben Crestani e Daniel Caballero pela amizade, dedicação e companhia durante o período em que ficamos em Sinop.

As amigas do pensionato “*Irmãs missionarias do Santo nome de Maria- Sinop-MT*”, em especial à Ana Paula Melgarejo, Suellen Macieski, Carla Neves, Priscila Seolin e Mayara Burema, com quem compartilhei bons momentos.

Aos amigos Dorotéia Ferreira, Aline Schumann, Debora Heid, Lucas Carvalho, Guilherme Porte, Guilherme Congio, Valdson Silva, Marcell Alonso, Júnior Yasuoka, Patrícia Luizão, Solange Holschuch, Otávio Goulart, Gabriel Pedroso, Tatiane Beloni e Fagner Gomes pela boa convivência e companheirismo durante o dia a dia.

As minhas queridas Julia Corá Segat e Ana Paula Macarri, pela amizade verdadeira e apoio nos momentos difíceis.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente contribuíram para que este trabalho fosse concluído.

“A maior recompensa do nosso trabalho não é o que nos pagam por ele, mas aquilo em que ele nos transforma.”
(John Ruskin)

“Quer decifrar os mistérios do mundo, não se dar por satisfeito com as explicações de todos, ou quase todos, aceitam passivamente é o traço preponderante da personalidade daqueles que, ao longo dos milênios, transformaram a nossa visão de mundo “
(Charles Darwin)

SUMÁRIO

RESUMO	13
ABSTRACT	15
1 INTRODUÇÃO.....	17
Referências	18
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
2.1 A <i>Brachiaria brizantha</i> cv. BRS Piatã	21
2.2 A Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF).....	21
2.3 O efeito do sombreamento sobre a produção e morfologia de plantas forrageiras	24
2.4 Alterações das plantas e do dossel forrageiro.....	27
2.4.1 Alterações estruturais do dossel forrageiro e sua influência sobre o comportamento de animais em pastejo	27
2.4.2 Alterações nas características anatômicas e no valor nutritivo de plantas sombreadas ..	29
2.5 Influência do conforto térmico sobre o comportamento animal.....	31
2.6 Modelo Conceitual	33
2.7 Hipótese.....	34
2.8 Objetivos.....	34
Referências	35
3 ESTRUTURA DO DOSSSEL FORRAGEIRO E TAXA DE CONSUMO EM <i>BRACHIARIA BRIZANTHA</i> CV. PIATÃ CULTIVADA EM ÁREA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA- FLORESTA (ILPF).....	47
Resumo	47
Abstract.....	48
3.1 Introdução.....	48
3.2 Material e Métodos.....	50
3.2.1 Caracterização da área experimental	50
3.2.2 Arranjo do experimento com o capim-piatã e controle experimental	52
3.2.3 Avaliações	53
3.2.4 Análise dos dados	57
3.3 Resultados.....	58
3.3.1 Características gerais e controle experimental	58
3.3.2 Estrutura vertical do dossel forrageiro.....	61
3.3.3 Características do processo de consumo de forragem	65

3.4 Discussão	70
3.5 Conclusão.....	74
Referências.....	74
4 CARACTERÍSTICAS COMPORTAMENTAIS E PADRÕES DE DESLOCAMENTO DE NOVILHAS LEITEIRAS EM <i>BRACHIARIA BRIZANTHA</i> CV. PIATÃ CULTIVADA EM ÁREA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA (ILPF)	79
Resumo.....	79
Abstract	80
4.1 Introdução	80
4.2 Material e Métodos	82
4.2.1 Caracterização da área experimental.....	82
4.2.2 Arranjo do experimento com o capim-piatã e controle experimental.....	83
4.2.3 Avaliações.....	84
4.2.4 Análise dos dados.....	88
4.3 Resultados	89
4.3.1 Características gerais e controle experimental.....	89
4.3.2 Índice de conforto térmico de globo e umidade.....	92
4.3.3 Comportamento animal durante o período diurno de ocupação dos piquetes	94
4.3.4 Padrões de deslocamento e de busca por forragem.....	97
4.4 Discussão	102
4.5 Conclusão.....	107
Referências.....	107
5 ANATOMIA E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE FOLHAS DE <i>BRACHIARIA BRIZANTHA</i> CV. PIATÃ EM ÁREA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA.....	113
Resumo.....	113
Abstract	113
5.1 Introdução	114
5.2 Material e Métodos	116
5.2.1 Caracterização da área experimental.....	116
5.2.2 Arranjo do experimento com o capim-piatã e controle experimental.....	117
5.2.3 Avaliações.....	119
5.2.4 Análise dos dados.....	123
5.2 Resultados	124

5.2.1 Características gerais e controle experimental	124
5.2.2 Características estruturais das folhas	126
5.2.3 Características anatômicas das folhas.....	127
5.2.4 Composição química das folhas	131
5.2.5 Análise de componentes principais	133
5.3 Discussão	136
5.4 Conclusão	141
Referências	141
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	147
Referencias	148
7 CONCLUSÕES	151

RESUMO

Estrutura do dossel forrageiro e comportamento ingestivo de novilhas em *Brachiaria brizantha* cv. Piatã sob regimes de sombra em área de integração lavoura-pecuária-floresta

Em sistemas de integração Lavoura-pecuária-floresta, o crescimento da planta forrageira é influenciado pela disponibilidade de luz (quantidade e qualidade) imposta pela copa das árvores, resultando em mudanças morfológicas e estruturais que podem afetar o acúmulo de forragem, consumo e valor nutritivo da forragem consumida. O objetivo deste estudo foi avaliar as características estruturais do dossel forrageiro e sua influência sobre o comportamento ingestivo e os padrões de deslocamento e procura por forragem pelos animais em pastejo, bem como as mudanças morfo-anatômicas e o valor nutritivo da *Brachiaria brizantha* cv. Piatã [(Hochst. ex A. Rich.) Stapf. syn. *Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã (Hochst. ex A. Rich.) R.D. Webster] submetida a regimes de sombra em área de integração lavoura-pecuária-floresta. O estudo foi desenvolvido por meio de três experimentos realizados de forma concomitante para avaliar três regimes de sombra: (1) capim-piatã cultivado em área livre de árvores (Pleno sol; PS); (2) sombreamento gerado por meio de fileiras duplas de Eucalipto nas bordaduras dos piquetes (S1); (3) sombreamento gerado por meio de quatro renques de fileiras triplas de Eucalipto disposto dentro dos piquetes de forma alternada com porções de pasto (S2). O manejo do pastejo foi comum para todos os regimes de sombra e baseado nas metas pré- e pós-pastejo de 95% de interceptação de luz e 50% da altura de entrada nos pastos, respectivamente. Para avaliar a influência das árvores sobre a medição de IL, o regime S2 foi manejado utilizando-se dois métodos de tomada da leitura de referência da luz incidente: leitura dentro (sob a copa das árvores) e fora (ausência de árvores) da área experimental. O aumento na densidade de árvores provocou redução na radiação fotossinteticamente ativa (RFA), modificando a estrutura vertical do dossel forrageiro e alterando o comportamento ingestivo dos animais em pastejo. Menores valores de massa de bocado e taxa de consumo foram registrados para o regime S2 tanto na fase inicial como na fase final do rebaixamento dos pastos, e estiveram associados com a maior porcentagem de colmos na forragem consumida. O microclima gerado pela sombra das árvores promoveu melhorias no conforto térmico e fez com que os animais permanecessem mais tempo em atividades de pastejo e ruminação. No entanto, as alterações na estrutura do dossel forrageiro resultaram em modificação dos padrões de deslocamento e busca por forragem, com os animais passando mais tempo procurando estações alimentares e permanecendo menos tempo em cada uma delas. O aumento do nível de sombreamento resultou ainda no aumento do comprimento das folhas e de sua área foliar específica, redução na porcentagem de mesófilo, menor espessura da epiderme, maior porcentagem de proteína bruta e proteína insolúvel e menor porcentagem de açúcares solúveis, mas sem alteração da digestibilidade da matéria seca da forragem. Em áreas de ILPF as medidas de interceptação de luz para monitoramento e controle do processo de pastejo devem ser tomadas considerando-se de forma integral a copa das árvores de do pasto, com as leituras de referência tomadas a pleno sol.

Palavras-chave: Sistemas agrossilvipastoris; Manejo do pastejo; Comportamento ingestivo; Consumo de forragem; Composição da dieta; Valor nutritivo da forragem

ABSTRACT

Sward structure and ingestive behaviour of dairy heifers grazing *Brachiaria brizantha* cv. Piatã subjected to shade regimes in a crop-livestock-forest integration area

In integrated crop-livestock-forest systems the growth of forage plants is determined by the light availability (quantity and quality) imposed by the tree canopy, resulting in morphological and structural changes that may affect herbage accumulation, nutritive value and intake. The objective of this study was to evaluate the sward structural characteristics, the morphological and anatomical characteristics of plants and their influence on the nutritive value and ingestive behaviour of dairy heifers grazing *Brachiaria brizantha* cv. Piatã [(Hochst. ex A. Rich.) Stapf. syn. *Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã (Hochst. ex A. Rich.) R.D. Webster] subjected to shade regimes in a crop-livestock-forest integration area from December 2013 to July 2014. It comprised three simultaneous experiments to evaluate three shade regimes: (1) Piatã brachiariagrass cultivated in the absence of trees (full natural light; PS); (2) shade produced by a double row of *Eucalyptus* trees on the edges of the paddocks (S1); and (3) shade produced by four triple rows of *Eucalyptus* with pasture in between them (S2). Grazing management was common to all shade regimes and based on the pre- and post-grazing targets of 95% canopy light interception and 50% of the pre-grazing height, respectively. In order to evaluate the influence of the trees on the measurement of sward canopy light interception and its implications on grass growth, paddocks under the S2 light regime were managed using two methods for taking the reference readings of the incident light: reading inside (under the tree canopy) and outside (full sunlight) the experimental area. The increase in tree density in S1 and S2 caused reduction in photosynthetic active radiation (PAR) relative to PS, influencing sward structure and modifying the patterns of ingestive behaviour. Lowest values of bite mass and rate of intake were recorded for the S2 regime at both the beginning and end of paddock grazing, and were associated with a larger percentage of stem in the consumed herbage. The microclimate generated by the trees improved the thermic comfort of animals, resulting in longer periods of grazing and rumination. The associated changes in sward structure, however, caused changes in the patterns of herbage search and harvest, with animals spending longer periods searching for feeding stations and spending less time in each of them. Increased shading resulted in longer leaves and higher specific leaf area, changes that were associated with reduced mesophyll percentage, reduced epidermis width, increased percentage of crude and insoluble protein, and reduced percentage of soluble carbohydrates, but no change in herbage dry matter digestibility. In CLFI areas, light interception measurements for monitoring and controlling the grazing process should be taken considering the total canopy (trees and pasture), with reference readings taken at full sunlight conditions.

Keywords: Agrosilvipastoral systems; Grazing Management; Ingestive behaviour; Herbage intake; Diet composition; Nutritive value

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas a população mundial tem apresentado um crescimento exponencial segundo dados da Organização das Nações Unidas (ONU), sendo estimada atualmente em 7,2 bilhões de pessoas, com perspectivas para 9,2 bilhões em 2050. Esse rápido aumento da população expõe problemas como interdependência econômica, mudanças climáticas, demanda por habitação, abastecimento de alimentos e acesso a recursos como água, entre outros, e reforça cada vez mais a necessidade de explorar os recursos disponíveis de forma racional e eficiente para produção de alimentos sem agredir o meio ambiente.

O sistema de produção brasileiro conta com grandes extensões de terra cobertas por pastagens, em grande parte compostas por gramíneas tropicais, que são responsáveis por boa parte da produção pecuária e apresentam ampla importância no desenvolvimento do setor, principalmente no que diz respeito a custos de produção. Segundo dados da FAO (2011), cerca de 70% das terras do setor agropecuário, equivalente a 30% de todo o território nacional, são ocupadas por pastagens. No entanto, boa parte dessas áreas vem sendo explorada de forma extensiva, com pouco ou nenhum critério de manejo, e encontram-se degradadas ou em algum estágio de degradação, reduzindo a produção de forragem e, conseqüentemente, sua capacidade de suporte (Dias-Filho, 2005). O fato gera pressão para a abertura de novas áreas como forma de assegurar a manutenção/aumento da produção de alimentos, comprometendo a sustentabilidade da produção animal em pasto.

Com as exigências do mercado externo e conscientização da população sobre segurança alimentar e produção ambientalmente sustentável, esforços e recursos vêm sendo investidos para a realização de estudos multidisciplinares visando o aumento da produtividade com o mínimo de degradação ambiental possível, sem abertura de novas áreas para exploração. Nesse contexto, uma das estratégias que vem ganhando destaque é o sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), que possui como característica principal a integração das atividades agrícola, pecuária e florestal (DANIEL et al., 1999), considerando de forma integrada aspectos ambientais, sociais e econômicos do processo produtivo. No entanto, apesar das vantagens preconizadas pelo uso desses sistemas (recuperação e aumento da produtividade de pastagens degradadas, redução da pressão para abertura de novas áreas, diversificação da renda das propriedades rurais etc.), sua implantação e manejo são mais complexos. Por isso é necessário considerar o equilíbrio entre os componentes arbóreo, animal e forrageiro, além da interação desses com os fatores abióticos, tais como: temperatura, solo e disponibilidade de água dentre outros (BERNARDINO et al., 2009).

A produtividade da pastagem nos sistemas ILPF é influenciada por uma série de fatores, tais como: densidade de árvores; altura das árvores; arquitetura da copa e fenologia de cada espécie. Sabe-se também que em geral as gramíneas com metabolismo C₄ dependem de alta luminosidade para alcançar seus níveis máximos de produtividade (TAIZ e ZAIGER, 2013). Por esse motivo, a produção de forragem nos sistemas ILPF só será viável quando o sistema estiver trabalhando em sinergia entre os componentes vegetais e animal (BALBINO et al., 2012).

A modificação do ambiente luminoso e o microclima gerado pelas copas das árvores podem interferir nas características morfo-anatômicas das plantas (LIN et al., 2001; PACIULLO et al., 2007; GOBBI et al., 2011), modificando a estrutura vertical e horizontal do dossel forrageiro e o valor nutritivo do estrato pastejável. Como em sistemas de produção animal em pasto a estrutura do dossel forrageiro é considerada causa e ao mesmo tempo consequência do processo de pastejo (CARVALHO et al., 2009), sendo responsável pela quantidade de nutrientes ingeridos pelos animais (CARVALHO et al., 2001; SOLLENBERGER e BURNS, 2001), as alterações promovidas pela sombra das árvores podem influenciar os padrões de busca e apreensão de forragem, interferindo na quantidade e qualidade dos nutrientes ingeridos ao longo do dia, com potenciais impactos sobre o desempenho e produtividade animal.

Com base no que foi exposto, o objetivo geral deste trabalho foi avaliar o efeito do sombreamento sobre a estrutura do dossel forrageiro de *Brachiaria brizantha* (Hoschst. Ex A. Rich.) cv. Piatã e do microclima gerado pela presença das árvores sobre o comportamento ingestivo dos animais em pastejo e sobre o valor nutritivo da forragem consumida.

Referências

BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; OLIVEIRA, P.; KLUTHCOUSKI, J.; GALERANI, P.R.; VILELA, L. Agricultura sustentável por meio da integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF). **Informações agronômicas**. Piracicaba, n.138, p. 12, 2012.

BERNADINO, F. S. Sistema silvipastoril com eucalipto: Produtividade do sub-bosque e desempenho de novilhos sob fertilização nitrogenada e potássica. Viçosa, 2007. In: BERNADINO, F. S.; GARCIA, R. **Sistemas silvipastoris. Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n.60, p.77-87, dez 2009. Edição especial.

CARVALHO, P.C.F.; RIBEIRO FILHO, H.M.N.; POLI, C.H.E.C. MORAES, A.; DELAGARDE, R. Importância da estrutura da pastagem na ingestão e seleção de dietas pelo animal em pastejo. In: PEDREIRA, C.G.S.; DA SILVA, SC. (Ed.). **A produção animal na visão dos brasileiros**. Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 853-871.

CARVALHO, P.C.F.; TRINDADE, J.K.; Da SILVA, S.C.; BREMM, C.; MEZZALIRA, J.C.; NABINGER, C.; AMARAL, M.F.; CARASSAI, I.J.; MARTINS, R.S.; GENRO, T.C.M.; GONÇALVES, E.N.; AMARAL, G.A.; GONDA, H.L.; POLI, C.H.E.C.; SANTOS, D.T. Consumo de forragem por animais em pastejo: analogias e simulações em pastoreio rotativo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM – INTENSIFICAÇÃO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTO, 2009. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2009. p. 61-93

DANIEL, O.; COUTO, L.; VITORINO, A.C.T. Sistemas agroflorestais como alternativas sustentáveis à recuperação de pastagens degradadas. In: SIMPÓSIO-SUSTENTABILIDADE DA PECUÁRIA DE LEITE NO BRASIL, 1999, Goiânia. **Anais...** Juiz de Fora: EMBRAPA, CNPGL, 1999b. p. 151-170.

DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação**. 2. ed. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2005. 161 p.

FAO. The State of the World's land and water resources for Food and Agriculture: Managing systems at risk (Summary Report). **Food and Agricultural Organization of the United Nations**. Rome, 2011. p. 50.

GOBBI, K.F., GARCIA, R. VENTRELLA, M.C.; GARCEZ NETO, A.F.; ROCHA, G.C. Área foliar específica e anatomia foliar quantitativa do capim-braquiária e do amendoim-forrageiro submetidos a sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, p. 1436-1444, 2011.

LIN, C.H.; MCGRAW, R.L.; GEORGE, M.F.; GARRETT, H.E. Nutritive quality and morphological development under partial shade of some forage species with agroforestry potential. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v.53, p. 269-281, 2001.

ONU. World population projected to reach 9.6 billion by 2050. 2013. Disponível em: http://www.un.org/apps/news/story.asp?NewsID=45165#.V6m_wlsrK00. Acesso em: 22 fev. 2015.

PACIULLO, D.S.C.; CARVALHO, C.A.B.; AROEIRA, L.J.M.; MORENZ, M.J.F.; LOPES, F.C.; ROSSIELLO, R.O.P. Morfofisiológica e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, p.573-579, 2007.

SOLLENBERGER, L.E.; BURNS, J.C. Canopy characteristics, ingestive behavior and herbage intake in cultivated tropical grasslands In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 2001, São Pedro. **Proceedings...** São Pedro: Editora IGC, 2001. p. 321-327.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Arned, 2013. 719 p.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã

O capim-piatã (*Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã), foi lançado pela EMBRAPA em 2007, sendo considerado uma alternativa para diversificação das pastagens no território brasileiro (EUCLIDES et al., 2008). Esse cultivar é resultado da seleção de material coletado na década de 1980 na região de Welega, na Etiópia, África (ANDRADE e ASSIS, 2010), e apresenta como principais características o hábito de crescimento ereto com formação de touceiras (VALLE et al., 2007), apresenta perfilhamento aéreo (ANDRADE e ASSIS, 2010), porte médio, colmos finos com poucos pêlos e maior acúmulo de folhas quando comparado aos cultivares xaraés e marandu (EMBRAPA-CNPQC, 2015). Estudos apontam esse cultivar como sendo tolerante a solos mal drenados e com certa adaptação à síndrome da morte do capim-marandu, sendo considerado intermediário entre o capim-marandu (não tolerante) e o capim-xaraés (tolerante) (ANDRADE e ASSIS, 2010). A produção de massa de forragem é semelhante àquela dos cultivares xaraés e marandu. No entanto, Euclides et al. (2008) observaram que, durante o período seco, o capim-piatã apresenta maior porcentagem de lâminas foliares e relação folha:colmo que os cultivares marandu e xaraés.

Por ter sido lançada recentemente, existem poucas informações a respeito do manejo do pastejo e seu impacto sobre o desempenho animal. Resultados recentes gerados sob lotação contínua revelaram ganhos de peso por hectare de 1050, 910 e 635 kg quando os pastos foram manejados a 15, 30 e 45 cm de altura, respectivamente (NANTES et al., 2013). Sob lotação intermitente os resultados disponíveis indicam maiores valores da relação folha:colmo e maior ciclos de pastejo quando o dossel é manejado entre 30 e 45 cm de altura pré pastejo, relativamente à 60cm (DIM et al., 2015).

No entanto, uma de suas principais características é o florescimento precoce, razão pela qual seu manejo necessita ser cuidadoso para evitar que o alongamento precoce e excessivo de colmos (ANDRADE e ASSIS, 2010) e consequente redução no valor nutritivo e na velocidade de colheita de forragem pelos animais em pastejo.

2.2 A Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF)

Os sistemas ILPF são definidos como formas de uso e manejo da terra segundo as quais árvores ou arbustos são utilizados em conjunto com a agricultura e com animais em uma

mesma área, de maneira simultânea ou segundo uma sequência temporal (YOUNG, 1991), ou permanente (MACEDO et al., 2000). No Brasil, a adoção dessa técnica vem crescendo anualmente, especialmente depois da criação do plano ABC (Agricultura de Baixo Carbono) em 2010 (BRASIL, 2013), com o desenvolvimento de linhas de crédito específicas para a implantação desses sistemas. No ano de implantação do plano ABC estimava-se que cerca de 1,55 milhão de hectares eram utilizados segundo alguma modalidade de sistemas integrados de produção (ALMEIDA e MEDEIROS, 2015). Após sua criação esse número aumentou para cerca de 4 milhões de hectares, sendo que desse total 15% são utilizados com sistemas ILPF (WRUCK et al., 2015).

Os benefícios do uso de ILPF podem ser classificados em quatro grupos: agrônômicos, econômicos, ecológicos e sociais. Os agrônômicos se dão por meio da recuperação e manutenção das características produtivas do solo, especialmente pela eficiência na utilização do espaço em nível radicular, onde um maior volume de solo é explorado em diferentes profundidades (SALTON et al. 2008). O fato favorece maior eficiência absorviva de nutrientes, proporcionando melhorias na qualidade física, química e biológica do solo. Destaca-se, ainda, o aumento das entradas de matéria orgânica e de fixação de N atmosférico pela deposição de folhas na superfície do solo (BALBINO et al., 2012), controle de erosão (KLUTHCOUSKI et al., 2004), melhoria na capacidade de retenção e infiltração de água e redução do escoamento superficial (YOUNG, 1991; BELESKY et al., 1993). Os econômicos se dão por meio da diversificação de produtos e obtenção de maior rendimento pela diversificação de culturas dentro de um mesmo espaço (BALBINO et al., 2011), além de maior eficiência na utilização de máquinas, equipamentos e mão de obra (KICHEL e MIRANDA, 2001). Os ecológicos se dão por meio do menor uso de defensivos agrícolas e manutenção de um ambiente mais estável (VILELA et al., 2008; BALBINO et al., 2011; 2012), redução da pressão para abertura de novas áreas e menor emissão de metano por kg de carne produzido (BALBINO et al 2011). Os sociais se dão por meio da geração de renda durante todo o ano e maior demanda por mão de obra (BALBINO et al., 2012).

Por outro lado, é importante ressaltar que o sistema pode apresentar algumas desvantagens como aumento da competição por nutrientes, espaço, água e luz, alelopatia e compactação do solo pelo pisoteio dos animais (MORAES, PELISSARI e ALVES, 2002; CONTE et al., 2011). A presença de árvores no pasto pode afetar o desenvolvimento da pastagem devido, principalmente, ao sombreamento excessivo (DIAS-FILHO, 2006; PACIULLO et al., 2008). Em alguns casos, espécies arbóreas que apresentam abundante

queda de folhas de lenta decomposição podem gerar acúmulo de serrapilheira, prejudicando a rebrotação e/ou germinação e acúmulo de forragem dos pastos nos sub-bosques ou, ainda, criar ambiente propício para a proliferação de agentes patogênicos como fungos, por exemplo (DIAS-FILHO, 2006).

De maneira geral, a escolha da espécie arbórea deve ser feita a partir do diagnóstico das condições locais e dos objetivos do sistema de produção. As árvores devem estar dispostas de tal forma que a entrada de luz no sub-bosque seja favorecida. Além disso, estas devem ter crescimento inicial rápido, de forma a facilitar o estabelecimento já que a implantação desse sistema apresenta caráter inicial oneroso ao produtor. Devem também apresentar copa reduzida e fuste longo, permitindo penetração de luz nos estratos inferiores. Dessa forma, o arranjo espacial do componente arbóreo deve ser levado em consideração para que não exista desequilíbrio no ecossistema. Por outro lado, o espaçamento entre renques não pode ser excessivo a ponto de comprometer a quantidade e qualidade do produto florestal e a cobertura arbórea desejada para a proteção dos animais e da pastagem.

Dentre as espécies arbóreas utilizadas, as do gênero *Eucalyptus* ocupam 79% da área de reflorestamento no país (BRACELPA, 2008). Apesar de sua serrapilheira ser de menor qualidade relativamente a muitas outras espécies lenhosas (DIAS-FILHO et al., 2006; FERREIRA et al., 2007), algumas características como fácil obtenção de mudas, rápido crescimento da planta, alta produtividade e facilidade de comercialização da madeira acabam justificando a sua preferência para o plantio, possibilitando reembolso mais rápido do capital investido (OLIVEIRA et al., 2015). Normalmente, com espaçamentos maiores (menor densidade de plantas) as árvores apresentam fustes longos e de maior diâmetro, com possibilidade de usos mais nobres da madeira com maior valor agregado (MAGALHÃES et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2015). Além disso, o maior espaçamento do eucalipto favorece o desenvolvimento da espécie forrageira, uma vez que o alto adensamento de árvores pode impor restrições de disponibilidade de luz no sub-bosque a partir de determinado estágio de desenvolvimento.

As vantagens e desvantagens acima destacadas demonstram a complexidade desse tipo de sistema de produção relativamente ao uso de pastagens em monocultivo. Dessa maneira, o sucesso e o funcionamento de sistemas agrossilvipastoris está sujeito ao conhecimento das interações entre seus componentes, tornando a capacitação de recursos humanos essencial para trabalhar com pesquisa e transferência de tecnologia sobre essa modalidade de exploração agrônômica da terra.

2.3 O efeito do sombreamento sobre a produção e morfologia de plantas forrageiras

A produção de matéria seca das pastagens está diretamente relacionada com a radiação solar incidente, já que esta consiste na principal fonte de energia para os processos fisiológicos e bioquímicos que ocorrem nos vegetais. A eficiência com que as folhas convertem a energia proveniente do sol em energia química por meio da fotossíntese irá determinar a produção final de matéria seca. Dessa forma, em sistemas silvipastoris, a produção de forragem é influenciada por inúmeros fatores, incluindo clima, produtividade local, práticas de manejo e dinâmica de competição acima e abaixo do nível do solo (GOBBI, 2007). Nesse contexto, um dos principais fatores diretamente relacionado com a produção de matéria seca das pastagens é a radiação solar incidente.

De maneira geral, as folhas das árvores absorvem com maior eficiência os comprimentos de onda correspondentes ao azul e ao vermelho, diminuindo a proporção de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) que chega ao sub-bosque. O fato altera o ambiente para a produção da forragem e gera mudanças significativas na morfologia das plantas (LIN et al., 1999). Com a redução da radiação fotossinteticamente ativa, a fixação de CO₂ pelas folhas sombreadas é inferior quando comparado com plantas crescendo em pleno sol. Mesmo espécies consideradas tolerantes ao sombreamento apresentam redução na atividade fotossintética. Peri et al. (2002), observaram que o comportamento fotossintético de *Dactylis glomerata* sob sombreamento foi 30% menor que em pleno sol. O mesmo ocorreu para alfafa, quando a luminosidade foi 45% menor em relação ao pleno sol (VARELLA et al., 2001). Dias Filho (2002) também reportou quedas rápidas em fotossíntese foliar de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e *Brachiaria humidicola* com o decréscimo do nível de radiação luminosa disponível.

A redução da taxa fotossintética parece influenciar de forma negativa a produção de forragem em ambientes sombreados. Castro et al. (1999) encontraram um rendimento de matéria seca para *Brachiaria decumbens* 70% menor quando a planta foi cultivada com apenas 30% da luz incidente. Kyriazopoulos et al. (2012) encontraram reduções de 55 e 30% na produção de forragem em *Dactylis glomerata* e *Trifolium subterraneum* sob 90 e 60% de sombra artificial, respectivamente. Paciullo et al. (2007) observaram redução de 53% na massa de forragem para *B. decumbens* cv. Basilisk cultivada sob um nível de 65% de sombreamento. Contudo, alguns autores destacam que a utilização de níveis moderados de sombreamento e de espécies forrageiras mais adaptadas a essa condição de crescimento

podem ter impactos menores sobre a produção de forragem dos pastos. Andrade et al. (2004) estudaram o desempenho de plantas forrageiras submetidas a quatro níveis de sombreamento artificial (0, 30, 50 e 70%) e concluíram que até 50% de sombreamento a redução em produtividade das plantas forrageiras foi de apenas 13 e 17% para os capins marandu e massai, respectivamente. Outros autores também destacaram que para níveis de sombreamento de 30 a 50% as plantas forrageiras *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, Xaraés, Piatã, *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk e *Panicum maximum* vc. Aruana, Mombaça e Tanzânia são consideradas tolerantes e apresentam pequena redução em produção quando consorciadas com espécies arbóreas (CARVALHO, 2001; PACIULLO et al., 2007; MARTUSCELLO et al., 2009 e VARELLA et al., 2009).

Para minimizar o efeito do sombreamento contínuo, as espécies forrageiras são capazes de promover ajustes fenotípicos que podem compensar parcialmente sua capacidade de crescimento (DIAS-FILHO, 2000). De acordo com sua plasticidade fenotípica, as plantas são capazes de alterar suas características bioquímicas, fisiológicas e morfológicas em resposta às variações ambientais (BERNARDINO e GARCIA, 2009). A natureza dessas respostas normalmente determina a capacidade da espécie em obter sucesso ou não sob estresse ambiental temporário ou permanente (DIAS-FILHO, 2002). As adaptações morfológicas das plantas em resposta ao sombreamento têm como principal objetivo evitar a sombra e melhorar a distribuição da radiação luminosa ao longo do perfil do dossel forrageiro (GOMIDE et al., 2007), maximizando a captação de luz (LAMBERS et al., 1998). Dentre os principais ajustes, pode-se destacar o aumento da relação parte aérea:raiz; o alongamento de colmos, pecíolos e entrenós; a redução de ramificações e do perfilhamento; a redução do número de folhas; o aumento da área foliar específica, bem como redução da relação folha:colmo e do ângulo foliar (PACIULLO et al., 2008; MARTUSCELO et al., 2009; PACIULLO et al., 2011).

A baixa densidade populacional de perfilhos em condições de sombreamento intenso foi reportada por Paciullo et al. (2007). Os autores demonstraram uma redução de 52% no número de perfilhos m^{-2} de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk sob condições de sombreamento intenso (65%). Durante o segundo ano de avaliação, com o desbaste de 30% das árvores (35%, de sombreamento), a diferença caiu para 17% em relação ao pleno sol. Esse autores constataram ainda um aumento na área foliar específica e arquitetura foliar mais horizontal (planófila; menor ângulo foliar) nas plantas sombreadas. De acordo com Fernández et al. (2004), sob sombreamento as folhas apresentam ângulo de inclinação mais horizontal como forma de aumentar a eficiência de interceptação da radiação incidente. A redução em

densidade populacional de perfilhos e o aumento em área foliar específica também foram reportados por Gobbi et al (2011) para *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk e para *Arachis pintoii* cv. Amarillo sob níveis de sombreamento de 50 e 70%, respectivamente.

Alguns autores observaram mudanças no padrão de alocação dos fotoassimilados quando ocorre exposição à sombra, sendo que a parte aérea é priorizada em detrimento da produção de raízes (GUENNI et al., 2008). Paciullo et al. (2010) observaram redução significativa em massa de raízes de *Brachiaria decumbens* com o aumento do sombreamento, sendo que para 60% da RFA (40% de sombreamento) a redução foi de 41,4% em comparação à condição de pleno sol. Da mesma forma, Souto et al. (2009) observaram que sob sombreamento intenso (75%) o capim-xaraés apresentou maior biomassa aérea relativamente à biomassa radicular. Esses resultados indicam que a produtividade da parte aérea é reflexo do que acontece com o sistema radicular e que a planta forrageira prioriza a parte aérea em detrimento das raízes (BERNARDINO e GRACIA, 2009) no curto prazo. Contudo, no médio e no longo prazo, esse padrão de crescimento pode vir a prejudicar o futuro crescimento, persistência e produção de forragem dos pastos (GIACOMINI et al., 2005).

Outra alteração morfológica bastante evidente em plantas sombreadas é o maior comprimento de caules e pecíolos, resposta típica conhecida por estiolamento e que ocorre como forma de aumentar o acesso à luz disponível (PERI et al., 2007) e promover melhor arranjo espacial das folhas, fazendo com que as plantas interceptem e utilizem a luz de forma mais eficiente (LIN et al., 2001). O alongamento de colmos em plantas sombreadas foi relatado para várias espécies forrageiras (SOUSA et al., 2010; PERI et al., 2007; LIN et al., 2001; GALZERANO et al., 2013; CARVALHO et al., 2014, CRESTANI, 2015).

É possível observar que a intensidade das respostas das gramíneas aos níveis de sombreamento varia entre as espécies (CARVALHO et al., 1995). Por esse motivo, a produção de forragem nos sistemas ILPF só é viável quando as gramíneas utilizadas são tolerantes e capazes de manter ou reduzir a um mínimo possível sua capacidade produtiva em ambientes sombreados. Fica claro ainda que, além da escolha de espécies forrageiras adaptadas, o dimensionamento e o arranjo dos renques de árvores também devem ser cuidadosamente considerados quando o objetivo do sistema é a produção de forragem.

2.4 Alterações das plantas e do dossel forrageiro

2.4.1 Alterações estruturais do dossel forrageiro e sua influência sobre o comportamento de animais em pastejo

A estrutura do dossel forrageiro é considerada como causa e ao mesmo tempo consequência do processo de pastejo (CARVALHO et al., 2009), e é responsável, em última análise, pela quantidade de nutrientes ingeridos durante esse processo (CARVALHO et al., 2001). Fatores como densidade volumétrica da forragem, relação folha:colmo, altura, densidade populacional de perfilhos e composição morfológica da massa de forragem podem determinar o tempo gasto pelos animais na atividade de pastejo, afetando a ingestão de nutrientes por interferir sobre o comportamento ingestivo e a digestão da forragem (SOLLENBERGER e BURNS, 2001). Carvalho et al. (2001) relataram que o comportamento ingestivo de um animal mantido em pastagem é descrito por variáveis que compõem o processo de pastejo como taxa de bocados, massa do bocado, padrão de deslocamento, busca e prensão de forragem que, dentre outros, irão determinar a taxa de consumo de forragem.

Entre as variáveis que caracterizam o comportamento ingestivo dos animais, a massa do bocado é a mais importante na determinação do consumo animal e também a mais influenciada pela estrutura do dossel forrageiro (HODGSON, 1985). De maneira geral, a massa do bocado parece estar mais intimamente relacionada com a proporção de folhas presente no dossel do que com a altura do dossel (SODER et al., 2009), uma vez que corresponde ao produto entre o volume do bocado e a densidade volumétrica da forragem no horizonte pastejado. Assim, a principal estratégia utilizada pelos animais para regular a ingestão diária de nutrientes é a regulação da massa de bocados desferidos (FLORES et al., 1993). Ou seja, em condições de baixa oferta de forragem o animal tende a aumentar o tempo de pastejo e a frequência de bocados (GORDON e LASCANO, 1993) para atender sua demanda diária de ingestão de matéria seca e compensar a pequena massa por bocado (PALHANO et al., 2007).

Em pastos tropicais, que apresentam distribuição heterogênea de folhagem ao longo do perfil vertical do dossel forrageiro (CARVALHO et al., 2009), incrementos em altura do dossel nem sempre apresentam boa correlação com o desempenho animal. Essas plantas normalmente possuem hábito de crescimento ereto e o componente colmo pode se tornar um limitante para o consumo animal se houver erros no manejo do pastejo e ele passar a se concentrar nos estratos superiores do dossel forrageiro. Em situações onde existe grande

proporção de colmos no estrato pastejável, os animais, na tentativa de selecionar folhas verdes, aumentam o tempo de busca e de apreensão de forragem e acabam diminuindo a massa do bocado e a taxa de bocados, resultando em redução da taxa de ingestão de forragem (BENVENUTTI et al., 2006; FONSECA et al., 2012). Carvalho et al. (2001), avaliando o comportamento de ovinos em capim-tanzânia, demonstraram redução na taxa de ingestão de forragem devido ao tempo necessário para manipulação dos bocados, consequência da disposição esparsa das folhas no dossel forrageiro.

Os processos envolvidos na escolha e utilização de estações alimentares (STUTH, 1991) foram estudados em ovinos e bovinos por Gonçalves et al. (2009). O tempo de permanência nas estações alimentares esteve fortemente associado ao número de bocados por estação alimentar, demonstrando que o animal, ao encontrar um local com estrutura que favoreça a ingestão de alimento, permanece colhendo a forragem até o ponto em que a sua quantidade diminui e a taxa de consumo se iguale à média de consumo da pastagem. Nesse momento, o animal abandona a estação alimentar em uso e segue em busca de um novo local de pastejo (FRYXELL, 2008). Por isso, à medida que mais bocados e/ou bocados mais pesados são colhidos em uma estação alimentar, ocorre aumento do tempo de permanência em cada estação e, conseqüentemente, redução do número de estações alimentares visitadas por minuto de pastejo (CARVALHO et al., 2009).

Sendo assim, o estiolamento da espécie forrageira, característico de plantas mantidas em ambientes sombreados, pode comprometer o padrão ingestivo de animais em pastejo e, conseqüentemente, a taxa de consumo de forragem, devido à presença de colmos nos estratos mais superiores e à distribuição mais esparsa das folhas ao longo do dossel forrageiro. Segundo Benvenuti et al. (2006), o comportamento seletivo dos animais em pastejo é função da resistência à tração imposta pelos colmos à ruptura da forragem no momento da realização do bocado. Conforme a densidade de colmos aumenta, os bovinos passam a evitar esse componente morfológico. Logo, as modificações e adaptações do dossel forrageiro em resposta aos regimes de luz podem interferir no comportamento ingestivo dos animais, afetando a taxa de consumo e os padrões de deslocamento e busca de forragem (PALHANO et al., 2006 e 2007).

Uma forma de reduzir o aumento da proporção de colmos em sistemas sombreados é evitando que o estiolamento ocorra. O pastejo permite o controle do ambiente luminoso no interior do dossel forrageiro diminuindo a área foliar do pasto, restabelecendo a qualidade da luz e permitindo à planta forrageira voltar a produzir folhas prioritariamente a colmos (Da

SILVA et al., 2009). Grande parte das pesquisas com gramíneas forrageiras em sistema de cultivo solteiro tem demonstrado que as estratégias de manejo proporcionam mudanças na estrutura do dossel que, por sua vez, geram mudanças nos padrões de comportamento ingestivo e de busca e apreensão de forragem pelos animais em pastejo. Estudos recentes, avaliando plantas forrageiras cultivadas em pleno sol, indicam que o ponto ideal para se interromper o processo de rebrotação seria quando o dossel forrageiro intercepta 95% da luz incidente (CARNEVALLI et al., 2006; BARBOSA et al., 2007; PEDREIRA et al., 2007; Da SILVA et al., 2009), condição esta que representa a máxima taxa de acúmulo de matéria seca de folhas (DA SILVA e NASCIMENTO Jr, 2007), menor acúmulo de colmos e de material morto, além de elevadas taxas de consumo de forragem (TRINDADE et al., 2007; DIFANTE et al., 2009a), desempenho e produtividade animal (GIMENES et al., 2011) e qualidade da forragem consumida (DIFANTE et al., 2009b).

Como a principal diferença entre as produtividades das plantas cultivadas em pleno sol e sob sombreamento é a diferença da luz que chega ao dossel forrageiro (quantidade e qualidade), é de se esperar que as características do pasto sejam melhor avaliadas se estratégias de desfolhação forem realizadas tendo como referência a própria luz, ao contrário do que normalmente é realizado por meio de intervalos fixos de desfolhação e/ou pastejo definidos em número de dias. Teoricamente, assim como acontece com plantas forrageiras cultivadas em pleno sol, o uso dessa estratégia de manejo pode ajudar a evitar o alongamento excessivo dos colmos em condições de sombreamento e, melhorar a eficiência de pastejo pelos animais.

2.4.2 Alterações nas características anatômicas e no valor nutritivo de plantas sombreadas

As folhas são a maior fonte de nutrientes para os herbívoros e comumente utilizadas para avaliação da produtividade e da qualidade do ambiente pastoril em sistemas de produção animal em pasto. Esse componente morfológico apresenta também alta capacidade de alterar sua expressão genética em resposta às condições ambientais distintas (MATESANZ et al., 2010). A plasticidade fenotípica das folhas pode ser expressa por meio de mudanças morfológicas, fisiológicas ou bioquímicas (SANTOS et al., 2013) de forma conjunta ou não.

Uma das alterações mais visíveis em folhas sombreadas é o aumento de sua área foliar específica – AFE (área de folha/massa de folha). Garcez Neto et al. (2010), avaliando a aclimatação morfológica de *Lolium perenne* cv. Nui, *Dactylis glomerata* cv. Vision e

Trifolium pratense cv. Pawera em resposta a quatro níveis de sombreamento (0, 25, 50 e 75%) e dois padrões de sombreamento (contínuo e alternado), concluíram que a área foliar específica foi a característica morfológica que mais variou em resposta aos níveis de sombreamento. Vários trabalhos com plantas forrageiras crescendo em condição de restrição luminosa também demonstraram aumento do comprimento final da folha e, conseqüentemente, da AFE (LAMBERS et al., 1998; DEVKOTA et al., 2009; LIN et al., 2001; PACIULLO et al., 2007, GOBBI et al., 2011; KYRIAZOPOULOS et al 2012). De forma geral, pequenas reduções em luminosidade são suficientes para promover aumentos na AFE. Paciullo et al. (2007), avaliando níveis de sombreamento de 0, 35 e 65%, constataram aumento na AFE de 21 e 25%, respectivamente. De acordo com Gobbi et al. (2011), em ambientes sombreados as plantas tendem a apresentar maior AFE para elevar ao máximo a captação da luz disponível.

Esse aumento em AFE pode afetar as características estruturais das células, tais como: menor proporção e espessura de mesófilo, epidermes e cutículas mais delgadas, redução na proporção de tecidos condutores e de sustentação, parede celular menos espessa, redução das células buliformes, e do número e tamanho dos estômatos (ALLARD et al., 1991; LIN et al., 2001; GOBBI, 2007; PERI et al., 2007; GOBBI et al., 2011). As folhas que se desenvolvem em pleno sol são frequentemente mais espessas que as folhas que se desenvolvem em ambientes sombreados (LAMBERS et al., 1998; PERI et al., 2007; GOBBI et al., 2011), e essa alteração parece ocorrer de maneira irreversível já a partir do surgimento do primórdio foliar (TAIZ e ZEIGER, 2013). A literatura indica um fator compensatório entre mudanças nas estruturas anatômicas da folha com o aumento da AFE e densidade de folhas (MEZIANE e SHIPLEY, 1999). Ou seja, alterações na espessura da epiderme, volume das células mesofílicas, quantidade de espaços intracelulares no mesófilo e número de camadas, espessura de nervuras ou da parede celular modificam a espessura da folha. De forma análoga, a densidade dos tecidos pode ser afetada pelas diferentes proporções de células e constituintes citoplasmáticos (VAN ARENDONK e POORTER, 1994). Essas alterações influenciam de maneira direta o valor nutritivo da forragem sendo consumida pelos animais.

O valor nutritivo das plantas é definido em função de sua composição química e digestibilidade funcional, e depende de fatores químicos, físicos e estruturais que são inerentes à planta (MOORE, 1994), os quais são dependentes de fatores externos como o clima, por exemplo. Em sistemas sombreados são comuns relatos de aumento na concentração de proteína bruta (PB) e/ou de nitrogênio total das plantas (CIAVARELLA et al., 2000; LIN

et al., 2001; PACIULLO et al., 2007; PERI et al., 2007; SOUSA et al. 2010; GOBBI et al., 2011; KYRIAZOPOULOS et al., 2012), e essa tendência parece ser maior em gramíneas do que em leguminosas forrageiras (LIN et al., 2001). Dentre as possíveis explicações para esse aumento na concentração de PB é possível destacar o efeito positivo do maior teor de umidade no solo associado a temperaturas mais amenas sob a maior deposição de liteira típica desses sistemas, o que resulta em taxas mais rápidas de mineralização do N (PERI et al., 2001; XAVIER et al., 2014). Além disso, esse aumento na concentração de PB pode estar associado ao tamanho reduzido das células das plantas sombreadas, o que sugere um efeito de concentração do N nos tecidos vegetais (KEPHART e BUXTON, 1993; GAENIER et al., 1997; NIINEMETS, 1997).

Por outro lado, com o aumento do nível de sombra, a concentração de carboidratos solúveis diminui significativamente (CIAVARELLA et al., 2000; MAYLAND et al., 2000; KYRIAZOPOULOS et al., 2012), que pode estar ou não associado a um aumento na concentração de parede celular (LIN et al., 2001; KYRIAZOPOULOS et al., 2012). O aumento na concentração de parede celular sob condições de sombra, quando ocorre, pode estar relacionado à redução concentração de carboidratos solúveis (amido e açúcares solúveis), causada pelo sombreamento, o que pode levar à redução da digestibilidade da forragem produzida (SOUZA et al., 2010; KYRIAZOPOULOS et al., 2012). Porém, existem resultados conflitantes no que diz respeito à digestibilidade de plantas sombreadas (CARVALHO et al., 2009; PACIULLO et al., 2007; KYRIAZOPOULOS et al., 2012). Estes parecem ser dependentes da espécie forrageira sendo cultivada, do nível de sombreamento, da fertilidade do solo, da estação do ano (PACIULLO et al., 2014), das técnicas de manejo e da idade fisiológica das plantas.

2.5 Influência do conforto térmico sobre o comportamento animal

Apesar de o sombreamento interferir nos padrões de crescimento das plantas e existir a possibilidade desses efeitos refletirem sobre o comportamento ingestivo e de busca e apreensão de forragem pelos animais, o microclima criado pela presença das árvores, principalmente nas condições tropicais do Brasil, provavelmente traz benefícios à atividade de pastejo. Microclimas mais estáveis protegem os animais do calor e frio intensos, proporcionando conforto térmico e bem estar com reflexos positivos sobre a produtividade do rebanho (PORFÍRIO-DA-SILVA, 2006). Do ponto de vista comercial, o bem-estar animal é importante para atender as exigências e expectativas dos consumidores com relação à

segurança alimentar além de facilitar a inserção dos produtos assim produzidos no mercado internacional.

Os bovinos das raças europeias e seus cruzamentos sofrem com o estresse térmico nas horas mais quentes do dia quando encontram-se em pastagens com poucas ou ausência total de árvores (PIRES e PACIULLO, 2015), diminuindo o tempo de pastejo diurno (FRANKE e FURTADO, 2001). Dessa forma, ambientes quentes e úmidos podem se tornar um obstáculo para o desempenho animal e reprodutivo, principalmente durante o verão, período caracterizado por altas temperaturas e umidade relativa do ar que, aliados à produção de calor metabólico, reduzem a capacidade do animal em dissipar calor, impondo a condição de estresse calórico (DE LA SOTA et al., 1996).

A zona de conforto térmico, ou zona termoneutra, na qual os animais são capazes de alcançar alta eficiência produtiva e reprodutiva, encontra-se entre 4 e 26°C. Dentro desse limite, o animal não sofre estresse térmico, seja pelo frio ou pelo calor, o custo fisiológico é reduzido e a retenção da energia pela dieta é maximizada (AZEVEDO e ALVES, 2009). A zona termoneutra apresenta valores limite de aproximadamente 26°C para vacas da raça Holandesa, 29°C para animais da raça Jersey e Pardo-Suíça e de 32 a 35°C para animais mestiços ou zebuínos (PIRES e PACIULLO, 2015). A partir de 32 a 35°C os mecanismos de compensação (homeostase) começam a falhar, resultando em rápido aumento da temperatura retal e declínio da ingestão de alimentos, produção de leite e peso corporal (BRASIL et al., 2000). Em condições extremas, com cargas intermitentes de calor (acima de 40°C), o consumo alimentar de zebuínos sofre redução superior a 40%, mesmo com disponibilidade de água à vontade (MALOIJ et al., 2008).

A umidade relativa e a temperatura do ar influenciam de forma direta o animal e, a partir dessas duas variáveis, foram desenvolvidos índices para avaliação do conforto térmico dos animais. Os mais conhecidos e comumente utilizados são o ITGU (índice de temperatura do globo e umidade), proposto por Buffington et al. (1981), o CTR (índice de carga térmica radiante), proposto por Esmay (1979), O ITU (índice de temperatura e umidade), proposto por Kelly & Bond (1971), e o WBGT (índice de globo úmido), inicialmente proposto para humanos por Yaglou e Minard (1957).

Cada um dos índices apresenta certas limitações quanto à capacidade de descrever os efeitos ambientais que atuam sobre o animal. O WBGT, por exemplo, não considera o movimento do ar. Já o ITU não leva em consideração a radiação térmica, mas, no entanto, em países com clima tropical, a radiação e suas trocas térmicas atuam de forma direta sobre os

animais. Na tentativa de contornar a limitação do ITU, Buffington et al. (1981) propuseram o ITGU, índice bastante utilizado na bioclimatologia zootécnica, pois leva em consideração os efeitos combinados da radiação solar e do vento. Segundo os autores, esse índice apresenta melhor acurácia do conforto e produção animal quando comparado ao ITU em condições de estresse calórico e animais expostos à radiação solar direta, sendo, por essa razão, considerado um indicador mais preciso do conforto térmico animal. Segundo o National Weather Service – USA, os valores de ITGU para os níveis de conforto térmico são: até 74, o animal encontra-se em conforto; de 74 a 79, indicativo de estado de alerta; de 79 a 84, perigo; e acima de 84, emergência.

Como na maior parte do Brasil as temperaturas estão acima da zona de conforto, os bovinos estão constantemente sujeitos a níveis variáveis de estresse térmico. Um dos principais recursos utilizados pelos animais para tentar amenizar o estresse térmico causado por temperaturas elevadas e alta radiação é a busca por sombra, quando esta existe (GLASER, 2008). Souza et al. (2010) observaram que em um sistema de ILPF com eucalipto os animais permaneceram em média 47% do tempo disponível sob a sombra das árvores. Esse mesmo padrão de resposta foi observado por Coelho (2011), ao avaliar bezerras da raça nelore sob dois sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no estado do Mato Grosso do Sul. Baliscai (2012) verificou que o sistema silvipastoril alterou o ambiente circunstante, reduzindo a temperatura do globo negro e a velocidade do vento e, conseqüentemente, o ITGU e a CTR. Assim, segundo o autor, a disponibilidade de sombra em quantidade adequada proporciona melhores condições de bem estar animal relativamente a um sistema desprovido de sombra.

Desse modo, a sombra fornecida pelo componente arbóreo nos sistemas ILPF é capaz de atenuar o estresse térmico e favorecer o controle homeotérmico animal, com impactos potenciais positivos sobre os índices produtivos e reprodutivos do rebanho.

2.6 Modelo Conceitual

Com base no que foi exposto, um modelo conceitual foi elaborado (Figura 1) buscando integrar as relações existentes em um ambiente de ILPF. O trabalho proposto tem por objetivo entender os impactos das alterações morfológicas e anatômicas das plantas, da estrutura do dossel forrageiro e do microclima dos pastos de capim-piatã cultivado em área de

ILPF sobre o comportamento ingestivo dos animais em pastejo e o valor nutritivo da forragem consumida.

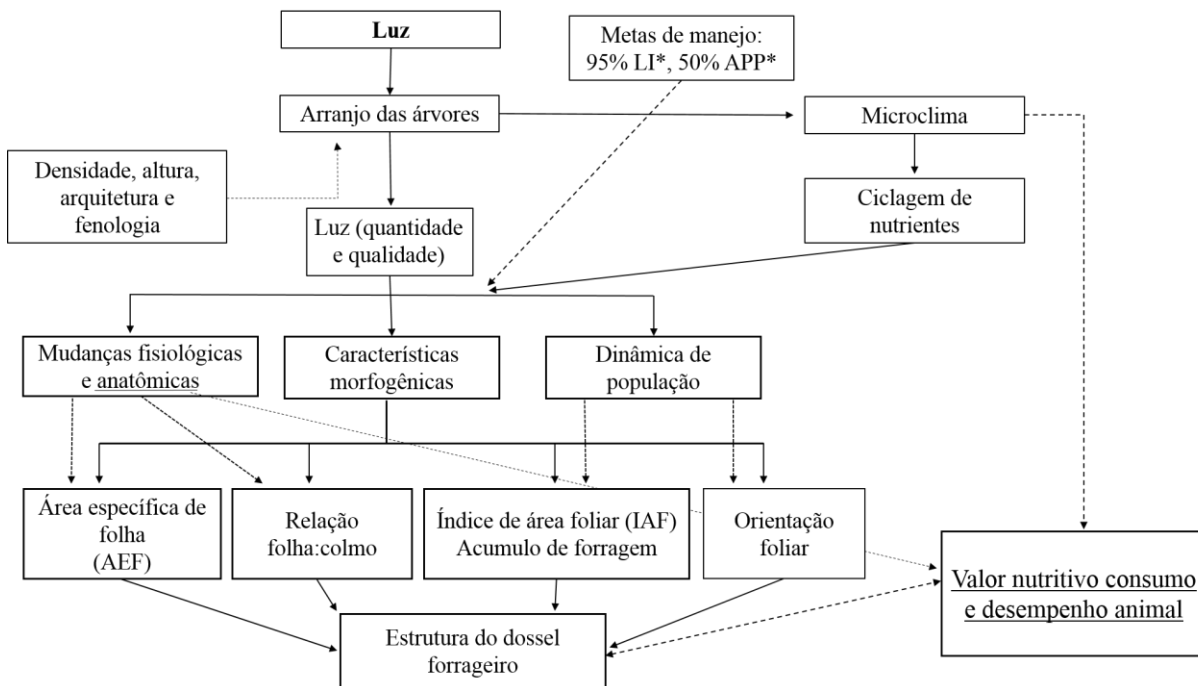


Figura 1 – Modelo conceitual proposto das associações entre as principais variáveis envolvidas no presente estudo. * IL – Intercepção Luminosa. APP – Altura Pós-Pastejo

2.7 Hipótese

A presença de árvores promove alteração do ambiente luminoso (qualidade e quantidade) em sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF). O arranjo e a densidade de árvores irá determinar a disponibilidade de luz no sub-bosque, ocasionando mudanças na estrutura do dossel forrageiro que, por sua vez, causarão mudanças no valor nutritivo e no comportamento ingestivo dos animais por meio de alterações em seus padrões de busca e prensão de alimento, influenciando a taxa de consumo de forragem com impactos potenciais sobre o desempenho animal.

2.8 Objetivos

Mensurar e compreender as mudanças morfológicas e anatômicas da planta e na estrutura do dossel forrageiro de *Brachiaria brizantha* cv. Piatã submetida a regimes de sombra e suas implicações sobre o comportamento ingestivo de novilhas leiteiras,

possibilitando a definição de características dos sistemas ILPF que favoreçam a ingestão de forragem com elevado valor nutritivo.

Referências

ALLARD, G.; NELSON, C.J.; PALLARDY, S.G. Shade effects on growth of tall fescue: I. leaf anatomy and dry matter partitioning. **Crop Science**, Madison, v. 31, p. 163-167, 1991.

ALMEIDA, M.L.; MUNDSTOCK, C.M. A qualidade da luz afeta o afilamento em plantas de trigo, quando cultivadas sob competição. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 3, p. 401-408, 2001.

ALMEIDA, R.G.; MEDEIROS, S.R. Emissão de gases do efeito estufa em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. In: ALVES, F.V.; LAURA, V.A.; ALMEIDA, R.G. **Sistemas Agroflorestais a pecuária sustentável**. Brasília: EMBRAPA. 2015 p. 97-116.

ANDRADE, C.M.; VALENTIM, J.F.; CARNEIRO, J.C.; VAZ, F.A. Crescimento de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais sob sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 3, p. 263-270, 2004.

ANDRADE, C.M.S.; ASSIS, G.M.L. **Brachiaria brizantha cv. Piatã**: Gramínea recomendada para solos bem-drenados do Acre. Rio Branco, jun. 2010. p. 8. Circular Técnico, 54).

AZEVEDO, D.M.M.R.; ALVES, A.A. Bioclimatologia aplicada à produção de bovinos leiteiros nos trópicos., Teresina: Editora, 2009. 83p. (Documentos: Embrapa Meio-Norte, 00).

BALBINO, F. C. **Responses of lactating dairy cows to the combined effects of temperature, humidity and velocity in the warm season**. 1985. 218p. Tese (Doutorado em Ambiente Animal) – Agricultural Engineering Department, University of Missouri, Columbia, 1985.

BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. O.; STONE, L.F. **Marco referencial: integração lavoura-pecuária-floresta**. Brasília: Embrapa, 2011. 130p.

BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; OLIVEIRA, P.; KLUTHCOUSKI, J.; GALERANI, P.R.; VILELA, L. Agricultura sustentável por meio da integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF). **Informações agronômicas**. Piracicaba, n. 138, 2012.

BALISCEI, M.A.; et al., 2012. Behavior of beef cattle and the microclimate with and without shade. **Acta Scientiarum**, Maringa, v. 34, n. 4, p. 409-415, 2012.

BELSKY, A.J.; MWONGA, S.M.; AMUNDSON, R.G.; BUXBURY, J.M.; ALI, A.R. Comparative effects of isolated trees on their canopy environment in high and low rain fall savanna. **Journal applied ecology**, London, v. 30, p. 143-155, 1993.

BENVENUTTI, M.A.; GORDON, I.J.; POPPI, D.P. The effects of the density and physical properties of grass stems on the foraging behaviour and instantaneous intake rate by cattle grazing an artificial reproductive tropical sward. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 61, p. 272, 281, 2006.

BARBOSA, R.A.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; EUCLIDES, V.P.B.; DA SILVA, S.C.; ZIMMER, A.H.; TORRES JÚNIOR, R.A.A. Capim-tanzânia submetido a combinações entre intensidade e frequência de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, p. 329-340, 2007.

BERNARDINO, F.S.; GARCIA, R. Sistemas silvipastoris. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 60, p. 77-87, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL. **Relatório estatístico 2007/2008**. São Paulo, 2009. 56p. Disponível em: <http://www.bracelpa.org.br/bra/estatisticas/pdf/anual/rel2007.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2016.

BRASIL, L.H.A.; WECHESLER, F.S.W.; BACCARI JÚNIOR, F.; GONÇALVEZ, H.C.; BONASSI, I.A. Efeitos do Estresse Térmico Sobre a Produção, Composição Química do Leite e Respostas Termorreguladoras de Cabras da Raça Alpina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 1632-1641, 2000.

BRASIL. Lei n. 12805, de 29 de Abril de 2013. O estabelecimento da política nacional de integração lavoura-pecuária-floresta. **Diário Oficial da União**, Brasília, p.1, 29 de abril de 2013.

BUFFINGTON, D.E.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G.H. et al. Black globe-humidity index (ITGU) as comfort equation for dairy cows. St. Joseph, MI, USA. **Transactions of American Society of Agricultural Engineering**, New york, v.24, n.3, p.711- 14, 1981.

CARNEVALLI, R. A.; Da SILVA, S. C.; BUENO, A. A. O.; UEBELE, M. C.; BUENO, F.O.; Silva, G.N.; MORAES, J. P. Herbage production and grazing losses in Panicum maximum cv. Mombaça under four grazing managements. **Tropical Grasslands**, Brisbane, v. 40, p. 165-176, 2006.

CARVALHO, M.M. Contribuição dos sistemas silvipastoris para a sustentabilidade da atividade leiteira. In: SIMPÓSIO SOBRE SUSTENTABILIDADE DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE LEITE A PASTO E EM CONFINAMENTO, 2001, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2001. p.85-108.

CARVALHO, M.M.; FREITAS, V.P.; ANDRADE, A.C. Crescimento inicial de cinco gramíneas em um sub-bosque de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* Benth.). **Pasturas Tropicais**, Cali, v.17, n.1, p.24-30, 1995.

CARVALHO, P.C.F.; RIBEIRO FILHO, H.M.N.; POLI, C.H.E.C. MORAES, A.; DELAGARDE, R. Importância da estrutura da pastagem na ingestão e seleção de dietas pelo animal em pastejo. In: PEDREIRA, C.G.S.; DA SILVA, SC. (Ed.). **A produção animal na visão dos brasileiros**. Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 853-871.

CARVALHO, P.C.F.; TRINDADE, J.K.; Da SILVA, S.C.; BREMM, C.; MEZZALIRA, J.C.; NABINGER, C.; AMARAL, M.F.; CARASSAI, I.J.; MARTINS, R.S.; GENRO, T.C.M.; GONÇALVES, E.N.; AMARAL, G.A.; GONDA, H.L.; POLI, C.H.E.C.; SANTOS, D.T. Consumo de forragem por animais em pastejo: analogias e simulações em pastoreio rotativo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM – INTENSIFICAÇÃO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTO, 2009. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2009. p. 61-93.

CARVALHO, W.F.C.; MOURA, R.L.; SANTOS, M.S.; SILVA, S.F.; LEAL, T.M. Morfogênese e estrutura de capim-Massai em diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira Agropecuária Sustentável**, Viçosa, v. 4, n.1, p. 28-37, 2014.

CASTRO, C.R.T. de; GARCIA, R.; CARVALHO, M.M.; COUTO, L. Produção forrageira de gramíneas cultivadas sob luminosidade reduzida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.28, p. 919-927, 1999.

CHARTZOULAKIS, K.; PATAKAS, A.; KOFIDIS, A.; BOSABALIDIS, A.; NASTOU, A. Water stress effects leaf anatomy, gas Exchange, water relations and growth of two avocado cultivars. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 95, p. 39-50, 2002.

CIAVARELLA, T.A.; SIMPSON, R.J.; DOVE, H.; LEURY, B.; SIMS, I.M. Diurnal changes in the concentration of water-soluble carbohydrates in *Phalaris aquática* L. pasture in spring, and the effect of short-term shading. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v. 51, p. 749-756, 2000.

COELHO, F.S. **Comportamento de pastejos e ganho de peso de bezerras nelore em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta**. 2011. 60 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)- Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, 2011, 60p.

CONTE, O.; FLORES, J. P. C.; CASSOL, L. C.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F.; LEVIEN, R.; WESP, C. L. Evolução de atributos físicos do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília. v. 46, p. 1301-1309, 2011.

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, p. 102. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagem) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

DA SILVA, S.C.; NASCIMENTO Jr, D. Ecofisiologia da produção animal em pastagens e suas implicações sobre o desempenho e a produtividade de sistemas pastoris. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2007, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Ed. Suprema, 2007. p. 1-42.

DA SILVA, S.C.; BUENO, A.A.O.; CARNEVALLI, R.A.; UBELE, M.C.; BUENO, F.O.; HODGSON, J.; MATTHEW, C.; ARNOLD, G.C.; MORAIS, J.P.G. Swards structural characteristics and herbage accumulation of *Panicum maximum* cv. Mombaça subjected to rotational stocking managements. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 66, p. 8-19, 2009.

DE LA SOTA, R.L.; RISCO, C.A.; MOREIRA, F. Efficacy of tied insemination program in dairy cows during summer heat stress. **Journal of animal science**, Champaign, v. 74, p. 133, 1996.

DEVKOTA N.R., KEMP P.D., HODGSON J., VALENTINE I. and JAYA I.K.D. (2009) Relationship between tree canopy height and the production of pasture species in a silvopastoral system based on alder trees. **Agroforestry systems**, Dordrecht, n. 76, p. 363–374.

DIAS-FILHO, M. B. Respostas morfofisiológicas de *Brachiaria* spp. Ao alagamento do solo e a síndrome da morte do capim marandu. Intensificação da Produção Animal em Pastagens | 255 In: BARBOSA, R. A. (Ed.). **Morte de pastos de braquiárias**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2006. p. 83-102

DIAS-FILHO, M.B. Growth and biomass allocation of the C4 grasses *Brachiaria brizantha* and *B. humidicola* under shade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, p. 2335-2341, 2000.

DIAS-FILHO, M.B. Photosynthetic light response of the C4 grasses *Brachiaria brizantha* and *B. humidicola* under shade. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, p. 65-68, 2002.

DIAS-FILHO, P.; SOUTO, A.M.; Correia, M.E.F.; ROCHA, G.P.; MOREIRA, J.F.; RODRIGUEZ, K.M.; FRANCO, A.A. Árvores fixadoras de nitrogênio e macrofauna do solo em pastagens de híbrido *Digitaria*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 6, p. 1015-1021, 2006.

DIFANTE, G.S.; EUCLIDES, V.B.P.; NASCIEMNTO Jr, D.; DA SILVA, S.C.; TORRES Jr, R.A.A.; SARMENTO, D.O.L. Ingestivo behavior, herbage intake and grazing efficiency of beef cattle steers on Tanzania guineagrass subjected to rotational stocking managements. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, p. 1001-1008, 2009a.

DIFANTE, G.S.; NASCIMENTO Jr, D.; EUCLIDES, V.B.P.; DA SILVA, S.C.; BARBOSA, R.A.; GONÇALVES, W.V.; Sward structure and nutritive value of Tanzânia guineagrass subjected to rotational stocking managements. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, p. 9-19, 2009b.

DIM, V. P.; ALEXANDRINO, E.; SANTOS, A. C.; MENDES, R. S.; SILVA, D. P. Características agrônômicas, estruturais e bromatológicas do capim Piatã em lotação intermitente com período de descanso variável em função da altura do pasto. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.16, n. 1, p. 10-22, 2015.

EMBRAPA. Capim Piatã. Disponível em:

<<http://www.cnpqg.embrapa.br/produtoseservicos/pdf/piata.pdf>> Acesso em: 04 mar. 2015.

ESMAY, M.L. **Principles of animal environmental**. West Port: Avi Publishing. 1979. 325p.

EUCLIDES, V.P.B; MACEDO, M.C.M; VALLE, C.B.; DIFANTE, G.S.; BARBOSA, R.A.; CACERE, E.R. Produção de forragem e características da estrutura do dossel de cultivares de *Brachiaria brizantha* sob pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 12, p. 1805-1812, dez. 2008.

FERNÁNDEZ, M.E.; GYENGE, J.E.; SCHLICHTER, T.M. Shade acclimation in the forage grass *Festuca pallescens*: biomass allocation and forage orientation. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 60, p. 159-166, 2004.

FERREIRA, M.C. et al. Potenciação alelopática de extratos vegetais na germinação e no crescimento inicial de picão preto e alface. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1054-1060, 2007.

FLORES, E.R.; LACA, E.A.; GRIGGS, T.C.; DEMMENT, M.W. Sward height and vertical morphological differentiation determine cattle bite dimensions. **Agronomy Journal**, Madson, v. 85, p. 527-532, 1993.

FONSECA, L.; MEZZALIRA, J.C.; BREMM, C.; FILHO, R.S.A.; GONDA, H.L.; CARVALHO, P. C.de F. Management targets for maximizing the short-term herbage intake rate of cattle grazing in Sorghum bicolor. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 145, p. 205-211, 2012.

FRANKE, I.L.X.; FURTADO, S.C. **Sistemas silvipastoris: fundamentos e aplicabilidade**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2001. 51 p.

FREITAS, P. H.; MIRANDA, E. E. V. ILPS: Uma alternativa para os produtores rurais do município de Cassilândia-ms. In: SEMINÁRIO DE EXTENSÃO UNI- VERSITÁRIA – SEMEX, 2010. Cidade. **Anais...** Cidade: Editora. 2010. v. 1, n. 1 (3), Disponível em:<<http://periodicos.uems.br/index.php/semex/article/view/2250>>. Acesso em: 19 mar. 2013.

FRYXELL, J.M. Predictive modeling of patch use by terrestrial herbivores. In: PRINS, H.H.T.; VAN LANGELD, F. (Ed.) **Resources ecology: spatial and temporal dynamics of foraging**. Wageningen: UR Frontis Series, 2008. p. 105-123.

GALZERANO, L.; MALHEIROS, E.B.; RAPOSO, E.; MORGADO, E.S.; RUGGIERI, A.C. Características morfogênicas e estruturais do capim-xaraés submetido a intensidades de pastejo. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 4, p. 1879-1890, 2013.

GARCEZ NETO, A.F.; GARCIA, R.; MOOT, D.J.; GOBBI, K.F. Aclimação morfológica de forrageiras temperadas a padrões e níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 1, p. 42-50, 2010.

GARCIA, R. TONUCCI, R.G.; BERNARDINO, F.S. Sistemas silvipastol: uma integração árvore, pasto, animal. In: REIS, R.A.; BERNARDES, T.F.; SIQUEIRA, G. R (Ed.). Forragicultura: ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros. Jaboticabal: M. de L. Brandel-ME, 2013. Cap. 15 p. 219-234.

GIACOMINI, A.A.; MATTOS, W.T.; MATTOS, H.B.; WERNER, J.C.; CUNHA, E.A.; CARVALHO, D.D. Crescimento de raízes dos capins Aruana e Tanzânia submetidos a duas doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 4, p. 1109-1120, 2005.

GARNIER, E.; CORDONNIER, P.; GUILLERM, JL.; SONIÉ, L. Specific leaf area and nitrogen concentration in annual and perennial grass species growing in Mediterranean old-fields. **Oecologia**, New York, v. 111, p. 490-498, 1997.

GIMENES, F.M. de A.; SILVA, S.C. da; FIALHO, C.A.; GOMES, M.B.; BERNDT, A.; GERDES, L.; COLOZZA, M.T. Ganho de peso e produtividade animal em capim-marandu sob pastejo rotativo e adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, p. 751-759, 2011.

GLASER, F.D. **Aspectos comportamentais de bovinos das raças Angus, Caracu e Nelore a pasto frente à disponibilidade de recursos de sombra e água para imersão**. 2008. 117 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade de São Paulo (USP), Pirassununga, 2008.

GOBBI, K.F. **Características morfoanatômicas, nutricionais e produtividade de forrageiras tropicais submetidas ao sombreamento**. Viçosa: UFV, 2007. 82 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2007.

GOBBI, K.F., GARCIA, R., VENTRELLA, M.C., GARCEZ NETO, A.F.; ROCHA, C.P. Specific leaf area and quantitative leaf anatomy of signalgrass and forage peanut submitted to shading. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n. 7, p. 1436-1444, 2011.

GOMIDE, C.A.M.; GOMIDE, J.A.; ALEXANDRINO, E. Características estruturais e produção de forragem em pastos de capim-mombaça submetidos a períodos de descanso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 10, p. 1487-1494, 2007.

GONÇALVES, E.N.; CARVALHO, P.C.F.; DEVINCENZI, T.; LOPES, M.L.T.; FREITAS, F.K.; JACQUES, A.V.A. relações planta-animal em ambiente pastoril heterogêneo: padrões de deslocamento e uso de estações alimentares. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 11, p. 2121-2136, 2009.

GORDON, I.J.; LASCANO, C. Foraging strategies of ruminant livestock on intensively managed grassland: potentials and constraints. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 17., 1993, Palmerston North. **Proceedings...** [S.l.: s.n], 1993. p. 681-689.

GUENNI, O., SEITER, S.; FIQUEROA, R. Growth responses of three *Brachiaria* species to light intensity and nitrogen supply. **Tropical Grassland**, St. Lucia, v. 42, p. 75-87, 2008.

HODGSON, J. The significance of sward characteristics in the management of temperature Sown pastures. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 15., 1985. Kyoto. **Proceedings...** Nishi-Nasuno: Japanese Society of Grassland Science, 1985. p. 63-66.

KELLY, C.F.; BOND, T.E. Bioclimatic factors and their measurement. In: NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. **A guide to environmental research on animals**. Washington: IAS, 1971. 76p.

KEPHART, K.D.; BUXTON, D.R. Forage quality response of C3 and C4 perennial grasses to shade. **Crop Science**, Madison, v. 33, p. 831-837, 1993.

KICHEL, A. N.; MIRANDA, C.. H. B. **Sistemas de integração agricultura e pecuária**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2001. 10 p. (Circular técnico, 53).

KLUTHCOUSKI, J. AIDAR, H. STONE, L.F.; COBUCCI, T. Integração lavoura-pecuária e o manejo de plantas daninhas. **Informações agronômicas**. Piracicaba, n. 106, p. 38, 2004

KYRIAZOPOULOS, A.P.; ABRAHAM, E.M.; PARISSI, Z.M.; NASTIS, A.S. Forage production and nutritive value of *Dactylis glomerata* and *Trifolium subterraneum* mixtures under different shading treatments. **Grass and Forage Science**, Hokoben, v. 68, p.72-82, 2012.

LAMBERS, H.; CHAPIM, F.S.; PONTS, T.L. **Plant Physiological ecology**. New York: Springer, 1998.540 p.

LIN, C.H.; MCGRAW, R.L.; GEORGE, M.F.; GARRET, H.E. Shade effects on forage crops with potential in temperate agroforestry practices. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 44, p. 109-119, 1999.

LIN, C.H.; MCGRAW, R.L.; GEORGE, M.F.; GARRET, H.E. Nutritive quality and morphological development under partial shade of some forage species with agroforestry potential. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 53, p. 269-281, 2001.

MACEDO, M. C. M.; KICHEL, A. N.; ZIMMER, A.H. **Degradação e alternativas de recuperação e renovação de pastagens**. Campo Grande: EMBRAPA CNPGC, 2000. 4 p. (Comunicado Técnico, 62).

MAGALHÃES, W. M.; MACEDO, R. L. G.; VENTURIM, N.; HIGASHIKAWA, E. M.; YOSHITANI JÚNIOR, M. Desempenho silvicultural de espécies de *Eucalyptus* spp. em quatro espaçamentos de plantio na região noroeste de Minas Gerais. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 12, n. 1, p. 1-7, 2005.

MALOIY, G.M.O.; KANUI, T.I.; TOWETT, P.K.; WAMBUGU, S.N.; MIARON J.O.; WANYOIKE, M.M. Effects of dehydration and heat stress on feed intake and dry matter digestibility in East African ruminants. **Comparative Biochemistry and Physiology**, New York, v.151A, p.185-190, 2008.

MARTUSCELLO, J.A.; JANK, L.; GONTIJO NETO, M.M.; LAURA, V.A.; CUNHA, D. de N.F.V. da. Produção de gramíneas do gênero *Brachiaria* sob níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, p. 1183-1190, 2009.

MATESANZ, S., GIANOLI, E. & VALLADARES, F. Global change and the evolution of phenotypic plasticity in plants. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, **The Year in Evolutionary Biology**, New York, v. 2, p. 35–55, 2010

MAYLAND, H.F.; SHEWMAKER, G.E.; HARRISON, P.A.; CHATTERTON, N.J. Nonstructural carbohydrates in tall fescue cultivars: relationship to animal preference. **Agronomy Journal**, Madison, v. 92, p. 1203-1206, 2000.

MEZIANE, D.; SHIPLEY, B. Interacting determinants of specific leaf area in 22 herbaceous species: effects of irradiance and nutrient availability. **Plant, Cell and Environment**, Hokoben, v. 22, p. 447-459, 1999.

MOORE, J.E. Forage quality indices: development and application. In: FAHEY JR., G.C. (Ed.) **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: ASA, CSSA/SSSA, 1994. p.967-998.

MORAES, A.; PELISSARI, A. ALVES, S.J. Integração lavoura-pecuária no sul do Brasil. In: ENCONTRO DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA NO SUL DO BRASIL, 2002, Pato Branco. **Anais...** Pato Branco: CEFET-PR, 2002. P 3-42.

NANTES, N.N.; EUCLIDES, V.P.B; MONTAGNER, D.B; LEMPP, B.; BARBOSA, R. A.; ROSSIELO, R.O.P. Crescimento de capim-braquiária influenciado pelo grau de sombreamento e pela estação do ano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 7, p. 917-923, 2008.

NIINEMTS, U. E TENHUNEM, J.D. A model separating leaf structural and physiological effects on carbon gain along gradients for the shade-tolerant species *Acer saccharum*. **Plant, Cell and Environment**, Hoboken, v. 20, p. 845-866, 1997.

OLIVEIRA, F. L. R.; CABACINHA FERREIRA, M.C. et al. Potenciação alelopática de extratos vegetais na germinação e no crescimento inicial de picão preto e alface. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.4, p.1054-1060, 2007.

OLIVEIRA, F. L. R.; CABACINHA, C.D.; SANTOS, L. D.T.; BARROSO, D.G.; SANTOS HÚNIOR, A.; BRANT, M. C.; SAMPAIO, R.A. Crescimento inicial de eucalipto e acácia, em diferentes arranjos de integração lavoura-pecuária-floresta. **Cerne**, Lavras, v. 21, n. 2, p. 227-233, 2015.

OLIVEIRA, T. K.; MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N.; HIGASHIKAWA, E. M. Desempenho silvicultural e produtivo de eucalipto sob diferentes arranjos espaciais em sistema agrossilvipastoril. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 60, p. 1-9, 2009.

PACIULLO, D.S.C., CASTRO, C.R.T., GOMIDE, C.A.M., FERNANDES, P.B., ROCHA, W.S.D., MULLER, M.D., ROSSIELLO, R.O.P. Soil bulk and biomass partitioning of *Brachiaria decumbens* in a silvopastoral system. **Science Agricola**, Piracicaba, v. 67, n. 5; p. 598-603, 2010.

PACIULLO, D.S.C.; CAMPOS, N.R.; GOMIDE, C.A.M.; CASTRO, C.R.T. de; TAVELA, R.C.; ROSSIELLO, R.O.P. Crescimento de capim- braquiária influenciado pelo grau de sombreamento e pela estação do ano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n. 7, p.917-923, 2008.

PACIULLO, D.S.C.; CASTRO, C.R.T.; GOMIDE, C.A.M. Performance of dairy heifers in a silvopastoral system. **Livestock Science**, Amsterdam, v.141, p.166-172, 2011.

PACIULLO, S. C. D.; CARVALHO, C.A.B.; AROEIRA, L.J.M.; MORENZ, N.J.F.; LOPES, F.C.F.; ROSSIELLO, R.O.P. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 4, p. 573-579, 2007.

PALHANO, A. L.; CARVALHO, P.C.F.; DITTRICH, J.R.; MORAES, A.; SILVA, S. C.; MONTEIRO, A.L.G. Padrões de Deslocamento e Procura por Forragem de Novilhas Leiteiras

em Pastagem de Capim Mombaça. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 6, p. 2253-2259, 2006.

PALHANO, A.L.; CARVALHO, P.C.F.; DITTRICH, J.R.; MORAES, A.; SILVA, S. C.; MONTEIRO, A. L. Características do processo de ingestão de forragem por novilhas holandesas em pastagem de capim mombaça. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 4, p. 1014-1021, 2007.

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**, Brasília, v.42, n.2, p.281-287, 2007.

PERI, P.L., LUCAS, R.J., MOOT, D.J. Dry matter production, morphology and nutritive value of *Dactylis glomerata* growing under different light regimes. **Agroforestry Systems**. Dordrecht, v. 70, p. 63–79, 2007.

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. **Grassland and Forage Science**, Hoboken, v. 57, p. 157–170, 2002.

PIRES, M.F.A.; PACIULLO, D.S. Bem-estar animal em sistemas integrados. In: ALVES, F.V.; LAURA, V.A.; ALMEIDA, R.G. **Sistemas Agroflorestais a pecuária sustentável**. Brasília: EMBRAPA. 2015 p. 169-194.

PORFÍRIO- DA- SILVA, V. **Arborização de pastagens: I- procedimentos para introdução de árvores em pastagens convencionais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2006. 8 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 155).

SALTON, J. C; MIELNICZUK, J; BAYER, C; BOENI, M; CONCEIÇÃO, P. C; FABRICIO, A. C; MACEDO, M. C. M.; BROCH, D. L. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 11-21. 2008

SANTOS, P.M.; CRUZ, P.G.; ARAUJO, L.C.; PEZZOPANE, J.C.M.; VALLE, C.B.; PEZZOPANE, C.G. Responde mechanisms of *Brachiaria brizantha* cultivars to water deficit stress. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 42, n. 11, p. 767-773, 2013.

SODER, K.J.; SANDERSON, M.S.; GREGORINI, P.; ORR, R.J.; RUBANO, M.D.; ROOK, A.J. Relationship of bite mass of cattle to sward structure of four temperate grasses in short-term grazing sessions. **Grass and Forage Science**, Hoboken, v. 64, p. 421-431, 2009.

SOLLENBERGER, L.E.; BURNS, J.C. Canopy characteristics, ingestive behavior and herbage intake in cultivated tropical grasslands In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 2001, São Pedro. **Proceedings...** São Pedro: IGC, 2001. p. 321-327.

SOUSA, L.F.; MAURÍCIO, R.M.; MOREIRA, G.R.; GONÇALVES, L.C.; BORGES, I.; PEREIRA, L.G.R. Nutritional evaluation of “*Brachiarão*” grass in association with “*Aroeira*” trees in a silvopastoral system. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 79, p. 189-199, 2010.

SOUTO, S. M.; DIAS, P.F.; VIEIRA, M.S.; DIAS, J.; GALINDO da SILVA, L.L.G. Comportamento de plantas de *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés submetidas ao sombreamento. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 40, n. 2, p. 279-286, 2009.

SOUZA, W. DE; BARBOSA, R.R.; MARQUES, J.A.; GASPARINO, E.; CECATO, U.; BARBERO, L.M., 2010. Behavior of beef cattle in silvipastoral systems with eucalyptus, **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.39, n.3, p.677-684, 2010.

STUTH, J. Foraging behavior. In: HEITSCHMIDT, R.K.; STUTH, J. (Ed.) **Grazing management: an ecological perspective**. [s.l.] 1991, p.85-108.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Arned, 2013. 719 p.

TRINDADE, J.K.; DA SILVA, S.C.; SOUZA JUNIOR, S.J.; GIACOMINI, A.A.; ZEFERINO, C.V.; CARVALHO, P.C.F. Composição morfológica da forragem consumida por bovinos de corte durante o rebaixamento do capim-marandu submetido a estratégias de pastejo rotativo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, p. 883-890, 2007.

VALLE, C. B.; EUCLIDES, V. P. B.; VALÉRIO, J. R.; MACEDO, M. C. M.; FERNANDES, C. D.; DIAS-FILHO, M. B. *Brachiaria brizantha* cv. Piatã: uma forrageira para diversificação de pastagens tropicais. **Seed News**, Pelotas, v. 11, n. 2, p. 28-30, 2007.

VAN ARENDONK, J.J.C.M.; POORTER, H. The chemical composition and anatomical structure of leaves of grass species differing in relative growth rate. **Plant, Cell and Environment**, Amsterdam, v.17, p.963-970, 1994.

VARELLA, A. C.; SILVA, V. P.; RIBASKI, J.; SOARES, A. B.; MORAES, A. B.; MORAIS, H.; SAIBRO, J. C.; BARRO, R. S. Estabelecimento de plantas forrageiras em sistemas de integração floresta-pecuária no Sul do Brasil. In: FONTANELI, R.S.; SANTOS, H.P. FONTANELLI, R.S. **Forrageiras para integração lavoura-pecuária-floresta na região sul-brasileira**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009. p. 283-328.

VARELLA, A.C.; PERI, O.L.; LUCAS, R.J.; MOOT, D.J.; McNEIL, D.L. Dry matter production and nutritive value of alfalfa (*Medicago sativa* L.) and orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) under different light regimes, In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001, São Pedro, Sp. **Anais...** São Pedro, SP: FEALQ, 001. P. 658-659.

VILELA, L.; MARTHA-JUNIOR, G.B.; NARCHÃO, R.L.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; BARIONI, L.G.; BARCELLOS, A.O. Integração lavoura-pecuária. In: FALEIRO, F.G.; FARIAS NETO, A. L. **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. p. 931-962.

WRUCK, F.J.; BEHLING, M.; ANTONIO, D.B. Sistemas integrados em Mato Grosso e Goiás. In: ALVES, F.V.; LAURA, V.A.; ALMEIDA, R.G. **Sistemas Agroflorestais a pecuária sustentável**. Brasília: EMBRAPA. 2015 p. 169-194.

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

YAGLOU, C.P.; MINARD, D. Control of heat casualties at military training centers. **Archives of Industrial Health**, Chicago, v.16, p.302-5, 1957.

YOUNG, A. **Agroforestry for soil conservation**. Nairobi: ICRAF, 1991. 176 p.

3 ESTRUTURA DO DOSEL FORRAGEIRO E TAXA DE CONSUMO EM *BRACHIARIA BRIZANTHA* CV. PIATÃ CULTIVADA EM ÁREA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA- FLORESTA (ILPF)

Resumo

Em sistemas agrossilvipastoris, as gramíneas forrageiras normalmente passam por algumas mudanças morfológicas e estruturais como forma de compensar parcialmente a redução de crescimento sob condições limitantes de luz. Esses ajustes resultam em modificação da composição e da disposição dos componentes morfológicos ao longo do perfil vertical do dossel forrageiro, os quais podem causar mudanças no comportamento ingestivo e no consumo de forragem dos animais. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de níveis de sombra gerados por meio de arranjo e densidade de plantio de árvores sobre a estrutura do dossel forrageiro do capim-piatã cultivado em área de integração-lavoura-pecuária-floresta e seus reflexos sobre o processo de ingestão de forragem de novilhas leiteiras, de dezembro de 2013 a julho de 2014. O estudo foi desenvolvido por meio de três experimentos realizados de forma concomitante para avaliar três regimes de luz: 1) cultivo do capim-piatã à pleno sol (PS); 2) sombreamento gerado por meio de fileiras duplas de Eucalipto nas bordas dos piquetes (S1) e 3) sombreamento gerado por meio de quatro renques de fileiras triplas de Eucalipto dispostas de forma alternada com porções de pasto (S2). O manejo do pastejo foi comum para todos os regimes de sombra e baseado nas metas pré- e pós-pastejo de 95% de interceptação de luz e 50% da altura de entrada nos pastos, respectivamente. O período experimental foi dividido em três épocas de avaliação em função do índice pluviométrico registrado. O regime de sombra S2 foi manejado utilizando-se dois métodos de tomada de leitura de referência da luz incidente: leitura dentro (sob a copa das árvores) e fora (ausência de árvores) da área experimental. De maneira geral, o regime de sombra S2 apresentou as maiores alturas de dossel forrageiro e elevada porcentagem de colmos na massa de forragem associados com menores valores de massa de forragem, tanto em pré- como em pós-pastejo. Essas modificações estruturais resultaram em menores valores de massa de bocado e de taxas de consumo de forragem tanto no início quanto no final do rebaixamento dos pastos sob o regime S2, exceto durante a última época de avaliação (outono). O maior nível de sombreamento influenciou ainda a concentração de proteína bruta na forragem consumida, sendo que maiores valores registrados para o regime S2 relativamente a PS e S1. No entanto, não foram registradas diferenças entre regimes de sombra com relação à porcentagem de fibra em detergente neutro e ácido. A digestibilidade da matéria seca variou somente com as épocas de avaliação, com menores valores registrados no final do período experimental (outono). A estrutura de dossel forrageiro que resultou em maior taxa de consumo foi aquela em que houve maior porcentagem de folhas e menor porcentagem de colmos na massa de forragem dos pastos, características associadas à condição de pleno solo ou de nível reduzido de sombra (regimes PS e S1, respectivamente).

Palavras-chave: Sistemas integrados; Capim-piatã; Interceptação luminosa; Consumo de forragem; Valor nutritivo

Abstract

In agrisilvipastoral systems, forage grasses usually undergo some morphological and structural changes as a means of partially compensating the reduction in growth due to limiting light conditions. These changes result in modification of the morphological composition and vertical distribution of the components along the vertical profile of the sward, which may interfere with the ingestive behaviour and herbage intake of the grazing animals. The objective of this study was to evaluate the effect of shading levels on sward structure of *Brachiaria brizantha* cv. Piatã [(Hochst. ex A. Rich.) Stapf. syn. *Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã (Hochst. ex A. Rich.) R.D. Webster] cultivated in a crop-livestock-forest integration area and its consequences to the ingestive behaviour of dairy heifers, from December 2013 to July 2014. It comprised three simultaneous experiments to evaluate three shade regimes: (1) Piatã brachiariagrass cultivated in the absence of trees (full natural light; PS); (2) shade produced by a double row of *Eucalyptus* trees on the edges of the paddocks (S1); and (3) shade produced by four triple rows of *Eucalyptus* with pasture in between them (S2). Grazing management was common to all shade regimes and based on the pre- and post-grazing targets of 95% canopy light interception and 50% of the pre-grazing height, respectively. For the S2 regime canopy light interception was measured in two different ways: reference readings of the incident light taken inside (under the tree canopy) and outside (full sunlight) the experimental area. Greater values of sward height and percentage of stem in the herbage mass were associated with smaller values of herbage mass at both pre- and post-grazing conditions. These changes in sward structure resulted in smaller values of bite mass and rate of herbage intake at the beginning and end of paddock grazing for S2 relative to PS and S1, except during the last evaluation period (autumn). More intense shading resulted in higher crude protein percentage in the consumed herbage, with larger values recorded to S2 relative to PS and S1. However, there was no difference in percentage of neutral and acid detergent fiber between shade regimes, with dry matter digestibility varying only with evaluation period (lower values recorded during autumn). The sward structure that resulted in higher rates of herbage intake was characterized by higher percentage of leaves and lower percentage of stem in the herbage mass, characteristics that were associated with the full sunlight or low level of shading (PS and S1 regimes, respectively).

Keywords: Integrated systems; Piatã grass; Light interception; Herbage intake; Nutritive value

3.1 Introdução

O uso de sistemas agrossilvipastoris tem se destacado nos últimos anos, surgindo como uma alternativa racional e sustentável para otimizar o uso do solo. Nesse sistema é possível integrar as atividades de lavoura, pecuária e floresta de maneira simultânea ou segundo uma sequência temporal (YOUNG, 1991), diversificando e aumentando o rendimento econômico da área. Entretanto, quando se considera a produção de forragem na pastagem, a alteração do ambiente luminoso, tanto em quantidade como em qualidade de luz

promovida pela presença do componente arbóreo, pode se tornar uma limitação para a produção animal. De maneira geral, as gramíneas forrageiras apresentam certo grau de tolerância ao sombreamento e são capazes de promover ajustes fenotípicos como forma de compensar parcialmente a redução de crescimento sob estresse de luz (DIAS-FILHO, 2000). Contudo, a magnitude dessas respostas varia entre espécies (CARVALHO et al., 1995) e, principalmente, com o nível de sombreamento imposto. Por esse motivo, a produção de forragem em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) só é viável quando as árvores são dispostas de forma que a entrada de luz no sub-bosque é favorecida e a gramínea cultivada seja tolerante ao sombreamento.

O principal objetivo das adaptações morfológicas desencadeadas pelas plantas cultivadas sob restrição de luz é evitar a sombra e melhorar a distribuição da radiação solar ao longo do perfil vertical do dossel forrageiro (GOMIDE et al., 2007), maximizando a captação de luz (LAMBERS et al., 1998). Dentre as principais pode-se destacar o aumento da relação parte aérea:raiz; o alongamento de colmos, pecíolos e entrenós; a redução de ramificações e do perfilhamento; a redução do número de folhas por perfilho; o aumento da área foliar específica assim como alterações na relação folha:colmo e no ângulo foliar (PACIULLO et al., 2008; MARTUSCELO et al., 2009; PACIULLO et al., 2011). Essas respostas adaptativas resultam em modificação da composição e da disposição dos componentes morfológicos ao longo do perfil vertical do dossel forrageiro, alterando sua estrutura e, possivelmente, o comportamento ingestivo de animais em pastejo.

A estrutura do dossel forrageiro interfere diretamente no processo de pastejo ao mesmo tempo em que é condicionada por ele (PERI et al., 2001; CARVALHO et al., 2009; FONSECA et al., 2012), sendo responsável, portanto, pela ingestão diária de nutrientes (CARVALHO et al., 2001). Fatores como densidade volumétrica da forragem, relação folha:colmo, altura do dossel forrageiro, densidade populacional de perfilhos e composição morfológica da massa de forragem podem determinar o tempo gasto pelos animais na atividade de pastejo, afetando a ingestão de nutrientes por interferir sobre o comportamento ingestivo e o processo de digestão da forragem consumida (SOLLENBERGER e BURNS, 2001).

Dentro de sistemas ILPF pouco se conhece como as alterações morfológicas das plantas e da estrutura do dossel forrageiro causadas pelo sombreamento influenciam o comportamento ingestivo dos animais. O estiolamento, resposta típica de plantas submetidas a ambientes sombreados, pode afetar negativamente o padrão ingestivo de animais em pastejo (CASTRO et al., 2009; CARVALHO et al., 2009) e, conseqüentemente, reduzir a taxa de

consumo de forragem (PERI et al., 2001; BENVENUTTI et al., 2009). Nesse sentido, a construção de estruturas de pasto que favoreçam elevada ingestão de forragem possui impacto potencial e expressivo sobre a produtividade animal e deve ser considerada como meta norteadora na avaliação de estratégias de manejo de pastagens cultivadas nesse tipo de sistema de produção.

Com base no exposto, objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de níveis de sombra criados por meio de arranjo e densidade de plantio de árvores sobre a estrutura vertical do capim-piatã em área de integração-lavoura-pecuária e seus reflexos sobre o processo de ingestão de forragem de animais em pastejo.

3.2 Material e Métodos

3.2.1 Caracterização da área experimental

O estudo foi realizado em área pertencente à Embrapa Agrossilvipastoril, em Sinop, MT, Brasil (latitude 11° 51' Sul, longitude 55° 35' Oeste e 384 m de altitude). A área experimental possui 10 ha e encontra-se assentada sobre um latossolo vermelho-amarelo de relevo plano. O clima da região, segundo classificação de Köppen, é do tipo Aw, tropical com estações definidas de chuva (setembro a abril) e de seca (maio a agosto) e precipitação média anual de 1815 mm. Os dados climatológicos foram coletados na estação meteorológica da Embrapa Agrossilvipastoril, e são apresentados na Figura 1 juntamente com os valores históricos obtidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para os últimos 30 anos.

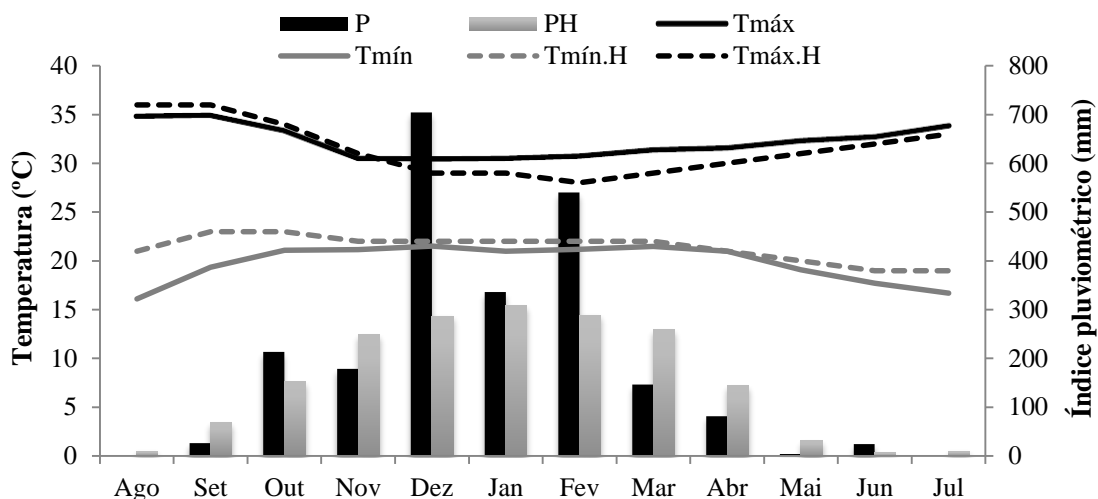


Figura 1 - Índice pluviométrico (mm) e temperaturas máximas e mínimas de agosto de 2013 a junho de 2014 (P, Tmín e Tmáx, respectivamente) e histórica (PH, Tmín.H e Tmáx.H dos últimos 30 anos, respectivamente) para a região de Sinop-MT

O solo foi classificado como argiloso, apresentando 283 g kg^{-1} de areia, 123 g kg^{-1} de silte e 594 g kg^{-1} de argila. Após correção e adubação, realizadas previamente à implantação do sistema, a análise de solo apresentou os seguintes valores: pH (água) = 5,8; MO = $29,5 \text{ g dm}^{-3}$; $P_{\text{(Mehlich)}} = 14,3 \text{ mg dm}^{-3}$; $K_{\text{(Mehlich)}} = 71,5 \text{ mg dm}^{-3}$; Ca = $2,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Mg = $0,7 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Al = $0,2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; S = $3,3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; V = 51%.

A área experimental foi estabelecida em 2010 com a implantação de Eucalipto (*Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* clone H13) no sentido Leste-Oeste para a definição de três regimes de sombra: (1) ausência total de árvores (pleno sol - PS); (2) presença de árvores em linhas duplas localizadas nas bordas laterais da área (espaçamento entre árvores de 2 m na linha e 3 m entre linhas - S1); (3) linhas triplas de árvores nas laterais e também no interior da área (espaçamento de 2 m na linha e 3 m entre linhas - S2). Nos dois primeiros anos após o plantio do Eucalipto a área entre renques de árvores foi cultivada com milho e, em janeiro de 2012, foi semeada a *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) cv. Piatã, juntamente com a lavoura de milho, para formação da pastagem. O milho foi colhido para ensilagem em abril de 2012 e a pastagem completou seu estabelecimento. De novembro de 2012 a novembro de 2013 os pastos foram manejados da forma análoga à que seriam utilizados no experimento como forma de assegurar sua adaptação ao regime de desfolhação planejado. Em dezembro de 2013, no início do experimento, os renques de eucalipto apresentavam altura média de 16 m.

3.2.2 Arranjo do experimento com o capim-piatã e controle experimental

As avaliações foram realizadas de dezembro de 2013 a junho de 2014. A área total disponível entre os renques de árvores para lavoura/pasto possuía tamanhos iguais em todos os regimes de sombra. Contudo, em função da presença e do arranjo das árvores nos regimes S1 e S2, o *layout* da área foi diferente. Além dos espaços entre as linhas de árvores, não foram consideradas para o cálculo da área disponível para lavoura/pasto as margens da espécie arbórea (1,5 m de cada lado da linha de árvores), resultando em faixas de 49 m de largura para o regime PS; 59 m de largura total e 49 m de largura útil entre os renques laterais para o regime S1 (densidade de 338 árvores/ha e 89% de área útil para plantio); e 84 m de largura total e 49 m de largura útil entre renques de árvores para o regime S2 (4 renques de 6 m de largura somada a área periférica de cada renque de 1,5 m - densidade de 714 árvores/ha e 57% de área útil para plantio). Cada área foi dividida em 10 piquetes, os quais foram utilizados para manter os grupos de animais em cada um dos regimes de sombra durante todo o período experimental (Figura 2).

O pasto foi adubado com 100 kg/ha de nitrogênio na forma de ureia divididos em três aplicações: dezembro de 2013, janeiro e março de 2014. O manejo dos pastos foi comum para todos os regimes de sombra avaliados e realizado por meio do método de pastejo rotativo utilizando como meta de entrada dos animais nos piquetes a condição de 95% de interceptação da luz incidente (IL) e como meta de saída altura de resíduo não inferior a 50% da altura de entrada (Carvalho et al., 2009; Fonseca et al., 2012). O pastejo foi realizado por novilhas cruzadas das raças Gir e Holandês Preto e Branco.

O monitoramento da interceptação luminosa foi realizado de duas maneiras: (1) tomando-se a leitura de referência da luz incidente sobre o dossel forrageiro do pasto (dentro da área de pastagem e abaixo do dossel das árvores) para todos os regimes de sombra (leitura “dentro” das faixas úteis), e (2) tomando-se a leitura de referência da luz incidente acima do dossel das árvores (leitura “fora” das faixas úteis, em campo aberto), somente no regime S2 (Figura 2). Três piquetes de cada regime de sombra foram utilizados como repetições de campo para as avaliações das respostas da planta forrageira. Dessa forma, foram utilizados três piquetes para os regimes PS, S1, S2-dentro e S2-fora, totalizando 12 piquetes de avaliação (Figura 2).

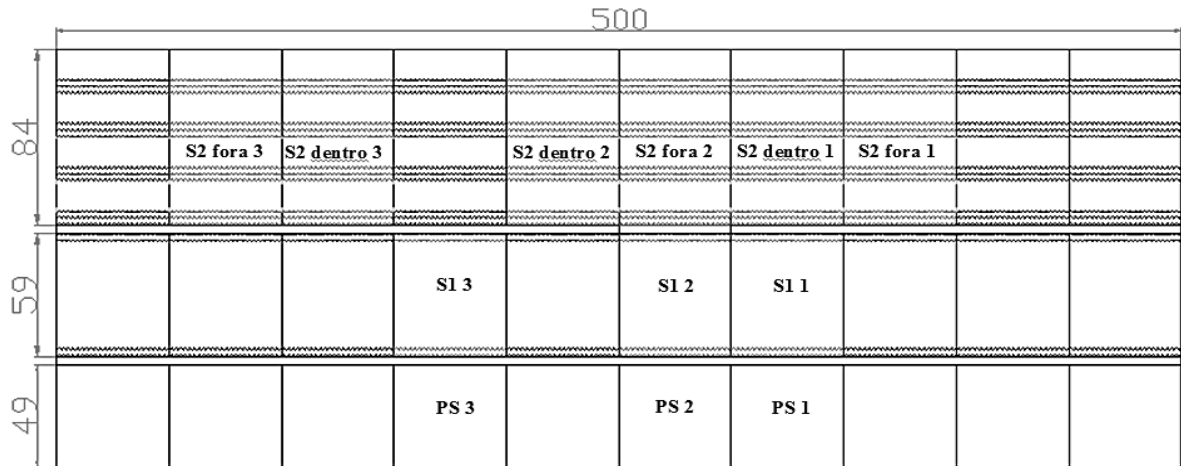


Figura 2 - Croqui da área experimental apresentando os piquetes selecionados para a avaliação de cada um dos regimes de luz (PS, S1 e S2) e para os dois métodos de leitura da interceptação luminosa pelos pastos para o regime S2 (dentro e fora)

3.2.3 Avaliações

O período experimental foi dividido em três épocas de avaliação tomando-se por base a precipitação pluviométrica ocorrida (Figura 1) da seguinte forma: Período 1 – dezembro de 2013, janeiro e fevereiro de 2014; Período 2 - março e abril de 2014; e Período 3 - maio e junho de 2014, que representaram 86, 12 e 2% do volume total de chuvas ocorrido durante o experimento, respectivamente. As amostragens foram realizadas considerando-se como causas de variação os três regimes de sombra (PS, S1 e S2) e os dois métodos de avaliação e monitoramento de IL no regime S2 (dentro e fora).

Devido à grande variação nos valores de IL dentro dos piquetes dos regimes S1 e S2, ocasionada pela presença das árvores, optou-se por estratificar a área amostral em faixas de sombra como forma de caracterizar melhor o ambiente luminoso nos pastos: duas faixas laterais e vizinhas às linhas de árvores (lateral norte e sul), e uma posicionada entre as laterais e com a maior incidência de luz (central). As faixas laterais possuíam 4 m de largura contados a partir da margem de 1,5 m da linha de árvores. Como o regime S1 possuía uma largura útil de 49 m, a soma das duas faixas laterais correspondeu a 8 m, restando 41 m caracterizados como faixa central. Para o regime S2, as faixas laterais totalizaram 8 m, restando uma faixa central de 4 m. Como este regime possuía a largura útil dividida em quatro porções em função das linhas de árvore, foi utilizada, para fins de avaliação e amostragem, somente a porção central, assumindo ser ela a menos influenciada pelas “bordaduras”.

Interceptação de luz pelo dossel forrageiro

As avaliações de interceptação luminosa foram realizadas antes e depois de cada pastejo utilizando-se um ceptômetro analisador de dossel marca LI-COR modelo LAI 2200. Foi adotado um número de leituras que melhor representava a largura das faixas de sombra (centrais e laterais) de cada regime de sombra, tomando-se uma medida de referência (acima do dossel) para cada 10 medidas tomadas no nível do solo (abaixo do dossel). Dessa forma, para o regime PS foram realizadas 40 medições; para o regime S1 foram realizadas 40 medições na faixa central e outras 40 nas faixas laterais; e para o regime S2 foram realizadas 20 medições na faixa central e outras 40 nas faixas laterais. As leituras, por faixa de sombra, foram tomadas de forma casualizada ao longo de uma linha em formato de “W”. No momento da tomada das leituras no nível do solo, o ceptômetro era posicionado no ponto médio da distância entre touceiras. O valor de IL do piquete foi calculado na forma de média ponderada utilizando-se como fator de ponderação a largura de cada faixa de sombra. As avaliações de IL foram realizadas sempre nas primeiras horas da manhã. As leituras de referência, tomadas acima do dossel, foram sempre realizadas no centro dos piquetes e abaixo do dossel arbóreo para o método “dentro”. Para o método “fora”, no regime S2, a leitura de referência era tomada externamente aos piquetes, de forma que não havia interferência do dossel arbóreo sobre a luz incidente.

Altura do dossel

As avaliações de altura do dossel forrageiro foram realizadas utilizando-se bastão graduado em centímetros. As leituras foram realizadas de maneira idêntica àquela utilizada para as avaliações de IL, e com o mesmo número de pontos de amostragem. O valor tomado como leitura em cada ponto de avaliação era o que melhor descrevia a condição do pasto nos 20 a 30 cm no entorno do bastão medidor. Durante o pastejo, medições de altura eram tomadas para garantir que o rebaixamento do dossel não ultrapassasse a meta de 50% da altura de entrada (FONSECA et al., 2012) para a retirada dos animais dos piquetes. Após a saída dos animais, uma última avaliação de altura era feita para determinar a altura pós-pastejo realizada. O cálculo do valor médio de altura para cada piquete foi feito através de média ponderada utilizando-se como fator de ponderação a largura de cada faixa de sombra.

Estrutura vertical do dossel forrageiro

As avaliações de estrutura do dossel forrageiro foram realizadas por meio da determinação da distribuição vertical dos componentes morfológicos da massa de forragem utilizando-se a metodologia do “ponto inclinado” (“*inclined point quadrat*”) (WARREN-WILSON, 1960) nas condições de pré- e de pós-pastejo. A haste do aparelho foi montada com uma inclinação de 32,5° entre seu plano de penetração no interior do dossel e aquele do nível do solo. O equipamento foi posicionado em pontos representativos da condição média dos piquetes no momento da amostragem (avaliação visual de altura e massa de forragem), permitindo a descrição da distribuição vertical dos componentes morfológicos à medida que sua haste graduada era introduzida no interior do dossel e sua ponta tocasse diferentes estruturas, as quais foram classificadas em: folhas (lâminas foliares); colmos (colmos+bainhas); material morto e plantas invasoras (qualquer planta que não capim-piatã). Cada componente tocado foi identificado e a altura de ocorrência registrada a partir da leitura da haste graduada do aparelho. Após cada toque, o componente tocado era então cuidadosamente retirado da ponta da haste do aparelho e o deslocamento vertical descendente da haste no interior do dossel continuado até que novo toque ocorresse. Esse procedimento foi repetido até que a ponta da haste tocasse o solo, ponto que gerou a última leitura na haste graduada e serviu como valor de referência para o cálculo das alturas efetivas de todos os toques realizados. Um mínimo de 100 toques por piquete foi realizado, o que gerou número variável de estações de leitura para cada tratamento em função das diferentes alturas e massa de forragem em cada piquete. Os resultados foram processados de forma similar para as condições de pré- e de pós-pastejo, somando-se o total de toques registrados em estratos verticais de 5 cm, o que correspondeu a 100%. O número de toques em cada componente morfológico foi transformado em percentual do total de toques ocorridos no estrato e, com base nesses dados, foram gerados gráficos para descrever a estrutura do dossel nas condições de pré- e de pós-pastejo.

Taxa de consumo

As avaliações de taxa e de massa de bocados foram realizadas na fase inicial e final do rebaixamento dos pastos utilizando-se duas novilhas cruzadas das raças Gir e Holandês Preto e Branco canuladas no esôfago com peso corporal médio de 450 kg. As novilhas foram deixadas em jejum por cerca de 6 horas em local próximo do piquete de avaliação antes do início até o final das avaliações para que não houvesse contaminação das amostras de extrusa por material de ruminação, além de induzir os animais a pastejar no momento das avaliações.

Após a colocação do bernal coletor de extrusa as novilhas eram encaminhadas para os piquetes onde permaneciam sob avaliação em turnos de 15 minutos. Durante os turnos de avaliação dois observadores treinados, munidos de cronômetros e contadores manuais, realizaram as avaliações registrando o tempo necessário para cada animal realizar 20 bocados. Ao final de cada turno, as novilhas eram retiradas dos piquetes e colocadas em brete de contenção para a coleta da extrusa, a qual seguia imediatamente para laboratório para determinação do peso fresco. Após pesagem, a amostra foi sub-dividida em duas sub-amostras; uma destinada à secagem em estufa de circulação forçada de ar a 55 °C até peso constante para a determinação do teor de matéria seca, e outra acondicionada em saco plástico e congelada em freezer (-18°C) para posterior determinação da composição morfológica e química. Durante cada turno de avaliação foi realizado o maior número possível de registros do tempo necessário para realização de 20 bocados. Os dados foram utilizados para o cálculo da taxa de bocados (n° bocados min^{-1}) (HODGSON, 1982). O produto entre a taxa de bocados e a duração do turno de avaliação resultou no número de bocados realizados. A massa do bocado (MB), expressa em g MS bocado⁻¹, foi determinada pela equação: $\text{MB} = (\text{g de extrusa}) / (n^{\circ} \text{ bocados } \text{min}^{-1} * \text{duração do teste})$. A taxa de consumo, expressa em g min^{-1} , foi calculada por meio do produto entre massa do bocado (g MS bocado⁻¹) e taxa de bocados dos animais (n° bocados min^{-1}).

Composição morfológica da extrusa

Para as avaliações de composição morfológica as amostras de extrusa foram descongeladas e envoltas em um pano de algodão limpo antes de serem submetidas a lavagem em água corrente por 1 a 2 minutos com o objetivo de retirar o excesso de saliva e facilitar posterior visualização dos fragmentos botânicos e morfológicos (TRINDADE et al., 2007). Encerrada a lavagem, as amostras foram homogeneizadas e delas retiradas alíquotas (entre 10 a 20 g), as quais foram espalhadas sobre bandeja de vidro. No fundo da bandeja encontrava-se reproduzida uma grade quadriculada por meio de pintura com caneta tipo marcador permanente e auxílio de régua, com quadriculas de 1 cm^2 cada. Com a alíquota de cada amostra sobre a bandeja quadriculada, adicionou-se um filme de água (aproximadamente 100 ml) seguido de agitação, no plano horizontal da bandeja, para espalhar os fragmentos. Sobre 100 vértices previamente demarcados (aleatorização) foram coletados todos os fragmentos presentes com auxílio de pinça cirúrgica, os quais, em seguida, foram acondicionados em bandejas plásticas devidamente identificadas para cada fragmento coletado. Após esse

processo os fragmentos foram identificados com o auxílio de lupa óptica (10x), quando necessário, em folhas (lâminas foliares), colmos (colmos + bainhas) e material morto, e sua proporção na amostra expressa como percentual do número de vértices amostrados.

Composição química da forragem no estrato de pastejo

A composição química da forragem foi avaliada em amostras de forragem coletadas de forma casualizada em pré-pastejo a partir da massa de forragem localizada acima da altura de resíduo do último ciclo de pastejo antes da amostragem (estrato pastejável). As amostras foram encaminhadas para laboratório, onde foram homogeneizadas e uma sub-amostra foi colocada para secar em estufa de circulação forçada a 55°C até peso constante. Após secagem o material foi moído em moinho tipo “Wiley” com peneira de 1 mm. As análises químicas foram realizadas em duplicatas para os seguintes componentes: fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) pelo método de VAN SOEST et al. (1991); digestibilidade “*in vitro*” da matéria seca (DIVMS) utilizando-se o fermentador artificial de rúmen DAISY^{II} da ANKOM[®] Technology Corporation (MABJEESH, COHEN e ARIELL 2000); e nitrogênio total determinado por combustão via seca da amostra a 1400 °C utilizando-se o sistema Leco FP 528 (LECO CORPORATION, St. JOSEPH, MI, EUA). Os teores de proteína bruta foram estimados multiplicando-se os teores de N total por 6,25.

3.2.4 Análise dos dados

A análise dos dados foi realizada utilizando-se a técnica de análise de experimentos combinados (Moore & Dixon, 2015), em que cada regime de sombra foi considerado como um experimento independente. Dessa forma, o número de repetições correspondeu ao número de piquetes de amostragem (três) e as causas de variação estudadas foram: regime de sombra (PS, S1 e S2), método de avaliação de IL (dentro e fora) e período de avaliação (1, 2 e 3). A avaliação de cada uma das causas de variação foi feita combinando-se experimentos, utilizando os pontos e características comuns entre eles. Dessa forma, os efeitos de regime de luz e de período de avaliação, foram avaliados utilizando-se os dados dos três regimes de luz (experimentos). O efeito de método de avaliação de IL foi avaliado somente sob o regime de luz S2.

A análise estatística foi realizada utilizando-se o PROC MIXED do pacote estatístico SAS, com medidas repetidas e usando a metodologia REML (máxima verossimilhança

restrita). Os efeitos de piquete (unidade experimental) foram considerados aleatórios juntamente com o erro experimental. Todas as demais causas de variação e suas interações foram consideradas como efeitos fixos.

O modelo matemático utilizado foi o seguinte:

$$y_{ijklm} = \mu + S_i + M_{(ij)k} + \omega_{(ijk)m} + P_{(ijk)l} + SP_{(ijk)l} + MP_{(ijk)l} + \varepsilon_{(ijkl)m}$$

Onde:

- y_{ijklm} é a resposta medida/mensurada;
- μ , S_i , e $M_{(ij)k}$ são os parâmetros fixos, associados respectivamente à média geral, ao fator regime de sol ($i=1, 2, 3$) e ao fator método de avaliação de IL ($k=1,2$);
- $\omega_{(ijk)m}$ é o erro aleatório associado ao piquete $\omega_{(ijk)m} \sim N(0; \sigma_w^2)$
- $P_{(ijk)l}$, $SP_{(ijk)l}$ e $MP_{(ijk)l}$ são os parâmetros fixos, associados ao fator período de avaliação ($l=1,2,3$) e à interação entre regime de sol * período de avaliação e método de avaliação de IL * período de avaliação, respectivamente;
- ε_{ijklm} é o efeito aleatório do erro experimental, $\varepsilon_{ijklm} \sim NID(0; \sigma_e^2)$

Foi averiguada a presença de heteroscedasticidade de variâncias entre os experimentos para cada variável estudada. Na presença de variâncias heterogêneas estas foram consideradas, mas, quando possível, foram agrupadas sob variâncias homogêneas. Além disto, devido à condição de medidas repetidas, foi identificada a melhor estrutura de covariância para cada variável estudada sendo aceita aquela com menor valor de BIC (critério bayesiano de Schawrz BIC; LITTEL, NATARAJAN e PENDERGAST, 2000). A correção dos graus de liberdade foi feita utilizando-se o método de Kenward e Rogers (1997). As médias dos tratamentos foram obtidas com o comando LSMEANS e as comparações entre elas, quando adequadas, realizadas pelo teste “t” de Student e probabilidade de erro de 5%. Em caso de interações importantes, foram realizados os desdobramentos correspondentes.

3.3 Resultados

3.3.1 Características gerais e controle experimental

Os arranjos das árvores utilizados para gerar os regimes S1 e S2 resultaram em redução de 18,1 e 55,0% da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) em relação ao regime PS, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1 – Transmitância média diária¹ de radiação fotossinteticamente ativa em capim-piatã submetido a regimes de sombra e manejo sob pastejo rotativo em área de ILPF de dezembro de 2013 a julho de 2014

Regime de Sombra	Período de avaliação			Média
	1	2	3	
PS	100	100	100	100
S1	83,1	82,8	79,9	81,9
S2	47,0	49,2	38,8	45,0

¹Transmitância= RFA do regime de luz/RFA em pleno sol

Os valores de interceptação luminosa, altura do dossel forrageiro e massa de forragem pré- e pós-pastejo não foram submetidos a análise de variância, e são apresentados utilizando-se apenas estatística descritiva. Os valores de IL pré-pastejo para todos os regimes de sombra estiveram sempre muito próximos da meta de 95% IL durante todo o período experimental. O aumento do nível de sombreamento resultou em aumento da altura pré-pastejo e redução da massa de forragem em pré- e em pós-pastejo (Tabela 2). De maneira geral, a altura pós-pastejo correspondeu à meta estipulada de manejo e não ultrapassou 50% da altura de entrada.

Tabela 2 - Características estruturais da *Brachiaria brizantha* cv. Piatã submetida a regimes de sombra e manejo sob pastejo rotativo em área de ILPF de dezembro de 2013 a julho de 2014

Período de avaliação	Regime de sombra	IL pré-pastejo (%)	IL pós-pastejo (%)	Altura pré-pastejo (cm)	Altura pós-pastejo (cm)	MF pós-pastejo (kg MS/ha)	MF pré-pastejo (kg MS/ha)
1	PS	95,5 (0,42)	82,7 (0,35)	34,9 (1,95)	20,4 (0,24)	3450 (187)	5300 (313)
	S1	95,2 (0,20)	82,6 (1,01)	37,6 (0,48)	20,2 (0,78)	2900 (102)	4700 (208)
	S2 fora	95,3 (0,20)	87,9 (0,32)	44,6 (0,51)	26,9 (2,19)	1200 (226)	2800 (103)
	S2 dentro	94,6 (0,12)	79,4 (1,55)	54,5 (1,96)	29,1 (1,96)	2200 (357)	3100 (107)
2	PS	95,7 (0,06)	84,6 (0,91)	33,6 (0,68)	21,5 (0,68)	3310 (187)	5300 (287)
	S1	95,5 (0,28)	81,1 (1,83)	33,9 (1,47)	20,8 (0,50)	2900 (195)	4100 (308)
	S2 fora	95,8 (0,10)	89,6 (0,79)	40,7 (0,61)	24,3 (0,68)	1900 (131)	3000 (249)
	S2 dentro	95,3 (0,45)	80,2 (1,58)	50,5 (3,70)	26,2 (3,04)	2200 (179)	3500 (213)
3	PS	94,8 (0,18)	77,2 (3,20)	30,1 (1,33)	23,3 (3,48)	3400 (321)	5600 (621)
	S1	95,1 (0,32)	79,8 (1,85)	32,7 (1,62)	19,8 (1,01)	3200 (609)	4600 (157)
	S2 fora	95,1(0,49)	84,6 (2,75)	43,4 (0,74)	22,8 (0,98)	1900 (366)	2700 (276)
	S2 dentro	94,4 (0,12)	72,8 (1,55)	50,4 (1,96)	27,0 (0,24)	1800 (335)	3150 (113)

PS = Pleno sol; S1 = Sombreamento 1; S2 = sombreamento 2. “Fora” = tomada da leitura de referência para avaliação de IL fora da área experimental (sem a influência das árvores). “Dentro” = tomada da leitura de referência para avaliação de IL dentro da área experimental (sob a copa das árvores). Valores entre parênteses representam o erro padrão da média.

3.3.2 Estrutura vertical do dossel forrageiro

Em pré-pastejo, os regimes PS e S1 resultaram em menores valores de altura do dossel forrageiro relativamente ao regime S2, sendo comum a presença quase que exclusiva de folhas nos estratos superiores até a metade da altura dos pastos, ponto a partir do qual houve aumento contínuo na participação de colmos e de material morto. Esse padrão foi alterado somente durante o terceiro período de avaliação, quando houve considerável presença de material morto no estrato superior do dossel forrageiro (Figuras 3, 4 e 5). Em relação aos métodos de avaliação de IL, maiores valores de altura do dossel forrageiro foram registrados quando as leituras de referência da luz incidente foram tomadas “dentro” da área experimental relativamente àquelas tomadas “fora”, condição que esteve associada também a expressiva participação de colmos no estrato superior do dossel forrageiro.

Em pós-pastejo, houve maior porcentagem de folhas no estrato superior dos pastos submetidos ao regime PS relativamente a S1 e S2, exceto durante o terceiro período de avaliação, quando ocorreu maior presença de material morto. Em relação ao método de avaliação de IL, maiores valores de altura do dossel forrageiro e porcentagem de colmos foram registrados quando as leituras de referência da luz incidente foram tomadas “dentro” da área experimental relativamente àquelas tomadas “fora” (Figuras 3,4 e 5).

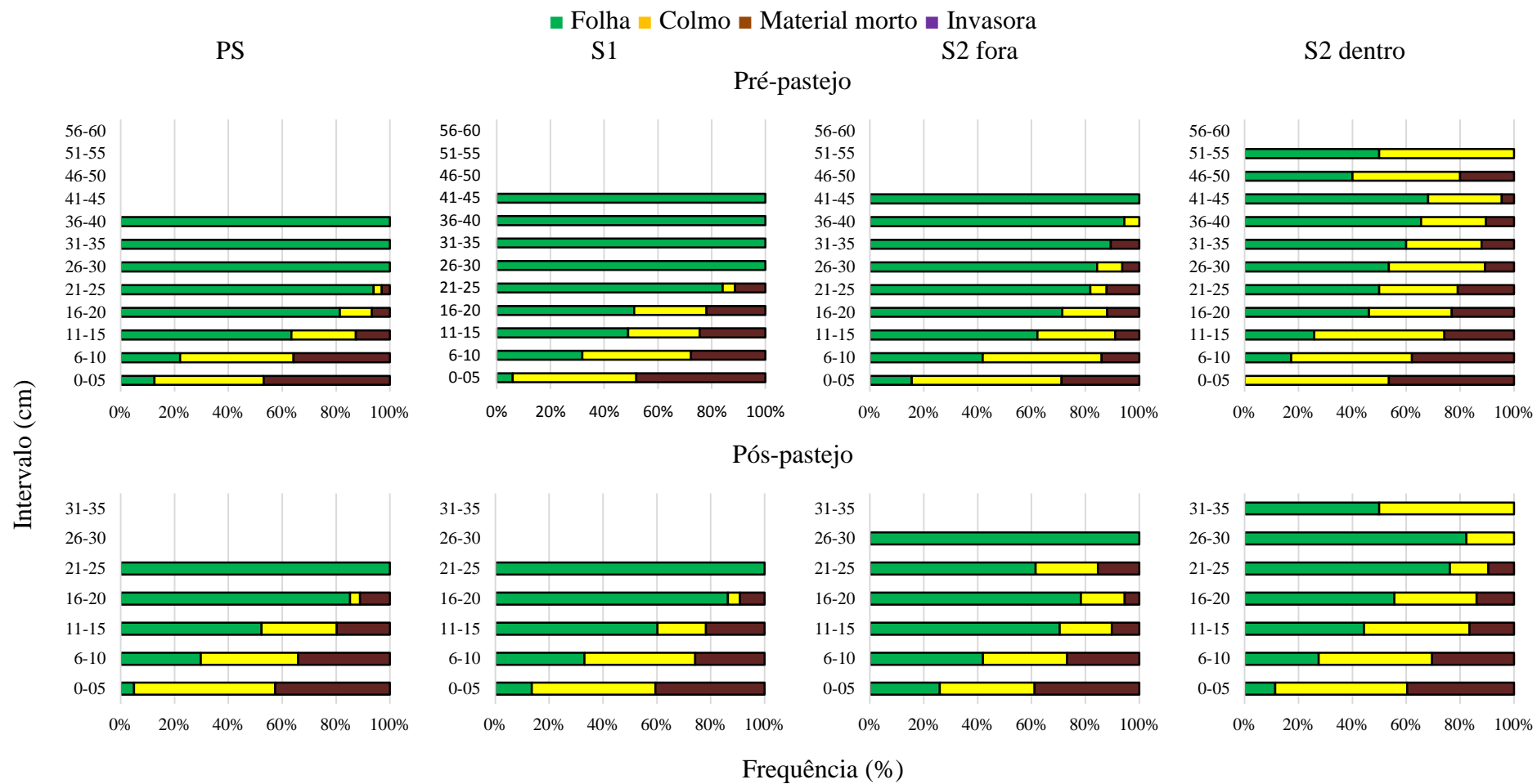


Figura 3 - Estrutura vertical do dossel forrageiro durante o período de avaliação 1

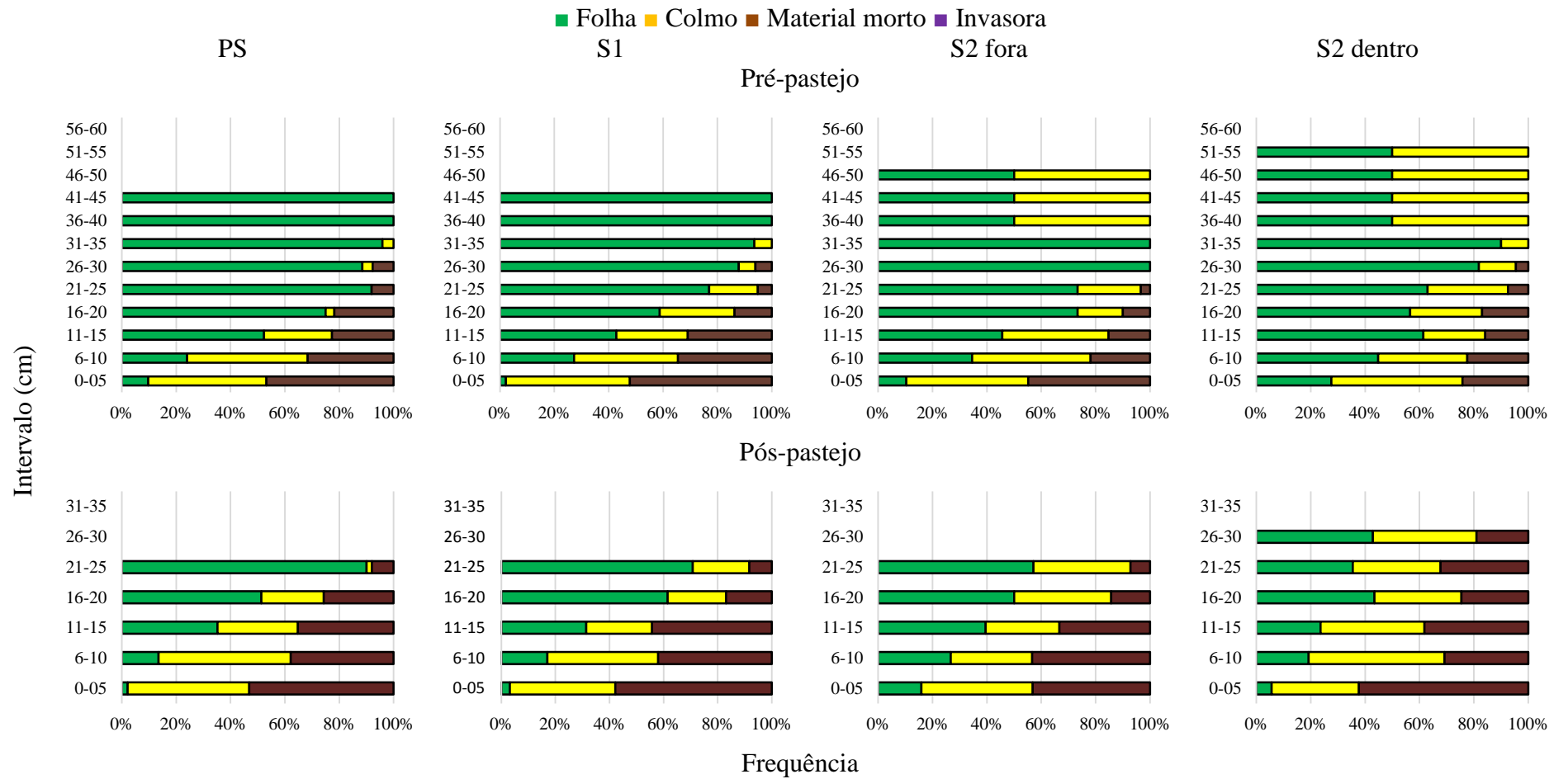


Figura 4- Estrutura vertical do dossel forrageiro durante o período de avaliação 2

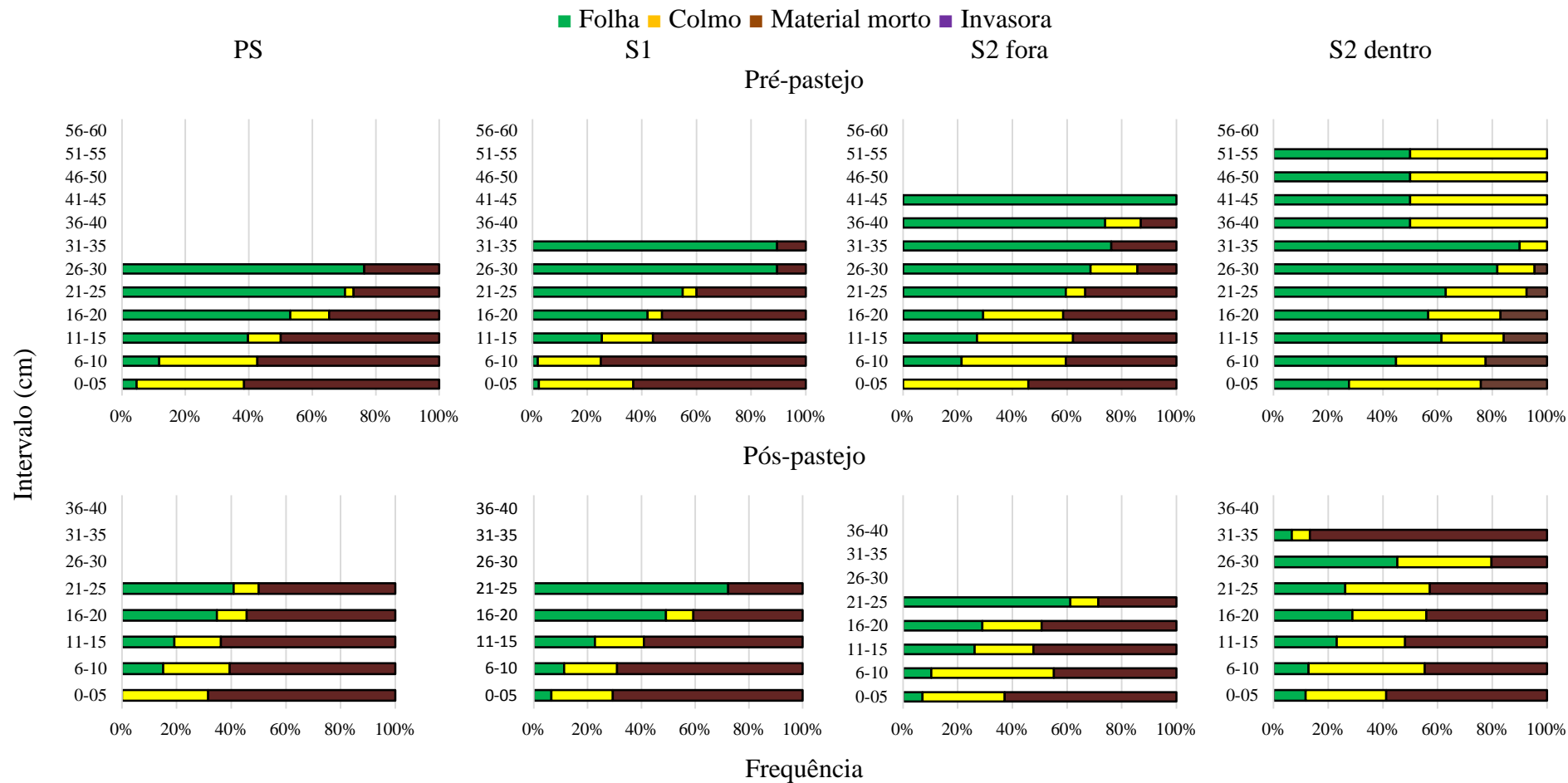


Figura 5- Estrutura vertical do dossel forrageiro durante o período de avaliação 3

3.3.3 Características do processo de consumo de forragem

Aspectos quantitativos: comportamento ingestivo

Na fase inicial do rebaixamento, a taxa de consumo foi influenciada pelo regime de sombra ($P=0,0013$), período de avaliação ($P<0,0001$) e pela interação regime de sombra x período de avaliação ($P= 0,0043$). De forma geral, houve redução da taxa de consumo do período 1 e 2 para o período 3 (Tabela 3). Durante os períodos 1 e 2, menores valores foram registrados para o regime S2 relativamente a PS e S1, sendo que no período 3 não houve diferença entre regimes de sombra. A massa de bocado variou com o regime de sombra ($P=0,0329$), período de avaliação ($P<0,0001$) e com a interação regime de sombra x período de avaliação ($P=0,0012$). Assim como para a taxa de consumo, houve redução da massa do bocado dos períodos 1 e 2 para o período 3. Maiores valores foram registrados para PS e S1 relativamente a S2 durante os períodos 1 e 2, as diferenças desaparecendo durante o período 3. Por outro lado, a taxa de bocados foi influenciada somente pela interação regime de sombra x período de avaliação ($P=0,0338$), com menores valores registrados para os regimes PS e S1 relativamente a S2 somente durante o segundo período de avaliação (Tabela 3).

Na fase final do rebaixamento, a taxa de consumo variou com o regime de sombra ($P=0,0353$), período de avaliação ($P=0,0026$) e com a interação regime de sombra x período de avaliação ($P= 0,0327$). De forma geral, houve redução da taxa de consumo do período 1 e 2 para o período 3. Durante o período 1, menores valores foram registrados para S2 relativamente a PS e S1. No período 2 a diferença entre PS e S2 permaneceu, mas a diferença entre S1 e S2 deixou de existir. No período 3 foi observado resultado inverso àquele do período 1, com menores valores registrados para PS relativamente a S1 e S2 (Tabela 3). A massa de bocado foi influenciada pelo regime de sombra ($P<0,0001$), método de avaliação de IL ($P= 0,0035$), período de avaliação ($P<0,0001$) e pela interação regime de sombra x período de avaliação ($P<0,0001$). De forma geral, houve redução da massa do bocado do período 1 e 2 para o período 3. Durante os períodos 1 e 2, menores valores foram registrados para S2 relativamente a PS e S1. No período 3 esse padrão mudou, com maiores valores registrados para S1, menores para PS e intermediários para S2. Com relação aos métodos de avaliação de IL, menores valores de massa de bocado foram registrados para o método “dentro” ($0,79 \pm 0,01$) relativamente ao método “fora” ($0,83 \pm 0,01$). A taxa de bocados variou apenas em função dos períodos de avaliação ($P=0,0230$), com maiores valores registrados durante o período 1 relativamente aos períodos 2 e 3 (Tabela 3).

Tabela 3 - Taxa de consumo (g min^{-1}), massa de bocado (g bocado^{-1}) e taxa de bocados (bocados min^{-1}) nas fases inicial e final do rebaixamento de *Brachiaria brizantha* cv. Piatã submetida a regimes de sombra e manejo sob pastejo rotativo em área de ILPF de dezembro de 2013 a julho de 2014

Período de avaliação	Taxa de bocados				Massa de bocado				Taxa de consumo			
	Regime de sombra				Regime de sombra				Regime de sombra			
	PS	S1	S2	Média	PS	S1	S2	Média	PS	S1	S2	Média
<u>Fase inicial do rebaixamento</u>												
1	44,9Aa (1,55)	41,0Aa (1,55)	43,7Aa (1,10)	43,6 (0,41)	1,20Aa (0,02)	1,20Aa (0,02)	0,90Ab (0,02)	1,10A (0,02)	53,6Aa (1,31)	49,2Ba (1,31)	42,7Bb (0,92)	48,4A (0,71)
2	42,8Ab (0,79)	42,6Ab (0,79)	45,6Aa (0,56)	43,6 (0,41)	1,20Aa (0,02)	1,20Aa (0,01)	1,00Ab (0,01)	1,10A (0,02)	52,6Aa (1,28)	50,9Aa (1,28)	46,1Ab (0,91)	49,8A (0,71)
3	43,9Aa (0,56)	43,8Aa (0,56)	43,1Aa (0,39)	43,2 (0,29)	1,00Ba (0,03)	1,00Ba (0,03)	0,90Aa (0,02)	1,00B (0,01)	44,3Ba (1,45)	45,9Ba (1,45)	42,7Ba (1,03)	44,3B (0,71)
Média	43,6 (0,69)	42,4 (0,69)	44,1 (0,49)		1,10a (0,02)	1,10a (0,02)	0,90b (0,01)		50,1a (0,89)	47,4a (0,89)	43,8 b (0,63)	
<u>Fase final do rebaixamento</u>												
1	39,0 (1,56)	38,9 (1,56)	41,82 (1,10)	39,9A (0,82)	1,02Aa (0,01)	0,98Ba (0,01)	0,81Ab (0,01)	0,94A (0,09)	40,1Aa (1,36)	38,2Aa (1,36)	34,0Ab (0,96)	37,5A (0,71)
2	37,6 (1,56)	34,36 (1,56)	40,2 (1,10)	37,4B (0,82)	1,01Aa (0,01)	1,04Aa (0,01)	0,83Ab (0,01)	0,96A (0,09)	38,3Aa (1,36)	35,7ABab (1,36)	33,4Ab (0,96)	35,8A (0,71)
3	36,7 (1,82)	37,65 (1,82)	39,7 (1,10)	38,0B (0,3)	0,72Bc (0,01)	0,88Ca (0,02)	0,79Ab (0,01)	0,80B (0,01)	27,4Bb (1,64)	33,2Ba (1,64)	31,6Aa (0,96)	30,4B (0,83)
Média	37,8 (1,27)	36,9 (1,27)	40,56 (0,87)		0,92b (0,01)	0,96a (0,01)	0,81c (0,07)		35,0a (1,00)	35,7a (1,00)	33,0b (0,67)	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas não diferem entre si ($P>0,05$). Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média.

Aspectos qualitativos: composição morfológica da extrusa

Na fase inicial do rebaixamento, a porcentagem de folha variou em função do período de avaliação ($P=0,0003$) e da interação regime de sombra x período de avaliação ($P=0,0057$). De maneira geral, houve redução na porcentagem de folha dos períodos 1 e 2 para o período 3. Durante o período 1, maiores valores foram registrados para PS, menores para S2 e intermediários para S1. No período 2 as diferenças desapareceram, voltando a aparecer durante o período 3 somente entre PS e S2, com maiores valores registrados para S2 relativamente a PS (Tabela 4). A porcentagem de colmo variou com o período de avaliação ($P<0,0001$) e com a interação regime de sombra x período de avaliação ($P=0,0006$). Houve aumento da porcentagem de colmo dos períodos 1 e 2 para o período 3. Durante o período 1, maiores valores foram registrados para S2 relativamente a PS e S1. No período 2 as diferenças desapareceram, voltando a aparecer durante o período 3, com maiores valores para PS e S1 relativamente a S2. A porcentagem de material morto variou com o regime de sombra ($P=0,0009$), período de avaliação ($P<0,0001$) e com a interação regime de sombra x período de avaliação ($P=0,0005$). A porcentagem de material morto aumentou do período 1 ao período 3. Durante o período 1, maiores valores foram registrados para S2 relativamente a PS e S1. No período 2 as diferenças desapareceram, voltando a aparecer durante o período 3, com maiores valores para PS e S1 relativamente a S2.

Na fase final do rebaixamento, a porcentagem de folha na extrusa foi influenciada pelo regime de sombra ($P=0,0109$), período de avaliação ($P<0,0001$) e pela interação regime de sombra x período de avaliação ($P=0,0005$). Houve redução na porcentagem de folha dos períodos 1 e 2 para o período 3. Durante os períodos 1 e 2, maiores valores foram registrados para PS relativamente a S2, com valores intermediários para S1. No período 3 não houve diferença entre regimes de sombra (Tabela 4). A porcentagem de colmo variou apenas com o regime de sombra ($P=0,0043$), com maiores valores registrados para S2 relativamente a PS e S1. A porcentagem de material morto foi influenciada pelo regime de sombra ($P=0,0015$), período de avaliação ($P<0,0001$) e pela interação regime de sombra x período de avaliação ($P<0,0001$). Houve aumento da porcentagem de material morto dos períodos 1 e 2 para o período 3. Durante o período 1 não houve diferença entre regimes de sombra. No período 2 maiores valores foram registrados para S1 e S2 relativamente a PS, diferença que foi revertida no período 3, quando maiores valores foram registrados para PS e S1 relativamente a S2 (Tabela 4).

Tabela 4 - Composição morfológica de amostras de extrusa nas fases inicial e final do rebaixamento de *Brachiaria brizantha* cv. Piatã submetida a regimes de sombra e manejo sob pastejo rotativo em área de ILPF de dezembro de 2013 a julho de 2014

Período de avaliação	% Folha				% Colmo				% Material Morto			
	Regime de sombra				Regime de sombra				Regime de sombra			
	PS	S1	S2	Média	PS	S1	S2	Média	PS	S1	S2	Média
<u>Fase inicial do rebaixamento</u>												
1	96,3Aa (0,39)	94,3Ab (0,39)	89,1Ac (0,77)	93,2A (0,31)	3,5Bb (0,91)	5,5Bb (0,91)	10,0Aa (0,64)	6,3B (0,48)	0,2Bb (0,2)	0,2Bb (0,20)	0,9Aa (0,14)	0,4A (0,10)
2	91,3Ba (1,55)	90,6Aa (1,55)	89,4Aa (0,69)	90,5A (0,76)	7,2Ba (1,21)	8,3Ba (1,21)	9,6Aa (0,86)	8,4B (0,64)	1,5Ba (0,55)	1,00Ba (0,55)	1,0Aa (0,39)	1,2B (0,29)
3	68,3Cb (4,26)	72,8Bab (4,26)	87,3Aa (1,47)	76,2B (2,06)	22,0Aa (2,31)	20,0Aa (2,31)	11,7Ab (1,63)	17,8A (1,21)	9,5Aa (1,11)	7,83Aa (1,14)	1,0Ab (0,78)	6,1C (0,58)
Média	85,3 (1,53)	85,94 (4,53)	88,6 (0,5)		10,9 (0,78)	11,3 (0,78)	10,4 (0,55)		3,72a (0,43)	3,00a (0,43)	0,97b (0,30)	
<u>Fase final do rebaixamento</u>												
1	52,0Aa (2,03)	59,0Aa (2,03)	50,4Ab (1,43)	57,1A (1,07)	33,0 (2,17)	36,2 (2,17)	42,7 (1,47)	37,3 (1,12)	5,0Ba (1,22)	4,8Ba (1,22)	6,8Ba (0,86)	5,5B (0,64)
2	62,7Aa (2,03)	54,0Bb (2,03)	48,6Ac (1,43)	55,0A (1,07)	33,3 (2,17)	38,2 (2,17)	42,6 (1,47)	38,0 (1,12)	4,0Bb (1,50)	7,8Ba (1,22)	8,7Ba (0,86)	6,9B (0,64)
3	45,1Ba (2,42)	42,4Ca (2,42)	47,8Aa (1,43)	45,0B (1,23)	31,6 (2,61)	31,9 (2,61)	41,1 (1,47)	34,8 (1,32)	23,5Aa (1,50)	25,2Aa (1,50)	11,1Ab (0,86)	19,9A (0,76)
Média	56,9a (1,56)	51,8ab (1,56)	48,9b (1,05)		32,6b (1,59)	35,4b (1,59)	42,2a (1,59)		10,8a (0,76)	12,6a (0,76)	8,9b (0,50)	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas não diferem entre si ($P>0,05$). Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média.

Aspectos qualitativos: composição química da forragem no estrato de pastejo

A porcentagem de proteína bruta (PB) variou em função do regime de sombra ($P=0,0061$), período de avaliação ($P=0,0001$) e da interação regime de sombra x período de avaliação ($P=0,0002$). Houve redução na porcentagem de PB dos períodos 1 e 2 para o período 3. Durante o período 1, maiores valores foram registrados para S2 relativamente a PS, com valores intermediários para S1. No período 2 não houve diferença entre regimes de sombra, mas no período 3 maiores valores voltaram a ser registrados para S2 relativamente a PS e S1 (Tabela 5). As porcentagens de FDN e FDA não foram influenciadas por nenhuma das causas de variação avaliadas e a DIVMS variou apenas em função do período de avaliação ($P=0,0089$), com menores valores registrados no período 3 relativamente aos períodos 1 e 2 (Tabela 5).

Tabela 5 - Composição química da forragem no estrato pastejável de *Brachiaria brizantha* cv. Piatã submetida a regimes de sombra e manejo sob pastejo rotativo em área de ILPF de dezembro de 2013 a julho de 2014

Período de avaliação	PB (%)				DIVMS (%)			
	Regime de sombra				Regime de sombra			
	PS	S1	S2	Média	PS	S1	S2	Média
1	8,9Ab (0,51)	10,4Aab (0,51)	11,1Ba (0,40)	10,1A (0,27)	74,7 (2,18)	75,3 (2,18)	75,0 (1,54)	75,0a (1,15)
2	9,6Aa (1,61)	11,1Aa (1,61)	10,7Ba (0,77)	10,5A (0,80)	75,6 (2,18)	75,8 (2,18)	75,9 (1,54)	75,8a (1,15)
3	6,6Bb (0,15)	6,5Bb (0,15)	11,8Aa (0,30)	8,4B (0,12)	67,7 (2,18)	66,7 (2,18)	74,2 (1,54)	69,5b (1,15)
Média	8,4b (0,41)	9,35b (0,41)	11,2a (0,30)		72,6 (0,60)	72,60 (0,60)	75,0 (0,43)	
	FDN (%)				FDA (%)			
1	60,4 (2,14)	59,7 (2,14)	59,0 (1,51)	59,7 (1,13)	30,2 (0,97)	30,0 (0,97)	30,3 (0,69)	30,2 (0,51)
2	65,6 (2,14)	62,8 (2,14)	61,6 (1,51)	63,3 (1,13)	31,6 (0,97)	31,9 (0,97)	30,7 (0,69)	31,7 (0,51)
3	62,6 (2,14)	60,3 (2,14)	60,7 (1,51)	60,9 (1,13)	31,3 (0,97)	29,7 (0,97)	31,1 (0,69)	30,7 (0,51)
Média	62,6 (1,54)	60,95 (1,54)	60,43 (1,09)		31,0 (0,56)	30,8 (0,56)	30,7 (0,56)	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas não diferem entre si ($P>0,05$). Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média.

3.4 Discussão

A quantidade e a qualidade da luz solar que passa através do componente arbóreo em sistemas ILPF são determinadas pelo tipo, densidade e arranjo das árvores, arquitetura da copa, altura das plantas e sua fenologia (PACIULLO et al., 2011; PERI et al., 2007). As folhas das árvores absorvem com maior eficiência os comprimentos de onda correspondentes ao azul e ao vermelho, diminuindo a proporção de radiação fotossinteticamente ativa que chega ao sub-bosque (FELDHAKKE et al., 2005; GARCIA et al., 2011), o que altera o ambiente para a produção da forragem e gera mudanças significativas na morfologia das plantas (LIN et al., 1999; PERI et al., 2006). Neste experimento, as densidades de árvores e espaçamentos entre renques utilizados promoveram redução da ordem de 18 e 55% da RFA incidente sobre o dossel forrageiro para S1 e S2, respectivamente (Tabela 1).

O aumento do nível de sombreamento resultou em aumento da altura pré-pastejo dos pastos (Tabela 2, Figura 3, 4 e 5), com considerável redução na massa de forragem tanto em pré- como em pós-pastejo (Tabela 2). Na condição pré-pastejo, os regimes de sombra PS e S1 apresentaram presença quase que exclusiva de folhas nos estratos superiores até a metade da altura do dossel, ponto a partir do qual ocorreu aumento expressivo e contínuo da participação de colmos e de material morto na massa de forragem dos pastos (Figuras 3 e 4). Já para o terceiro período de avaliação, esses mesmos regimes de sombra apresentaram grande participação de material morto nos estratos superiores (Figura 5), com redução do horizonte de folhas. Esse aumento na proporção de material morto durante o período 3 certamente esteve relacionado com as variações estacionais em precipitação (Figura 1). De maneira geral, o regime de sombra S2 apresentou elevada proporção de colmos nos estratos superiores do dossel na condição pré-pastejo (Figuras 3, 4 e 5), demonstrando que a redução da RFA incidente no regime S2 (Tabela 1) promoveu o estiolamento dos colmos e conseqüentemente aumento da altura dos pastos (Tabela 2; Figuras 3, 4 e 5). O alongamento de colmos em gramíneas sombreadas também foi descrito por outros autores (CASTRO et al., 1999; PACIULLO et al., 2008; GOBBI et al., 2009), e parece ser uma estratégia usada pelas plantas para compensar a redução da luminosidade, uma vez que favorece a elevação das folhas e seu posicionamento em posição mais elevada no dossel forrageiro. Com relação aos métodos de avaliação de IL, na condição pré-pastejo observou-se maior proporção de colmos e maior altura dos pastos para o método “dentro”, provavelmente devido ao maior período de rebrotação (35 dias) quando comparado ao método “fora” (28 dias), o que possibilitou maior tempo para o alongamento dos colmos.

Na condição pós-pastejo, o regime PS apresentou maior proporção de folhas na massa de forragem residual, exceto durante o período 3, quando a proporção de material morto foi expressiva. Esse efeito pode ser atribuído a fatores climáticos (Figura 1) que atuam na morfologia das plantas alterando as relação entre componentes vivo:morto na massa de forragem (FAGUNDES et al., 2006; SOUSA et al., 2010). Com relação aos métodos de avaliação de IL, a distribuição dos componentes morfológicos ao longo do perfil vertical do dossel forrageiro foi reflexo da estrutura do dossel na condição pré-pastejo, sendo que o método “dentro” apresentou maior altura de resíduo e maior proporção de colmos quando comparado ao método “fora” (Figuras 3, 4 e 5). Conforme mencionado acima, essa resposta possivelmente esteve associada ao maior intervalo de descanso registrado para o regime S2 “dentro”. Outros autores também descreveram aumento do alongamento de colmos em situações de período de descanso longos (SILVEIRA et al., 2013; PEREIRA et al., 2015) em sistemas de monocultivo, situação em que a planta forrageira não encontra-se sombreada.

O processo de pastejo e, conseqüentemente, o consumo de forragem, são afetados pela distribuição vertical dos componentes morfológicos da massa de forragem, sendo que a massa de folhas verdes possui relação direta com o consumo de forragem e com a massa do bocado (WADE; CARVALHO, 2000; DRESCHER et al., 2006). De forma contrária, a maior presença de colmos no estrato de pastejo faz com que haja redução na massa do bocado e na taxa de consumo dos animais em pastejo (DRESCHER et al., 2006; CARVALHO et al., 2009), função basicamente de profundidade reduzida do bocado. Dessa forma, a taxa de consumo pode funcionar com um indicador da qualidade do ambiente pastoril fornecido aos animais (DRESCHER et al., 2006; CARVALHO et al., 2009; FONSECA et al., 2012). Os resultados deste experimento indicam que, o regime de sombra S2 apresentou as menores massas de bocado e taxas de consumo durante os dois primeiros períodos de avaliação, tanto na fase inicial quanto na fase final do rebaixamento dos pastos (Tabela 3). Apesar da menor taxa de bocados observada na fase inicial durante o período 2 para os regimes PS e S1 relativamente ao S2 (cerca de 6% de redução), a taxa de consumo foi maior para PS e S1, função de uma massa de bocado 20% maior relativamente a S2 (Tabela 3). Estes resultados demonstram que nestas condições, a massa de bocado foi mais importante que a taxa de bocados na determinação da taxa de consumo, uma vez que praticamente não houve mudanças na taxa de bocados entre os regimes avaliados (Tabela 3).

Conforme mencionado anteriormente, a massa de bocado guarda uma relação positiva com a massa de folhas verdes no extrato pastejado e negativa com a proporção de colmos. Logo, os resultados observados estão relacionado a menor massa de forragem (Tabela 1) e

maior proporção de colmos ao longo do dossel forrageiro para o regime S2 (Figuras 1, 2). O fato de não ter sido registrado maior proporção de colmos na extrusa dos animais em pastejo para este regime durante o segundo período de avaliação está relacionando ao comportamento seletivo dos ruminantes, os quais priorizam o consumo de folhas (BENVENUTTI et al., 2006). Além disso, as diferenças observadas na extrusa, na fase inicial do rebaixamento para o período 1, devem-se a alta incidência de chuvas (Figura 1), que resultou em maior presença de nuvens e contribuiu para redução da incidência de luz ao longo do dia, o que resultou em maior proporção de colmos na extrusa dos animais (Tabela 4). Já na fase final do rebaixamento, foi possível observar o aumento na porcentagem de colmos e redução na porcentagem de folhas nas extrusa dos animais em pastejo (Tabela 4) com o aumento do nível de sombreamento. De maneira geral, à medida que o processo de rebaixamento dos pastos ocorre e os estratos superiores do dossel forrageiro vão sendo removidos, a altura do pasto diminui juntamente com a proporção de lâminas foliares na massa de forragem (CARVALHO et al., 2009). Trabalhos têm demonstrado que a partir do momento em que o rebaixamento atinge os estratos mais baixos e densos do pasto (abaixo de 50% da altura pré-pastejo), ocorre decréscimo na severidade de desfolhação em função da limitação física representada pela maior presença de colmos (BENVENUTTI et al., 2006; DRESCHER et al., 2006; FONSECA et al., 2012). Dessa forma, dosséis que apresentam relação folha:colmo mais alta são capazes de manter ou minimizar a redução em taxa de consumo ao longo do rebaixamento.

As diferenças na taxa de consumo entre os regimes de sombra desapareceram durante o terceiro período de avaliação (Tabela 3) na fase inicial do rebaixamento. Este fato está relacionado com a menor massa de forragem disponível (Tabela 2), maior presença de colmos e material morto e redução na proporção de folhas verdes para os regimes de sombra PS e S1 (figura 5), função da redução da incidência de chuvas registrado durante esse período (Figura 1). Estes resultados refletiram na composição morfológica da extrusa dos animais na fase inicial do rebaixamento (Tabela 4). Já na fase final, as menores taxas de consumo e massa de bocado foram registradas para o regime de sombra PS (Tabela 3), provavelmente em função da redução drástica da proporção de folhas verdes e aumento da proporção de material morto na massa de forragem residual dos pastos (Figura 5), limitando a formação de bocados maiores e mais pesados e forçando os animais a ingerirem maior proporção de material senescido (Tabela 4).

Sabe-se que a presença de folhas relativamente a outros componentes morfológicos é uma condição importante para satisfazer as necessidades nutricionais dos animais (GONTIJO

NETO et al., 2006), nelas são encontradas as maiores concentrações de nutrientes, que por apresentarem rápida digestão possibilitam maior ingestão de forragem e conseqüentemente ganhos em desempenho animal (CARVALHO et al., 2009). Nesse experimento, apenas o teor de PB e a DIVMS do extrato pastejado foram afetadas pelas causas de variação (Tabela 5). Conforme indica a literatura houve aumento no teor de PB com o aumento da intensidade de sombreamento (LIN et al., 2001; KALLENBACH, KERLEY e BISHOP-HURLEY, 2006; PACIULLO et al., 2007; BARUCH e GUENNI, 2007; SOUSA et al., 2010; PACIULLO et al., 2011) provavelmente devido ao microclima gerado pelas árvores, promovendo a rápida degradação da matéria orgânica e ciclagem de nitrogênio no solo (WILSON, 1996), e disponibilização deste N para o capim-piatã. Além disso, plantas sombreadas apresentam parede celular delgada, com células de tamanho reduzido (GOBBI et al., 2011), podendo ocorrer aumento nas concentrações de N nas células. O atraso no desenvolvimento ontogenético também pode contribuir para o aumento no teor de PB, ou seja, as plantas sombreadas tendem a ser mais jovens fisiologicamente (PACIULLO et al., 2011). A redução no teor de PB ao longo dos períodos avaliados (Tabela 5) provavelmente esteve relacionada com o aumento na proporção de material morto no extrato pastejado (Figuras 3,4 e 5).

O fato de não ter sido observadas mudanças nos teores de FDN e FDA entre os regimes de luz pode estar relacionado a meta de manejo imposta (95% de IL). Apesar do aumento na altura do dossel forrageiro e da proporção de colmos para o regime de sombra S2 (Tabela 2, figuras 3, 4 e 5), a meta de manejo do pastejo utilizada (95% IL) foi capaz de evitar o acúmulo das frações fibrosas na parede celular, uma vez que, as variações nos teores de FDN e FDA parecem estar relacionados à interações da porcentagem de sombra com o estágio de maturidade da planta (LIN et al., 2001; PACIULLO et al., 2011). Esse efeito provavelmente influenciou os resultados obtidos para DIVMS (Tabela 5), uma vez que houve diferença apenas entre os períodos, com menor valor registrado durante o terceiro período de avaliação (Tabela 5), função da maior proporção de material morto observada para esse período (Figura 5).

Com relação aos métodos de avaliação de IL, as variações se resumiram em maior massa de bocado para o método “fora” relativamente ao método “dentro” apenas na fase final do rebaixamento. O fato foi provavelmente devido ao maior comprimento dos colmos registrado para o regime S2 “dentro” (Tabela 2, Figuras 3, 4 e 5), resultado do maior intervalo de pastejo. A maior presença de colmos mais longos deve ter dificultado a apreensão de forragem pelos animais, resultando em menor massa de bocado.

Esses resultados demonstram a importância do dimensionamento do dossel arbóreo dentro de sistemas agrossilvipastoris, para que a entrada de luz no sub-bosque não seja afetada de forma severa, e possa garantir estruturas de dossel forrageiro capazes de promover elevada produção, utilização e consumo da forragem produzida, garantindo dessa forma elevado desempenho e produtividade animal por área.

3.5 Conclusão

O sombreamento proporcionado pelos renques de eucalipto no regime de sombra S2 influenciaram de maneira direta a proporção de componentes morfológicos ao longo do perfil vertical do dossel forrageiro e conseqüentemente a massa do bocado e taxa de consumo animal. A massa do bocado foi a resposta mais sensível às variações em estrutura.

As estruturas de dossel que favoreceram maiores taxas de consumo ao longo do rebaixamento dos pastos e conseqüentemente maior ingestão de nutrientes, devido a maior participação de folhas e baixa participação de colmos foram os regimes de sombra PS e S1.

Referências

- ALLARD, G.; NELSON, C.J.; PALLARDY, S.G. Shade effects on growth of tall fescue: I. leaf anatomy and dry matter partitioning. **Crop Science**, Madison, v. 31, p. 163-167, 1991.
- BARUCH, Z.; GUENNI, O. Irradiance and defoliation effects in three species of the forage grass *Brachiaria*. **Tropical Grasslands**, St Lucia, v. 41, p. 269-276, 2007.
- BENVENUTTI, M.A.; GORDON, I.J.; POPPI, D.P. The effects of the density and physical properties of grass stems on the foraging behaviour and instantaneous intake rate by cattle grazing an artificial reproductive tropical sward. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 61, p. 272 - 281, 2006.
- CARVALHO, M.M.; FREITAS, V.P.; ANDRADE, A.C. Crescimento inicial de cinco gramíneas tropicais em um sub-bosque de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* Beth.). **Pasturas Tropicais**, Managua, v. 17, n. 1, p. 24-30, 1995.
- CARVALHO, P.C.F.; RIBEIRO FILHO, H.M.N.; POLI, C.H.E.C. MORAES, A.; DELAGARDE, R. Importância da estrutura da pastagem na ingestão e seleção de dietas pelo animal em pastejo. In: PEDREIRA, C.G.S.; DA SILVA, SC. (Ed.). **A produção animal na visão dos brasileiros**. Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 853-871.

CARVALHO, P.C.F.; TRINDADE, J.K.; Da SILVA, S.C.; BREMM, C.; MEZZALIRA, J.C.; NABINGER, C.; AMARAL, M.F.; CARASSAI, I.J.; MARTINS, R.S.; GENRO, T.C.M.; GONÇALVES, E.N.; AMARAL, G.A.; GONDA, H.L.; POLI, C.H.E.C.; SANTOS, D.T. Consumo de forragem por animais em pastejo: analogias e simulações em pastoreio rotativo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM – INTENSIFICAÇÃO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTO, 2009. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2009. p. 61-93.

CASTRO, C.R.T. de; GARCIA, R.; CARVALHO, M.M.; COUTO, L. Produção forrageira de gramíneas cultivadas sob luminosidade reduzida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.28, p. 919-927, 1999.

DEVKOTA, N.R.; KEMP, P.D.; HODGSON, J.; VALENTINE, I.; JAYA, L.K.D. Relationship between tree canopy height and the production of pasture species in a silvopastoral system based on alder trees. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 76, p. 363-74, 2009.

DIAS-FILHO, M.B. Growth and biomass allocation of the C4 grasses *Brachiaria brizantha* and *B. humidicola* under shade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, p. 2335-341, 2000.

DRESCHER, M.; HEITKONIG, I.M.A.; RAATS, J.G.; PRINS, H.H.T. The role of grass stems as structural foraging deterrents and their effects on the foraging behaviour of cattle. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 101, p. 10-26, 2006.

FAGUNDES, J.L.; FONSECA, D.M.; MISTURA, C.; MORAES, R.V.; VITOR, C.M.T.; GOMIDE, J.A.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; CASAGRANDE, D.R.; COSTA, L.T. Características morfogênicas e estruturais do capim-braquiária em pastagem adubada com nitrogênio avaliadas nas quatro estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 21-29, 2006.

FELDHAKE, C.M.; NEEL, J.P.S.; BELESKY, D.P.; MATHIAS, E.L. Light measurement methods related to forage yield in a grazed northern conifer silvipasture in the Appalachian region of eastern USA. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 65, p. 231-239, 2005.

FONSECA, L.; MEZZALIRA, J.C.; BREMM, C.; FILHO, R.S.A.; GONDA, H.L.; CARVALHO, P. C.de F. Management targets for maximizing the short-term herbage intake rate of cattle grazing in *Sorghum bicolor*. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 145, p. 205-211, 2012.

GARCIA, A.R.; MATOS, L.B.; LOURENÇO JUNIOR, J.B.; NAHÚM, B.S.; ARAÚJO, C.V.; SANTOS, A.X. Variáveis fisiológicas de búfalas leiteiras criadas sob sombreamento em sistemas silvipastoris. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1409-414, 2011.

GOBBI, K.F., GARCIA, R., VENTRELLA, M.C., GARCEZ NETO, A.F; ROCHA, C.P. Specific leaf area and quantitative leaf anatomy of signalgrass and forage peanut submitted to shading. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n. 7, p. 1436-1444, 2011.

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**, Viçosa, v.38, n.9, p.1645-1654, 2009.

GOMIDE, C.A.M.; GOMIDE, J.A.; ALEXANDRINO, E. Características estruturais e produção de forragem em pastos de capim-mombaça submetidos a períodos de descanso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 10, p. 1487-1494, 2007.

GONTIJO NETO, M.M.; EUCLIDES, V.P.B.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; MIRANDA, L.F.; FONSECA, D.M.; OLIVEIRA, M.P. Consumo e tempo diário de pastejo por novilhas Nelore em pastagem de capim Tanzânia sob diferentes ofertas de forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, p. 60-66, 2006.

HODGSON, J., Ingestive behaviour. In: LEAVER, J.D. (Ed.). **Herbage intake handbook**. Wallingford: British Grasslands Society, 1982. p. 113-138.

KALLENBACH, R.L.; KERLEY, M.S.; BISHOP-HURLEY, G.J. Cumulative forage production, forage quality and livestock performance from an annual ryegrass and cereal rye mixture in a Pine-Walnut Silvopastoral. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 53, p. 43-53, 2006.

KENWARD, M.G., ROGERS, J.H. Small Sample Inference for Fixed Effects from Restricted Maximum Likelihood. **Biometrics**, Malden, v. 53, p. 983-997, 1997.

LAMBERS, H.; CHAPIM III, F.S.; PONS, T.L. **Plant physiological ecology**. New York: Springer, 1998. 540p.

LIN, C.H.; MCGRAW, R.L.; GEORGE, M.F.; GARRET, H.E. Shade effects on forage crops with potential in temperate agroforestry practices. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 44, p. 109-119, 1999.

LIN, C.H.; MCGRAW, R.L.; GEORGE, M.F.; GARRETT, H.E. Nutritive quality and morphological development under partial shade of some forage species with agroforestry potential. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v.53, p. 269-281, 2001.

LITTEL, R.C., PENDERGAST J., NATARAJAN R., Modelling Covariance Structure in the Analysis of Repeated Measures Data. **Statistics in Medicine**, Malden, v. 19, p. 1793-1819, 2000.

MABJEESH, S.J.; COHEN, M., ARIELL, A. In vitro methods for measuring the dry matter digestibility of ruminant feedstuffs: comparison of methods and inoculum source. **Journal of Dairy Science**, New York, v. 83, p. 2289-2294, 2000.

MARTUSCELLO, J.A.; JANK, L.; GONTIJO NETO, M.M.; LAURA, V.A.; CUNHA, D. de N.F.V. da. Produção de gramíneas do gênero *Brachiaria* sob níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, p. 1183-1190, 2009.

MOORE, K.J.; DIXON, P.M. Analysis of combined experiments revisited. **Agronomy Journal**, Madison, v. 107, p. 763-771, 2015.

PACIULLO, D.S.C.; CAMPOS, N.R.; GOMIDE, C.A.M.; CASTRO, C.R.T. de; TAVELA, R.C.; ROSSIELLO, R.O.P. Crescimento de capim- braquiária influenciado pelo grau de sombreamento e pela estação do ano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n. 7, p.917-923, 2008.

PACIULLO, S. C. D.; CARVALHO, C.A.B.; AROEIRA, L.J.M.; MORENZ, N.J.F.; LOPES, F.C.F.; ROSSIELLO, R.O.P. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 4, p. 573-579, 2007.

PACIULLO, D.S.C.; CASTRO, C.R.T.; GOMIDE, C.A.M. Performance of dairy heifers in a silvopastoral system. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 141, p. 166-172, 2011.

PEREIRA, L. E. T.; PAIVA, A. J.; GUARDA, V. D.; PEREIRA, P.M.; CAMINHA, F. O.; DA SILVA, S. C. Herbage utilization efficiency of continuously stocked marandu palisade grass subjected to nitrogen fertilization. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 72, p. 114-123, 2015.

PERI, P.L.; LUCAS, R.J.; MOOT, D.J. Dry matter production, morphology and nutritive value of *Dactylis glomerata* growing under different light regimes. **Agroforestry Systems**. Dordrecht, v. 70, p. 63–79, 2007.

PERI, P.L.; MOOT, D.J.; McNEIL, D. Validation of a canopy photosynthesis model for cocksfoot pastures grown under different light regimes. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 67, p. 259-272, 2006.

PERI, P.L.; VARELLA, A.C.; LUCAS, R.J.; MOOT, D.J. Cocksfoot and Lucerne productivity in *Pinus radiata* silvopastoral system: a grazed comparison. **Proceedings of the New Zealand Grassland Association**, Nova Zelândia, v. 63, p. 139-147, 2001.

SANTOS, M.E.R.; FONSECA, D.M.; BRAZ, T.G.S.; SILVA, S.P.; GOMES, V.M.; SILVA, G.P. Características morfogênicas estruturais de perfilhos de capim-brachiária em locais do pasto com alturas variáveis. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n. 3, p. 535-542, 2011.

SILVEIRA, M. C.T.; DA SILVA, S.C.; SOUZA JUNIOR, S.J.; BARBERO, L.M.; RODRIGUES, C.S.; LIMÃO, V.A.; PENA, K.S.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. Herbage accumulation and grazing losses on Mulato grass subjected to strategies of rotational stocking management. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 70, n. 4, p. 242-249, 2013.

SOLLENBERGER, L.E.; BURNS, J.C. Canopy characteristics, ingestive behavior and herbage intake in cultivated tropical grasslands In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 2001, São Pedro. **Proceedings...** São Pedro: IGC, 2001. p. 321-327.

SOUSA, L.F.; MAURÍCIO, R.M.; MOREIRA, G.R.; GONÇALVES, L.C.; BORGES, I.; PEREIRA, L.G.R. Nutritional evaluation of “Brachiarão” grass in association with “Aroeira” trees in a silvopastoral system. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 79, p. 189-199, 2010.

TRINDADE, J.K.; DA SILVA, S.C.; SOUZA JUNIOR, S.J.; GIACOMINI, A.A.; ZEFERINO, C.V.; CARVALHO, P.C.F. Composição morfológica da forragem consumida por bovinos de corte durante o rebaixamento do capim-marandu submetido a estratégias de pastejo rotativo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, p. 883-890, 2007.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Symposium: carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. **Journal Dairy Science**, Champaign, v.74, p. 3583-3597, 1991.

WADE, M.H.; CARVALHO, P.F. Defoliation patterns and herbage intake in grazed pastures. In: LEMAIRE, G.; HODGSON, J.; DE MORAES, A.; CARVALHO, P.C.F.; NABINGER, C. (Ed). **Ecophysiology of grasslands and the Ecology of grazing**. Oxford: CAB International, 2000. p. 233-248.

WARREN WILSON, J. Inclined point quadrat. **New Phytology**, Oxford, v. 58, p 92-101, 1960.

WILSON, J.R. Shade-stimulated growth and nitrogen uptake by pastures grasses in a subtropical environment. **Australian Journal of Agricultural Research**, Dechen, v. 47, p 1075-1093, 1996.

YOUNG, A. **Agroforestry for soil conservation**. Nairobi: ICRAF, 1991. 176 p.

4 CARACTERÍSTICAS COMPORTAMENTAIS E PADRÕES DE DESLOCAMENTO DE NOVILHAS LEITEIRAS EM *BRACHIARIA BRIZANTHA* CV. PIATÃ CULTIVADA EM ÁREA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA (ILPF)

Resumo

Em sistemas de integração lavoura pecuária floresta, o microclima criado pela presença de árvores, principalmente nas condições tropicais do Brasil, pode favorecer a atividade de pastejo. Por outro lado, a redução na disponibilidade de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) afeta as características estruturais do dossel forrageiro, com reflexos potenciais negativos sobre o consumo de forragem e ingestão de nutrientes. Contudo, a maneira como as características do ambiente (microclima) e as alterações estruturais das plantas forrageiras influenciam os padrões de busca e apreensão de forragem pelos animais é pouco conhecida nesses sistemas de produção animal. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito do sombreamento causado por árvores de eucalipto (*Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* clone H13) sobre o padrão de deslocamento e de busca de forragem por bovinos em capim-piatã cultivado em área de integração-lavoura-pecuária, de dezembro de 2013 a julho de 2014. O estudo foi desenvolvido por meio de três experimentos realizados de forma concomitante para avaliar três regimes de luz: 1) cultivo do capim-piatã à pleno sol (PS); 2) sombreamento gerado por meio de fileiras duplas de Eucalipto nas bordas dos piquetes (S1) e 3) sombreamento gerado por meio de quatro renques de fileiras triplas de Eucalipto dispostas de forma alternada com porções de pasto (S2). O manejo do pastejo foi comum para todos os regimes de sombra e baseado nas metas pré- e pós-pastejo de 95% de interceptação de luz e 50% da altura de entrada nos pastos, respectivamente. O regime de sombra S2 foi manejado utilizando-se dois métodos de tomada de leitura de referência da luz incidente: leitura dentro (sob a copa das árvores) e fora (ausência de árvores) da área experimental. A densidade de árvores e espaçamentos entre renques utilizados promoveram uma redução de 18 e 55% da RFA no sub-bosque para os regimes S1 e S2 relativamente ao regime PS, respectivamente. O estresse térmico, medido por meio do índice de temperatura de globo negro e umidade, foi menos intenso para os regimes S1 e S2 relativamente a PS, e favoreceu os animais a utilizarem mais tempo em atividades de alimentação (pastejo e ruminação). Por outro lado, a redução em RFA alterou as características de crescimento do capim-piatã e, conseqüentemente, influenciou os padrões de deslocamento e busca por forragem tanto na fase inicial quanto na fase final do rebaixamento dos pastos. De maneira geral, houve aumento no número de estações alimentares visitadas por minuto e na taxa de deslocamento com o aumento do nível de sombreamento, fazendo com que os animais permanecessem menos tempo por estação alimentar. O fato resultou em menor número de bocados por estação, indicando, que apesar do microclima mais ameno, os animais passaram mais tempo a procura de estações alimentares e não se alimentando. Com relação aos métodos de avaliação de IL testados no regime S2, não houve diferença em padrões de deslocamento e busca por forragem, função do intenso sombreamento sob aquelas condições.

Palavras-chave: Sistemas integrados; Capim-piatã; Interceptação luminosa; Conforto térmico; Comportamento em pastejo; Estação alimentar

Abstract

In integrated crop-livestock-forest systems, the microclimate created by the trees, particularly in the tropics of Brazil, may favour longer periods of grazing. On the other hand, the reduction in availability of photosynthetic active radiation (PAR) affects sward structural characteristics, with potential negative impacts on herbage and nutrients intake. The way the environmental characteristics (microclimate) and forage plants morphological changes interfere with the patterns of herbage search and harvest by the grazing animals in such systems is still not clear. The objective of this study was to evaluate the effect of shading caused by eucalyptus trees (*Eucalyptus urophilla* x *E. grandis* clone H13) on the pattern of herbage search and harvest by dairy heifers grazing *piatã* palisade grass cultivated in a crop-livestock-forest integration area, from December 2013 to July 2014. It comprised three simultaneous experiments to evaluate three shade regimes: (1) *Piatã* *brachiariagrass* cultivated in the absence of trees (full natural light; PS); (2) shade produced by a double row of *Eucalyptus* trees on the edges of the paddocks (S1); and (3) shade produced by four triple rows of *Eucalyptus* with pasture in between them (S2). Grazing management was common to all shade regimes and based on the pre- and post-grazing targets of 95% canopy light interception and 50% of the pre-grazing height, respectively. For the S2 regime canopy light interception was measured in two different ways: reference readings of the incident light taken inside (under the tree canopy) and outside (full sunlight) the experimental area. The increase in tree density in S1 and S2 caused reduction of 18 and 55% in photosynthetic active radiation (PAR) relative to PS, respectively. The thermal stress, measured using the index of temperature of the black globe and humidity, was less intense in regimes S1 and S2 relative to PS, and favoured animals to spend longer periods in feeding activities (grazing and rumination). On the other hand, shading in regimes S1 and S2 resulted in changes in sward structure and influenced the patterns search and harvest of herbage at both the beginning and end of grazing. Increased shading resulted in a greater number of feeding stations visited per minute and of number of steps per feeding station, with animals spending less time per feeding station relative to the full sunlight regime. As a result, the number of bites per feeding station was smaller for regimes S1 and S2, indicating that despite the less stressful thermic environment the animals spent more time searching for feeding stations and not eating. In relation to the different methods for measuring canopy light interception tested in shade regime S2, there was no difference in patterns of search and harvest of herbage, consequence of the intense shading under those conditions.

Keywords: Integrated systems; *Piatã* grass; Light interception; Thermal comfort; Grazing behavior; Feeding station

4.1 Introdução

Em sistemas de ILPF, o microclima criado pela presença de árvores, principalmente nas condições tropicais do Brasil, provavelmente traz benefícios à atividade de pastejo. As árvores protegem os animais do calor e frio intensos, proporcionando conforto térmico com reflexos potenciais positivos sobre a produção e a produtividade do rebanho (ABEL et al., 1997; PORFÍRIO-DA-SILVA, 2006). A literatura indica que gramíneas crescendo em sistemas sombreados apresentam um considerável aumento na concentração de proteína bruta

(PB) na forragem produzida (LIN et al., 2001; PACIULLO et al., 2007; PERI et al., 2007; GOBBI et al., 2011; KYRIAZOPOULOS et al., 2012), consequência das maiores taxas de mineralização de nitrogênio e da maior quantidade de liteira típica desses sistemas (PERI et al., 2001; XAVIER et al., 2014). Outra possível explicação para o fato está associada ao tamanho reduzido das células das plantas sombreadas, sugerindo um efeito concentrador do nitrogênio nos tecidos vegetais (NIINEMETS, 1999). No entanto, os efeitos do sombreamento sobre a digestibilidade “*in vitro*” da matéria seca (DIVMS) apresentados na literatura são conflitantes (PACIULLO et al., 2007; KYRIAZOPOULOS et al., 2012), e parecem depender da espécie forrageira cultivada, da fertilidade do solo, da estação do ano (PACIULLO et al., 2014), das técnicas de manejo empregadas e da idade fisiológica das plantas.

Por outro lado, a presença de árvores afeta as características estruturais do dossel forrageiro, com reflexos potenciais negativos sobre o consumo de forragem e ingestão de nutrientes. Dentre os efeitos observados sobre a produção de forragem, é possível destacar o aumento da relação parte aérea:raízes, aumento do alongamento de colmo, diminuição da relação folha:colmo, redução do perfilhamento, aumento da área foliar específica e do ângulo da folhagem (PERI et al., 2006; PACIULLO et al., 2008; GOBBI et al., 2011). Como o processo de pastejo é resultado direto da interação entre o animal e as características estruturais do pasto, as mudanças morfológicas e estruturais observadas no desenvolvimento de plantas sombreadas pode alterar os padrões de caminhamento e de busca de forragem dos animais em pastejo (GRIFFITHS et al., 2003), com reflexos sobre a taxa de ingestão e, consequentemente, sobre o consumo diário de forragem (BAUMONT et al., 2004).

Porém, a maneira como as características do ambiente (microclima) e as alterações estruturais das plantas forrageiras em conjunto irá influenciar os padrões de busca e apreensão de forragem pelos animais são pouco conhecidas em sistemas ILPF. Normalmente, os bovinos tendem a reduzir o tempo de permanência por estação de pastejo quanto menor for a massa de forragem do local explorado (PALHANO et al., 2006; TRINDADE et al., 2007). Esse comportamento é ainda mais evidente e/ou potencializado com o aumento da participação de colmos no estrato pastejável do pasto (FONSECA et al., 2012), pois, à medida que as folhas são removidas, as oportunidades de seleção pelos animais diminuem. Por outro lado, a disponibilidade de sombra em quantidade adequada aumenta o tempo que os animais utilizam na atividade de pastejo (LEGRAND et al., 2011).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito que o sombreamento causado por árvores de eucalipto (*Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* clone H13) plantadas em

dois arranjos distintos tem sobre o padrão de deslocamento e de busca de forragem de bovinos em capim-piatã cultivado em área de integração-lavoura-pecuária.

4.2 Material e Métodos

4.2.1 Caracterização da área experimental

O estudo foi realizado em área pertencente à Embrapa Agrossilvipastoril, em Sinop, MT, Brasil (latitude 11° 51' Sul, longitude 55° 35' Oeste e 384 m de altitude). A área experimental possui 10 ha e encontra-se assentada sobre um latossolo vermelho-amarelo de relevo plano. O clima da região, segundo classificação de Köppen, é do tipo Aw, tropical com estações definidas de chuva (setembro a abril) e de seca (maio a agosto) e precipitação média anual de 1815 mm. Os dados climatológicos foram coletados na estação meteorológica da Embrapa Agrossilvipastoril, e são apresentados na Figura 1 juntamente com os valores históricos obtidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para os últimos 30 anos.

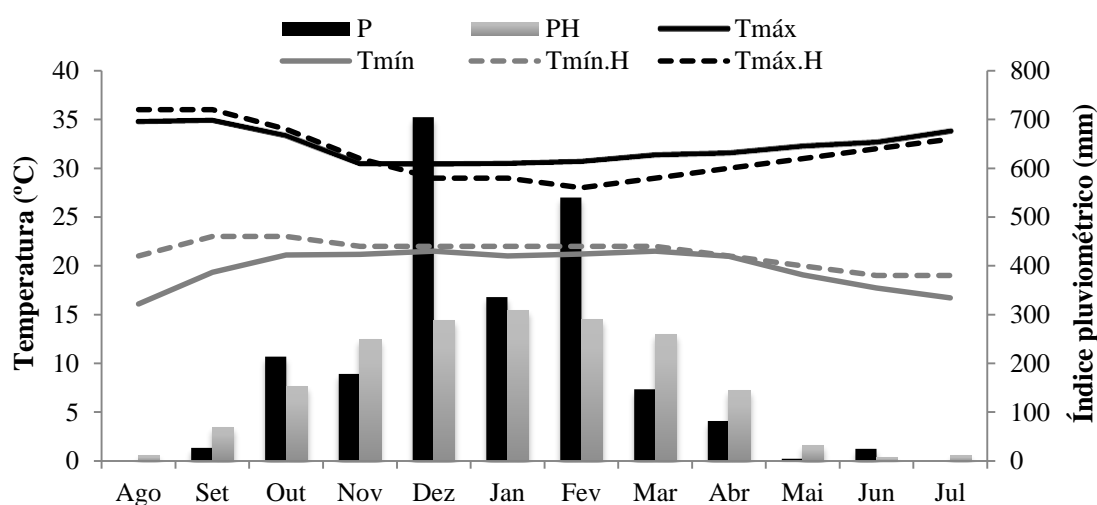


Figura 1 - Índice pluviométrico (mm) e temperaturas máximas e mínimas de agosto de 2013 a junho de 2014 (P, Tmín e Tmáx, respectivamente) e histórica (PH, Tmín.H e Tmáx.H dos últimos 30 anos, respectivamente) para a região de Sinop-MT

O solo foi classificado como argiloso, apresentando 283 g kg⁻¹ de areia, 123 g kg⁻¹ de silte e 594 g kg⁻¹ de argila. Após correção e adubação, realizadas previamente à implantação do sistema, a análise de solo apresentou os seguintes valores: pH (água) = 5,8; MO = 29,5 g dm⁻³; P_(Mehlich) = 14,3 mg dm⁻³; K_(Mehlich) = 71,5 mg dm⁻³; Ca = 2,5 cmol_c dm⁻³; Mg = 0,7 cmol_c dm⁻³; Al = 0,2 cmol_c dm⁻³; S = 3,3 cmol_c dm⁻³; V = 51%.

A área experimental foi estabelecida em 2010 com a implantação de Eucalipto (*Eucalyptus urophilla* x *E. grandis* clone H13) no sentido Leste-Oeste para a definição de três regimes de sombra: (1) ausência total de árvores (pleno sol - PS); (2) presença de árvores em linhas duplas localizadas nas bordas laterais da área (espaçamento entre árvores de 2 m na linha e 3 m entre linhas - S1); (3) linhas triplas de árvores nas laterais e também no interior da área (espaçamento de 2 m na linha e 3 m entre linhas - S2). Nos dois primeiros anos após o plantio do Eucalipto a área entre renques de árvores foi cultivada com milho e, em janeiro de 2012, foi semeada a *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) cv. Piatã, juntamente com a lavoura de milho, para formação da pastagem. O milho foi colhido para ensilagem em abril de 2012 e a pastagem completou seu estabelecimento. De novembro de 2012 a novembro de 2013 os pastos foram manejados da forma análoga à que seriam utilizados no experimento como forma de assegurar sua adaptação ao regime de desfolhação planejado. Em dezembro de 2013, no início do experimento, os renques de eucalipto apresentavam altura média de 16 m.

4.2.2 Arranjo do experimento com o capim-piatã e controle experimental

As avaliações foram realizadas de dezembro de 2013 a junho de 2014. A área total disponível entre os renques de árvores para lavoura/pasto possuía tamanhos iguais em todos os regimes de sombra. Contudo, em função da presença e do arranjo das árvores nos regimes S1 e S2, o *layout* da área foi diferente. Além dos espaços entre as linhas de árvores, não foram consideradas para o cômputo da área disponível para lavoura/pasto as margens da espécie arbórea (1,5 m de cada lado da linha de árvores), resultando em faixas de 49 m de largura para o regime PS; 59 m de largura total e 49 m de largura útil entre os renques laterais para o regime S1 (densidade de 338 árvores/ha e 89% de área útil para plantio); e 84 m de largura total e 49 m de largura útil entre renques de árvores para o regime S2 (4 renques de 6 m de largura somada a área periférica de cada renque de 1,5 m - densidade de 714 árvores/ha e 57% de área útil para plantio). Cada área foi dividida em 10 piquetes, os quais foram utilizados para manter os grupos de animais em cada um dos regimes de sombra durante todo o período experimental (Figura 2).

O pasto foi adubado com 100 kg/ha de nitrogênio na forma de ureia divididos em três aplicações: dezembro de 2013, janeiro e março de 2014. O manejo dos pastos foi comum para todos os regimes de sombra avaliados e realizado por meio do método de pastejo rotativo utilizando como meta de entrada dos animais nos piquetes a condição de 95% de

interceptação da luz incidente (IL) e como meta de saída altura de resíduo não inferior a 50% da altura de entrada (Carvalho et al., 2009; Fonseca et al., 2012).

O monitoramento da interceptação luminosa foi realizado de duas maneiras: (1) tomando-se a leitura de referência da luz incidente sobre o dossel forrageiro do pasto (dentro da área de pastagem e abaixo do dossel das árvores) para todos os regimes de sombra (leitura “dentro” das faixas úteis), e (2) tomando-se a leitura de referência da luz incidente acima do dossel das árvores (leitura “fora” das faixas úteis, em campo aberto), somente no regime S2 (Figura 2). Três piquetes de cada regime de sombra foram utilizados como repetições de campo para as avaliações das respostas da planta forrageira. Dessa forma, foram utilizados três piquetes para os regimes PS, S1, S2-dentro e S2-fora, totalizando 12 piquetes de avaliação (Figura 2).

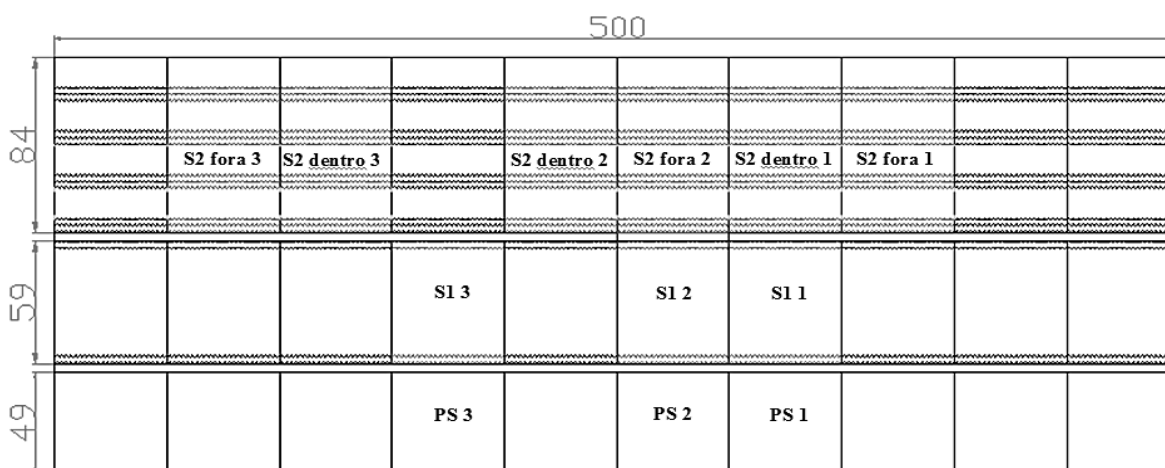


Figura 2 - Croqui da área experimental apresentando os piquetes selecionados para a avaliação de cada um dos regimes de luz (PS, S1 e S2) e para os dois métodos de leitura da interceptação luminosa pelos pastos para o regime S2 (dentro e fora)

4.2.3 Avaliações

O período experimental foi dividido em três épocas de avaliação tomando-se por base a precipitação pluviométrica ocorrida (Figura 1) da seguinte forma: Período 1 – dezembro de 2013, janeiro e fevereiro de 2014; Período 2 - março e abril de 2014; e Período 3 - maio e junho de 2014, que representaram 86, 12 e 2% do volume total de chuvas ocorrido durante o experimento, respectivamente. As amostragens foram realizadas considerando-se como causas de variação os três regimes de sombra (PS, S1 e S2) e os dois métodos de avaliação e monitoramento de IL no regime S2 (dentro e fora).

Devido à grande variação nos valores de IL dentro dos piquetes dos regimes S1 e S2, ocasionada pela presença das árvores, optou-se por estratificar a área amostral em faixas de sombra como forma de caracterizar melhor o ambiente luminoso nos pastos: duas faixas laterais e vizinhas às linhas de árvores (lateral norte e sul), e uma posicionada entre as laterais e com a maior incidência de luz (central). As faixas laterais possuíam 4 m de largura contados a partir da margem de 1,5 m da linha de árvores. Como o regime S1 possuía uma largura útil de 49 m, a soma das duas faixas laterais correspondeu a 8 m, restando 41 m caracterizados como faixa central. Para o regime S2, as faixas laterais totalizaram 8 m, restando uma faixa central de 4 m. Como este regime possuía a largura útil dividida em quatro porções em função das linhas de árvore, foi utilizada, para fins de avaliação e amostragem, somente a porção central, assumindo ser ela a menos influenciada pelas “bordaduras”.

Interceptação de luz pelo dossel forrageiro

As avaliações de interceptação luminosa foram realizadas antes e depois de cada pastejo utilizando-se um ceptômetro analisador de dossel marca LI-COR modelo LAI 2200. Foi adotado um número de leituras que melhor representava a largura das faixas de sombra (centrais e laterais) de cada regime de sombra, tomando-se uma medida de referência (acima do dossel) para cada 10 medidas tomadas no nível do solo (abaixo do dossel). Dessa forma, para o regime PS foram realizadas 40 medições; para o regime S1 foram realizadas 40 medições na faixa central e outras 40 nas faixas laterais; e para o regime S2 foram realizadas 20 medições na faixa central e outras 40 nas faixas laterais. As leituras, por faixa de sombra, foram tomadas de forma casualizada ao longo de uma linha em formato de “W”. No momento da tomada das leituras no nível do solo, o ceptômetro era posicionado no ponto médio da distância entre touceiras. O valor de IL do piquete foi calculado na forma de média ponderada utilizando-se como fator de ponderação a largura de cada faixa de sombra. As avaliações de IL foram realizadas sempre nas primeiras horas da manhã. As leituras de referência, tomadas acima do dossel, foram sempre realizadas no centro dos piquetes e abaixo do dossel arbóreo para o método “dentro”. Para o método “fora”, no regime S2, a leitura de referência era tomada externamente aos piquetes, de forma que não havia interferência do dossel arbóreo sobre a luz incidente.

Altura do dossel

As avaliações de altura do dossel forrageiro foram realizadas utilizando-se bastão graduado em centímetros. As leituras foram realizadas de maneira idêntica àquela utilizada

para as avaliações de IL, e com o mesmo número de pontos de amostragem. O valor tomado como leitura em cada ponto de avaliação era o que melhor descrevia a condição do pasto nos 20 a 30 cm no entorno do bastão medidor. Durante o pastejo, medições de altura eram tomadas para garantir que o rebaixamento do dossel não ultrapassasse a meta de 50% da altura de entrada (FONSECA et al., 2012) para a retirada dos animais dos piquetes. Após a saída dos animais, uma última avaliação de altura era feita para determinar a altura pós-pastejo realizada. O cálculo do valor médio de altura para cada piquete foi feito através de média ponderada utilizando-se como fator de ponderação a largura de cada faixa de sombra.

Índice de conforto térmico de globo e umidade, comportamento animal e padrões de deslocamento e procura por forragem

Para as avaliações das características comportamentais e padrões de deslocamento e procura por forragem foi utilizado um piquete de cada regime de sombra e de método de avaliação de IL em cada período de avaliação. Foram utilizadas cinco novilhas mestiças holandês preto e branco x zebu de peso corporal médio 485 kg por piquete como animais de avaliação (*testers*) mais um número variável de animais como reguladores de taxa de lotação. Antes de cada período de avaliação, todos os animais do lote (*testers* e reguladores) foram pesados e seus pesos utilizados para o ajuste da taxa de lotação. Cada lote foi dimensionado para que o rebaixamento dos piquetes ocorresse em 72 horas (3 dias), considerando uma oferta de forragem de 4,5% do peso corporal.

Para o cálculo da taxa de lotação foi quantificada a massa de forragem do estrato do dossel forrageiro a ser removido (50% da altura de entrada) utilizando-se uma armação metálica de 0,25 m² (0,35 x 0,71 m). Foi coletado um número de amostras de forragem que melhor representava as distintas estruturas de dossel forrageiro proporcionadas pelos regimes de sombra e pelos métodos de avaliação de IL. Dessa forma, para o regime PS foram coletadas três amostras por piquete; para o regime S1 foram coletadas duas amostras em cada faixa lateral e três amostras na faixa central, totalizando sete amostras por piquete; e para o regime S2 foi coletada uma amostra em cada faixa de sombra (lateral e central) ao longo de todos os renques de árvores do piquete, totalizando 12 amostras por piquete. Em seguida, as amostras foram levadas para laboratório, onde foram pesadas, subamostradas e secas em micro-ondas para obter o teor de matéria seca, o qual foi utilizado para o cálculo da taxa de lotação. Esses procedimentos foram realizados sempre no dia anterior às avaliações de comportamento animal e de padrões de deslocamento e procura de forragem.

As avaliações relativas ao conforto térmico animal foram realizadas por meio do índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) (Buffington et al., 1981). Os dados relativos à temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (%) e temperatura do globo negro (°C) foram obtidos a partir de estações meteorológicas equipadas com sensores acoplados a sistemas automáticos de aquisição de dados (*dataloggers*). Estes foram programados para realizar leituras a cada 5 segundos (com média a cada 15 min e a cada hora). As estações foram dispostas da seguinte forma:

- Regime PS: uma estação no meio do piquete;
- Regimes S1 e S2: duas estações, sendo uma posicionada na faixa lateral norte e a outra no centro do piquete.

Os valores utilizados para o cálculo do ITGU foram aqueles correspondentes aos seguintes horários do dia: 07h00min, 10h30min, 14h30min, 16h00min e 19h00min.

Os dados referentes ao comportamento animal foram coletados durante todo o período diurno (das 06h00min às 20h00min) dos três dias de ocupação dos piquetes. Os cinco animais *testers* foram acompanhados a cada 20 minutos para avaliação das atividades de pastejo, ruminação ou outras atividades de acordo com Jamieson e Hodgson (1979). A partir dos dados coletados foram geradas as seguintes variáveis-resposta: porcentagem do tempo em pastejo (%); porcentagem do tempo em ruminação (%); porcentagem do tempo em outras atividades (%).

As avaliações de padrão de deslocamento e de busca por forragem foram realizadas durante as fases inicial (das 06h00min às 10h00min do dia 1) e final (das 16h00min às 20h00min do dia 3) do processo de rebaixamento dos pastos, normalmente períodos de maior atividade de pastejo dos animais. Durante esses períodos de avaliação, um observador treinado e munido de planilhas, cronômetro e contador manual, posicionado próximo aos animais de forma a não influenciar seu comportamento, realizou as avaliações sobre os cinco animais *testers*. As avaliações foram realizadas durante turnos de 40 minutos aproximadamente, oportunidade em que foi registrado o tempo necessário para a realização de 20 bocados (HODGSON, 1982) e o tempo necessário e o número de passos dados para o encontro com 10 estações alimentares. Assumiu-se como uma estação alimentar o semicírculo hipotético existente à frente do animal que pode ser alcançado sem que seja necessário mover as patas dianteiras (RUYLE e DWYER, 1985). Como critério para a contagem do número de passos assumiu-se a movimentação das patas dianteiras. A partir dos dados coletados foram geradas as seguintes variáveis-resposta: número de estações alimentares por minuto; número

de passos por estação alimentar; número de bocados por estação alimentar; taxa de deslocamento (passos min^{-1}); e tempo por estação alimentar (segundos).

4.2.4 Análise dos dados

Os dados referentes ao índice de conforto térmico de globo e umidade foram calculados para os três dias de ocupação conforme os horários de referência estabelecidos (07h00min, 10h30min, 14h30min, 16h00min e 19h00min). Em seguida, foi calculada a média, gerando um único valor de ITGU para cada um dos horários, sendo os resultados apresentados utilizando apenas estatística descritiva. Os dados de comportamento animal foram calculados como porcentagem do tempo (06h00min às 20h00min) utilizado para as atividades de pastejo, ruminação e outras atividades nos três dias de ocupação dos piquetes. Já os dados referentes aos padrões de deslocamento e de busca por forragem foram calculados de forma independente para as fases inicial e final de rebaixamento dos pastos.

Com relação à análise, os dados de comportamento animal e de padrões de deslocamento e busca por forragem foram avaliados segundo a técnica de experimentos combinados (Moore & Dixon, 2015), em que cada regime de sombra foi considerado como um experimento independente. Dessa forma, o número de repetições correspondeu aos cinco animais *testers* avaliados e as causas de variação estudadas foram: regime de sombra (PS, S1 e S2), método de avaliação de IL (dentro e fora) e período de avaliação (1, 2 e 3). A avaliação de cada uma das causas de variação foi feita combinando-se experimentos, utilizando os pontos e características comuns entre eles. Dessa forma, os efeitos de regime de luz e de período de avaliação, foram avaliados utilizando-se os dados dos três regimes de luz (experimentos). O efeito de método de avaliação de IL foi avaliado somente sob o regime de luz S2.

A análise estatística foi realizada utilizando-se o PROC MIXED do pacote estatístico SAS, com medidas repetidas e usando a metodologia REML (máxima verossimilhança restrita). As unidades experimentais (animais) foram considerados aleatórios juntamente com o erro experimental. Todas as demais causas de variação e suas interações foram consideradas como efeitos fixos.

O modelo matemático utilizado foi o seguinte:

$$y_{ijklm} = \mu + S_i + M_{(ij)k} + \omega_{(ijk)m} + P_{(ijk)l} + SP_{(ijk)l} + MP_{(ijk)l} + \varepsilon_{(ijkl)m}$$

Onde:

- y_{ijklm} é a resposta medida/mensurada;
- μ , S_i , e $M_{(ij)k}$ são os parâmetros fixos, associados respectivamente à média geral, ao fator regime de sol ($i=1, 2, 3$) e ao fator método de avaliação de IL ($k=1,2$);
- $\omega_{(ijk)m}$ é o erro aleatório associado a unidade experimental $\omega_{(ijk)m} \sim N(0; \sigma_w^2)$
- $P_{(ijk)l}$, $SP_{(ijk)l}$ e $MP_{(ijk)l}$ são os parâmetros fixos, associados ao fator período de avaliação ($l=1,2,3$) e à interação entre regime de sol * período de avaliação e método de avaliação de IL* período de avaliação, respectivamente;
- ε_{ijklm} é o efeito aleatório do erro experimental, $\varepsilon_{ijklm} \sim NID(0; \sigma_e^2)$

Foi averiguada a presença de heteroscedasticidade de variâncias entre os experimentos para cada variável estudada. Na presença de variâncias heterogêneas estas foram consideradas, mas, quando possível, foram agrupadas sob variâncias homogêneas. Além disto, devido à condição de medidas repetidas, foi identificada a melhor estrutura de covariância para cada variável estudada sendo aceita aquela com menor valor de BIC (critério bayesiano de Schawrz BIC; LITTEL; NATARAJAN; PENDERGAST, 2000). A correção dos graus de liberdade foi feita utilizando-se o método de Kenward e Rogers (1997). As médias dos tratamentos foram obtidas com o comando LSMEANS e as comparações entre elas, quando adequadas, realizadas pelo teste “t” de Student e probabilidade de erro de 5%. Em caso de interações importantes, foram realizados os desdobramentos correspondentes.

4.3 Resultados

4.3.1 Características gerais e controle experimental

Os arranjos das árvores utilizados para gerar os regimes S1 e S2 resultaram em redução de 18,1 e 55,0% da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) em relação ao regime PS (Tabela 1).

Tabela 1 – Transmitância média diária¹ de radiação fotossinteticamente ativa em capim-piatã submetido a regimes de sombra e manejo sob pastejo rotativo em área de ILPF de dezembro de 2013 a julho de 2014

Regime de Sombra	Período de avaliação			Média
	1	2	3	
PS	100	100	100	100
S1	83,1	82,8	79,9	81,9
S2	47,0	49,2	38,8	45,0

¹Transmitância= RFA do regime de luz/RFA em pleno sol.

Os valores de interceptação luminosa, altura do dossel forrageiro e massa de forragem pré- e pós-pastejo não foram submetidos a análise de variância, e são apresentados utilizando-se apenas estatística descritiva. Os valores de IL pré-pastejo para todos os regimes de sombra estiveram sempre muito próximos da meta de 95% IL durante todo o período experimental. O aumento do nível de sombreamento resultou em aumento da altura pré-pastejo e redução da massa de forragem em pré- e em pós-pastejo (Tabela 2). De maneira geral, a altura pós-pastejo correspondeu à meta estipulada de manejo e não ultrapassou 50% da altura de entrada. A medida que o nível de sombreamento aumentou ocorreu aumento do intervalo de pastejo e redução no número de ciclos de pastejo. Os valores médios para cada regime de sombra foram de 23, 26, 28 e 35 dias entre pastejos e 9, 8, 7 e 6 ciclos de pastejo para PS, S1, S2 “fora” e S2 “dentro” respectivamente.

Tabela 2 - Características estruturais da *Brachiaria brizantha* cv. Piatã submetida a regimes de sombra e manejo sob pastejo rotativo em área de ILPF de dezembro de 2013 a julho de 2014

Período de avaliação	Regime de sombra	IL pré-pastejo (%)	IL pós-pastejo (%)	Altura pré-pastejo (cm)	Altura pós-pastejo (cm)	MF pós-pastejo (kg MS/ha)	MF pré-pastejo (kg MS/ha)
1	PS	95,5 (0,42)	82,7 (0,35)	34,9 (1,95)	20,4 (0,24)	3450 (187)	5300 (313)
	S1	95,2 (0,20)	82,6 (1,01)	37,6 (0,48)	20,2 (0,78)	2900 (102)	4700 (208)
	S2 fora	95,3 (0,20)	87,9 (0,32)	44,6 (0,51)	26,9 (2,19)	1200 (226)	2800 (103)
	S2 dentro	94,6 (0,12)	79,4 (1,55)	54,5 (1,96)	29,1 (1,96)	2200 (357)	3100 (107)
2	PS	95,7 (0,06)	84,6 (0,91)	33,6 (0,68)	21,5 (0,68)	3310 (187)	5300 (287)
	S1	95,5 (0,28)	81,1 (1,83)	33,9 (1,47)	20,8 (0,50)	2900 (195)	4100 (308)
	S2 fora	95,8 (0,10)	89,6 (0,79)	40,7 (0,61)	24,3 (0,68)	1900 (131)	3000 (249)
	S2 dentro	95,3 (0,45)	80,2 (1,58)	50,5 (3,70)	26,2 (3,04)	2200 (179)	3500 (213)
3	PS	94,8 (0,18)	77,2 (3,20)	30,1 (1,33)	23,3 (3,48)	3400 (321)	5600 (621)
	S1	95,1 (0,32)	79,8 (1,85)	32,7 (1,62)	19,8 (1,01)	3200 (609)	4600 (157)
	S2 fora	95,1(0,49)	84,6 (2,75)	43,4 (0,74)	22,8 (0,98)	1900 (366)	2700 (276)
	S2 dentro	94,4 (0,12)	72,8 (1,55)	50,4 (1,96)	27,0 (0,24)	1800 (335)	3150 (113)

PS = Pleno sol; S1 = Sombreamento 1; S2 = sombreamento 2. “Fora” = tomada da leitura de referência para avaliação de IL fora da área experimental (sem a influência das árvores). “Dentro” = tomada da leitura de referência para avaliação de IL dentro da área experimental (sob a copa das árvores). Valores entre parênteses representam o erro padrão da média.

4.3.2 Índice de conforto térmico de globo e umidade

De maneira geral, o regime S2 resultou em menores valores de índice térmico de globo e umidade (ITGU) tanto na faixa mais próxima ao renque de árvores (S2 renque) como na faixa central (S2 central) relativamente aos regimes PS e S1 - faixa central (S1 central). Durante o período 1, os maiores valores de ITGU foram registrados às 14:30, atingindo o máximo de 88,5 para os regimes PS e S1 central. Durante o período 2, os maiores valores de ITGU foram registrados entre as 10:30 e as 16:00 horas para esses mesmos regimes, sendo que os valores ficaram sempre acima de 85,0. Durante período 3, o padrão de variação do ITGU ao longo do dia foi semelhante ao do período 1, exceto que nessa época do ano os maiores valores foram registrados para os regimes PS, S1 central e S1 renque (Figura 3).

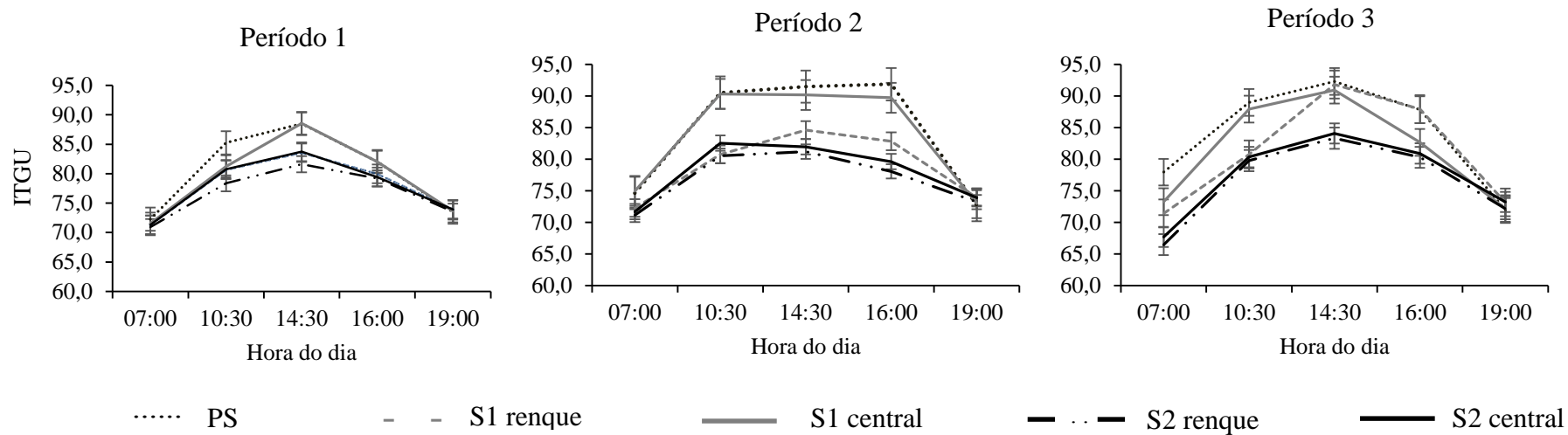


Figura 3 - Índice de conforto térmico de globo e umidade de novilhas leiteiras em *Brachiaria brizantha* cv. Piatã submetida a regimes de sombra e manejo sob pastejo rotativo em área de ILPF de dezembro de 2013 a julho de 2014

4.3.3 Comportamento animal durante o período diurno de ocupação dos piquetes

O tempo destinado à atividade de pastejo variou em função do regime de sombra ($P < 0,0001$), do período de avaliação ($P = 0,0039$) e da interação método de avaliação de IL x período de avaliação ($P = 0,0144$). De maneira geral, maiores valores foram registrados para o regime S2 e menores para o regime PS, com valores intermediários para S1. Com relação aos períodos de avaliação, maiores valores foram registrados durante o período 3 em relação aos períodos 1 e 2 (Tabela 3). Para o método de avaliação de IL “dentro” não houve diferença entre os períodos de avaliação, com um valor médio de $52,9 \pm 1,11\%$ do tempo destinado à atividade de pastejo. Para o método de avaliação de IL “fora” houve aumento do tempo destinado à atividade de pastejo do período 1 ao período 3 (Tabela 4).

O tempo destinado à atividade de ruminação variou em função do regime de sombra ($P < 0,0001$), do método de avaliação de IL ($P = 0,0398$), do período de avaliação ($P < 0,0001$) e das interações método de avaliação de IL x período de avaliação ($P = 0,0066$) e regime de sombra x período de avaliação ($P < 0,0001$). Houve diferença entre regimes de sombra somente no período 1, quando maiores valores foram registrados para S2 relativamente a PS e S1. Durante os períodos 2 e 3 não houve diferença entre regimes de sombra. O tempo destinado à ruminação foi estável ao longo dos três períodos de avaliação para o regime S2, aumentou do período 1 para o período 2 para o regime PS e S1, mantendo-se estável em S1 e diminuindo em PS durante o período 3 (Tabela 3). Em relação aos métodos de avaliação de IL, os valores permaneceram estáveis para o método “fora” durante os três períodos de avaliação, o mesmo não ocorrendo para o método “dentro”, que apresentou maiores valores durante os períodos 1 e 2 relativamente ao período 3. Houve diferença entre métodos de avaliação de IL somente nos períodos 1 e 2, com maiores valores registrados para o método “dentro” relativamente ao método “fora” (Tabela 4).

O tempo destinado a outras atividades variou com o regime de sombra ($P < 0,0001$), período de avaliação ($P < 0,0001$) e com as interações método de avaliação de IL x período de avaliação ($P < 0,0001$) e regime de sombra x período de avaliação ($P = 0,0443$). Com relação aos regimes de sombra, durante o período 1, maiores valores foram registrados para os regimes PS e S1 relativamente ao regime S2. Durante os períodos 2 e 3 maiores valores foram registrados para o regime PS relativamente a S1 e S2 (Tabela 3). De maneira geral, houve redução do tempo destinado a outras atividades do período 1 para os períodos 2 e 3, exceto para o regime S2, cujos valores permaneceram estáveis ao longo de todo o período

experimental. Com relação aos métodos de avaliação de IL, para o método “dentro”, não houve diferença entre os períodos 1 e 2, com aumento do tempo dedicado a outras atividades durante o período 3. Para o método “fora”, não houve diferença entre os períodos 1 e 2, mas ocorreu redução durante o período 3. Durante os períodos 1 e 2 maiores valores foram registrados para o método “fora” relativamente ao método “dentro”. O inverso ocorreu durante o período 3 (Tabela 4).

Tabela 3 - Porcentagem do período diurno de ocupação dos piquetes dedicada ao pastejo, ruminação e outras atividades por novilhas leiteiras em *Brachiaria brizantha* cv. Piatã submetida a regimes de sombra e manejo sob pastejo rotativo em área de ILPF de dezembro de 2013 a julho de 2014

Período de avaliação	Pastejo				Ruminação				Outras atividades			
	Regime de luz			Média	Regime de luz			Média	Regime de luz			Média
	PS	S1	S2		PS	S1	S2		PS	S1	S2	
1	42,0 (2,30)	46,0 (2,30)	48,6 (1,62)	45,6B (1,21)	11,3Bb (1,43)	12,9Bb (1,43)	22,9Aa (1,01)	15,7B (0,75)	46,5Aa (2,14)	41,3Aa (2,14)	28,8Ab (1,51)	38,9A (1,13)
2	42,8 (1,54)	49,9 (1,54)	54,1 (1,09)	48,9AB (0,81)	21,1Aa (1,28)	21,1Aa (1,28)	20,9Aa (0,90)	21,0A (0,67)	35,6Ba (1,57)	28,8Bb (1,57)	24,8Ab (1,17)	29,7B (0,83)
3	46,4 (2,29)	51,3 (2,29)	56,3 (1,61)	51,3A (1,20)	16,5Ba (1,28)	18,3Aa (1,28)	17,7Aa (0,90)	17,5B (0,67)	38,2Ba (2,39)	29,1Bb (2,39)	27,0Ab (1,69)	31,4B (1,26)
Média	43,7c (1,11)	49,1b (1,11)	53,0a (0,78)		16,3b (0,77)	17,4b (0,77)	20,5a (0,54)		40,1a (0,96)	33,1b (0,96)	26,9c (0,67)	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas não diferem entre si ($P>0,05$). Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média.

Tabela 4 - Porcentagem do período diurno de ocupação dos piquetes dedicada ao pastejo, ruminação e outras atividades por novilhas leiteiras em *Brachiaria brizantha* cv. Piatã submetida a regimes de sombra e manejados sob pastejo rotativo em área de ILPF utilizando como referência a medição da radiação incidente dentro e fora da área experimental

Período de avaliação	Tempo em pastejo		Tempo em ruminação		Tempo em outras atividades	
	Método de avaliação de IL		Método de avaliação de IL		Método de avaliação de IL	
	Dentro	Fora	Dentro	Fora	Dentro	Fora
1	51,20 Aa (2,30)	46,00 Ca (2,30)	25,20 Aa (1,43)	20,60 Ab (1,43)	23,70 Bb (2,14)	34,00 Aa (2,14)
2	55,80 Aa (1,54)	52,40 Ba (2,30)	23,50 Aa (1,28)	18,40 Ab (1,28)	19,90 Bb (1,57)	29,60 Aa (1,57)
3	51,60 Ab (2,30)	60,90 Aa (2,29)	16,40 Ba (1,28)	19,11 Aa (1,28)	33,70 Aa (2,39)	20,30 Bb (2,39)
Média	52,90 (1,11)	53,10 (1,11)	21,70 a (0,77)	19,40 b (0,77)	25,80 (0,96)	28,0 (0,96)

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas não diferem entre si ($P > 0,05$). Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média.

4.3.4 Padrões de deslocamento e de busca por forragem

Fase inicial do processo do rebaixamento dos pastos

Durante a fase inicial do rebaixamento dos pastos (das 06h00min às 10h00min do dia 1) o número de estações alimentares exploradas por minuto variou com o regime de sombra ($P=0,0007$), período de avaliação ($P < 0,0001$) e com a interação regime de sombra x período de avaliação ($P=0,0016$). De forma geral, menores valores foram registrados para o regime de sombra PS relativamente aos regimes S1 e S2, exceto durante o período 3, quando menores valores foram registrados para o regime S2 relativamente aos regimes PS e S1 (Tabela 5). Com relação aos períodos, os maiores valores foram registrados durante os períodos 1 e 3 e menores durante o período 2. O número de passos por estação alimentar variou apenas em função do método de avaliação de IL ($P=0,0008$), com maiores valores registrados para o método “dentro” ($1,7 \pm 0,06$) relativamente ao método “fora” ($1,3 \pm 0,06$). A taxa de deslocamento variou com o regime de sombra ($P=0,0344$), período de avaliação ($P=0,0001$) e com a interação regime de sombra x período de avaliação ($P=0,0064$). De forma geral,

maiores valores foram registrados para o regime S2 relativamente aos regimes PS e S1, exceto durante o período 3, quando não houve diferença entre regimes de sombra. O tempo por estação alimentar variou em função do regime de sombra ($P < 0,0001$), do período de avaliação ($P < 0,0001$) e da interação regime de sombra x período de avaliação ($P = 0,0029$). De forma geral, maiores valores foram registrados para o regime PS em relação aos regimes S1 e S2, exceto durante o período 3, quando maiores valores foram registrados para o regime S2 relativamente a PS e S1. O número de bocados por estação alimentar variou com o regime de sombra ($P = 0,0019$), período de avaliação ($P > 0,0001$) e com a interação regime de sombra x período de avaliação ($P < 0,0001$). Houve diferença entre regimes de sombra somente durante o período 2, quando maiores valores foram registrados para o regime PS relativamente aos regimes S1 e S2 (Tabela 5).

Tabela 5 - Padrões de deslocamento e de busca por forragem durante a fase inicial do rebaixamento dos pastos de *Brachiaria brizantha* cv. Piatã submetida a regimes de sombra e manejo sob pastejo rotativo em área de ILPF de dezembro de 2013 a julho de 2014

Período de avaliação	EA min ⁻¹				Passos min ⁻¹			
	Regime de luz				Regime de luz			
	PS	S1	S2	Média	PS	S1	S2	Média
1	2,4Bb (0,39)	4,9Aa (0,44)	3,8Aab (0,27)	3,7A (0,21)	3,0Ab (0,64)	4,6ABb (0,74)	6,1Aa (0,45)	4,5A (0,36)
2	1,5Bb (0,20)	2,7Ba (0,22)	2,5Ba (0,14)	2,2B (0,11)	2,2Bb (0,58)	3,2Bb (0,58)	3,7Ba (0,41)	3,0B (0,30)
3	4,0Aa (0,23)	4,3Aa (0,21)	3,4Ab (0,16)	3,9A (0,12)	5,8Aa (0,58)	5,7Aa (0,58)	4,7Ba (0,41)	5,4A (0,30)
Média	2,6c (0,13)	3,9a (0,15)	3,2b (0,09)		3,7b (0,34)	4,5ab (0,37)	4,8a (0,24)	
Tempo EA ⁻¹ (segundos)				Bocados EA ⁻¹				
1	29,3Aa (3,56)	18,5ABab (4,06)	17,3Bb (2,51)	21,7B (1,98)	15,6Ba (2,84)	13,5Aa (3,26)	11,3Ba (2,00)	13,5B (1,58)
2	38,1Aa (2,18)	22,6Ab (1,50)	24,7Ab (1,54)	28,5A (1,18)	41,5Aa (2,39)	17,5Ab (2,42)	18,6Ab (1,69)	25,9A (1,26)
3	15,3Bb (1,39)	15,0Bb (1,50)	18,3Ba (0,98)	16,2C (0,75)	11,6Ba (1,13)	13,8Aa (1,25)	13,0Ba (0,80)	13,0B (0,61)
Média	27,6a (1,14)	18,7b (1,31)	20,1b (0,80)		22,9a (1,18)	14,9b (1,29)	14,3b (0,83)	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas não diferem entre si ($P > 0,05$). Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média. EA = estação alimentar.

Fase final do rebaixamento dos pastos

Durante a fase final do rebaixamento dos pastos (das 16h00min às 20h00min do dia 3) o número de estações alimentares exploradas por minuto variou com o regime de sombra ($P=0,0051$), método de avaliação de IL ($P<0,0001$), período de avaliação ($P=0,0021$) e com a interação regime de sombra x período de avaliação ($P<0,0001$). Durante os períodos 1 e 3, maiores valores foram registrados para o regime S2 relativamente a S1, como valores intermediários para o regime PS. Durante o período 2, não houve diferença entre os regimes S1 e S2, os quais apresentaram valores maiores que o regime PS (Tabela 6). Em relação aos métodos de avaliação de IL, maiores valores foram registrados para o método “fora” ($6,0 \pm 0,29$) relativamente ao método “dentro” ($3,60 \pm 0,29$). O número de passos por estação alimentar variou apenas em função dos períodos de avaliação ($P=0,0015$), com maiores valores registrados para os períodos 1 e 2 relativamente ao 3 ($2,00 \pm 0,19$; $1,60 \pm 0,09$; e $1,30 \pm 0,09$ para os períodos 1, 2 e 3, respectivamente). A taxa de deslocamento variou em função do método de avaliação de IL ($P=0,0156$) e do período de avaliação ($P=0,0211$). Maiores valores foram registrados para o método “fora” relativamente ao método “dentro” ($8,50$ e $6,20 \pm 0,62$ passos min^{-1} , respectivamente). Em relação aos períodos de avaliação, houve redução da taxa de deslocamento do período 1 para o período 3 ($8,60 \pm 0,85$; $5,80 \pm 0,36$; e $5,60 \pm 0,46$ passos min^{-1} para os períodos 1, 2 e 3, respectivamente). O tempo por estação alimentar variou em função do regime de sombra ($P<0,0432$), do método de avaliação de IL ($P=0,0006$), do período de avaliação ($P=0,0002$) e da interação regime de sombra x período de avaliação ($P<0,0001$). Durante os períodos 1 e 3, maiores valores foram registrados para o regime S1 e menores para o regime S2, com valores intermediários para o regime PS. Durante o período 2, não houve diferença entre os regimes S1 e S2, cujos valores foram menores que aqueles do regime PS (Tabela 6). Com relação aos métodos de avaliação de IL, maiores valores foram registrados para o método “dentro” ($17,40 \pm 1,10$) relativamente ao método “fora” ($11,06 \pm 1,10$). O número de bocados por estação alimentar variou com o regime de sombra ($P<0,01072$), método de avaliação de IL ($P=0,0337$), período de avaliação ($P<0,0001$) e com a interação regime de sombra x período de avaliação ($P=0,0011$). Menores valores foram registrados durante o período 1, maiores durante o período 2 e intermediários durante o período 3. Durante o período 1, os maiores valores foram registrados para o regime S1 e os menores para S2, com valores intermediários para o regime PS. Durante o período 2, maiores valores foram registrados para o regime PS relativamente aos regimes S1 e S2. Durante o período 3 não houve diferença entre regimes de sombra (Tabela 6). Com relação

aos métodos de avaliação de IL, maiores valores foram registrados para o método “dentro” relativamente ao método “fora”, (8,90 e $6,50 \pm 0,74$ respectivamente).

Tabela 6 - Padrões de deslocamento e de busca por forragem durante a fase final do rebaixamento dos pastos de *Brachiaria brizantha* cv. Piatã submetida a regimes de sombra e manejo sob pastejo rotativo em área de ILPF de dezembro de 2013 a julho de 2014

Período de avaliação	EA min ⁻¹				Tempo EA ⁻¹ (segundos)				Bocados EA ⁻¹			
	Regime de luz				Regime de luz				Regime de luz			
	PS	S1	S2	Média	PS	S1	S2	Média	PS	S1	S2	Média
1	4,6Aab (0,49)	3,7ABb (0,49)	5,40 Aa (0,34)	4,6A (0,25)	13,5Bab (1,40)	16,9Aa (1,40)	12,4Bb (0,99)	14,2B (0,74)	7,4Bab (1,63)	8,6Aa (0,92)	5,9Bb (0,83)	7,3C (0,68)
2	2,5Bb (0,31)	4,6Aa (0,31)	3,90 Ba (0,22)	3,7B (0,16)	24,6Aa (1,30)	13,4Bb (1,30)	16,7Ab (0,95)	18,2A (0,70)	17,9Aa (1,46)	8,4Ab (0,83)	9,3Ab (0,75)	11,8A (0,61)
3	4,0Aab (0,49)	3,1Bb (0,49)	5,10 Aa (0,34)	4,1AB (0,25)	15,3Bab (2,07)	18,9Aa (2,07)	13,7ABb (1,46)	15,9AB (1,09)	9,4ABa (1,46)	9,6Aa (0,83)	7,9Ba (0,75)	8,9B (0,61)
Média	3,7b (0,29)	3,8b (0,29)	4,8a (0,20)		17,8a (1,10)	16,3ab (1,10)	14,20 b (1,77)		11,6a (0,95)	8,9b (0,63)	7,7b (0,52)	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas não diferem entre si (P>0,05). Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média. EA = estação alimentar.

4.4 Discussão

Em sistemas ILPF a quantidade e a qualidade da luz que chega até o sub-bosque é determinada pelo tipo, densidade e arranjo das árvores, arquitetura da copa, altura das plantas e sua fenologia (PACIULLO et al., 2011; PERI et al., 2007). Neste experimento, as densidades de árvores e espaçamentos entre renques utilizados promoveram redução da ordem de 18 e 55% da RFA incidente sobre o dossel forrageiro nos regimes S1 e S2 relativamente ao regime PS (Tabela 1). De forma geral, as metas de manejo tanto em pré- como em pós-pastejo foram controladas de forma adequada ao longo de todo o período experimental (Tabela 2). O aumento do nível de sombreamento causado pelas diferentes causas de variação estudadas (regimes de sombra – S2 > S1 > PS, faixas de sombra – laterais > central, e método de avaliação de IL – “dentro” > “fora”) resultou em aumento da altura pré-pastejo dos pastos, demonstrando que a redução da RFA, principalmente para o regime de sombra S2, resultou em estiolamento das plantas com considerável redução na massa de forragem tanto em pré- como em pós-pastejo (Tabela 2). Essa redução em massa de forragem de pastos submetidos a intensidades de sombreamento constitui relato comum em diversos estudos sobre o assunto na literatura (e.g. CASTRO et al., 1999; KYRIAZOPOULOS et al., 2012; PACIULLO et al., 2007), e está diretamente relacionada com as alterações quantitativas e qualitativas da radiação solar incidente, uma vez que esta consiste na principal fonte de energia para os processos fisiológicos e bioquímicos que ocorrem nos vegetais. O menor crescimento das plantas no sub-bosque dos regimes S1 e S2 foi o responsável pela menor massa de forragem dos pastos e pelos maiores intervalos de pastejo e menor número de ciclos de pastejo dos pastos sombreados (MASCHERONI, 2015; CRESTANI, 2015).

No entanto, apesar de o sombreamento influenciar de maneira direta o acúmulo de forragem no sub-bosque (CRESTANI, 2015), o microclima criado pela presença das árvores, principalmente nas condições tropicais do Brasil, protege os animais do calor intenso, proporcionando melhoria das condições ambientais (LOPES et al., 2016) e, conseqüentemente, favorecendo o conforto térmico e o bem estar animal (PORFÍRIO-DASILVA, 2006). Segundo o National Weather Service – USA, existem quatro níveis de conforto térmico definidos em função dos valores de ITGU: (1) ITGU inferior a 74 - conforto térmico; (2) ITGU entre 74 e 79 - estado de alerta; (3) ITGU entre 79 e 84 - perigo; e (4) ITGU superior a 84 - estado de emergência. Neste estudo, apesar da sombra das árvores nos regimes S1 e S2 e dos menores valores de ITGU para S2 e S1 – renque relativamente a PS e

S1 - central, os animais estiveram sujeitos a estresse térmico em algum momento do dia, com valores de ITGU superiores a 80 sendo registrados entre 10h30min e 16h00min, mesmo nos regimes S1 e S2, indicando situação de perigo. Os animais estiveram em estado de conforto térmico somente no início do período da manhã (até as 10h30min) e no final do período da tarde (após as 16h00min) (Figura 3).

Bovinos são animais resilientes, capazes de se adaptar a uma amplitude de condições ambientais. Contudo, essa adaptação se dá por meio de alterações comportamentais relacionadas com o uso do tempo para o processo de alimentação e com o padrão de busca e apreensão de forragem durante os períodos de pastejo (GREGORINI et al., 2011). O calor intenso, por exemplo, influencia de maneira direta o comportamento alimentar (ROSSELLE et al., 2012), com impactos potenciais negativos sobre o desempenho animal. Em climas quentes o comportamento animal pode ser influenciado pela disponibilidade de sombra, uma vez que esta promove melhoria do conforto térmico e pode favorecer maior atividade de pastejo (TITTO et al., 2011; LOPES et al., 2016). Por outro lado, a redução da radiação fotossinteticamente ativa que chega ao sub-bosque altera as características de crescimento da planta forrageira, promovendo modificações morfológicas e estruturais tais como: alongamento de colmos, redução de ramificações e/ou perfilhamento, redução do número de folhas por perfilho, aumento da área foliar específica e redução da relação folha:colmo e do ângulo foliar (PACIULLO et al., 2008; MARTUSCELO et al., 2009; PACIULLO et al., 2011). Estas modificações alteram a estrutura do dossel forrageiro e modificam o comportamento ingestivo dos animais durante o pastejo com consequências para a ingestão de nutrientes e a digestão da forragem consumida (SOLEMBERGER e BURNS, 2001). Neste experimento, os regimes de sombra utilizados influenciaram o comportamento animal e os padrões de deslocamento e de busca por forragem. A porcentagem do tempo destinado à atividade de pastejo e ruminação aumentou com o aumento do nível de sombreamento (Tabelas 1 e 3) e consequente melhoria do conforto térmico (Figura 3). O inverso ocorreu para a porcentagem do tempo destinado a outras atividades (Tabela 3), demonstrando que sob sombreamento, com melhores condições ambientais (Figura 3), os animais passaram mais tempo realizando atividades de alimentação (pastejo e ruminação). De maneira geral, as condições ambientais do regime PS foram mais agressivas para os animais, com valores de ITGU acima de 80 antes das 10h30min da manhã, os quais diminuíram somente no final do dia, após as 19h00min (Figura 3). Esse padrão de variação nos valores de ITGU para o regime PS explica a menor porcentagem do tempo diurno de ocupação dos pastos destinado às atividades de pastejo e ruminação relativamente aos regimes S1 e S2 (Tabela 3). Sob estresse

térmico, as alterações comportamentais dos animais em pastejo têm como principal objetivo reduzir a produção de calor metabólico, razão pela qual ocorre redução de atividades relacionadas com alimentação e aumento de outras relacionadas com descanso e menor geração de calor (PIRES e PACIULLO, 2015).

Na ausência de sombra e sob condições de estresse térmico, os animais iniciam o processo de pastejo e permanecem nessa atividade por mais tempo nos períodos do dia em que as condições ambientais não são tão desafiadoras (SOUZA et al., 2010). Nessa condição, estruturas de dossel forrageiro capazes de favorecer o processo de ingestão de forragem (alta relação folha:colmo) podem compensar o menor tempo destinado à atividade de pastejo (altas taxas de ingestão de forragem). De forma contrária, sob condições de conforto térmico, estruturas de dossel que dificultam o processo de apreensão e ingestão de forragem podem resultar em menor consumo (baixas taxas de ingestão de forragem), apesar dos turnos mais longos de pastejo durante o dia. Neste experimento, o sombreamento, especialmente no regime S2, resultou em pastos mais altos, com menor massa de forragem (Tabela 2), menor relação folha:colmo (MASCHERONI, 2015), menor população de perfilhos e maior distância entre touceiras (CRESTANI, 2015) relativamente à condição de pleno sol (regime PS). Por essa razão, na fase inicial do rebaixamento dos pastos, apesar do melhor conforto térmico propiciado pela sombra e da maior porcentagem do tempo diurno de ocupação dos pastos destinado a atividades de alimentação, os animais exploraram um maior número de estações alimentares por unidade de tempo conforme houve redução da RFA, apresentando maior taxa de deslocamento (passos min^{-1}) para o regime de sombra S2 (Tabela 5) nos dois primeiros períodos de avaliação. Este aumento no número de estações alimentares visitadas por minuto e na taxa de deslocamento fez com que os animais permanecessem menos tempo em cada estação alimentar, consequentemente realizando um menor número de bocados em cada uma delas (Tabela 5). Esse padrão de deslocamento na área é indicativo de que a maior altura e a menor massa de forragem dos pastos no regime S2 representaram dificuldade de consumo (PALHANO et al., 2006), uma vez que sob sombreamento as folhas tendem a ser mais longas e dispersas no estrato de pastejo (DEVKOTA et al., 2009; LIN et al., 2001; PACIULLO et al., 2007; GOBBI et al., 2011; KYRIAZOPOULOS et al. 2012), limitando a formação de bocados maiores e mais pesados em função da baixa densidade volumétrica da forragem (MASCHERONI, 2015). Isso certamente fez com que os animais permanecessem menos tempo nas estações alimentares, deslocando-se mais e em maior velocidade durante o processo de pastejo relativamente à condição do regime PS. De acordo com Charnov (1976),

a percepção de melhores oportunidades de consumo em outros locais do pasto favorecem a mudança de estação alimentar. Esse padrão de comportamento, de troca frequente de estação de pastejo sob condições de massa de forragem reduzida, visa minimizar a redução em velocidade de consumo por meio do aumento da taxa de exploração de bocados potenciais na área (CARVALHO et al., 1999), porém é uma estratégia que resulta em maior gasto energético no processo de colheita de forragem (TEIXEIRA et al., 2011). As diferenças nos padrões de deslocamento e de busca por forragem entre os regimes de sombra desapareceram durante o terceiro período de avaliação, com exceção dos resultados para tempo por estação alimentar, o qual foi menor para os regimes PS e S1 relativamente a S2, fato relacionado com a estrutura do dossel forrageiro. Nesse período os pastos apresentavam grande proporção de material morto (GEREMIA, 2016 CAPÍTULO 3), isso fez com que os animais permanecessem menos tempo em cada estação alimentar.

À medida que o animal desfere os bocados e remove a forragem na estação alimentar, o aproveitamento da estação começa a diminuir e o número de bocados por estação alimentar cai, sinalizando queda da qualidade do ambiente pastoril (GREGORINI et al., 2011). De maneira geral, o número de bocados por estação alimentar foi menor para o regime de sombra S2 na fase final do rebaixamento dos pastos (Tabela 6), devido as estruturas de dossel geradas por esse regime de luz. Esse fato contribuiu para que o número de estações alimentares exploradas aumenta-se e o tempo por estação alimentar reduzisse em relação aos regimes de sombra PS e S1 (Tabela 6). Ou seja, no final do período de ocupação, em situações onde a estrutura apresenta condições desfavoráveis, com elevada proporção de colmos em relação à folhas, os animais visitam maior número de estações alimentares e permanecem nestas por menos tempo quando a estrutura não favorece a formação de bocados potenciais. O aumento no número de passos por estação alimentar e na taxa de deslocamento ao longo dos períodos avaliados pode ser justificado pelas maiores massas de bocado em dosséis de melhor relação folha:colmo (CARVALHO, 1997), nestas condições, por terem a boca cheia de alimento, os animais podem deslocar-se por mais tempo, antes de eleger uma nova estação alimentar (PALHANO et al., 2006).

Com relação aos métodos de avaliação de IL, é possível observar que quanto maior a altura dos pastos e menor massa de forragem disponível ao animais (Tabela 2), a porcentagem de tempo destinada a atividade de pastejo reduziu, com menor valor observado para o método de avaliação de IL “fora” durante o período 1, em comparação com os períodos 2 e 3 e para o método “Dentro” no período 3 em comparação com o método “fora” (Tabela 4), evidenciando uma condição restritiva do pasto. O oferecimento de um dossel alto e ao mesmo tempo rico

em folhas, que favoreça a captura e a rápida ingestão de forragem (ORR et al., 2004), estimula os animais a pastejar mais e/ou por mais tempo (BENVENUTTI et al., 2006; FONSECA et al., 2012). Na fase inicial do processo de rebaixamento dos pastos, o número de passos por estação alimentar foi maior para o método de avaliação de IL “dentro”, indicando que os animais passaram mais tempo movimentando-se, em busca de estações alimentares mais favoráveis ao consumo de forragem, uma vez que estes pastos apresentaram elevada proporção de colmos no estrato superior do dossel forrageiro (GEREMIA, 2016- CAPITULO 3). Na fase final do rebaixamento dos pastos, os padrões de deslocamento e busca por forragem também foram influenciados pelos métodos de avaliação de IL. De maneira geral, o número de estações alimentares visitadas e a taxa de deslocamento foram maiores para o método “fora”, já o tempo e o número de bocados por estação alimentar foram maiores para o método “dentro”, demonstrando a influência negativa que a menor massa de forragem do método de avaliação de IL “fora” (Tabela 2) teve sobre os padrões de deslocamento e busca por forragem. Esse fato explica a maior porcentagem de tempo destinada à atividade de ruminação e menor tempo destinado à outras atividade para o método de avaliação de IL “dentro” (Tabela 4).

Os resultados descritos acima demonstram que, o microclima mais ameno criado pela presença das árvores em sistemas agrossilvipastoris promove melhorias no conforto térmico e, faz com que os animais permaneçam por mais tempo em pastejo. No entanto, a estrutura do dossel forrageiro é profundamente influenciada pela redução da RFA incidente no sub-bosque, resultando em dossel com maior altura e conseqüentemente maior proporção de colmo e redução da massa de forragem disponível. Essas alterações estruturais influenciaram de maneira direta os padrões de deslocamento e busca por forragem durante o processo de pastejo e indicam que, apesar do microclima mais ameno, os animais passam maior parte do tempo procurando estações alimentares capazes de suprir a demanda diária de nutrientes, uma vez que, estes apresentaram um comportamento mais exploratório quando a RFA foi reduzida. De acordo com os resultados, fica evidente a necessidade de oferecer aos animais estruturas de pasto que otimizem o processo de pastejo em sistemas sombreados, sem deixar de lado a melhoria no índice de conforto térmico, principalmente nas regiões tropicais do Brasil, que apresentam altas temperaturas. Esses conhecimentos são importantes porque a forma com que os animais exploram as estações alimentares determina seu nível de consumo e, conseqüentemente, desempenho e produção animal. Nesse sentido, o uso de renques mais espaçados podem proporcionar a sombra necessária para o descanso dos animais sem

promover mudanças significativas na estrutura do dossel forrageiro a ponto de alterar os padrões de deslocamento e procura por forragem.

4.5 Conclusão

Apesar do efeito do microclima ter sido menos desafiador aos animais no regime de sombra S2, as melhores condições de pastejo, caracterizadas pelos padrões deslocamento e busca por forragem nas fases inicial e final do processo de pastejo foram obtidas no regime PS.

Em relação aos métodos de avaliação de IL para o regime S2, estes não foram capazes de reduzir os efeitos sobre os padrões de deslocamento e busca por forragem.

Referências

- ABEL, N.; BAXTER, J.; CAMPBELL, A. et al. **Design Principles for Farm Forestry: A guide to assist farmers to decide where to place trees and farm plantations on farms.** Joint Venture Agroforestry Program, 1997. Disponível em: <http://www.mtg.unimelb.edu.au/designbook.htm>. Acesso em: 21 abr. 2015.
- BARRET, T.P.D.; LAIDLAW, A.S.; MAYNE, C.S.; CHRISTIE, H. Pattern of herbage intake rate and bite dimensions of rotationally grazed dairy cows as sward height declines. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 56, p. 362-373, 2001.
- BAUMONT, R.; COHEN-SALMON, D.; PRACHE, S.; SAUANT, D. A mechanistic model of intake and grazing behaviour in sheep integrating sward architecture and animal decisions. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.112, p. 5-28, 2004.
- BENVENUTTI, M.A.; GORDON, I.J.; POPPI, D.P. The effects of the density and physical properties of grass stems on the foraging behaviour and instantaneous intake rate by cattle grazing an artificial reproductive tropical sward. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 61, p. 272, 281, 2006.
- BUFFINGTON, D.E.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G.H. et al. Black globe-humidity index (ITGU) as comfort equation for dairy cows. St. Joseph, MI, USA. **Transactions of American Society of Agricultural Engineering**, New York, v. 24, n.3, p.711- 14, 1981.
- CARVALHO, P.C.F. A estrutura da pastagem e o comportamento ingestivo de ruminantes em pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE AVALIAÇÃO DE PASTAGENS COM ANIMAIS, 2., 1997, Maringá. **Anais...** Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 1997. p.25-52.

CARVALHO, P.C.F.; PRACHE, S.; DAMASCENO, J.C. O processo de pastejo: desafios da procura e apreensão da forragem pelo herbívoro. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36, 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1999. p.253-268

CARVALHO, P.C.F.; TRINDADE, J.K.; Da SILVA, S.C.; BREMM, C.; MEZZALIRA, J.C.; NABINGER, C.; AMARAL, M.F.; CARASSAI, I.J.; MARTINS, R.S.; GENRO, T.C.M.; GONÇALVES, E.N.; AMARAL, G.A.; GONDA, H.L.; POLI, C.H.E.C.; SANTOS, D.T. Consumo de forragem por animais em pastejo: analogias e simulações em pastoreio rotativo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM – INTENSIFICAÇÃO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTO, 2009. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2009. P. 61-93.

CASTRO, C.R.T. de; GARCIA, R.; CARVALHO, M.M.; COUTO, L. Produção forrageira de gramíneas cultivadas sob luminosidade reduzida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.28, p. 919-927, 1999.

CHARNOV, E.L. Optimal foraging the marginal value theorem. **Theoretical Population Biology**, Amsterdam, v. 9, p. 129-136, 1976.

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, p 102. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagem) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

DEVKOTA N.R., KEMP P.D., HODGSON J., VALENTINE I. and JAYA I.K.D. Relationship between tree canopy height and the production of pasture species in a silvopastoral system based on alder trees. **Agroforestry systems**, Dordrecht, n. 76, p. 363–374, 2009.

FONSECA, L.; MEZZALIRA, J.C.; BREMM, C.; FILHO, R.S.A.; GONDA, H.L.; CARVALHO, P. C.de F. Management targets for maximizing the short-term herbage intake rate of cattle grazing in *Sorghum bicolor*. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 145, p. 205-211, 2012.

GOBBI, K.F., GARCIA, R., VENTRELLA, M.C., GARCEZ NETO, A.F.;ROCHA, C.P. Specific leaf area and quantitative leaf anatomy of signalgrass and forage peanut submitted to shading. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n. 7, p. 1436-1444, 2011.

GORDON, I.J.; BENVENUTTI, M.A.; Food in 3D: how ruminant Livestock Interact with sown sward architecture at bite scale. In: BELS, V. (Ed). **Feeding in domestic vertebrates: from structure to behavior**. Wallingford: CAB International, 2006. p. 263-277.

GREGORINI, P.; GUNTER, S.A.; BOWMAN, M.T.; CALDWELL, J.D.; MASINO, C.A.; COBLENTZ, W.K.; BECK, P.A. Effect of herbage depletion on short-term foraging dynamics and diet quality of steers grazing wheat pastures. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 20, p. 60-66, 2011.

GRIFFITHS, W.M.; HODGSON, J.; ARNOLD, G.C. The influence of sward canopy structure on foraging decisions by grazing cattle. I. Patch selection. **Grass and forage Science**, Oxford, v. 58, p. 112-124, 2003.

HODGSON, J., Ingestive behaviour. In: LEAVER, J.D. (Ed.). **Herbage intake handbook**. Wallingford: British Grasslands Society, 1982. p.113 - 138.

JAMIESON, W.S.; HODGSON, J. The effects of variation in swards characteristics upon the ingestive behaviour and herbage intake of calves and lambs under a continuous stocking management. **Grass and Forage Science**. Oxford, v. 34, p. 273-282, 1979.

KENWARD, M.G., ROGERS, J.H. Small Sample Inference for Fixed Effects from Restricted Maximum Likelihood. **Biometrics**, Malden, v. 53, p. 983-997, 1997.

KYRIAZOPOULOS, A.P.; ABRAHAM, E.M.; PARISSI, Z.M.; NASTIS, A.S. Forage production and nutritive value of *Dactylis glomerata* and *Trifolium subterraneum* mixtures under different shading treatments. **Grass and Forage Science**, Hokoben, v. 68, p.72-82, 2012.

LEGRAND, A.; SCHÜTZ, K.E.; TUCKER, C.B. Using water to cool cattle: Behavioral and physiological change associated with voluntary use of cow showers. **Journal of Dairy Science**, New York, v. 94, p. 3376 – 3386, 2011.

LIN, C.H.; MCGRAW, R.L.; GEORGE, M.F.; GARRETT, H.E. Nutritive quality and morphological development under partial shade of some forage species with agroforestry potential. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v.53, p. 269-281, 2001

LITTEL, R.C., PENDERGAST J., NATARAJAN R., Modelling Covariance Structure in the Analysis of Repeated Measures Data. **Statistics in Medicine**, Malden, v. 19, p. 1793-1819, 2000.

LOPES, L.B.; ECKSTEIN, C.; PINA, D.S.; CARNEVALLI, R.A. The influence of trees on the thermal environment and behaviour of grazing heifers in Brazilian Midwest. **Tropical Animal Health production**, Dordrecht, v. 48, p. 755-761, 2016.

MARTUSCELLO, J.A.; JANK, L.; GONTIJO NETO, M.M.; LAURA, V.A.; CUNHA, D. de N.F.V. da. Produção de gramíneas do gênero *Brachiaria* sob níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, p. 1183-1190, 2009.

MASCHERINNI, J.D.C. **Características estruturais do dossel forrageiro e acúmulo de forragem de *Brachiaria brizantha* cv. Piatã submetida a regimes de sombra em sistemas de integração Lavoura-pecuária-Floresta**. 2015, 92 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagem) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

MOORE, K.J.; DIXON, P.M. Analysis of combined experiments revisited. **Agronomy Journal**, Madison, v. 107, p. 763-771, 2015.

NIINEMETS, U. E TENHUNEM, J.D. A model separating leaf structural and physiological effects on carbon gain along gradients for the shade-tolerant species *Acer saccharum*. **Plant, Cell and Environment**, Hoboken, v. 20, p. 845-866, 1997.

ORR, R..J.; RUTTER, S.M.; YARROW, N.H.; CHAMPION, R.A.; ROOK, A.J. Changes in ingestive behaviour of yearling dairy heifers due to changes in sward state during grazing down of rotationally stocked ryegrass or white clover pastures. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 87, p. 205-222, 2004.

PACIULLO, D.S.C.; CAMPOS, N.R.; GOMIDE, C.A.M.; CASTRO, C.R.T. de; TAVELA, R.C.; ROSSIELLO, R.O.P. Crescimento de capim- braquiária influenciado pelo grau de sombreamento e pela estação do ano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n. 7, p.917-923, 2008.

PACIULLO, D.S.C.; CASTRO, C.R.T.; GOMIDE, C.A.M. Performance of dairy heifers in a silvopastoral system. **Livestock Science**, Amsterdam, v.141, p.166-172, 2011.

PACIULLO, S. C. D.; CARVALHO, C.A.B.; AROEIRA, L.J.M.; MORENZ, N.J.F.; LOPES, F.C.F.; ROSSIELLO, R.O.P. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 4, p. 573-579, 2007.

PACIULLO, D.S.C.; GOMIDE, C.A.M.; MULLER, M.D.; PIRES, M.F.A.; CASTRO, C.R.T. Potencial de produção e utilização de forragem em sistemas silvipastoris. In: INTENSIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO ANIMAL, 2014. Sinop. **Anais...** Sinop: EMBRAPA Agrossilvipastoril, 2014. p. 51- 82.

PALHANO, A. L.; CARVALHO, P.C.F.; DITTRICH, J.R.; MORAES, A.; SILVA, S. C.; MONTEIRO, A.L.G. Padrões de Deslocamento e Procura por Forragem de Novilhas Leiteiras em Pastagem de Capim Mombaça. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 6, p. 2253-2259, 2006.

PERI, P.L., LUCAS, R.J., MOOT, D.J. Dry matter production, morphology and nutritive value of *Dactylis glomerata* growing under different light regimes. **Agroforestry Systems**. Dordrecht, v. 70, p. 63–79, 2007.

PERI, P.L.; MOOT, D.J.; McNEIL, D. Validation of a canopy photosynthesis model for cocksfoot pastures grown under different light regimes. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 67, p. 259-272, 2006.

PERI, P.L.; VARELLA, A.C.; LUCAS, R.J.; MOOT, D.J. Cocksfoot and lucerne productivity in a *Pinus radiata* silvopastoral system: a grazed comparison. **Proceedings of the New Zealand Grassland Association**, Nova Zelândia, v. 63, p. 139-147, 2001.

PIRES, M.F.A.; PACIULLO, D.S. Bem-estar animal em sistemas integrados. In: ALVES, F.V.; LAURA, V.A.; ALMEIDA, R.G. **Sistemas Agroflorestais a pecuária sustentável**. Brasília: EMBRAPA. 2015 p. 169-194.

PORFÍRIO- DA- SILVA, V. **Arborização de pastagens: I- procedimentos para introdução de árvores em pastagens convencionais.** Colombo: Embrapa Florestas, 2006. 8 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 155).

ROSSELLE, L.; PERMENTIER, L.; VERBEKE, G.; DRIESSEN, B.; GEERS, R. Interactions between climatological variables and sheltering behaviour of pastoral beef cattle during sunny weather in a temperature climate. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 91, p. 943-949, 2012.

RUYLE, G.B.; DWYER, D.D. Feeding stations of sheep as an indicator of diminished forage supply. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 61, p. 349-353, 1985.

SOLLENBERGER, L.E.; BURNS, J.C. Canopy characteristics, ingestive behavior and herbage intake in cultivated tropical grasslands In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 2001, São Pedro. **Proceedings...** São Pedro: IGC, 2001. p. 321-327.

SOUZA, W.D., BARBOSA, O.R., MARQUES, J.D.A.J., GASPARINO, E., CECATO, U., BARBERO, L.M. Behavior of beef cattle in silvopastoral systems with eucalyptus. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, p. 677- 684, 2010.

TEIXEIRA, F.A.; BONOMO, P.; PIRES, A.J.V.; SILVA, F.F.; MARQUES, J.A.; SANTANA JUNIOR, H.A. Padrões de deslocamento e permanência de bovinos em pastos de *Brachiaria Decumbens* diferidos sob quatro estratégias de adubação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa. V. 40, p. 1489-1496, 2011.

TITTO, C.G.; TITTO, E.A.L.; TITTO, R.M.; MOURÃO, G.B. Heat tolerance and the effects of shade on the behavior of Simmental bulls on pasture. **Animal Science Journal**, Hoboken, v. 82, p. 591-600, 2011.

TRINDADE, J.K.; DA SILVA, S.C.; SOUZA JUNIOR, S.J.; GIACOMINI, A.A.; ZEFERINO, C.V.; CARVALHO, P.C.F. Composição morfológica da forragem consumida por bovinos de corte durante o rebaixamento do capim-marandu submetido a estratégias de pastejo rotativo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, p. 883-890, 2007.

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

5 ANATOMIA E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE FOLHAS DE *BRACHIARIA BRIZANTHA* CV. PIATÃ EM ÁREA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA

Resumo

Um dos principais obstáculos ao manejo de sistemas integrados com espécies arbóreas é a alteração do ambiente luminoso no sub-bosque. A sombra produzida pelas árvores pode resultar em alterações morfológicas e anatômicas nas plantas forrageiras, com impactos potenciais sobre a composição química e valor nutritivo da forragem produzida. O objetivo deste estudo foi avaliar as alterações anatômicas e sua relação com o valor nutritivo das folhas de *Brachiaria brizantha* cv. Piatã cultivada em área de integração lavoura-pecuária-floresta, de dezembro de 2013 a julho de 2014. O estudo foi desenvolvido por meio de três experimentos realizados de forma concomitante para avaliar três regimes de luz: 1) cultivo do capim-piatã à pleno sol (PS); 2) sombreamento gerado por meio de fileiras duplas de Eucalipto nas bordas dos piquetes (S1) e 3) sombreamento gerado por meio de quatro renques de fileiras triplas de Eucalipto dispostas de forma alternada com porções de pasto (S2). Os piquetes sob os regimes de sombra foram divididos em três faixas de sombra (lateral norte, central e lateral sul) para permitir melhor descrição das variações do ambiente luminoso. O manejo do pastejo foi comum para todos os regimes de sombra e baseado nas metas pré- e pós-pastejo de 95% de interceptação de luz e 50% da altura de entrada nos pastos, respectivamente, e o período experimental foi dividido em duas épocas de avaliação em função do índice pluviométrico registrado. O regime de sombra S2 foi manejado utilizando-se dois métodos de tomada de leitura de referência da luz incidente: leitura dentro (sob a copa das árvores) e fora (ausência de árvores) da área experimental. O sombreamento resultou em aumento no comprimento final da folha e da área foliar específica, mudanças que estiveram associadas a mudanças nas características anatômicas das folhas caracterizadas pela menor porcentagem de mesófilo e menor espessura de epiderme. Estas, por sua vez, influenciaram de forma direta o valor nutritivo das folhas, com aumento da porcentagem de proteína bruta, proteína indigestível em detergente ácido e redução da porcentagem de carboidratos solúveis totais, sem alterações na digestibilidade da matéria seca. Essas respostas foram influenciadas também pelas épocas de avaliação e pelas faixas de sombra, indicando que as plantas estavam em constante adaptação ao ambiente do sub-bosque. Não houve diferença entre os métodos de avaliação de IL avaliados para a maioria das respostas avaliadas. A *Brachiaria brizantha* cv. Piatã apresenta alterações em sua área foliar específica, anatomia foliar e valor nutritivo quando submetida a sombreamento, sendo a magnitude das respostas maior quanto mais intenso o nível de sombreamento.

Palavras-chave: Sistemas integrados; Capim-piatã; Interceptação luminosa; Anatomia; Valor nutritivo

Abstract

Modification of the light environment under the tree canopy is one of the most influential features determining the management of silvipastoral systems. Shading may result in morphological and anatomical changes in the forage plants, with potential impacts on the chemical composition and nutritive value of the produced herbage. The objective of this study

was to evaluate the anatomical modifications and their relation with the nutritive value of leaves of *Brachiaria brizantha* cv. Piatã cultivated in a crop-livestock-forest integration area, from December 2013 to July 2014. It comprised three simultaneous experiments to evaluate three shade regimes: (1) Piatã brachiariagrass cultivated in the absence of trees (full natural light; PS); (2) shade produced by a double row of *Eucalyptus* trees on the edges of the paddocks (S1); and (3) shade produced by four triple rows of *Eucalyptus* with pasture in between them (S2). Paddocks under the shade regimes were divided into three shade strips (lateral north and south and central) for allowing more detailed description of the variations in the light environment. Grazing management was common to all shade regimes and based on the pre- and post-grazing targets of 95% canopy light interception and 50% of the pre-grazing height, respectively. The experimental period was divided into two periods of evaluation according to rainfall distribution. For the S2 regime canopy light interception was measured in two different ways: reference readings of the incident light taken inside (under the tree canopy) and outside (full sunlight) the experimental area. Shading resulted in increase of leaf lamina length and specific leaf area, changes that were associated with modifications in anatomical traits characterised by smaller percentage of mesophyll and thinner epidermis relative to plants grown under full sunlight (PS regime). Such changes influenced the nutritive value of leaves, with greater percentage of crude protein and acid insoluble protein and smaller percentage of soluble carbohydrates recorded for regimes S1 and S2 relative to PS. There was no difference between shade regimes for dry matter digestibility. These characteristics were also influenced by evaluation period and shade strips, indicating that plants were under constant adaptation to the environment under the trees. There was no difference between methods for measuring canopy light interception for most of the evaluated responses. The *Brachiaria brizantha* cv. Piatã alters its specific leaf area, leaf anatomy and nutritive value when subjected to shading, with greater magnitude of the responses the greater the shading level.

Keywords: Integrated systems; Piatã grass; Light interception; Leaf anatomy; Nutritive value

5.1 Introdução

A ingestão de nutrientes por animais em pastejo depende de inúmeros fatores que vão desde a forma como o pasto é oferecido aos animais (estrutura do dossel forrageiro), passando pelos padrões de busca e apreensão de forragem, comportamento ingestivo até o valor nutritivo da forragem consumida. Por essa razão, fatores que afetam o desenvolvimento e alteram o perfil da planta influenciam de forma direta a qualidade da forragem. A magnitude dessas alterações está diretamente relacionada com o ambiente no qual a planta se desenvolve, uma vez que este influencia os processos metabólicos de produção e partição de fotoassimilados, modificando os padrões de crescimento e alterando a morfologia das plantas e a estrutura do dossel forrageiro.

Os sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta são caracterizados pela combinação da produção de grãos, pastagens, produção de carne e/ou leite e de madeira, entre outros, na mesma área, de maneira consorciada, sequencial ou rotacional (MACEDO, 2009), sendo que o uso da terra é alternado, no tempo e no espaço, entre lavoura e pecuária (VILELA et al., 2011). No entanto, um dos principais obstáculos ao manejo de sistemas consorciados com espécies arbóreas é sem dúvida a alteração do ambiente luminoso no sub-bosque. Como o princípio básico da produção de forragem é a transformação da energia solar em compostos orgânicos (TAIZ e ZEIGER, 2013), a sombra criada pelas árvores pode resultar em alterações morfológicas (LIN et al., 2001) e anatômicas (ALLARD, NELSON e PALLARDY, 1991) nas plantas forrageiras cultivadas com impactos potenciais sobre a composição química e valor nutritivo da forragem produzida.

O sombreamento resulta em redução da relação vermelho:vermelho distante na luz incidente (FELDHAKKE, 2001), fazendo com que as plantas, como forma de se adaptar ao ambiente, lancem mão de estratégias de tolerância à sombra e invistam maior proporção de fotoassimilados em aumento da área foliar e/ou acesso à luz, com objetivo de maximizar a captação da luz disponível para fotossíntese, aumentando a relação parte aérea:raízes (ALLARD, NELSON e PALLARDY, 1991; FERNÁNDEZ et al., 2004; PACIULLO et al., 2010). Esse padrão de alocação de fotoassimilados resulta em aumento da área foliar específica das folhas, resposta diretamente relacionada com alterações anatômicas como menor espessura da cutícula e das epidermes, menor proporção e espessura do mesofilo, menor proporção de tecidos condutores e de sustentação, menor espessura da parede celular, e menor densidade estomática (DEINUM et al., 1996). Essas alterações, por sua vez, afetam a quantidade e a composição química da forragem produzida, com potenciais implicações sobre o desempenho animal (PACIULLO et al., 2007).

A avaliação do tipo e magnitude das alterações anatômicas, morfológicas e químicas que ocorrem na forragem produzida por plantas submetidas a níveis de sombreamento pode contribuir para o melhor entendimento dos fatores determinantes do desempenho de animais criados em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. Com base no exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar as alterações anatômicas e sua relação com o valor nutritivo das folhas de *Brachiaria brizantha* cv. Piatã cultivada em área de integração lavoura-pecuária-floresta.

5.2 Material e Métodos

5.2.1 Caracterização da área experimental

O estudo foi realizado em área pertencente à Embrapa Agrossilvipastoril, em Sinop, MT, Brasil (latitude 11° 51' Sul, longitude 55° 35' Oeste e 384 m de altitude). A área experimental possui 10 ha e encontra-se assentada sobre um latossolo vermelho-amarelo de relevo plano. O clima da região, segundo classificação de Köppen, é do tipo Aw, tropical com estações definidas de chuva (setembro a abril) e seca (maio a agosto) e precipitação média anual de 1815 mm. Os dados climatológicos foram coletados na estação meteorológica da Embrapa Agrossilvipastoril, e são apresentados na Figura 1 juntamente com os valores históricos obtidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para os últimos 30 anos.

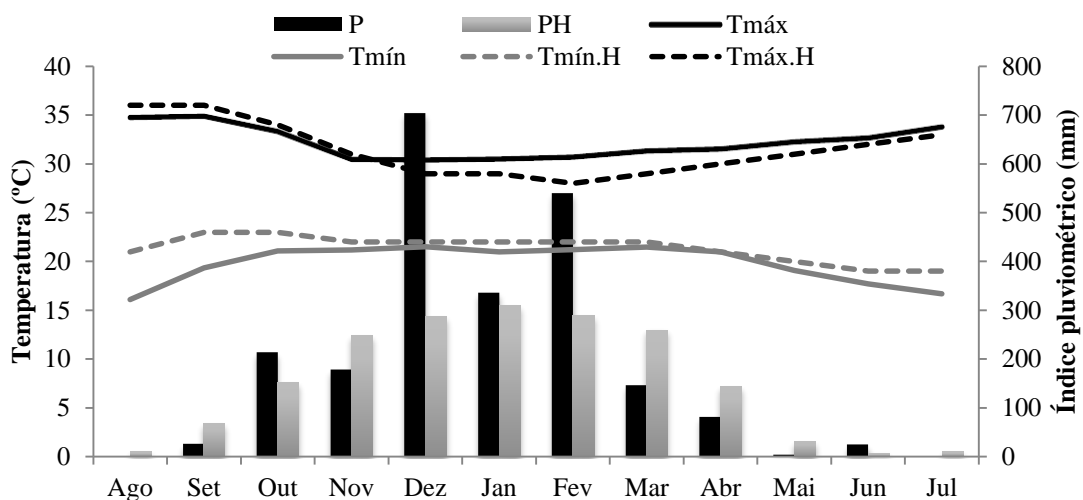


Figura 1 - Índice pluviométrico (mm) e temperaturas máximas e mínimas de agosto de 2013 a junho de 2014 (P, Tmín e Tmáx, respectivamente) e histórica (PH, Tmín.H e Tmáx.H dos últimos 30 anos, respectivamente) para a região de Sinop-MT

O solo foi classificado como argiloso, apresentando 283 g kg⁻¹ de areia, 123 g kg⁻¹ de silte e 594 g kg⁻¹ de argila. Após correção e adubação, realizadas previamente à implantação do sistema, a análise de solo apresentou os seguintes valores: pH (água) = 5,8; MO = 29,5 g dm⁻³; P_(Mehlich) = 14,3 mg dm⁻³; K_(Mehlich) = 71,5 mg dm⁻³; Ca = 2,5 cmol_c dm⁻³; Mg = 0,7 cmol_c dm⁻³; Al = 0,2 cmol_c dm⁻³; S = 3,3 cmol_c dm⁻³; V = 51%.

A área experimental foi estabelecida em 2010 com a implantação de Eucalipto (*Eucaliptus urophylla* x *E. grandis* clone H13) no sentido Leste-Oeste para a definição de três regimes de sombra: (1) ausência total de árvores (pleno sol - PS); (2) presença de árvores em

linhas duplas localizadas nas bordas laterais da área (espaçamento entre árvores de 2 m na linha e 3 m entre linhas - S1); (3) linhas triplas de árvores nas laterais e também no interior da área (espaçamento de 2 m na linha e 3 m entre linhas - S2). Nos dois primeiros anos após o plantio do Eucalipto a área entre renques de árvores foi cultivada com milho e, em janeiro de 2012, foi semeada a *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) cv. Piatã, juntamente com a lavoura de milho, para formação da pastagem. O milho foi colhido para ensilagem em abril de 2012 e a pastagem completou seu estabelecimento. De novembro de 2012 a novembro de 2013 os pastos foram manejados da forma análoga à que seriam utilizados no experimento como forma de assegurar sua adaptação ao regime de desfolhação planejado. Em dezembro de 2013, no início do experimento, os renques de eucalipto apresentavam altura média de 16 m.

5.2.2 Arranjo do experimento com o capim-piatã e controle experimental

As avaliações foram realizadas de fevereiro a junho de 2014. A área total disponível entre os renques de árvores para lavoura/pasto possuía tamanhos iguais em todos os regimes de sombra. Contudo, em função da presença e do arranjo das árvores nos regimes S1 e S2, o *layout* da área foi diferente. Além dos espaços entre as linhas de árvores, não foram consideradas para o cálculo da área disponível para lavoura/pasto as margens da espécie arbórea (1,5 m de cada lado da linha de árvores), resultando em faixas de 49 m de largura para o regime PS; 59 m de largura total e 49 m de largura útil entre os renques laterais para o regime S1 (densidade de 338 árvores/ha e 89% de área útil para plantio); e 84 m de largura total e 49 m de largura útil entre renques de árvores para o regime S2 (4 renques de 6 m de largura somada a área periférica de cada renque de 1,5 m - densidade de 714 árvores/ha e 57% de área útil para plantio). Cada área foi dividida em 10 piquetes, os quais foram utilizados para manter os grupos de animais em cada um dos regimes de sombra durante todo o período experimental (Figura 2).

O pasto foi adubado com 100 kg/ha de nitrogênio na forma de ureia divididos em três aplicações: dezembro de 2013, janeiro e março de 2014. O manejo dos pastos foi comum para todos os regimes de sombra avaliados e realizado por meio do método de pastejo rotativo utilizando como meta de entrada dos animais nos piquetes a condição de 95% de interceptação da luz incidente (IL) e como meta de saída altura de resíduo não inferior a 50% da altura de entrada (CARVALHO et al., 2009; FONSECA et al., 2012). O pastejo foi realizado por novilhas cruzadas das raças Gir e Holandês Preto e Branco.

O monitoramento da interceptação luminosa foi realizado de duas maneiras: (1) tomando-se a leitura de referência da luz incidente sobre o dossel forrageiro do pasto (dentro da área de pastagem e abaixo do dossel das árvores) para todos os regimes de sombra (leitura “dentro” das faixas úteis), e (2) tomando-se a leitura de referência da luz incidente acima do dossel das árvores (leitura “fora” das faixas úteis, em campo aberto), somente no regime S2 (Figura 2). Três piquetes de cada regime de sombra foram utilizados como repetições de campo para as avaliações das respostas da planta forrageira. Dessa forma, foram utilizados três piquetes para os regimes PS, S1, S2-dentro e S2-fora, totalizando 12 piquetes de avaliação (Figura 2).

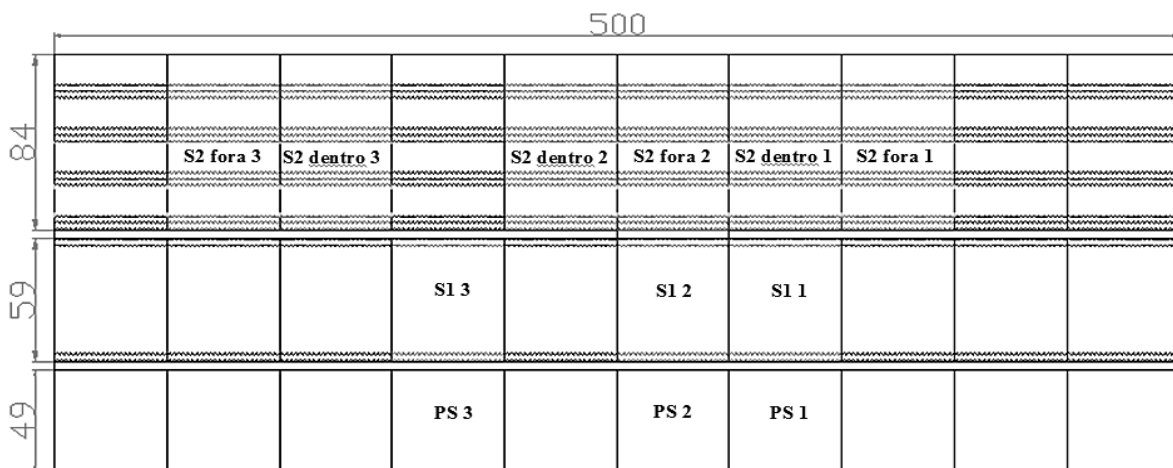


Figura 2 - Croqui da área experimental apresentando os piquetes selecionados para a avaliação de cada um dos regimes de luz (PS, S1 e S2) e para os dois métodos de leitura da interceptação luminosa pelos pastos para o regime S2 (dentro e fora)

Junto ao arranjo experimental, e em função da distância em relação às linhas de árvores interferir na quantidade e qualidade de luz no sub-bosque, os piquetes amostrais dos regimes S1 e S2 foram subdivididos em três faixas (“faixas de sombra”), duas laterais (lateral norte e lateral sul), vizinhas às linhas de árvores, e uma central, posicionada entre as laterais e com a maior incidência de luz. As faixas laterais possuíam 4 m de largura contados a partir da margem de 1,5 m da linha de árvores. Como o regime de luz S1 possuía uma largura útil de 49 m, a soma das duas faixas laterais correspondeu a 8 m, restando 41 m caracterizados como faixa central. Para o regime de luz S2, as faixas laterais totalizaram 8 m, restando uma faixa central de 4 m. Como este regime possuía quatro porções de pasto, foi utilizada para avaliação somente a porção central, assumindo ser ela a menos influenciada pelas “bordaduras”.

5.2.3 Avaliações

As avaliações foram feitas tomando-se por base a precipitação pluviométrica ocorrida (Figura 1), sendo definidas duas épocas distintas: (1) “chuvas” (coletas feitas entre fevereiro e março de 2014); e (2) “seca” (coletas feitas de maio a junho de 2014). Todas as avaliações foram realizadas sempre na condição pré-pastejo (95% de IL dos pastos) e considerando-se os diferentes regimes de luz (PS, S1 e S2), faixas de sombra nos regimes S1 e S2 (lateral norte, central e lateral sul) e métodos de avaliação de IL no regime S2 (dentro e fora).

Interceptação de luz pelo dossel forrageiro

As avaliações de interceptação luminosa foram realizadas antes e depois de cada pastejo utilizando-se um ceptômetro analisador de dossel marca LI-COR modelo LAI 2200. Foi adotado um número de leituras que melhor representava a largura das faixas de sombra (centrais e laterais) de cada regime de sombra, tomando-se uma medida de referência (acima do dossel) para cada 10 medidas tomadas no nível do solo (abaixo do dossel). Dessa forma, para o regime PS foram realizadas 40 medições; para o regime S1 foram realizadas 40 medições na faixa central e outras 40 nas faixas laterais; e para o regime S2 foram realizadas 20 medições na faixa central e outras 40 nas faixas laterais. As leituras, por faixa de sombra, foram tomadas de forma casualizada ao longo de uma linha em formato de “W”. No momento da tomada das leituras no nível do solo, o ceptômetro era posicionado no ponto médio da distância entre touceiras. O valor de IL do piquete foi calculado na forma de média ponderada utilizando-se como fator de ponderação a largura de cada faixa de sombra. As avaliações de IL foram realizadas sempre nas primeiras horas da manhã. As leituras de referência, tomadas acima do dossel, foram sempre realizadas no centro dos piquetes e abaixo do dossel arbóreo para o método “dentro”. Para o método “fora”, no regime S2, a leitura de referência era tomada externamente aos piquetes, de forma que não havia interferência do dossel arbóreo sobre a luz incidente.

Altura do dossel

O monitoramento da altura do dossel forrageiro foi realizado utilizando-se bastão graduado em centímetros. As leituras foram realizadas de maneira idêntica àquela utilizada para as avaliações de IL, e com o mesmo número de pontos de amostragem. O valor tomado como leitura em cada ponto de avaliação era o que melhor descrevia a condição do pasto nos 20 a 30 cm no entorno do bastão medidor. Durante o pastejo, medições de altura eram tomadas para garantir que o rebaixamento do dossel não ultrapassasse a meta de 50% da altura de entrada (FONSECA et al., 2012) para a retirada dos animais dos piquetes. Após a saída dos animais, uma última avaliação de altura era feita para determinar a altura pós-pastejo realizada. O cálculo do valor médio de altura para cada piquete foi feito através de média ponderada utilizando-se como fator de ponderação a largura de cada faixa de sombra.

Características estruturais das folhas

Os dados das características estruturais das folhas fazem parte de um protocolo experimental realizado de forma concomitante, na mesma área experimental, que teve como objetivo avaliar as respostas morfogênicas do capim-piatã. Para tanto, utilizou-se 10 perfilhos marcados dispostos ao longo de duas linhas transectas posicionadas em cada faixa de sombra (cinco perfilhos por transecta), totalizando 30 perfilhos por piquete para os regimes S1 e S2 e 10 perfilhos para o regime PS em cada época de avaliação. As linhas transectas foram alocadas em pontos representativos da condição média dos piquetes e faixas de sombra. Dentro de cada transecta, os cinco perfilhos foram escolhidos ao acaso logo após a saída dos animais dos piquetes. Os perfilhos marcados seguiram protocolo de avaliação conforme descrito por Pereira et al. (2015) e Crestani (2015). Ao final de cada período de avaliação todos os perfilhos foram coletados e levados ao laboratório onde foi realizada a última leitura de comprimento final das folhas expandidas. Em seguida estas foram passadas em aparelho integrador de área foliar e levadas para secar em estufa de circulação forçada de ar a 55°C até massa constante. Após secagem as folhas foram pesadas e os dados utilizados para calcular sua área específica ($\text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$).

Anatomia foliar

Para avaliação da composição anatômica das folhas, foram colhidas amostras constituídas pela penúltima lâmina foliar totalmente expandida (lígula exposta), cortada na região do colar do perfilho vegetativo principal. Foram coletadas três lâminas foliares ao

acaso em cada faixa de sombra (central e laterais) por piquete de amostragem para cada época avaliada, totalizando 216 lâminas foliares (3 lâminas por faixa de sombra, 3 faixas de sombra por piquete, 3 piquetes por regime de luz, 4 regimes de luz, 2 épocas de avaliação). No momento da colheita, as lâminas foliares foram identificadas, borrifadas com água, acondicionadas em isopor com gelo e encaminhadas em seguida para processamento em laboratório. No laboratório as lâminas foliares tiveram seu comprimento mensurado (distância do ápice até sua base - lígula) e uma amostra da porção central equivalente a 1/3 do comprimento total foi colhida descartando-se as extremidades. Em seguida, essa porção central foi fragmentada em cortes de 1 cm, os quais foram acondicionados em frascos com capacidade para 10 mL e cobertos com solução fixadora de FAA (90 mL de etanol 50%, 5 mL de ácido acético glacial, 5 mL de formaldeído a 37%), conforme Johansen (1940). Os frascos foram armazenados em geladeira para posterior quantificação dos tecidos anatômicos.

A leitura das lâminas foliares foi realizada após o término da parte de campo do experimento, entre os meses de abril e maio de 2015, no laboratório de forragicultura da Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS. Os fragmentos de lâminas foliares armazenados em FAA foram submetidos à série alcoólica progressiva com álcool butílico terciário de acordo com Dankin e Hussey (1985). Após a desidratação dos fragmentos, efetuou-se a inclusão em paraplast. Os fragmentos foram então seccionados transversalmente, com espessura de 10 µm, com auxílio de um micrótomo rotativo manual. Em seguida, efetuou-se a coloração dos tecidos e a montagem das lâminas permanentes segundo a metodologia descrita por Hagquist (1974).

Para a estimativa da porcentagem de cada tecido nas lâminas foliares utilizou-se o sistema analisador de imagens, marca AxioVision, versão 3.1, acoplado a um microscópio óptico binocular. As imagens foram tiradas à partir do terceiro feixe vascular, contado a partir da nervura central, como forma de padronizar as leituras. Inicialmente mediu-se toda a área da secção transversal projetada no vídeo e, então, determinou-se a área ocupada pelos tecidos das epidermes adaxial (EPIada) e abaxial (EPIaba), da bainha parenquimática dos feixes vasculares (BPF), do tecido vascular (TV) e do esclerênquima (Escl) (Figura 3a). A área do mesofilo foi calculada por diferença entre a área total e a dos demais tecidos. Os resultados foram calculados como porcentagem da área de cada tecido em relação à área total.

Além da composição anatômica, foram tomadas medidas da espessura (µm) da epiderme abaxial (Esp. EPIaba), da epiderme adaxial na região da célula buliforme (Esp. EPIada. Bul), da epiderme adaxial na região das células menores (Esp. EPIada. Men), da lâmina foliar na região dos feixes vasculares (Esp. FV) e da lâmina foliar na região da célula

buliforme (Esp. Bul). Todas as medidas foram realizadas em três pontos distintos da amostra, exceto para espessura da parede celular da bainha parenquimática dos feixes vasculares (PCBPF), cuja medida foi realizada em seis pontos distintos (Figura 3b).

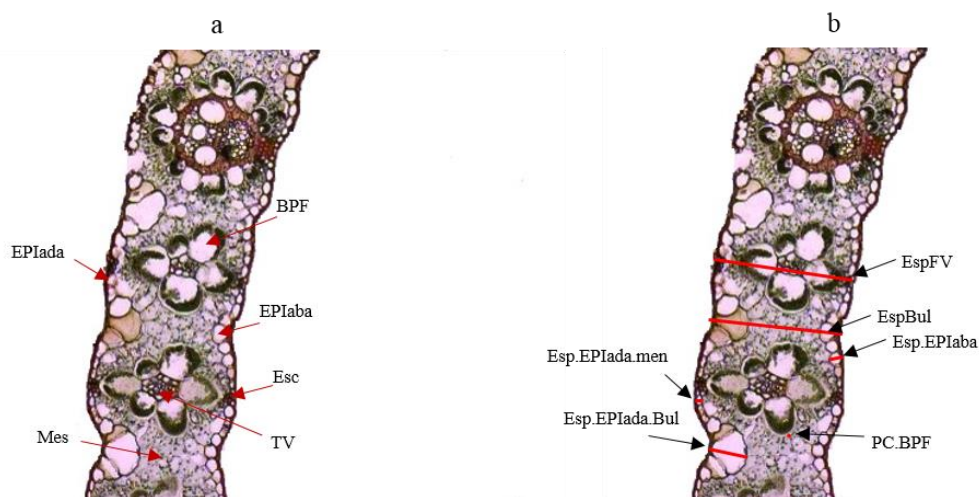


Figura 3 – Seção transversal da penúltima lâmina foliar totalmente expandida de capim-piatã submetidos a regimes de luz e manejados sob pastejo rotativo em área de ILPF. 3a - EPIada epiderme adaxial, EPIaba epiderme abaxial, BPF bainha parenquimática dos feixes vasculares, Esc esclerênquima, TV tecido vascular, Mes mesofilo. 3b – Esp. EPIaba espessura da epiderme abaxial, Esp. EPIada.men espessura da epiderme adaxial na região menor, Esp.EPIada.bul espessura da epiderme adaxial na região da buliforme, EspBul espessura da lâmina foliar na região da buliforme, EspFV espessura da lâmina foliar na região dos feixes vasculares, PC.BPF espessura da parede celular da bainha parenquimática dos feixes vasculares

Composição química das folhas

Para avaliação da composição química das folhas foram coletadas amostras da última e da penúltima folhas totalmente expandidas ao longo das faixas (central e laterais) de cada piquete. Após coleta, as amostras foram devidamente identificadas, acondicionadas em sacos de papel e encaminhadas em seguida para secagem em estufa de circulação forçada de ar a 55°C até massa constante. Em seguida, as amostras foram moídas em moinho tipo “Wiley” com peneira de 1 mm.

As análises químicas foram realizadas em duplicatas para os seguintes componentes: fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) pelo método de VAN SOEST et al., (1991); digestibilidade “*in vitro*” da matéria seca (DIVMS) utilizando-se o fermentador artificial de rúmen DAISY^{II} da ANKOM[®] Technology Corporation (MABJEESH, COHEN e ARIELL 2000); nitrogênio total determinado por combustão via seca da amostra a 1400°C utilizando-se o sistema Leco FP 528 (LECO

CORPORATION, St. JOSEPH, MI, EUA). Os teores de proteína bruta foram estimados utilizando-se a fórmula $PB (\%) = \%N \cdot 6,25$; teor de carboidratos solúveis (CHO's) utilizando a metodologia descrita por Hall (2000); teor de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio solúvel em Tampão Borato-Fosfato e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) foram analisados de acordo com Licitra et al. (1996). A caracterização da fração nitrogenada foi realizada conforme proposto por Sniffen et al (1992).

5.2.4 Análise dos dados

A análise dos dados foi realizada utilizando-se a técnica de análise de experimentos combinados (MOORE e DIXON, 2015), em que cada regime de sombra foi considerado como um experimento independente. A avaliação de cada uma das causas de variação foi feita combinando-se experimentos, utilizando os pontos e características comuns entre eles. Dessa forma, os efeitos de regime de sombra e de período de avaliação foram avaliados utilizando-se os dados da faixa central, comum aos três regimes de sombra (experimentos). O efeito de faixas de sombra (centrais e laterais), comum aos regimes S1 e S2, foi avaliado combinando-se os dados de S1 e S2 apenas. O efeito de método de avaliação de IL foi avaliado utilizando-se somente os dados do regime S2.

A análise estatística foi realizada utilizando-se o PROC MIXED do pacote estatístico SAS, com medidas repetidas e usando a metodologia REML (máxima verossimilhança restrita). Os efeitos de piquete (unidade experimental) foram considerados aleatórios juntamente com o erro experimental. Todas as demais causas de variação e suas interações foram consideradas como efeitos fixos.

O modelo matemático utilizado foi o seguinte:

$$y_{ijklm} = \mu + S_i + F_{(i)j} + M_{(ij)k} + \omega_{(ijk)m} + P_{(ijk)l} + FP_{(ijk)l} + MP_{(ijk)l} + \varepsilon_{(ijkl)m}$$

Onde:

- y_{ijklm} é a resposta medida/mensurada;
- μ , S_i , $F_{(i)j}$ e $M_{(ij)k}$ são os parâmetros fixos, associados respectivamente à média geral, ao fator regime de sol ($i=1, 2, 3$), ao fator faixa de sombra ($j=1, 2, 3$) e ao fator método de avaliação de IL ($k=1, 2$);
- $\omega_{(ijk)m}$ é o erro aleatório associado ao piquete $\omega_{(ijk)m} \sim N(0; \sigma_w^2)$

- $P_{(ijk)l}$, $FP_{(ijk)l}$ e $MP_{(ijk)l}$ são os parâmetros fixos, associados ao fator período de avaliação ($l=1, 2$), à interação entre faixa de sombra e período de avaliação e à interação entre método de avaliação de IL e período de avaliação, respectivamente;

- ε_{ijklm} é o efeito aleatório do erro experimental, $\varepsilon_{ijklm} \sim \text{NID}(0; \sigma_e^2)$

Foi averiguada a presença de heteroscedasticidade de variâncias entre os experimentos para cada variável estudada. Na presença de variâncias heterogêneas estas foram consideradas, mas, quando possível, foram agrupadas sob variâncias homogêneas. Além disto, devido à condição de medidas repetidas, foi identificada a melhor estrutura de covariância para cada variável estudada sendo aceita aquela com menor valor de BIC (critério bayesiano de Schwarz BIC; LITTEL, NATARAJAN e PENDERGAST, 2000). A correção dos graus de liberdade foi feita utilizando-se o método de Kenward e Rogers (1997). As médias dos tratamentos foram obtidas com o comando LSMEANS e as comparações entre elas, quando adequadas, realizadas pelo teste “t” de Student e probabilidade de erro de 5%. Em caso de interações importantes, foram realizados os desdobramentos correspondentes.

Como forma de procurar integração dos resultados de anatomia e composição química das folhas, uma análise de componentes principais (PCA) foi realizada em conjunto de dados composto pelas variáveis em que foram registrados os maiores efeitos das causas de variação estudadas: porcentagem da fração C da proteína no N total; proteína bruta, digestibilidade “*in vitro*” da matéria seca, carboidratos solúveis, proteína indigestível em detergente neutro, proporções da epiderme abaxial, tecido vascular e mesofilo, espessuras da epiderme adaxial na região das células buliforme e menor, espessura das lâminas foliares na região das células buliformes e dos feixes vasculares, comprimento final de folha e área foliar específica. Os coeficientes para os componentes principais gerados foram submetidos à análise de variância para melhor descrever e interpretar os efeitos das causas de variação estudadas (JOLLIFFE, 1986).

5.2 Resultados

5.2.1 Características gerais e controle experimental

Os valores de interceptação luminosa, altura do dossel forrageiro e massa de forragem pré- e pós-pastejo e intervalo de pastejo não foram submetidos a análise de variância, e são apresentados utilizando-se apenas estatística descritiva. Os valores de IL pré-pastejo para todos os regimes de sombra estiveram sempre muito próximos da meta de 95% IL durante

todo o período experimental. O aumento do nível de sombreamento resultou em aumento da altura pré-pastejo e redução da massa de forragem em pré- e em pós-pastejo (Tabela 2). O intervalo de pastejo aumentou com o sombreamento, sendo que o regime S2 “dentro” apresentou os maiores intervalos. De maneira geral, a altura pós-pastejo correspondeu à meta estipulada de manejo e não ultrapassou 50% da altura de entrada.

Tabela 1 - Características estruturais da *Brachiaria brizantha* cv. Piatã submetida a regimes de sombra e manejo sob pastejo rotativo em área de ILPF de dezembro de 2013 a julho de 2014

Período de avaliação	Regime de sombra	IL pré-pastejo (%)	IL pós-pastejo (%)	Altura pré-pastejo (cm)	Altura pós-pastejo (cm)	MF pós-pastejo (kg MS/ha)	MF pré-pastejo (kg MS/ha)	Intervalo de pastejo (Dias)
Chuva	PS	95,6 (0,27)	83,7 (0,84)	34,3 (1,37)	20,9 (0,58)	3380 (130)	5300 (270)	22 (1,10)
	S1	95,3 (0,17)	81,8 (0,99)	35,8 (1,10)	20,5 (0,43)	2900 (100)	4400 (190)	26 (0,47)
	S2 fora	95,5 (0,13)	88,8 (0,60)	42,7 (1,0)	25,6 (1,20)	1900 (120)	2900 (125)	26 (0,24)
	S2 dentro	95,0 (0,25)	79,8 (0,90)	52,5 (2,0)	27,7 (1,52)	2200 (190)	3300 (123)	35 (1,33)
Seca	PS	94,8 (0,18)	77,2 (3,20)	30,1 (1,33)	23,3 (3,48)	3400 (320)	5600 (621)	32 (0,57)
	S1	95,1 (0,32)	79,8 (1,85)	32,7 (1,62)	19,8 (1,01)	3200 (608)	4600 (157)	33 (1,20)
	S2 fora	95,1 (0,49)	84,6 (2,75)	43,4 (0,74)	22,8 (0,98)	1900 (366)	2700 (275)	33 (1,45)
	S2 dentro	93,7 (0,12)	72,8 (1,55)	50,4 (1,96)	27,0 (0,24)	1800 (335)	3150 (112)	39 (2,10)

PS = Pleno sol; S1 = Sombreamento 1; S2 = sombreamento 2. “Fora” = tomada da leitura de referência para avaliação de IL fora da área experimental (sem a influência das árvores). “Dentro” = tomada da leitura de referência para avaliação de IL dentro da área experimental (sob a copa das árvores). Valores entre parênteses representam o erro padrão da média.

Os arranjos das árvores utilizados para gerar os regimes S1 e S2 resultaram em redução de 18,6% e 56,6 % da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) em relação ao regime PS, respectivamente (Tabela 2).

Tabela 2 – Transmitância média diária de radiação fotossinteticamente ativa em capim-piatã submetido a regimes de sombra e manejo sob pastejo rotativo em área de ILPF de dezembro de 2013 a julho de 2014

Regime de Luz	Período de avaliação		
	Chuva	Seca	Média
PS	100	100	100
S1	82,9	79,9	81,4
S2	48,1	38,8	43,4

PS = Pleno sol; S1 = Sombreamento 1; S2 = sombreamento 2

5.2.2 Características estruturais das folhas

O comprimento final da folha (CFF) variou com o regime de sombra ($P=0,0042$), período de avaliação ($P<0,0001$) e com a interação faixa de sombra x período de avaliação ($P=0,0040$). Maiores valores foram registrados para o regime S2 relativamente aos regimes PS e S1 (Tabela 3). No período das chuvas maiores valores foram registrados nas faixas laterais norte e sul relativamente à faixa central para o regime S2, sem diferença entre faixas de sombra para o regime S1. Na seca, maiores valores foram registrados na faixa lateral sul em relação às faixas central e lateral norte para o regime S1 apenas, sem diferença entre faixas de sombra para o regime S2 (Tabela 4). A área foliar específica (AFE) variou com o regime de sombra ($P<0,0001$), período de avaliação ($P<0,0001$) e com a interação faixa de sombra x período de avaliação ($P=0,0013$). Maiores valores foram registrados para o regime S2 relativamente aos regimes PS e S1 (Tabela 3). No período das chuvas, maiores valores foram registrados para as faixas laterais norte e sul em relação à faixa central para o regime S2, sem diferenças entre faixas de sombra para o regime S1. No período seco, o mesmo padrão de resposta se repetiu para o regime S2 e, para o regime S1, maiores valores foram registrados para a faixa lateral sul e menores para a faixa lateral norte, ambos não diferindo da faixa central (Tabela 4).

Tabela 3 - Comprimento final (CFF) e área foliar específica (AFE) de capim-piatã submetido a regimes de sombra e manejo sob pastejo rotativo em área de ILPF de dezembro de 2013 a julho de 2014

Faixa de sombra	CFF (cm)			AFE (cm ² g ⁻¹)		
	Regime de sombra			Regime de sombra		
	PS	S1	S2	PS	S1	S2
Lateral norte	NA	18,5 b	22,7 a	NA	142,1 b	183,2 a
Central	17,5 b	17,0 b	21,9 a	119,5 b	129,7 b	184,9 a
Lateral sul	NA	22,0 a	22,8 a	NA	158,9 a	186,3 a
EPM	0,17	1,54	0,24	11,58	12,62	7,98

PS = pleno sol; S1 = sombreamento 1; S2 = sombreamento 2. Médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas não diferem entre si ($P>0,05$). EPM corresponde ao erro padrão da média.

Tabela 4 - Comprimento final (CFF) e área específica da folha (AFE) de capim-piatã submetido a regimes de sombra e manejo sob pastejo rotativo em área de ILPF de dezembro de 2013 a julho de 2014

Faixa de sombra	CFF (cm)			AFE (cm ² g ⁻¹)		
	Regime de sombra			Regime de sombra		
	PS	S1	S2	PS	S1	S2
		Chuva			Chuva	
Lateral norte	NA	24,9 A	28,0 A	NA	221,7 A	243,5 A
Central	19,6	21,0 A	23,9 B	152,1	178,6 A	192,6 B
Lateral sul	NA	21,6 A	26,5 A	NA	207,1 A	230,4 A
		Seca			Seca	
Lateral norte	NA	12,1 B	17,4 A	NA	62,5 B	123,0 A
Central	15,4	13,0 B	19,8 A	86,9	80,8 AB	177,1 B
Lateral sul	NA	22,4 A	19,1 A	NA	110,8 A	142,3 A
EPM	1,85	1,96	1,31	14,31	15,18	10,12

PS = pleno sol; S1 = sombreamento 1; S2 = sombreamento 2. Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si ($P>0,05$). EPM corresponde ao erro padrão da média.

5.2.3 Características anatômicas das folhas

Dentre os tecidos avaliados, foram influenciados pelas causas de variação somente a epiderme abaxial (EPIaba), o mesófilo (Mes) e o tecido vascular (TV). A porcentagem de EPIaba variou somente em função do regime de sombra ($P=0,0483$), com maiores valores registrados para S2 relativamente a PS e S1 (Tabela 5). A porcentagem de Mes variou com o regime de sombra ($P=0,0209$) e com o período de avaliação ($P=0,0288$). Houve redução na porcentagem de mesófilo das folhas com o aumento do nível de sombreamento, com maiores valores registrados para PS e menores para S2, e valores intermediários para S1 (Tabela 5).

Em relação aos períodos de avaliação, maiores valores foram registrados durante a estação chuvosa relativamente à estação seca para os regimes PS e S1, não sendo observada diferença entre épocas para o regime S2 (Tabela 6). A porcentagem de TV variou em função do período de avaliação ($P=0,0088$) e das interações faixa de sombra x período de avaliação ($P=0,0035$) e método de avaliação de IL x período de avaliação ($P=0,0258$). No período das chuvas maiores valores foram registrados nas faixas laterais norte e sul relativamente às faixas centrais. Na seca o padrão foi o inverso, com maiores valores registrados para as faixas central e lateral sul relativamente à lateral norte (Tabela 7). Com relação aos métodos de avaliação de IL “dentro” e “fora”, menores valores foram registrados para as faixas central e lateral sul durante o período das chuvas para ambos os métodos (Tabela 8).

Tabela 5 - Composição anatômica e espessura de tecidos em lâminas foliares de capim-piatã submetido a regimes de sombra e manejo sob pastejo rotativo em área de ILPF de dezembro de 2013 a julho de 2014

Faixa de sombra	EPIaba (%)			Mes (%)		
	Regime de sombra			Regime de sombra		
	PS	S1	S2	PS	S1	S2
Lateral norte	NA	7,6 a	8,2 a	NA	28,5 a	24,0 b
Central	7,3 a	7,6 a	8,4 a	26,1 a	24,4 ab	23,4 b
Lateral sul	NA	8,0 a	8,4 a	NA	24,7 a	22,8 a
EPM	0,17	0,30	0,24	0,36	0,76	0,44
	Esp. EPIAda. Bul (μm)			Esp. EPIAda. Men (μm)		
Lateral norte	NA	18,8 Ba	19,0 Aa	NA	4,3 A	5,0 A
Central	22,4 a	23,3 Aa	19,2 Ab	4,5	4,6 A	4,4 B
Lateral sul	NA	19,0 Ba	18,4 Aa	NA	4,1 A	4,1 C
EPM	0,3679	0,6373	0,4506	0,031	0,06	0,04
	Esp. FV (μm)			Esp. Bul (μm)		
Lateral norte	NA	67,1 a	64,3 a	NA	58,1 Aa	54,1 Aa
Central	69,2 a	66,8 a	60,6 b	59,0 a	60,0 Aa	51,0 Ab
Lateral sul	NA	59,7 a	57,7 a	NA	50,4 Ba	48,2 Ba
EPM	1,1	2,22	1,57	0,912	1,58	1,12

PS = pleno sol; S1 = sombreamento 1; S2 = sombreamento 2; EPIada = epiderme adaxial; mês = mesofilo; Esp.EPIada. Bul = espessura da epiderme adaxial na célula buliforme; Esp.EPIada. Men = espessura da epiderme adaxial na célula menor; Esp. FV = espessura da lâmina foliar na região do feixe vascular; Esp. Bul = espessura da lâmina foliar na região da célula buliforme. Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas não diferem entre si ($P>0,05$). EPM corresponde ao erro padrão da média. NA não avaliado.

Tabela 6 - Porcentagem de mesofilo em lâminas foliares de capim-piatã submetido a regimes de sombra e manejo sob pastejo rotativo em área de ILPF de dezembro de 2013 a julho de 2014

Período de avaliação	Regime de sombra		
	PS	S1	S2
Chuva	27,4 A	27,1 A	23,8 A
Seca	24,7 B	24,6 B	24,0 A
EPM	0,36	0,51	0,25

PS = pleno sol; S1 = sombreamento 1; S2 = sombreamento 2. Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si ($P>0,05$). EPM corresponde ao erro padrão da média.

Tabela 7 - Porcentagem de tecido vascular em lâminas foliares de capim-piatã submetido a regimes de luz e manejados sob pastejo rotativo em área de ILPF de dezembro de 2013 a julho de 2014

TV			
Regime de sombra			
Faixa de Sombra	PS	S1	S2
		<u>Chuva</u>	
Lateral norte	NA	10,0 A	10,2 A
Central	9,7	9,3 A	9,5 A
Lateral sul	NA	9,6 A	10,2 A
		<u>Seca</u>	
Lateral norte	NA	9,7 A	9,3 A
Central	9,7	10,3 A	10,8 A
Lateral sul	NA	11,6 A	9,2 A
EPM	0,34	0,59	0,41

PS = pleno sol; S1 = sombreamento 1; S2 = sombreamento 2. Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas para ambas as épocas de avaliação não diferem entre si ($P>0,05$). EPM corresponde ao erro padrão da média. NA não avaliado.

Tabela 8 - Porcentagem de tecido vascular em lâminas foliares de capim-piatã submetido a regimes de luz e manejados sob pastejo rotativo em área de ILPF utilizando como referência a medição da radiação incidente dentro e fora da área experimental

Faixa de sombra	Períodos de Avaliação	
	Chuva	Seca
	<u>Dentro</u>	
Lateral Norte	10,0 Aa	9,7 Aa
Central	9,3 Ab	10,3 Aa
Lateral Sul	9,6 Ab	11,6 Aa
	<u>Fora</u>	
Lateral Norte	9,6 Aa	9,7 Aa
Central	9,0 Ab	9,8 Aa
Lateral Sul	9,6 Ab	10,7 Aa
EPM	0,59	0,59

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas não diferem entre si ($P>0,05$). EPM corresponde ao erro padrão da média.

A espessura da epiderme adaxial na região da célula buliforme (Esp.EPIada. Bul) variou em função do regime de sombra ($P=0,0349$) e da faixa de sombra ($P=0,0313$). Maiores valores foram registrados para os regimes PS e S1 relativamente ao regime S2. A diferença entre faixas de sombra ocorreu para o regime S1, com maiores valores registrados para a faixa central relativamente às faixas lateral norte e lateral sul. Não houve diferença entre faixas de sombra para o regime S2 (Tabela 5). A espessura da epiderme adaxial na região da célula menor (Esp.EPIada. Men) variou com a faixa de sombra ($P=0,0008$) e com o método de

avaliação de IL ($P=0,0009$). Em relação às faixas de sombra, as diferenças existiram somente para o regime S2, com maiores valores registrados para a lateral norte, intermediários para a central e menores para a lateral sul. Não houve diferença entre faixas de sombra para o regime S1 (Tabela 5). Em relação aos métodos de avaliação de IL, maiores valores foram registrados para o método “dentro” relativamente ao método “fora” independente de faixa de sombra (Tabela 9). A espessura da lâmina foliar na região dos feixes vasculares (Esp. FV) variou somente com o regime de sombra ($P=0,0029$), com maiores valores registrados para os regimes PS e S1 relativamente ao S2 (Tabela 5). A espessura da lâmina foliar na região da célula buliforme (Esp. Bul) variou com o regime de sombra ($P=0,0051$) e com a faixa de sombra ($P=0,0302$). Maiores valores foram registrados para os regimes PS e S1 relativamente ao S2. A diferença entre as faixas de sombra ocorreu para S1 e S2, com maiores valores registrados para a lateral norte e central relativamente à lateral sul (Tabela 5).

Tabela 9 - Espessura da epiderme adaxial na região das células menores (μm) em lâminas foliares de capim-piatã submetido a regimes de luz e manejados sob pastejo rotativo em área de ILPF utilizando como referência a medição da radiação incidente dentro e fora da área experimental

Faixa de sombra	Método de avaliação	
	Dentro	Fora
Lateral norte	5,6 a	4,5 b
Central	4,6 a	4,2 b
Lateral sul	4,2 a	4,0 b
EPM	0,06	0,06

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas não diferem entre si ($P>0,05$). EPM corresponde ao erro padrão da média.

5.2.4 Composição química das folhas

Dentre as variáveis químicas avaliadas, foram influenciados pelas causas de variação somente as porcentagens de proteína bruta (PB), carboidratos solúveis (CHO's), proteína indigestível em detergente neutro (PIDA) e fração C do nitrogênio total (Fração C). A porcentagem de proteína bruta (PB) variou somente com o regime de sombra ($P=0,0167$), com maiores valores registrados para o regime S2 relativamente a PS e S1 (Tabela 10). A porcentagem de carboidratos solúveis totais (CHO's) variou em função do regime de sombra ($P=0,0002$), da faixa de sombra ($P=0,0375$) e do período de avaliação ($P=0,0375$). Maiores valores foram registrados para os regimes PS e S1 relativamente ao S2. Com relação às faixas de sombra, houve diferença somente para o regime S1, com maiores valores registrados na

faixa central relativamente às faixas laterais norte e sul (Tabela 10). Em relação aos períodos de avaliação houve diferença apenas para o regime de sombra S2, com maiores valores registrados nas águas relativamente à seca (Tabela 11). A porcentagem de proteína indigestível em detergente ácido (PIDA) variou com o regime de sombra ($P=0,0115$) e com o período de avaliação ($P=0,0051$), com maiores valores registrados para o regime S2, menores para PS e valores intermediários para S1 (Tabela 10). Com relação aos períodos de avaliação, maiores valores foram registrados para o período da seca relativamente ao período das chuvas para todos os regimes de sombra avaliados (Tabela 11). A fração C variou apenas com o período de avaliação ($0,0072$), com maiores valores registrados durante o período da seca relativamente ao de chuvas para os regimes PS e S1. Não houve diferença entre períodos de avaliação para o regime S2 (Tabela 11).

Tabela 10 – Composição química da última e da penúltima folha completamente expandidas de capim-piatã submetido a regimes de luz e manejados sob pastejo rotativo em área de ILPF de dezembro de 2013 a julho de 2014

Faixa de sombra	PB (%)			CHO's (%)			PIDA (%)		
	Regime de sombra			Regime de sombra			Regime de sombra		
	PS	S1	S2	PS	S1	S2	PS	S1	S2
Lateral norte	NA	10,0 a	12,0 a	NA	4,8 Ba	4,1 Ab	NA	0,7 a	0,7 a
Central	10,0 b	9,0 b	12,0 a	5,6 a	5,6 Aa	4,3 Ab	0,5 b	0,6 ab	0,7 a
Lateral sul	NA	11,0 a	12,0 a	NA	4,8 Ba	4,1 Ab	NA	0,7 a	0,7 a
EPM	0,42	0,72	0,51	0,06	0,11	0,08	0,02	0,05	0,03

PS = pleno sol; S1 = sombreamento 1; S2 = sombreamento 2. Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas não diferem entre si ($P>0,05$). EPM corresponde ao erro padrão da média.

Tabela 11 – Porcentagem da fração C da proteína bruta, PIDA e de CHO's da última e da penúltima folha completamente expandidas de capim-piatã submetido a regimes de luz e manejados sob pastejo rotativo em área de ILPF de dezembro de 2013 a julho de 2014

Período de avaliação	Fração C			PIDA			CHO's		
	Regime de sombra			Regime de sombra			Regime de sombra		
	PS	S1	S2	PS	S1	S2	PS	S1	S2
Chuva	3,7 B	4,7 B	5,50 A	0,3 B	0,5 B	0,6 B	5,6 A	5,0 A	4,4 A
Seca	6,6 A	7,7 A	6,30 A	0,7 A	0,8 A	0,8 A	5,6 A	5,1 A	3,9 B
EPM	0,39	0,39	0,27	0,04	0,04	0,02	0,09	0,09	0,06

PS = pleno sol; S1 = sombreamento 1; S2 = sombreamento 2. Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si ($P>0,05$). EPM corresponde ao erro padrão da média.

5.2.5 Análise de componentes principais

Como forma de integrar os resultados de composição anatômica e de composição química das folhas, uma análise de componentes principais foi realizada utilizando-se uma seleção de variáveis que foram influenciadas pelas causas de variação estudadas. No total, foram selecionadas 15 variáveis: % fração C, %PB, %FDN, %DIVMS, %CHO's, %PIDA, %EPIaba, %TV, %Mes, Espada.Bul (μm), Espada.men (μm), EspFV (μm), EspBul (μm), CFF (cm) e AFE ($\text{cm}^2.\text{g}^{-1}$). Como resultado, foram produzidos 15 componentes principais, dos quais os 5 primeiros explicaram aproximadamente 78% da variação total do banco de dados utilizados (Tabela 12).

Tabela 12 – Coeficientes dos componentes principais gerados a partir da matriz de correlação para % fração C, %PB, %FDN, %DIVMS, %CHO's, %PIDA, %EPIaba, %TV, %Mes, Espada.Bul (μm), Espada.men (μm), EspFV (μm), EspBul (μm), CFF (cm) e AFE ($\text{cm}^2.\text{g}^{-1}$) de capim-piatã submetido a regimes de luz e manejados sob pastejo rotativo em área de ILPF

<i>Eigenvalue</i>	4,14	2,58	1,48	1,35	1,09
Proporção	0,2764	0,2390	0,0992	0,0904	0,0730
Acumulado	0,2764	0,5154	0,6147	0,7051	0,7781
Variável	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5
Fração C (%)	-0,181322	-0,431598	0,027652	0,106621	0,041190
PB (%)	-0,302632	0,159062	0,156995	-0,243726	0,520336
FDN (%)	0,003658	-0,379683	-0,134973	0,001516	-0,210637
DIVMS (%)	0,158103	0,421817	-0,017189	0,146720	0,110130
CHO's (%)	0,384182	-0,114735	-0,248864	0,221168	-0,127985
PIDA (%)	-0,358731	-0,253794	0,108509	-0,079034	0,356406
EPIaba (%)	-0,298390	0,121685	-0,237742	-0,157776	-0,057322
TV (%)	-0,095320	-0,079078	0,230118	0,708884	0,104808
Mês (%)	0,267994	-0,003520	0,082578	-0,538983	-0,158842
Espada.Bul (μm)	0,238758	-0,063808	-0,443720	0,023001	0,532894
Espada.men (μm)	0,072077	-0,012935	0,676187	-0,059329	-0,112676
EspFV(μm)	0,395046	-0,013594	0,310420	0,017265	0,199685
EspBul (μm)	0,413454	-0,055498	0,120608	-0,032936	0,357603
CFF (cm)	-0,111444	0,407471	-0,024866	0,134395	-0,150062
AFE ($\text{cm}^2.\text{g}^{-1}$)	-0,051695	0,440623	-0,020769	0,105516	0,034741
Nível de Significância					
Regime de luz	<0,0001	0,0288	ns	ns	ns
Faixa de sombra	0,0063	ns	ns	ns	ns
Método	ns	ns	ns	ns	ns
Período	0,0036	0,0023	ns	ns	ns
Período x faixa	ns	ns	ns	ns	ns
Método x período	ns	ns	ns	ns	ns

*Fração C = fração indigestível da proteína; PB = proteína bruta; FDN = fibra em detergente neutro; DIVMS = digestibilidade “*in vitro*” da matéria seca; CHO's = carboidratos solúveis; PIDA = proteína indigestível em detergente neutro; EPIaba = epiderme abaxial; TV = tecido vascular; Mes = mesófilo; Espada.bul = espessura da epiderme adaxial na região buliforme; Espada.men = espessura da epiderme adaxial na região menor; EspFV = espessura da lâmina foliar na região dos feixes vasculares; EspBul = espessura da lâmina foliar na região das células buliformes; CFF = comprimento final de folha; e AFE = área foliar específica.

O primeiro componente explicou 27,6% da variação total dos dados, e foi caracterizado pelo contraste entre coeficientes elevados para CHO's, %Mes, Espada.Bul, EspFV e EspBul e coeficientes baixos de PB, PIDA e %EPIaba. Este CP parece ser de natureza constitucional anatômica, pois descreve folhas mais espessas e abertas, com maior proporção de mesófilo relativamente a epiderme, com maior concentração de CHO's

relativamente a PB. A ANOVA revelou que esteve associado com os efeitos de regime de sombra (maiores valores para PS e S1 relativamente a S2; $P < 0,0001$), faixa de sombra (maiores valores para faixa central relativamente às laterais; $P = 0,0063$) e período de avaliação (maiores valores para a época de chuva relativamente à de seca; $P = 0,0036$).

O segundo componente explicou 23,9% da variação total dos dados e foi caracterizado pelo contraste entre coeficientes elevados para DIVMS, CFF e AFE e coeficientes baixos para % de fração C, FDN e PIDA. Este CP também é de natureza constitucional, porém química, pois descreve folhas mais longas e delgadas com maior digestibilidade, menor concentração de FDN e de componentes indigestíveis. A ANOVA revelou que esteve associado com os efeitos de regime de sombra (maiores valores para S2 relativamente a PS e S1; $P = 0,0288$) e de período de avaliação (maiores valores para a época de chuva relativamente à de seca; $P = 0,0023$). O terceiro componente explicou 9,9% da variação total dos dados e foi caracterizado pelo contraste entre coeficientes baixos para CHO's, Espaba e Espada.Bul e coeficientes elevados para %TV, Espada.men e EspFV. Este CP não esteve associado a nenhuma das causas de variação estudadas e descreve um tipo genérico de folha mais espessa na região dos feixes vasculares, pequena espessura da epiderme adaxial na região da célula buliforme, baixa percentagem de epiderme abaxial e de CHO's e alta percentagem de tecido vascular. Seriam, portanto, folhas típicas de área sombreada. O quarto componente explicou 9,0% da variação total dos dados e foi caracterizado pelo contraste entre coeficientes baixos para concentração de PB, %Mes e %EPIaba e coeficientes elevados para CHO's, %TV, DIVMS, CFF e AFE. Este CP também não esteve associado com causa de variação alguma, e descreve um tipo genérico de folha mais longa, delgada, com baixa percentagem de mesófilo e de epiderme abaxial e alta percentagem de tecido vascular com alta percentagem de CHO's, baixa percentagem de PB e elevada DIVMS. Seriam, provavelmente, folhas que foram formadas em condições de sombra e que passaram a receber luz após sua formação. O quinto componente explicou 7,3% da variação total dos dados e foi caracterizado por coeficientes elevados para PB, PIDA, Espada.Bul, EspFV e EspBul e baixos coeficientes para FDN. Este CP também não esteve associado com nenhuma das causas de variação estudadas, e parece descrever um tipo de folha formada a partir de elevadas taxas de aparecimento, jovens, espessas e com elevada concentração de PB e baixa concentração de FDN.

5.3 Discussão

Apesar das dificuldades impostas pelas múltiplas interações ambientais existentes dentro de sistemas de produção do tipo ILPF, o nível de controle experimental obtido pode ser considerado satisfatório (Tabela 1). Os valores efetivos de interceptação de luz no momento do pastejo ficaram sempre muito próximos da meta estipulada de 95%. De forma análoga, as alturas pós-pastejo não foram menores que 50% da altura pré-pastejo, conforme planejado.

A introdução do componente arbóreo em sistemas pastoris implica em uma série de modificações ambientais, principalmente em relação à disponibilidade de RFA que chega ao sub-bosque. Neste experimento o aumento na densidade de árvores do regime S1 (338 árvores ha⁻¹) para o regime S2 (716 árvores ha⁻¹) resultou em maior redução em RFA relativamente ao regime PS (de 18,6 para 56,5% da RFA para os regimes S2 e S1, respectivamente - Tabela 2). Sabe-se que o sombreamento gerado pela projeção das copas das árvores causa redução da RFA incidente com alterações de sua composição espectral (redução da relação vermelho:vermelho distante) (FELDHAKÉ, 2001) que, por sua vez, provoca alterações morfológicas significativas nas plantas forrageiras que crescem no sub-bosque. A sensibilidade e a magnitude dessas modificações morfológicas variam de espécie para espécie forrageira, fato indicativo da existência de plantas mais ou menos adaptadas a essas condições de cultivo e manejo (CARVALHO et al., 1995).

A variação da RFA presente nos diferentes regimes de sombra alterou as características estruturais das folhas do capim-piatã. O aumento do nível de sombreamento resultou em aumento do CFF e da AFE (Tabela 3), demonstrando claramente que a redução da quantidade e qualidade de luz faz com que uma maior proporção de fotoassimilados e outros recursos sejam investidos no aumento da área foliar das plantas (LAMBERS et al., 1998) como forma de otimizar a captação de luz (GOBBI et al., 2011; DEVKOTA et al., 2000) e manter seu desenvolvimento. Esse padrão de resposta parece ser consistente para várias espécies e cultivares de plantas forrageiras que crescem sob essa condição (LIN et al., 2001; PACIULLO et al., 2007). As mudanças nos valores do CFF e de AFE entre as faixas de sombra ao longo do período experimental (Tabela 4) demonstra que houve mudanças na RFA incidente, provavelmente em função do efeito de inclinação do eixo da Terra em relação ao sol, provocando alterações contínuas nas características estruturais das folhas do capim-piatã. Esse padrão de resposta foi corroborado pela análise integrada das respostas anatômicas, morfológicas e de composição química das plantas, uma vez que dois dos cinco componentes

principais obtidos, CP2 e CP4, estiveram relacionados com o contraste entre folhas de sol e de sombra em termos de composição morfológica (CP2), anatômica (CP4) e química. Essa foi uma característica importante do conjunto de dados gerados, uma vez que juntos os dois CP's responderam por 32,9% da variação medida. No caso do CP2, o contraste esteve associado aos regimes de sombra e aos períodos de avaliação estudados, e indicou que folhas de sombra apresentam maior digestibilidade que folhas de sol, de forma análoga àquelas provenientes do crescimento das águas em relação à seca (Tabela 12), função de pastejos mais frequentes (Tabela 1) e maior renovação de tecidos. Este tipo de folha, formado em plena luz durante a estação chuvosa, segundo ritmo acelerado de crescimento das plantas, foi detectado no banco de dados utilizado na análise de componentes principais por meio do CP5, que representou sozinho 7,3% de toda a variabilidade medida (Tabela 12).

As alterações morfológicas promovidas pelo sombreamento estão associadas a alterações em características anatômicas das folhas que, em conjunto, podem interferir no valor nutritivo da forragem produzida. Neste experimento, o aumento no CFF e na AFE no regime S2 relativamente a PS e S1 esteve associado a maior porcentagem de epiderme abaxial e menor porcentagem de mesófilo. Houve também redução da espessura da epiderme adaxial na região da célula buliforme (Esp.EPIAda.Bul) e da espessura da lâmina foliar, tanto na região dos feixes vasculares quanto na região das células buliformes (Tabela 5). Esse conjunto de alterações foi realçado em dois dos cinco componentes principais obtidos na análise de componentes principais realizada, CP1 e CP3. Juntos esses dois componentes explicaram 37,5% da variabilidade dos dados, sendo que no caso do CP1 o comportamento esteve associado aos regimes de sombra, faixas de sombra e períodos de avaliação estudados. As folhas adaptadas às condições de luz plena, geralmente são mais espessas devido a um aumento no tamanho das células mesófilas (PERI et al., 2007; JIANG et al., 2011), consequência da maior relação entre área superficial de mesófilo/área superficial de folha (CHABOT e CHABOT, 1977) em comparação com as folhas cultivadas sob sombra. Em contrapartida, as folhas de sombra são longas e delgadas, curvadas e aderidas a colmos mais longos e delgados (CRESTANI, 2015). Essas adaptações desempenham papel importante na determinação da quantidade de luz absorvida e representam uma tentativa de reduzir a resistência à difusão de CO₂ no interior da folha, buscando aumentar a taxa fotossintética das plantas (SYVERTSEN et al., 1995; GOBBI et al., 2011), uma vez que, quanto maior for a área superficial de mesófilo, maior será a resistência à difusão de CO₂. Além disso, as variáveis anatômicas, como o comprimento de células epidérmicas, podem explicar o aumento no comprimento final da folha (PERI et al., 2007) e a redução no ângulo da

folhagem de pastos cultivados sob sombra, respostas estas que têm a finalidade de aumentar a capacidade de interceptação da luz disponível (DEVKOTA et al., 2009). Essas modificações anatômicas das folhas produzidas sob condição de sombra ocorrem de maneira irreversível já no surgimento do primórdio foliar (TAIZ e ZEIGER, 2013). As variações nas características anatômicas dentro das faixas de sombra para os regimes S1 e S2 representadas pelos valores de Esp.EPIada.bul, Esp.EPIada.Men e Esp.bul (Tabela 5) parecem estar associadas ao maior efeito da sombra nas faixas laterais quando comparadas as faixas centrais. Além disso, a inclinação do eixo da Terra em relação ao Sol provavelmente modificou o ambiente luminoso, possibilitando a incidência de maior ou menor RFA entre as faixas de sombra norte e sul dependendo da época de avaliação. Esse efeito foi importante e também foi detectado pela análise de componentes principais realizada. O CP4 descreveu folhas morfológica e anatomicamente de sombra com características químicas de folhas de sol, fato provavelmente associado com folhas que foram formadas sob sombra nas faixas laterais e, à medida que a inclinação solar aumentava, passaram a receber luz. Esse tipo de ocorrência representou 9,0% da variabilidade total associada com o banco de dados utilizado, e foi independente das causas de variação estudadas.

A redução na porcentagem de Mes durante o período de seca para os regimes PS e S1 (Tabela 6), é indicativa de que o estresse hídrico (Figura 1) afetou a proporção dos tecidos das plantas. Geralmente, em função da deficiência de água no solo, ocorre redução na espessura do mesofilo e da lâmina foliar, que pode ser decorrente da redução do número de estratos celulares ou até mesmo da redução dos espaços intracelulares (CHARTZOULAKIS et al., 2002). Essa redução na % de Mes não foi observada para o regime de sombra S2, demonstrando que o microclima gerado pelo componente arbóreo pode ter amenizado o impacto do estresse hídrico sobre o capim-piatã. O mesmo padrão de resposta foi observado para a % de TV. Neste caso, não houve variação para o regime S2 entre as faixas de sombra e períodos de avaliação. No entanto, houve aumento da % de TV na faixa lateral sul durante o período seco para o regime S1, indicando que a variação da inclinação do eixo da Terra em relação ao Sol dentro de regime de sombra pode também ter influenciado de forma análoga a respostas das plantas ao estresse hídrico sob as árvores.

Não foram observadas variações expressivas entre os métodos de avaliação de IL testados, sendo que as únicas variáveis anatômicas sensíveis a essa causa de variação foram a porcentagem de TV e Esp.EPIada. Men. De maneira geral, os resultados indicam um aumento na Esp. Ada. Men quando a leitura de referência para a avaliação de IL foi tomada

“dentro” da área experimental (Tabela 9). Nessa condição, a meta de 95% de IL para início dos pastejos esteve associada a períodos de rebrotação mais longos, com plantas mais altas e pastos com maior massa de forragem (Tabela 1), sugerindo adaptação das lâminas foliares a períodos mais longos de sombreamento. Em relação a porcentagem de TV ao longo dos períodos avaliados, os dados mostram novamente uma influência do estresse hídrico (figura 1), uma vez que, durante o período chuvoso houve menor porcentagem desse tecido em ambos os métodos de avaliação de IL (Tabela 8).

As células mesófilas são totalmente digeridas pelos microrganismos do rúmen (JUNG, SAMAC, SARATH, 2012), com desaparecimento total entre 12 e 24 horas após incubação (AKIN, WILSON e WINDHAM 1983; MAGAI et al., 1994), e isso se deve ao fato dessa estrutura apresentar apenas parede primária não lignificada com 0,1 a 0,2 μm de espessura (AKIN, WILSON e WINDHAM, 1983). Além disso, esse tecido apresenta elevada concentração de nutrientes solúveis, como carboidratos (NAGELE et al., 2010). A redução da porcentagem de mesofilo observada no regime S2 resultou também em menor porcentagem de CHO`s solúveis nas folhas do capim-piatã (Tabelas 5 e 10), conforme mencionado anteriormente, a redução na proporção de mesofilo nas células tem como propósito reduzir a resistência à difusão de CO_2 , e aumentar as taxas fotossintéticas em plantas sombreadas. No entanto, com a redução da RFA observada para esse regime de sombra (Tabela 1), limitou a produção de CHO`s, uma vez que a produção de compostos orgânicos é dependente da energia solar. Além disso, uma das respostas das gramíneas ao sombreamento é a alocação de maior proporção de fotoassimilados para manter ou aumentar a área foliar e o comprimento do caule, reduzindo o estoque desse composto nas células da planta (CIAVARELLA et al.; 2000). De maneira geral, a literatura indica redução na concentração de CHO`s solúveis com o aumento do nível de sombreamento imposto às plantas (CHABOT e CHABOT, 1977; CIAVARELLA et al., 2000). Por outro lado, o teor de PB foi maior para plantas sombreadas (Tabela 10), fato que também foi observado por outros autores (LIN et al., 2001; PACIULLO et al., 2007; CIAVARELLA et al., 2000; SOUSA et al. 2010; GOBBI et al., 2011). Dentre as possíveis explicações para esse aumento, é possível destacar o efeito positivo do maior teor de umidade do solo, associado à temperaturas mais amenas, agindo sob a maior deposição de liteira nesses sistemas de produção, que resulta em taxas mais rápidas de mineralização de N (PERI et al., 2001; PERI et al., 2007; XAVIER et al., 2014). Além disso, esse aumento em PB pode estar associado ao tamanho reduzido das células, o que sugere um efeito concentrados de N (NIINEMETS, 1999).

Apesar do aumento da concentração de PB nas plantas sombreadas, a DIVMS “in vitro” não variou de forma significativa entre regime de sombra, épocas de avaliação e métodos de medição de IL. O fato certamente está associado a um efeito compensatório entre a concentração de CHO's, PB, PIDA e a porcentagem de mesofilo (Tabelas 5 e 10). Embora tenha ocorrido aumento da concentração de PB nas plantas cultivadas no regime S2, estas apresentaram menor concentração de CHO's solúveis, consequência da menor porcentagem de mesofilo, que é um componente não lignificado de alta digestibilidade. Além disso, apesar da pequena porcentagem de PIDA nas folhas relativamente jovens de capim-piatã, os valores registrados foram mais altos para o regime S2, indicando que parte da PB nesse caso está complexada com tecidos estruturais. Chabot e Chabot (1977) observou que a proporção de tecido de mesofilo facilmente digerido é menor em relação à epiderme menos digestível quando as plantas são expostas à sombra. Além disso, o método de manejo do pastejo utilizado (meta pré-pastejo de 95% de IL) pode explicar o fato de as folhas não apresentarem diferença em DIVMS, uma vez que estudos demonstram melhoria na qualidade da forragem consumida quando esse critério de manejo do pastejo é adotado (DIFANTE et al., 2009).

Com exceção da fração C da proteína para o regime S2, houve aumento das frações menos digestíveis (Tabela 11) ao longo do período experimental. Esse fato deve estar relacionado à redução do índice pluviométrico registrado no período seco (Figura 1). Já a estabilidade da fração C entre os períodos de avaliação para o regime S2 pode ser explicada pelo maior nível de umidade do solo relativamente a PS e S1 (MASCHERONI, 2015), indicando que o sombreamento contribuiu para a retenção da umidade no solo. A concentração de CHO's, por sua vez, manteve-se estável ao longo das épocas de avaliação para os regimes PS e S1, mas não para o regime S2, em que houve redução do período de chuvas para o período seco (Tabela 11). Essa variação deve ser inerente à mudança da inclinação solar, uma vez que Crestani (2015), em experimento concomitante na mesma área experimental, apontou menor valor de RFA para o regime S2 durante essa época do ano.

Os resultados deste estudo demonstram que o sombreamento intenso promove alterações nas características anatômicas, morfológicas e no valor nutritivo das folhas de *Brachiaria brizantha* cv. Piatã. Além disso, a mudança em RFA disponível em função da mudança na inclinação solar parece ter efeito sobre as características avaliadas, de forma análoga aos regimes de sombra avaliados, indicando que as plantas forrageiras crescendo sob árvores estão em constante adaptação. De maneira geral, foi possível observar que no regime S2 houve aumento da concentração de PB das folhas, porém, devido à redução na

porcentagem de células mesófilas, as laminas foliares apresentaram menor concentração de CHO's solúveis quando comparadas aos regimes PS e S1, o que possivelmente explica o fato de não terem sido detectadas diferenças em digestibilidade (BATISTOLI et al., 2012). As folhas produzidas no regime S2 foram mais longas e delgadas, com maior concentração de PDA. Maior digestibilidade e concentração de PB nas folhas de sombra são contrabalanceadas pela maior concentração de CHO's solúveis e menor relação PB/CHO's das folhas de sol. Pastos sombreados possuem maior altura e menor massa de forragem relativamente a pastos cultivados em pleno sol. A integração desses efeitos sobre o comportamento ingestivo, o consumo de forragem e o desempenho e produtividade animal precisam ser devidamente avaliados para que recomendações seguras possam ser feitas acerca do uso e manejo desse tipo de sistema de produção.

5.4 Conclusão

A *Brachiaria brizantha* cv. Piatã apresenta mudanças na área foliar específica, na anatomia foliar e no valor nutritivo quando submetida à condições de sombreamento intenso. Entre os regimes de sombra avaliados, o regime S1 apresentou menor variação quando comparado ao PS, indicando que sistemas com menor número de árvores/ha e maior espaço entre renques podem ser mais indicados. As variações que ocorreram ao longo do período experimental indicam uma constante adaptação do capim- piatã ao sombreamento das árvores.

Referências

- AKIN, D.E.; WILSON, J.R.; WINDHAM, W.R. Site and rate of tissue digestion in leaves of C3, C4, and C3/C4 intermediate Panicum species. **Crop Science**, Madison, v.23, n.1, p.147-155, 1983.
- ALLARD, G.; NELSON, C.J.; PALLARDY, S.G. Shade effects on growth of tall fescue: I. leaf anatomy and dry matter partitioning. **Crop Science**, Madison, v. 31, p. 163-167, 1991.
- BATISTOLI, C.; LEMPP, B.; JANK, L.; MORAIS, M.G.; CUBAS, A.C.; GOMES, R.A.; FERREIRA, M.V.B. Correlations among anatomical, morphological, chemical and agronomic characteristics of leaf blades in Panicum maximum genotypes. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 171, n. 2-4, p. 173– 180, 2012.
- CARVALHO, M.M.; FREITAS, V.P.; ANDRADE, A.C. Crescimento inicial de cinco gramíneas tropicais em um sub-bosque de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* Beth.). **Pasturas Tropicais**, Managua, v. 17, n. 1, p. 24-30, 1995.

CARVALHO, P.C.F.; TRINDADE, J.K.; Da SILVA, S.C.; BREMM, C.; MEZZALIRA, J.C.; NABINGER, C.; AMARAL, M.F.; CARASSAI, I.J.; MARTINS, R.S.; GENRO, T.C.M.; GONÇALVES, E.N.; AMARAL, G.A.; GONDA, H.L.; POLI, C.H.E.C.; SANTOS, D.T. Consumo de forragem por animais em pastejo: analogias e simulações em pastoreio rotativo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM – INTENSIFICAÇÃO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTO, 2009. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2009. p. 61-93.

CHABOT, B.F.; CHABOT, J.F. Effects of light and temperature on leaf anatomy and photosynthesis in *Fragaria vesca*. **Oecologia**, Hoboken, v. 26, p. 363-377, 1977.

CHARTZOULAKIS, K.; PATAKAS, A.; KOFIDIS, A.; BOSABALIDIS, A.; NASTOU, A. Water stress effects leaf anatomy, gas Exchange, water relations and growth of two avocado cultivars. **Scientia Horticulture**, Amsterdam, v. 95, p. 39-50, 2002.

CIAVARELLA, T.A.; SIMPSON, R.J.; DOVE, H.; LEURY, B.; SIMS, I.M. Diurnal changes in the concentration of water-soluble carbohydrates in *Phalaris aquática* L. pasture in spring, and the effect of short-term shading. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v. 51, p. 749-756, 2000.

CRESTANI, S. **Respostas morfológicas 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, p 102. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagem) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

DANKIN, M.E.; HUSSEY, R.S. Staining and histopathological techniques in nematology. In: BARKER, K.R.; CARTER, C.C.; SASSER, J.N. (Ed.). **An advanced treatise on Meloidogyne**. Raleigh: North Carolina State University, 1985. p. 39-48.

DEINUM, B.; SULASTRI, R.D.; ZEINAB, M.H.J.; MAASSEN, A. 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**, Wageningen, v. 44, p. 111-124, 1996.

DEVKOTA, N.R.; KEMP, P.D.; HODGSON, J.; VALENTINE, I.; JAYA, L.K.D. Relationship between tree canopy height and the production of pasture species in a silvopastoral system based on alder trees. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 76, p. 363-374, 2009.

DIFANTE, G.S.; NASCIMENTO Jr, D.; EUCLIDES, V.B.P.; DA SILVA, S.C.; BARBOSA, R.A.; GONÇALVES, W.V.; Sward structure and nutritive value of Tanzânia guineagrass subjected to rotational stocking managements. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, p. 9-19, 2009.

FELDHAKE, C.M. Microclima of a natural pasture under planted Robinia pseudoacacia in central Appalachia, West Virginia. **Agroforestry systems**, Dordrecht, v. 53, p. 297-303, 2001.

- FERNANDEZ, M.E., GYENGE, J.E., SCHLICHTER, T.M. Shade acclimation in the forage grass *Festuca Pallescens*: biomass allocation and foliage orientation. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 60, p. 159–166, 2004.
- FONSECA, L.; MEZZALIRA, J.C.; BREMM, C.; FILHO, R.S.A.; GONDA, H.L.; CARVALHO, P. C.de F. Management targets for maximizing the short-term herbage intake rate of cattle grazing in *Sorghum bicolor*. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 145, p. 205-211, 2012.
- GOBBI, K.F., GARCIA, R., VENTRELLA, M.C., GARCEZ NETO, A.F.; ROCHA, C.P. Specific leaf area and quantitative leaf anatomy of signalgrass and forage peanut submitted to shading. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, p. 1436-1444, 2011.
- HAGQUIST, C.W. Preparation and care of microscopy slides. **American Biology Teacher**, Hoboken, v.36, p.414-417, 1974.
- JIANG, C.D.; WANG, X.; GAO, H.Y.; SHI, L.; CHOW, W.S. Systemic Regulation of leaf anatomical structure, photosynthetic performance, and high-light tolerance in sorghum. **Plant Physiology**, Rockville, v. 155, p. 1416-1424, 2011.
- JOHANSEN, D.A. **Plant microtechnique**. New York: McGraw- Hill Book Co. Inc., 1940, 423p.
- JOLLIFFE, I.T. **Principal component analysis** 1st edn. New York: Springer-Verlag, 1986.
- JUNG, H.J.; SAMAC, D.; SARATH, G. Modifying crops to increase cell wall digestibility. **Plant Science**, Clare, v. 185, p. 65-77, 2012.
- KENWARD, M.G., ROGERS, J.H. Small Sample Inference for Fixed Effects from Restricted Maximum Likelihood. **Biometrics**, Malden, v. 53, p. 983-997, 1997.
- LAMBERS, H.; CHAPIM III, F.S.; PONS, T.L. **Plant physiological ecology**. New York: Springer, 1998. 540p.
- LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; van SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.57, p.347-358, 1996.
- LIN, C.H.; MCGRAW, R.L.; GEORGE, M.F.; GARRET, H.E. Nutritive quality and morphological development under partial shade of some forage species with agroforestry potential. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 53, p. 269-281, 2001.
- LITTEL, R.C., PENDERGAST J., NATARAJAN R., Modelling Covariance Structure in the Analysis of Repeated Measures Data. **Statistics in Medicine**, Malden, v. 19, p. 1793-1819, 2000.
- MABJEESH, S.J.; COHEN, M., ARIELL, A. In vitro methods for measuring the dry matter digestibility of ruminant feedstuffs: comparison of methods and inoculum source. **Journal of Dairy Science**, New York, v. 83, p. 2289-2294, 2000.

MACEDO, M.C.M. Integração lavoura-pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.28, p.133-146, 2009.

MAGAI, M.M.; SLEPER, D.A.; BEUSELINCK, P.R. Degradation of three warseason grasses in a prepared cellulose solution. **Agronomy Journal**, Madison, v.86, n.6, p. 1049- 1053, 1994.

MASCHERONI, J.D.C. **Características estruturais do dossel forrageiro e acúmulo de forragem de *Brachiaria brizantha* cv. Piatã submetido a regime de sombra em sistemas de integração lavoura pecuária floresta**. 2015, p. 91. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagem) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

MOORE, K.J.; DIXON, P.M. Analysis of combined experiments revisited. **Agronomy Journal**, Madison, v. 107, p. 763-771, 2015.

NAGELE, T.; HENKEL, S.; HORMILLER, I.; SAUTER, T.; SAWODNY, O.; EDERER, M.; HEYER, A.G. Mathematical modeling of the central carbohydrate metabolism in *Arabidopsis* reveals a substantial regulatory influence of vacuolar invertase on whole plant carbon metabolism. **Plant Physiology**, Rockville, v. 153, p. 260-272, 2010.

NIINEMTS, U. E TENHUNEM, J.D. A model separating leaf structural and physiological effects on carbon gain along gradients for the shade-tolerant species *Acer saccharum*. **Plant, Cell and Environment**, Hoboken, v. 20, p. 845-866, 1997.

PACIULLO, D.S.C., CASTRO, C.R.T., GOMIDE, C.A.M., FERNANDES, P.B., ROCHA, W.S.D., MULLER, M.D., ROSSIELLO, R.O.P. Soil bulk and biomass partitioning of *Brachiaria decumbens* in a silvopastoral system. **Science Agrícola**. Piracicaba, v. 67, p. 598-603, 2010.

PACIULLO, S. C. D.; CARVALHO, C.A.B.; AROEIRA, L.J.M.; MORENZ, N.J.F.; LOPES, F.C.F.; ROSSIELLO, R.O.P. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 4, p. 573-579, 2007.

PEREIRA, L. E. T.; PAIVA, A. J.; GUARDA, V. D.; PEREIRA, P.M.; CAMINHA, F. O.; DA SILVA, S. C. Herbage utilisation efficiency of continuously stocked marandu palisade grass subjected to nitrogen fertilisation. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 72, p. 114-123, 2015.

PERI, P.L., LUCAS, R.J., MOOT, D.J. Dry matter production, morphology and nutritive value of *Dactylis glomerata* growing under different light regimes. **Agroforestry Systems**. Dordrecht, v. 70, p. 63–79, 2007.

PERI, P.L.; VARELLA, A.C.; LUCAS, R.J., MOOT, D.J. Cocksfoot and Lucerne productivity in a *Pinus radiata* silvopastoral system: a grazed comparison. **Proceedings of the New Zealand Grassland Association**, Nova Zelândia, v. 63, p. 139-147, 2001.

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; van SOEST, P.J.; RUSSELL, J.B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.70, n.12, p.3562-3577, 1992.

SOUSA, L.F.; MAURÍCIO, R.M.; MOREIRA, G.R.; GONÇALVES, L.C.; BORGES, I.; PEREIRA, L.G.R. Nutritional evaluation of “Brachiário” grass in association with “Aroeira” trees in a silvopastoral system. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 79, p. 189-199, 2010.

SYVERTSEN, J.P.; LLOYD, J.; McCONCHIE, C.; KRIEDEMANN, P.E.; FARQUHAR, G.D. On the relationship between leaf anatomy and CO₂ diffusion through the mesophyll of hypostomatous leaves. **Plant, Cell and Environment**, Hoboken, v. 18, p. 149-157, 1995.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Arned, 2013. 719 p.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Symposium: carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. **Journal Dairy Science**, Champaign, v.74, p. 3583-3597, 1991.

VILELA, L.; MHARTA JUNIOR, G.B.; MACEDO, M.C.M.; MARCHÃI, R.L.; GUIMARÃES JUNIOR, R.; PULROLNIK, K.; MACIEL, G.A. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1127-1138.

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

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os sistemas ILPF possuem como característica principal a integração entre as atividades agrícola, pecuária e florestal, sendo que a produtividade do sub-bosque é influenciada de maneira direta pela RFA incidente, já que esta consiste na principal fonte de energia para os processos fisiológicos e bioquímicos que ocorrem nos vegetais. Reduções em RFA, mesmo que pequenas, são capazes de alterar o padrão de crescimento das plantas forrageiras e, conseqüentemente, sua produção de forragem. Dentre os principais ajustes fenotípicos desencadeados por plantas sombreadas como forma de compensar parcialmente a redução em crescimento sob limitação de disponibilidade de luz está o estiolamento, causado pelo aumento do alongamento de colmos, e aumento da área foliar específica. Essas alterações resultam em alterações estruturais do dossel forrageiros caracterizadas pelo aumento em altura dos pastos e alteração da proporção e distribuição dos componentes morfológicos ao longo do perfil vertical e horizontal do dossel forrageiro (CRESTANI, 2015). Essas mudanças estruturais foram mensuradas neste estudo e resultaram em modificação dos padrões de deslocamento e procura por forragem e de comportamento ingestivo dos animais. O aumento da altura dos pastos e a maior porcentagem de colmos no estrato pastejado registrados nos regimes S1 e S2 fizeram que houvesse redução na massa de bocado e, conseqüentemente, da taxa de consumo dos animais, tanto na fase inicial quanto na fase final do processo de rebaixamento dos pastos. Sob condições de sombra, os animais passaram mais tempo em busca de estações alimentares, função da menor massa de forragem com maior porcentagem de colmos dos pastos, condição que dificultou a apreensão e colheita de forragem pelos animais. Por outro lado, sob pleno sol, condição em que os animais estavam sob um nível mais intenso de estresse térmico, o menor tempo de pastejo e ruminação foi compensado pelo menor deslocamento, maior tempo de permanência por estação alimentar e maior taxa de consumo de forragem, função de uma estrutura de dossel caracterizada por maior massa de forragem com maior porcentagem de folhas e menor porcentagem de colmos e de material morto.

A redução em RFA causada pelas árvores nos regimes S1 e S2 influenciou ainda a morfologia e a anatomia das folhas do capim-piatã. Plantas sombreadas apresentaram maior comprimento das lâminas foliares e área foliar específica, características que estiveram associadas com menor espessura e menor porcentagem de células mesofílicas ricas em carboidratos solúveis e de elevada digestibilidade. As características morfo-anatômicas avaliadas variaram também em função das faixas de sombra e dos períodos de avaliação em

função do efeito de inclinação do eixo da Terra em relação ao sol, indicando que as plantas crescendo no sub-bosque estão em constante adaptação às variações no ambiente do sub-bosque ao longo do ano. As mudanças em morfologia e anatomia foliar influenciaram o valor nutritivo da forragem consumida pelos animais, com aumento da porcentagem de proteína bruta. Contudo, o aumento em proteína esteve associado a menor porcentagem de células mesófilas nas lâminas foliares, razão pela qual a porcentagem de carboidratos solúveis foi menor, explicando os valores semelhantes de digestibilidade da matéria seca para os regimes de luz avaliados. Nesse contexto, se o valor nutritivo for considerado levando-se em conta apenas a porcentagem de PB, a forragem consumida sob condições de sombreamento seria considerada de alto valor nutritivo relativamente à condição de pleno sol. No entanto, a utilização da PB no rúmen depende de fontes energéticas de fácil fermentação (BELESKY, CHATTERTON e NEEL, 2006), como os carboidratos solúveis. Trabalhos mostram que a concentração de carboidratos não estruturais possui relação positiva com a utilização da proteína no rúmen, e que a seleção e o consumo de forragem tende a aumentar quando a concentração de carboidratos solúveis é elevada na forragem consumida (CHIAVARELLA et al., 2000; MAYLAND et al., 2000).

Dessa forma, as respostas encontradas neste estudo indicam que plantas forrageiras crescendo sob restrição quantitativa e qualitativa de luz promovida pela presença de árvores nos sistemas integrados passam por modificações morfológicas e anatômicas. Estas modificam a estrutura do dossel forrageiro que, por sua vez, afetam negativamente a colheita de forragem pelos animais em pastejo, fazendo com que mais tempo e trabalho seja dedicado à procura por estações de pastejo. O maior gasto energético na atividade de pastejo, associado à redução na porcentagem de carboidratos solúveis na forragem consumida, podem afetar negativamente o aproveitamento da maior porcentagem de proteína bruta dos pastos e, conseqüentemente, comprometer o desempenho e produtividade animal apesar do menor nível de estresse térmico de pastos crescendo sob árvores.

Referencias

BELESKY, D.P.; CHATTERTON, N.J.; NEEL, J.P.S. *Dactylis glomerata* growing along a light gradient in the central Appakachian region of the eastern USA: III. Nonstructural carbohydrates and nutritive value. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 67, p. 51-61, 2006.

CHIAVARELLA, T.A.; SIMPSON, R.J.; DOVE, H.; LEURY, B.; SIMS, I.M. Diurnal changes in the concentration of water-soluble carbohydrates in *Phalaris aquática* L. pasture in spring,

and the effect of short-term shading. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v. 51, p. 749-756, 2000.

CRESTANI, S. **Respostas morfológicas 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, p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagem) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

MAYLAND, H.F.; SHEWMAKER, G.E.; HARRISON, P.A.; CHATTERTON, N.J. Nonstructural carbohydrates in tall fescue cultivars: relationship to animal preference. **Agronomy Journal**, Madison, v. 92, p. 1203-1206, 2000.

7 CONCLUSÕES

O sombreamento em pastos cultivados sob árvores em sistemas integrados de produção animal resulta em modificações da estrutura do dossel forrageiro que alteram o valor nutritivo e restringem a velocidade de consumo de forragem dos animais. Por outro lado, o menor estresse térmico sob as árvores favorece turnos mais longos de alimentação (pastejo e ruminação), revelando um efeito compensatório entre consumo de forragem e valor nutritivo da forragem consumida que, associado à diminuição em produção de forragem nos pastos sombreados, deve ser considerado nos processos de tomada de decisão e manejo desse tipo de sistema. Nesse contexto, o monitoramento da interceptação de luz pelo dossel forrageiro para fins de manejo do pastejo baseado no critério de 95% de interceptação de luz durante a rebrotação deve ser feito integrando a copa das árvores e do pasto, com a tomada da leitura de referência da luz incidente tomada em pleno sol.