

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

**Intensidade de pastejo como condicionante da estrutura do dossel e da
assimilação de carbono de pastos de capim Xaraés [*Brachiaria brizantha* (A.
Rich) Stapf. cv. Xaraés] sob lotação contínua**

Diego Noletto Luz Pequeno

**Dissertação apresentada para obtenção do Título de
Mestre em Ciências. Área de Concentração: Ciência
Animal e Pastagens**

**Piracicaba
2010**

Diego Noletto Luz Pequeno
Engenheiro Agrônomo

**Intensidade de pastejo como condicionante da estrutura do dossel e da
assimilação de carbono de pastos de capim Xaraés [*Brachiaria brizantha* (A.
Rich) Stapf. cv. Xaraés] sob lotação contínua**

Orientador:
Prof. Dr. **CARLOS GUILHERME SILVEIRA PEDREIRA**

Dissertação apresentada para obtenção do Título de Mestre
em Ciências. Área de Concentração: Ciência Animal e
Pastagens

**Piracicaba
2010**

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

Pequeno, Diego Noletto Luz

Intensidade de pastejo como condicionante da estrutura do dossel e da assimilação de carbono de pastos de capim Xaraés [*Brachiaria brizantha* (A. Rich) Stapf. cv. Xaraés] sob lotação contínua / Diego Noletto Luz Pequeno. - - Piracicaba, 2010.
75 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2010.
Bibliografia.

1. Capim Xaraés 2. Carbono 3. Dossel (Botânica) 4. Forragem - Produção 5. Fotossíntese Pastagens 7. Pastejo I. Título

CDD 636.08422
P425i

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

DEDICO

Aos meus pais José Eronides de Sousa Pequeno e Cecília Noletto Luz Pequeno, aos meus irmãos Dimitri, Junior e Francisco Henrique e a todos meus familiares.

Ofereço

Ao Deus que eu sirvo, o qual me faz viver uma vida com sentido e propósito, não olhando para as circunstâncias, mas aprendendo a depender Dele em tudo. Nele tenho verdadeira felicidade.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer ao meu orientador Prof. Dr. Carlos Guilherme Silveira Pedreira pela oportunidade, confiança, amizade e ensinamentos fundamentais para o meu crescimento pessoal e profissional.

Aos membros do comitê de pesquisa: professor Dr. Sila Carneiro da Silva e Pesquisador da APTA - Brotas, Dr. Gustavo José Braga pelos ensinamentos transmitidos.

Agradeço à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Departamento de Zootecnia pelo suporte e treinamento proporcionados por seus professores e pesquisadores, em especial ao professor Dr. Flávio Augusto Portela Santos, ao Dr. Marco Antônio Penatti e sua equipe de estagiários do CPZ, pela colaboração e presteza na concessão da utilização de animais. Aos funcionários do Departamento pela seriedade nos serviços prestados.

Aos amigos e colegas do Laboratório de Plantas Forrageiras – LAPF/ESALQ: Adenilson Paiva, Aliedson Sampaio Ferreira, Bruno Carneiro e Pedreira, Carlindo Santos Rodrigues, Davi Cavalcante de Aquino, Fábio Caminha, Felipe Curcelli, Felipe Tonato, Jorge Nunes Portela, Karine da Silva Pena, Leandro Martins Barbero, Lilian Techio Pereira, Márcia Cristina Teixeira da Silveira, Márcio André Stefanelli Lara, Marcos Schleiden Souza Carvalho, Priscila Mesquita, Renata La Guardia Nave, Salim Jacaúna de Souza Júnior, Veridiana Limão, Vitor Del Alamo Guarda. Aos estagiários da ESALQ: Aurélio Macedo Debiazzi, Felipe Vilela, Gislene Roberta Manarim, Marcel Olivetti Trivellin, Murilo Saraiva Guimarães, Ricardo Junqueira Ferreira e Sá, Vitor Hugo Moura Bertolini e aos estagiários da UNEMAT: Fabiane, Gustavo, Keler, Tássia, e Thammy, pela amizade, companheirismo e ajudas.

Aos colegas de pós graduação que fizeram parte dessa caminhada, em especial aos colegas de república: Acácio Navarrete, Aliedson Ferreira, Antônio, Aruan, Carlos Oñate, Cícero, Cleiton Mendes, Diego Galvani, João Dorea, José, Lucas Chagas, Marcos Schleiden, Neto, Pablo, Ricardo e Rodrigo.

Ao professor de inglês Antônio Bianchi pelos ensinamentos não só de inglês, mas de perseverança em nossos sonhos. Obrigado pela amizade e por sempre acreditar no potencial dos seus alunos.

À Igreja Batista Nova Vida por me receber tão bem como irmão em Cristo, onde aprendi um pouco mais sobre o significado da palavra “família”.

In all things God works for the good of those who love him, who have been called according to his purpose.

Romans, 8:28

If you are willing and obedient, you will eat the best from the land.

Isaiah, 1:19

For I know the plans I have for you, declares the Lord, plans to prosper you and not to harm you, plans to give you hope and a future. Then you will call upon me and come and pray to me, and I will listen to you. You will seek me and find me when you seek me with all your heart. I will be found by you, declares the Lord, and will restore your fortunes.

Jeremiah 29:11-14

SUMÁRIO

RESUMO	13
ABSTRACT	15
1 INTRODUÇÃO	17
1.1 Arquitetura de estandes e seu efeito sobre a produção de forragem	19
1.2 Fotossíntese foliar e de dossel em pastos sob lotação contínua	20
1.3 Hipótese.....	23
1.4 Objetivo.....	23
Referências	23
2 INTENSIDADE DE PASTEJO COMO CONDICIONANTE DA PRODUTIVIDADE E DA ESTRUTURA DO DOSEL EM PASTOS DE CAPIM XARAÉS SOB LOTAÇÃO CONTÍNUA	29
Resumo.....	29
Abstract.....	30
2.1 Introdução.....	30
2.2 Material e métodos	32
2.2.1 Local, delineamento experimental e tratamentos	32
2.2.2 Estimativa de massa de forragem.....	36
2.2.3 Composição morfológica e acúmulo de forragem	37
2.2.4 Interceptação luminosa do dossel e ângulo foliar	38
2.2.5 Análise e processamento dos dados	39
2.3 Resultados.....	40
2.3.1 Massa de forragem e composição morfológica.....	40
2.3.2 Interceptação luminosa e ângulo foliar.....	46
2.4 Discussão.....	47
2.5 Conclusões.....	51
Referências	52
3 INTENSIDADE DE PASTEJO COMO CONDICIONANTE DA FOTOSSÍNTESE FOLIAR E DE DOSEL EM PASTOS DE CAPIM XARAÉS SOB LOTAÇÃO CONTÍNUA	55
Resumo.....	55
Abstract	55

3.1 Introdução.....	56
3.2 Material e métodos.....	58
3.2.1 Taxa de fotossíntese foliar.....	58
3.2.2 Modelagem da taxa de fotossíntese de dossel.....	59
3.2.3 Análise e processamento dos dados	61
3.3 Resultados	61
3.3.1 Fotossíntese foliar e de dossel	61
3.4 Discussão.....	63
3.5 Conclusões.....	66
Referências.....	66
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	71
Referências.....	72
APÊNDICE	74
5.1 Calibração do prato ascendente	75

RESUMO

Intensidade de pastejo como condicionante da estrutura do dossel e da assimilação de carbono de pastos de capim Xaraés [*Brachiaria brizantha* (A. Rich) Stapf. cv. Xaraés] sob lotação contínua

A produção de forragem em pastagens é resultado de um processo complexo e dinâmico onde características estruturais como o arranjo e a distribuição de partes da planta e o padrão de distribuição de luz condicionam respostas fisiológicas e produtivas. A altura de dossel mantida constante pode ser relacionada com respostas produtivas, estruturais e fisiológicas do dossel, possibilitando recomendações de manejo do pastejo. O objetivo do trabalho foi quantificar o efeito da altura de dossel mantida constante em 15, 30 e 45 cm sobre características produtivas e morfo-fisiológicas do capim Xaraés [*Brachiaria brizantha* (A. Rich) Stapf. cv. Xaraés] submetido à lotação contínua. O estudo foi realizado na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, campus da USP, localizado em Piracicaba – SP. Foram avaliados a produção e taxas de acúmulo de forragem, proporção de folhas, colmos e material morto, índice de área foliar (IAF), interceptação luminosa (IL), ângulo foliar e taxas de fotossíntese foliar e de dossel. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com três tratamentos e três repetições. As unidades experimentais (piquetes) tiveram 120 m² cada e as alturas de dossel foram mantidas constante utilizando a técnica de “mob grazing”. O total de forragem produzida e a taxa de acúmulo não variaram com as alturas de dossel estudadas. A massa de forragem total mantida nos pastos esteve diretamente relacionada com a altura de dossel. A maior proporção de folhas nos dosséis mantidos a 15 cm foi acompanhada de menor proporção de colmos, com exceção do final da primavera, em relação àqueles mantidos a 45 cm. No final da primavera maiores proporções de material morto foram encontradas nos dosséis mantidos a 45 cm, não variando com as alturas de dossel do verão ao início do outono. O IAF esteve diretamente relacionado com a altura de dossel apresentando valores médios variando de 1,6 a 3,4 para os dosséis mantidos a 15 e 45 cm, respectivamente. O IAF dos dosséis com valores de 2,5 já apresentavam máximos valores de IL (99%), condição encontrada nos pastos mantidos a 30 cm. O ângulo foliar não sofreu efeito de altura de dossel, com média de 39° em relação à horizontal. A taxa fotossintética média da folha mais jovem completamente expandida foi diminuída 17% quando a altura média de dossel foi aumentada de 15 para 45 cm. As taxas de fotossíntese de dossel simuladas pelo modelo foram aumentadas com incrementos na altura de dossel, alcançando valores máximos nos dosséis mantidos a 30 e 45 cm. O aumento nas taxas fotossintéticas de dossel seguiu o mesmo padrão de resposta do IAF e da IL. A altura de dossel em pastos de capim Xaraés pode ser mantida entre 15 e 45 cm, porém perdas significativas podem ocorrer na assimilação de carbono quando os dosséis são mantidos a 15 cm.

Palavras-chave: Altura do dossel; Interceptação luminosa; Mob grazing; Morfofisiologia; Pastejo; Produção de forragem

ABSTRACT

Grazing intensity as a determinant of structure and carbon assimilation in swards of Xaraes palisadegrass [*Brachiaria brizantha* (A. Rich.) Stapf. cv. Xaraés] under continuous stocking

Forage production from pastures is the result of a complex and dynamic process where structural features such as the arrangement and distribution of plant parts and patterns of light distribution condition physiological and productive responses. Canopy height, when kept constant can be related to the productive, physiological and structural responses by the canopy, allowing for the development of grazing management recommendations. The objective of this study was to quantify the effect of canopy height, maintained at 15, 30 and 45 cm on productive, morphological and physiological responses of Xaraes palisadegrass [*Brachiaria brizantha* (A. Rich.) Stapf. cv. Xaraés] under continuous stocking. The study was carried out at Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP campus, located in Piracicaba - SP. Responses measured included forage production and accumulation rates, the proportion of leaves, stems and dead material, leaf area index (LAI), light interception (LI), leaf angle, and photosynthetic rates of leaf and canopy. The experimental design was completely randomized with three treatments and three replications. Experimental units (paddocks) had 120 m² each and canopy heights were kept constant using the "mob grazing" technique. The total herbage yield and accumulation rate did not vary among canopy heights. Forage mass was directly related to the height of the canopy and the largest proportion of leaves in the canopy kept at 15 cm was accompanied by a lower proportion of stems, except in late spring, compared to those kept at 45 cm. In late spring higher proportions of dead material were found in swards kept at 45 cm, but this response did not vary with canopy height from summer to early autumn. Leaf area index was directly related to canopy height, averaging 1.6 to 3.4 for the canopies kept at 15 and 45 cm, respectively. Canopy LAI of 2.5 already showed maximum LI (99%), a condition found in pastures maintained at 30 cm. Leaf angle was not affected by canopy height, with an average of 39 degrees from the horizontal reference. The average photosynthetic rate of the youngest fully expanded leaf decreased by 17% when the average canopy height was increased from 15 to 45 cm. Simulated rates of canopy photosynthesis were increased with increasing canopy height, reaching maximum values in swards kept at 30 cm. The increase in canopy photosynthetic rates followed the same pattern of response of LAI and LI. Canopy height in grazed grass Xaraes palisadegrass can be maintained between 15 and 45 cm, but significant losses can occur in carbon assimilation when the canopies are kept at 15 cm.

Keywords: Canopy height; Forage production; Grazing; Light interception; Mob grazing; Morphophysiology

1 INTRODUÇÃO

A pecuária brasileira tem sofrido grandes mudanças geradas por pressões ambientais contra a abertura de novas áreas, por monocultivos, por pragas e doenças, e pela degradação de pastagens, além de competição com outras modalidades de uso da terra. Com isso torna-se cada vez mais importante para a competitividade do setor a busca por maior eficiência no processo produtivo, o que pode contribuir para a redução da abertura de novas áreas e emissão de gases causadores do efeito estufa, aumentando a preservação ambiental (CERRI et al., 2009; PEDREIRA et al., 2009).

A utilização de novos cultivares de plantas forrageiras é uma opção de ganho em eficiência de uso da terra por meio da diversificação na propriedade, sendo para isso necessário que a base física de exploração (clima, características físicas, químicas e condições hídricas do solo, tolerância a pragas, método de pastejo, etc.) não imponha restrições à utilização do recurso forrageiro (SHEATH; CLARK, 1996). Isso propicia uma exploração mais intensiva (maior rendimento possível por unidade de recurso disponível) de determinadas áreas, principalmente no período de maior crescimento das plantas (BARIONI et al., 2003).

O capim Xaraés, [*Brachiaria brizantha* (A. Rich) Stapf. cv. Xaraés], foi lançado pela Embrapa em 2002 como uma opção para a diversificação de pastagens. Esse genótipo caracteriza-se pela maior tolerância que o capim Marandu a fungos dos gêneros *Pythium*, *Fusarium* e *Rhizoctonia* em solos encharcados (ZÚÑIGA et al.¹, 1998 apud DIAS FILHO, 2006), destacando-se como uma opção para áreas afetadas pela síndrome da morte do capim Marandu (DIAS FILHO, 2006). Possui resistência moderada às cigarrinhas-das-pastagens [*Notozulia enteriana* (Berg) e *Deois flavopicta* (Stal)] (VERZIGNASSI; FERNANDES, 2001) e produtividade superior à do capim Marandu (BUENO, 2006; LARA, 2007; EUCLIDES et al., 2008). É indicado para solos de média fertilidade, podendo ser explorado em regiões de clima tropical de cerrados (VALLE et al., 2004).

Um grande problema, todavia, tem surgido juntamente com novos cultivares de espécies forrageiras: o conhecimento limitado sobre técnicas de manejo a serem adotadas para esses novos

¹ ZÚÑIGA P., C.; GONZÁLEZ Q., R.; BUSTAMANTE, E. Influencia de la humedad del suelo sobre la susceptibilidad de *Brachiaria* a hongos patógenos. **Manejo Integrado de Plagas**, v.49, p.51-57, 1998.

materiais, especialmente sob lotação contínua, que tem sido objeto de pouca pesquisa no Brasil. Esse método de pastejo é caracterizado pela permanência de animais em pastejo numa mesma área durante todo o ano ou a maior parte dele. Quando se fala em lotação contínua como opção promissora de manejo do pastejo, se pressupõe que a taxa de lotação seja variável, o que segundo Sbrissia, Da Silva e Nascimento Jr. (2007) ainda está longe de ser a modalidade empregada no país. Segundo esses mesmos autores, esse método de pastejo deve ser usado, preferencialmente, em sistemas mais intensivos de produção, ou seja, por produtores mais tecnificados. Isso se deve ao baixo aproveitamento da forragem produzida em relação à lotação intermitente em condições de baixo uso de insumos (principalmente N).

Pouco é conhecido sobre respostas do capim Xaraés a essa estratégia de pastejo. Mais estudos tem sido conduzidos com manejo sob corte (RODRIGUES, 2004; BUENO, 2006; LARA, 2007; SOUSA, 2009) e lotação intermitente (PEDREIRA; PEDREIRA, 2007; PEDREIRA; PEDREIRA; DA SILVA, 2007; 2009; NAVE; PEDREIRA; LIMA, 2009; EUCLIDES et al., 2008; CURCELLI, 2009), do que sob lotação contínua (FLORES et al., 2008; GALBEIRO, 2009).

Talvez o menor interesse por esse método de pastejo se deva ao fato do mesmo ser associado com formas de exploração mais extensivas e, ao menos em teoria, pouco competitivas. Todavia, sua suposta inferioridade em relação ao método de lotação intermitente não é sustentada pela grande maioria das pesquisas com pastagens. Briske et al. (2008) em trabalho de revisão observaram que a produção de forragem foi igual ou maior sob lotação contínua em relação a rotativa em 87% (20 de 23) dos experimentos e que o desempenho animal e a produtividade foram iguais ou maiores sob lotação contínua em relação a rotativa em 92% (35 de 38) e 84% (27 de 32) dos experimentos respectivamente. Os autores ainda afirmam que o método de lotação rotativa vem sendo considerado como uma estratégia de pastejo superior apenas com base em percepções e interpretações empíricas, ao invés de uma avaliação objetiva da vasta evidência experimental.

Estudos com plantas forrageiras são fundamentais para melhorar os índices produtivos da pecuária brasileira, fornecendo opções de uso para novos materiais genéticos lançados no mercado bem como entendimento de respostas de plantas forrageiras sob pastejo.

1.1 Arquitetura de estandes e seu efeito sobre a produção de forragem

Primariamente, a produção de forragem consiste da conversão da energia solar, CO₂ atmosférico, nutrientes do solo e água em biomassa de planta (COOPER; TANTON, 1968). O manejo de desfolhação pode interferir diretamente nesses processos por meio de alterações na área foliar do dossel, condicionando a quantidade e qualidade da luz que é interceptada. Dessa forma, a taxa máxima de crescimento é atingida em um valor de índice de área foliar (IAF) no qual as folhas menos iluminadas estão no ponto de compensação luminosa (intensidade de luz na qual a taxa de fotossíntese e a taxa de respiração são iguais), condição em que cerca de 95% da luz incidente é interceptada (KORTE; HARRIS, 1987). Após a máxima taxa de crescimento ser atingida, com aumentos subseqüentes em IAF a assimilação de carbono pelo dossel fica limitada pelo sombreamento que as folhas superiores exercem sobre as inferiores (BERNARDES, 1987).

Brougham (1956) mostrou que a taxa de crescimento do pasto em rebrotação está relacionada com a porcentagem de interceptação de luz e com a área de folhas. O mesmo autor observou que em azevém (*Lolium perenne* L. x *Lolium multiflorum* Lam.), trevo vermelho (*Trifolium pratense* L.) e trevo branco (*Trifolium repens* L.) um índice de área foliar de 5 foi necessário para interceptar 95% da luz incidente, alcançando a máxima taxa de crescimento. Com isso foi sugerido que 95% de interceptação de luz resulta em máxima atividade fotossintética do dossel e conseqüentemente máxima taxa de crescimento. Essa relação entre interceptação de luz e área de folhas pode variar com a espécie, com a estrutura do dossel, e com as mudanças estacionais e da elevação do sol. Esse conceito tem sido amplamente utilizado no Brasil nos últimos anos com método de lotação intermitente, se mostrando válido e consistente para estabelecer frequência de desfolhação (PEDREIRA; PEDREIRA; DA SILVA, 2007; 2009; LARA, 2007; SOUSA, 2008) no manejo de pastagens de clima tropical.

Para pastos sob lotação contínua e taxa de lotação variável, a grande proporção de componentes como colmo e material morto na massa de forragem mantida no pasto (MOLAN, 2004) fazem com que considerável proporção da radiação incidente seja interceptada por esses tecidos dentro do dossel. Isso faz com que máximas taxas de acúmulo líquido de forragem sejam encontradas em dosséis com interceptação luminosa acima de 95% e próximos de 100% nessas condições (MOLAN, 2004; SBRISIA, 2004; MESQUITA, 2008). Isso concorda com Parsons et al., (1983) que afirmam que um dossel mantido por pastejo em um IAF suficiente para interceptar

alta proporção da energia luminosa disponível, devido à continuidade da assimilação de carbono, atinge alta produção fotossintética e, conseqüentemente, alto acúmulo de matéria seca.

Bircham e Hodgson (1983) demonstraram que a taxa de acúmulo de forragem (balanço entre crescimento e senescência) permanecia constante sob uma faixa de condições de IAF, massa de forragem ou altura, dentro da qual variações resultavam somente em diferentes eficiências de utilização da forragem produzida. Assim, pastos mantidos mais altos apresentam maiores taxas de crescimento compensadas por taxas de senescência também mais altas em relação aos mantidos baixo, fazendo com que a taxa de acúmulo seja constante dentro dessa faixa.

Dentre as características estruturais do dossel, a altura é a que apresenta relação mais consistente com respostas de plantas e animais, além de ser um parâmetro prático, obtido de forma não destrutiva e de fácil adoção em práticas de manejo nas fazendas (MAXWELL; TREACHER, 1987; HODGSON, 1990). Trabalhos recentes utilizando a altura de dossel como meta de manejo em pastos de clima tropical tem sido desenvolvidos, obtendo padrões de resposta semelhantes aos reportados para plantas de clima temperado, onde cada espécie e/ou cultivar tem sua amplitude de condições de pasto (altura, massa de forragem, IAF) específica, dentro da qual a produção de forragem varia muito pouco (SBRISSIA, 2004; MOLAN, 2004).

Apesar da reconhecida influência de características estruturais como IAF, massa de forragem, composição morfológica, interceptação luminosa sobre o acúmulo de forragem, ainda são escassos os trabalhos que estudam essas relações sob lotação contínua.

1.2 Fotossíntese foliar e de dossel em pastos sob lotação contínua

A fotossíntese é o meio pelo qual as plantas assimilam carbono e acumulam matéria seca em seus tecidos. Entretanto, baixa associação tem sido observada na literatura (MORENO, 2004; LARA, 2007) entre taxa de fotossíntese foliar e produção de forragem. Isso tem sido explicado pela grande variação na capacidade de assimilação de CO₂ entre folhas individuais, devido ao seu estágio de desenvolvimento, dimensão da área foliar, arquitetura do dossel, respiração, translocação, partição de fotoassimilados, além da ação de fatores climáticos como radiação incidente, temperatura e umidade durante toda ou parte de uma estação de crescimento. Dentre

todos esses fatores, a distribuição de luz e a idade das folhas e perfilhos são os que influenciam primariamente a quantidade de fotossíntese realizada por uma planta (BERNARDES, 1987).

Apesar de pastos sob lotação contínua poderem fornecer boa cobertura do solo e com isso interceptação de luz pelo dossel também alta, em se tratando de assimilação de carbono, estruturas pouco eficientes, como colmos e folhas velhas, podem ser mantidas pelas plantas em proporções relativamente constantes, o que faz com que a maioria da luz incidente seja interceptada por tecidos que contribuem muito pouco para a fotossíntese (PARSONS et al., 1983).

A atividade fotossintética de uma folha desde o surgimento até a maturidade (completa expansão da lígula) é aumentada, e a partir daí declina fortemente com a idade (BERNARDES, 1987). Além da idade da folha, a disponibilidade de luz dentro do dossel exerce forte influência na capacidade assimilatória de uma folha. Woledge (1978) estudou o efeito do sombreamento causado pela comunidade de perfilhos sobre a capacidade fotossintética da folha mais nova completamente expandida de perfilhos vegetativos. A autora observou que a fotossíntese de sucessivas folhas mais novas completamente expandidas caía com o tempo de rebrotação em dosséis com auto-sombreamento, enquanto que perfilhos não sombreados continuavam a produzir folhas com alta capacidade fotossintética. A mesma autora evidencia que o sombreamento de folhas individuais tem menos efeito sobre a capacidade fotossintética que o sombreamento da planta inteira, sendo o auto-sombreamento da planta inteira responsável por uma redução de até 60-65% na capacidade fotossintética foliar, enquanto que o sombreamento de folhas individuais foi responsável por uma queda de apenas 7-20%.

Em pastos de capim Marandu (BRAGA et al., 2008) e de capim Xaraés (PEDREIRA; PEDREIRA, 2007) a fotossíntese foliar no final dos períodos de rebrotação diminuiu com o aumento da interceptação luminosa devido à baixa disponibilidade de radiação dentro do dossel. O aumento da idade fisiológica da folha mais nova completamente expandida em dosséis altos pode também contribuir para isso, fazendo com que a folha percorra um caminho mais longo dentro da bainha foliar até chegar à completa expansão (PERI et al., 2003). Isso pode ocorrer juntamente com o efeito de idade de perfilho, que foi estudada por Carvalho (2002) com dois cultivares de *Panicum maximum* Jacq. (Tanzânia e Mombaça) submetidos a alturas de corte de 10, 20 e 40 cm em casa de vegetação. A autora mediu a fotossíntese na folha mais jovem completamente expandida de perfilhos de diferentes idades e registrou maiores taxas

fotossintéticas nos perfilhos jovens e maduros em relação aos perfilhos velhos (15,8 15,8 e 12,2 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, respectivamente).

A assimilação de carbono em dosséis sob pastejo tem sido amplamente estudada em pastos submetidos a intervalos de rebrotação, porém são poucos os estudos utilizando método de lotação contínua, especialmente com pastagens de clima tropical.

Em pastos mantidos em diferentes intensidades de pastejo sob lotação contínua, Peng et al. (2007) observaram que a intensidade de pastejo pode modificar a taxa fotossintética líquida da folha mais nova completamente expandida e que esta pode ser otimizada em condições de moderada a alta intensidade de pastejo, dependendo do genótipo estudado (Figura 1).

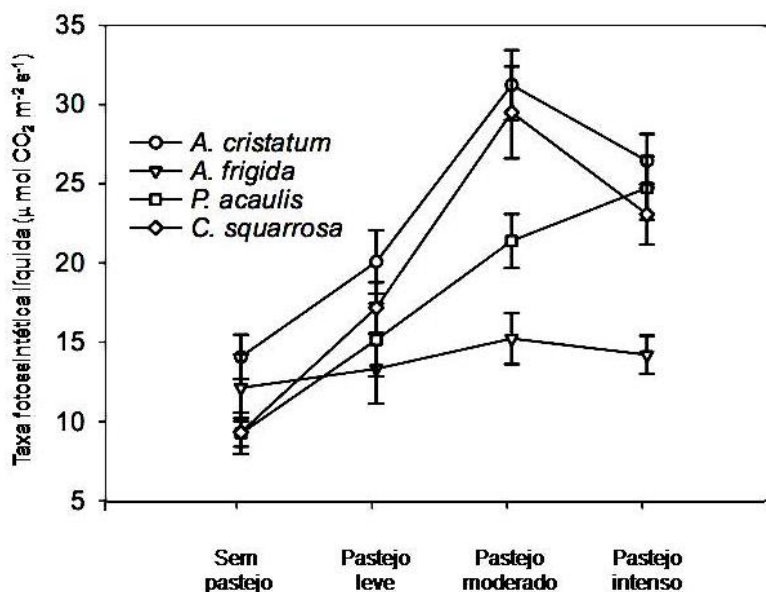


Figura 1 - Diferenças em taxa fotossintética líquida da folha mais nova completamente expandida de *Cleistogenes squarrosa* (Trin.) Keng, *Agropyron cristatum* (L.) Gaertn, *Artemisia frigida* Willd. e *Potentilla acaulis* com intensidades de pastejo sob lotação contínua

Apesar da importância da assimilação de carbono via fotossíntese, não parece haver limitações do processo fotossintético na produção de forragem. O que ocorre são interações de fatores como limitações ambientais e características do dossel que interferem na captação de carbono pelo dossel como um todo, o que acaba modificando as taxas fotossintéticas de folhas individuais (NELSON et al., 1975).

Muitos modelos de estimativa de assimilação de carbono pelo dossel como um todo tem sido desenvolvidos com o objetivo de integrar características como IAF, coeficiente de extinção luminosa, densidade de fluxo da radiação e taxas máximas de assimilação de carbono pela folha

mais nova completamente expandida (JOHNSON et al., 1989), possibilitando com isso a estimativa de valores pontuais de assimilação de carbono pelo estande de plantas (BOOTE; JONES 1987). Modelos como esses são simples podendo ser obtidos de forma não destrutiva e podem ser usados como ferramentas para formação de recomendações de manejo baseadas em condições morfo-fisiológicas da planta.

1.3 Hipótese

A intensidade de pastejo, imposta por meio de altura de dossel mantida constante, resulta em pastos com estrutura, produção e assimilação de carbono distintas sob lotação contínua e taxa de lotação variável.

1.4 Objetivo

O objetivo desse estudo foi quantificar o efeito da altura sobre características que compõem a estrutura do dossel, a assimilação de carbono e a produção de forragem em pastos de capim Xaraés sob lotação contínua e taxa de lotação variável.

Referências

BARIONI, L.G.; MARTHA JÚNIOR, G.B.; RAMOS, A.K.B.; VELOSO, R.F.; RODRIGUES, D.C. de; VILELA, L. Planejamento e gestão do uso de recursos forrageiros na produção de bovinos em pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 20., 2003, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2003. p. 105-153.

BERNARDES, M.S. Fotossíntese no dossel de plantas cultivadas. In: CASTRO, P.R.C.; FERREIRA, S.O.; YAMADA, T. (Ed.). **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: Associação Brasileira de Potassa e do Fosfato, 1987. p.13-48.

BIRCHAM, J.S.; HODGSON, J. The influence of sward condition on rates of herbage growth and senescence in mixed swards under continuous stocking management. **Grass and Forage Science**, Oxford, v.38, p.323-331, 1983.

BOOTE, K.J.; JONES, J.W. Equations to define canopy photosynthesis from quantum efficiency, maximum leaf rate, light extinction, leaf area index, and photon flux density. In: BIGGINS, J. (Ed). **Progress in photosynthesis research**. The Hague: Martinus Nijhoff Publication, 1987. v.4, p.415-418.

BRAGA, G.J.; PEDREIRA, C.G.S.; HERLING, V.R.; LUZ, P.H.C.; LIMA, C.G. Herbage allowance effects on leaf photosynthesis and canopy light interception in palisadegrass pastures under rotational stocking. **Tropical Grasslands**, St. Lucia, v. 42, p.214–223, 2008.

BRISKE, D.D.; DERNER, J.D.; BROWN, J.R.; FUHLENDORF, S.D.; TEAGUE, W.R.; HAVSTAD, K.M.; GILLEN, R.L.; ASH, A.J.; WILLMS, W.D. Rotational Grazing on Rangelands: Reconciliation of Perception and Experimental Evidence. **Rangeland Ecology & Management**, Wheat Ridge, v. 61, p. 3–17, 2008.

BROUGHAM, R.W. Effects of intensity of defoliation on regrowth of pasture. **Australian Journal Agricultural Research**, Melbourne, n.7, p.377-387, 1956.

BUENO, M.E.G. **Potencial produtivo e qualitativo de gramíneas tropicais sob diferentes níveis de adubação nitrogenada, irrigação e época do ano**. 2006. 81p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.

CARVALHO, D.D. **Leaf morphogenesis and tillering behaviour in single plants and simulated swards of Guinea grass (*Panicum maximum* Jacq.) cultivars**. 2002. 180p. Thesis (Ph.D.)--Massey University, Palmerston North, 2002.

CERRI, C.C.; MAIA, S.M.F.; GALDOS, M.V.; CERRI, C.E.P.; FEIGL, B.J.; BERNOUX, M. Brazilian greenhouse gas emissions: the importance of agriculture and livestock. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.66, n.6, p.831-843, 2009.

COOPER, J.P.; TAINTON, N.M. Light and temperature requirements for the growth of tropical and temperate grasses. **Herbage Abstracts**, Farnham Royal, v.38 p.167-176, 1968.

CURCELLI, F. **Respostas morfogênicas e dinâmica de acúmulo de forragem do capim-xaraés [*Brachiaria brizantha* (A. Rich.) Stapf. cv. Xaraés] submetido a estratégias de pastejo rotativo**. 2009. 90p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP, 2009.

DIAS FILHO, M. B. **Opções forrageiras para áreas sujeitas ao encharcamento ou alagamento temporário**. Belém: EMBRAPA Amazônia Oriental, 2006. 34p. (EMBRAPA Amazônia Oriental. Documentos, 239).

EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M.; VALLE, C.B.; BARBOSA, R.A.; GONÇALVES, W.V. 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, 2008.

FLORES, R.S.; EUCLIDES, V.P.B.; ABRÃO, M.P.C.; GALBEIRO, S.; DIFANTE, G.S.; BARBOSA, R.A. Desempenho animal, produção de forragem e características estruturais dos capins marandu e xaraés submetidos a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 8, p. 1355-1365, 2008.

GALBEIRO, S. **Características morfogênicas, acúmulo e qualidade da forragem do capim-xaraés submetido a intensidades de pastejo sob lotação contínua**. 2009. 67p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2009.

HODGSON, J. **Grazing management** – science into practice. New York: John Wiley; Longman Scientific & Technical, 1990. 203p.

JOHNSON, I.R.; PARSONS, A.J.; LUDLOW, M.M. Modeling photosynthesis in monocultures and mixtures. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v. 16, p. 501-516, 1989.

KORTE, C.J.; HARRIS, W. Effects of grazing and cutting In: SNAYDON, R.W. **Ecosystems of the world: managed grassland analytical studies**. Amsterdam: Elsevier Science Publisher, 1987. p.71-79.

LARA, M.A.S. **Respostas morfofisiológicas de cinco cultivares de *Brachiaria* spp. às variações estacionais da temperatura do ar e do fotoperíodo**. 2007. 91p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

MAXWELL, T.J.; TREACHER, T.T. **Decision rules for grassland management. In Efficient sheep production from grass**. POLLOTT, G.E.(Ed.). British Grassland Society, 1987. n. 21, p. 67-78,

MESQUITA, P. **Dinâmica do acúmulo de forragem em pastos de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetidos à lotação contínua e ritmos de crescimento contrastantes**. 2008. 87 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

MOLAN, L.K. **Estrutura do dossel, interceptação luminosa e acúmulo de forragem em pastos de capim-Marandu submetidos a alturas de pastejo por meio de lotação contínua.**, 2004. 159p. Dissertação (Mestrado em Agronomia Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

MORENO, L.S.B. **Produção de forragem de capins do gênero *Panicum* e modelagem de respostas produtivas e morfofisiológicas em função de variáveis climáticas**. 2004. 86p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

NAVE, R.L.G.; PEDREIRA, C.G.S.; LIMA, C.G. Canonical correlations among chemical, physical and morphological characteristics of Xaraés palisadegrass under rotational grazing. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.66, n.2, p.270-275, 2009.

NELSON, C.J.; ASAY, K.H.; HORST, G.L. Relationship of leaf photosynthesis to forage yield of tall fescue. **Crop Science**, Madson, v.15, p.476-478, 1975.

PARSONS, A.J.; LEAFE, E.L.; COLLETT, B.; STILES, W. The physiology of grass production under grazing. I. Characteristics of leaf and canopy photosynthesis of continuously-grazed swards. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v.20, p.117-126, 1983.

PEDREIRA, B.C.; PEDREIRA, C.G.S. Fotossíntese foliar do capim-xaraés [*Brachiaria brizantha* (A. Rich) Stapf. cv. Xaraés] e modelagem da assimilação potencial de dosséis sob estratégias de pastejo rotativo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, p. 773-779, 2007.

PEDREIRA, B.C.; PEDREIRA, C.G.S.; DA SILVA, S.C. Acúmulo de forragem durante a rebrotação de capim-xaraés submetido a três estratégias de desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v. 38, n. 4, p. 618-625, 2009.

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.

PEDREIRA, M.S.; PRIMAVERESI, O.; LIMA, M.A.; FRIGHETTO, R.; OLIVEIRA, S.G.; BERCHIELLI, T.T. Ruminant methane emission by dairy cattle in southeast Brazil. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.66, n.6, p.742-750, 2009.

PENG, Y.; JIANG, G.M.; LIU, X.H.; NIU, S.L.; LIU, M.Z.; BISWAS, D.K. Photosynthesis, transpiration and water use efficiency of four plant species with grazing intensities in Hunshandak Sandland, China. **Journal of Arid Environments**, London, v.70, p.304–315, 2007.

PERI, P.L.; MOOT, D.J.; McNEIL, D.L.; LUCAS, R.J. Modelling net photosynthetic rate of field-grown cocksfoot leaves to account for regrowth duration. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, Wellington, v.46, p.105-115, 2003.

RODRIGUES, D.C. **Produção de forragem de cultivares de *Brachiaria brizantha* (hochst. ex a. rich.) stapf e modelagem de respostas produtivas em função de variáveis climáticas**. 2004. 94p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

SBRISSIA, A.F. **Morfogênese, dinâmica do perfilhamento e do acúmulo de forragem em pastos de capim-Marandu sob lotação contínua**. 2004. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2004.

SBRISSIA, A.F.; DA SILVA, S.C.; NASCIMENTO JUNIOR, D. Ecofisiologia de plantas forrageiras e o manejo do pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 24., 2007. Piracicaba. **Anais...** FEALQ, Piracicaba, 2007. p. 153-176.

SHEATH, G.W.; CLARK, D.A. Management of grazing systems: temperate pastures. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. (Ed.). **The ecology and management of grazing systems**. CAB International, 1996. p. 301-324.

SOUSA, B.M.L. **Morfogênese e características estruturais dos capins Andropógon e Xaraés submetidos a três alturas de corte**. 2009. 108p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

VALLE, C.B.; EUCLIDES, V.P.B.; PEREIRA, J.M.; VALÉRIO, J.R.; PAGLIARINI, M.S.; MACEDO, M.C.M.; LEITE, G.G.; LOURENÇO, A.J.; FERNANDES, C.D.; DIAS FILHO, M.B.; LEMPP, B.; POTT, A. **O Capim-Xaraés (*Brachiaria brizantha* cv. Xaraés) na diversificação das pastagens de braquiária**. Campo Grande: EMBRAPA Gado de Corte, 2004. 36p. (Documentos EMBRAPA Gado de Corte, 149.)

VERZIGNASSI, J.B.; FERNANDES, C.D. **Doenças em forrageiras**. Campo Grande: EMBRAPA Gado de Corte, 2001. 50 p. (Documento, 50).

WOLEDGE, J. The effect of shading during vegetative and reproductive growth on the photosynthetic capacity of leaves in a grass sward. **Annals of Botany**, Oxford, v. 42, p. 1085-1089, 1978.

2 INTENSIDADE DE PASTEJO COMO CONDICIONANTE DA PRODUTIVIDADE E DA ESTRUTURA DO DOSSEL EM PASTOS DE CAPIM XARAÉS SOB LOTAÇÃO CONTÍNUA

Resumo

A produção de forragem em pastagens é resultado de um processo complexo e dinâmico onde características estruturais como o arranjo e a distribuição de partes da planta e o padrão de distribuição de luz interagem, sendo alteradas pela intensidade de pastejo em pastos sob lotação contínua. A altura de dossel mantida constante pode ser relacionada com respostas produtivas e morfológicas do dossel possibilitando recomendações de manejo do pastejo. O objetivo do trabalho foi quantificar o efeito da altura de dossel mantida constante em 15, 30 e 45 cm sobre características estruturais e produtivas do capim Xaraés [*Brachiaria brizantha* (A. Rich) Stapf. cv. Xaraés] submetido à lotação contínua. O estudo foi realizado na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, campus da USP, localizado em Piracicaba – SP. Foram avaliadas a produção de forragem e características estruturais como: proporção de folhas, colmos e material morto, índice de área foliar (IAF), interceptação luminosa (IL) e ângulo foliar. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com três tratamentos e três repetições. As unidades experimentais (piquetes) tiveram 120 m² cada e as alturas de dossel pretendidas foram mantidas constante por pastejos rápidos e freqüentes, utilizando a técnica de “mob grazing”. O total de forragem e a taxa de acúmulo não variaram com as alturas de dossel estudadas. A massa de forragem total mantida nos pastos esteve diretamente relacionada com a altura de dossel. A maior proporção de folhas nos dosséis mantidos a 15 cm foi acompanhada de menor proporção de colmos, com exceção do final da primavera, em relação àqueles mantidos a 45 cm. No final da primavera maiores proporções de material morto foram encontradas nos dosséis mantidos a 45 cm, não variando com as alturas de dossel do verão ao início do outono. O IAF esteve diretamente relacionado com a altura de dossel apresentando valores médios variando de 1,6 a 3,4 para os dosséis mantidos a 15 e 45 cm, respectivamente. O IAF dos dosséis com valores de 2,5 já apresentavam máximos valores de IL (99%), condição encontrada nos pastos mantidos a 30 cm. O ângulo foliar não sofreu efeito de altura de dossel, com média de 39°. Assim, o manejo de pastos mantidos sob lotação contínua e taxa de lotação variável deve ser feito priorizando valores de IAF altos o suficiente para interceptar quase a totalidade da luz incidente com um mínimo de auto-sombreamento, minimizando a participação percentual de colmos e material morto na massa de forragem. No presente estudo, para pastos de capim Xaraés, essas condições foram reunidas com alturas de dossel variando entre 15 e 45 cm.

Palavras-chave: Altura do dossel; Composição morfológica; Índice de área foliar; Interceptação luminosa; Manejo do pastejo

Abstract

Forage production from pastures is the result of a complex and dynamic process, where structural features such as the arrangement and distribution of plant parts and patterns of light distribution in the sward interact strongly and are changed by grazing intensity in pastures under continuous stocking. Canopy height, when kept constant can be related to the productive and morphological canopy responses, allowing for the development of grazing management recommendations. The aim of this study was to quantify the effect of canopy height maintained at 15, 30 and 45 cm on the structural and productive responses of Xaraes palisadegrass [*Brachiaria brizantha* (A. Rich) Stapf. cv. Xaraes] under continuous stocking. The study was carried out at Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP, d in Piracicaba – SP. Responses measured included forage yield and structural characteristics such as proportion of leaves, stems and dead material, leaf area index (LAI), light interception (LI), and leaf angle. The experimental design was completely randomized design with three treatments and three replications. Experimental units (paddocks) had 120 m² each and canopy heights were kept constant by fast and frequent grazing, using the “mob grazing” technique.. The total herbage accumulation and accumulation rate did not vary among canopy heights. Forage mass was directly related to the height of the canopy. The highest proportion of leaves in the canopy kept at 15 cm was associated with the lowest proportion of stems, except in late spring, when compared to those kept at 45 cm. In late spring higher proportions of dead material were found in the canopy kept at 45 cm, but this did not vary across canopy heights from summer to early autumn. Leaf area index was directly related to the height of the canopy, averaging of 1.6 to 3.4 for canopies kept at 15 and 45 cm, respectively. Canopy LAI of 2.5 already showed maximum LI (99%), a condition found in swards maintained at 30 cm. Leaf angle was not affected by canopy height averaging 39 degrees. Thus, management of pastures kept under continuous stocking and variable stocking rate should be such that allow for LAI values high enough to intercept almost all incident light with a minimum of self-shading, minimizing the percentage of stem and dead material in the forage mass. In this study these conditions were met by canopy heights ranging from 15 to 45 cm.

Keywords: Grazing management; Leaf canopy height; leaf area index; light interception; Morfological composition

2.1 Introdução

Com a busca por sistemas pecuários mais lucrativos, a alimentação animal baseada em pastagens tem se configurado numa opção cada vez mais interessante, uma vez que essa é a forma mais barata de alimentação de ruminantes (DA SILVA; PEDREIRA, 1997), o que é vantajoso para países como o Brasil, que dispõem de grandes extensões de terras agricultáveis e condições climáticas bastante favoráveis a essa modalidade de uso da terra. Apesar disso, a pecuária brasileira ainda apresenta baixos índices produtivos, pressionada por problemas como

degradação de pastagens, predomínio de poucos cultivares de plantas forrageiras, susceptibilidade a pragas e doenças, baixa competitividade com outras modalidades de uso da terra, entre outros.

Considerando a fase de engorda de bovinos, a produtividade de carne de uma pastagem degradada pode ser seis vezes inferior ao de uma pastagem recuperada ou em bom estado de manutenção (MACEDO et al., 2000).

A demanda por alimentos impulsionada pelo crescimento populacional juntamente com a necessidade de preservação ambiental tem pressionado o setor produtivo brasileiro a mudar, buscando uma utilização mais intensiva e eficiente das áreas agricultáveis. Aumento em produtividade em áreas cada vez menores é demanda cada vez maior com o objetivo de diminuição de abertura de novas áreas e mitigação da emissão de gases do efeito estufa por setores agrícolas e pecuários. Isso só se torna possível com informações geradas pela pesquisa científica, fornecendo opções de técnicas que diminuam custos e aumentem a capacidade produtiva (CERRI et al., 2009).

O uso de metas de manejo do pastejo como altura de dossel que determine o momento ideal de entrada e saída de animais ou amplitude de altura em que os pastos podem ser mantidos tem sido apresentadas de maneira análoga a estádios fenológicos de culturas anuais que determinam momento ideal de tratamentos culturais, adubação, etc. Isso se deve a essa característica estrutural do dossel apresentar relação consistente com respostas produtivas, tanto da planta forrageira quanto de animais em pastejo (HODGSON, 1990). Cada espécie e/ou cultivar tem sua amplitude de condições de pasto (altura, massa de forragem, IAF) específica, dentro da qual a produção de forragem varia muito pouco (SBRISSIA, 2004). Recentemente muitos novos genótipos de plantas forrageiras tem sido lançados no mercado como opção para diversificação de pastagens, aumentando a demanda por conhecimento técnico de utilização desses novos materiais.

O capim Xaraés, [*Brachiaria brizantha* (A. Rich) Stapf. cv. Xaraés], foi lançado pela Embrapa em 2002 como uma opção para a diversificação de pastagens. Esse genótipo caracteriza-se pela maior tolerância que o capim Marandu a solos encharcados (ZÚÑIGA et al.², 1998 apud DIAS FILHO, 2006), destacando-se como uma opção para áreas afetadas pela

² ZÚÑIGA P., C.; GONZÁLEZ Q., R.; BUSTAMANTE, E. Influencia de la humedad del suelo sobre la susceptibilidad de *Brachiaria* a hongos patógenos. **Manejo Integrado de Plagas**, v.49, p.51-57, 1998.

síndrome da morte do capim Marandu (DIAS FILHO, 2006). Possui resistência moderada às cigarrinhas-das-pastagens [*Notozulia enteriana* (Berg) e *Deois flavopicta* (Stal)] (VERZIGNASSI; FERNANDES, 2001) e produtividade superior à do capim Marandu (BUENO, 2006; LARA, 2007; EUCLIDES et al., 2008). É indicado para solos de média fertilidade, podendo ser explorado em regiões de clima tropical de cerrados (VALLE et al., 2004).

O conhecimento das características ecofisiológicas da pastagem sob condições controladas (altura, índice de área foliar ou massa de forragem) é de fundamental importância para que se determine o manejo mais apropriado da pastagem, uma vez que expressam a condição da forragem e possibilitam uma análise conjunta da interação entre as diversas características da planta, sem basear o manejo em parâmetros isolados de respostas da planta a condições de pastejo.

O objetivo deste estudo foi quantificar o efeito da altura de dossel sobre a produção de forragem e sobre características que compõem a estrutura do dossel em pastos de capim Xaraés sob lotação contínua e taxa de lotação variável.

2.2 Material e métodos

2.2.1 Local, delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi conduzido em uma área pertencente ao Departamento de Zootecnia da ESALQ/USP, no município de Piracicaba a 580 m de altitude, 22°42' de latitude sul e 47°30' de longitude oeste. Os pastos foram estabelecidos no verão de 2004 em local de solo classificado como Nitossolo Vermelho Eutroférico típico (EMBRAPA, 1999). O solo não apresentou necessidade de correção de fertilidade (Tabela 1). A adubação nitrogenada e potássica foi parcelada em quatro aplicações feitas a cada 42 dias (a partir de 5/dez/2008) num total de 200 kg de N e K₂O ha⁻¹ usando como fontes o sulfato de amônio ((NH₄)₂SO₄) e cloreto de potássio (KCl), respectivamente.

Tabela 1 – Análise do solo da área experimental no início do período experimental

pH CaCl ₂	M.O.	P	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V	S-SO ₄
	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	----- mmol _c DM ⁻³ -----							%	mg dm ⁻³
5,3	41,0	31,0	7,3	63,0	23,3	39,0	0,0	93,7	132,7	70,7	74,0

S.B.=soma de bases, CTC=capacidade de troca catiônica, V=saturação por bases

Os dados climáticos referentes ao período experimental (Tabela 2; Figura 2) foram obtidos do posto meteorológico do Departamento de Ciências Exatas da ESALQ, distante cerca de 1 km da área experimental.

Tabela 2 – Radiação solar global, precipitação pluvial, e temperatura média diária durante o período experimental e a média histórica (1918-2009)

Mês/ano	Radiação	Precipitação		Temperatura média	
	cal cm ⁻²	Média histórica	Ano experimental	Média histórica	Ano experimental
		----- mm -----		----- °C -----	
Dez/08	532	198,7	153,0	23,9	24,0
Jan/09	430	229,5	162,0	24,4	24,1
Fev/09	458	182,6	143,5	24,7	25,3
Mar/09	457	143,1	125,1	24,1	25,1
Abr/09	433	63,2	21,8	21,9	22,2
Mai/09	357	54,0	10,6	19,1	20,7

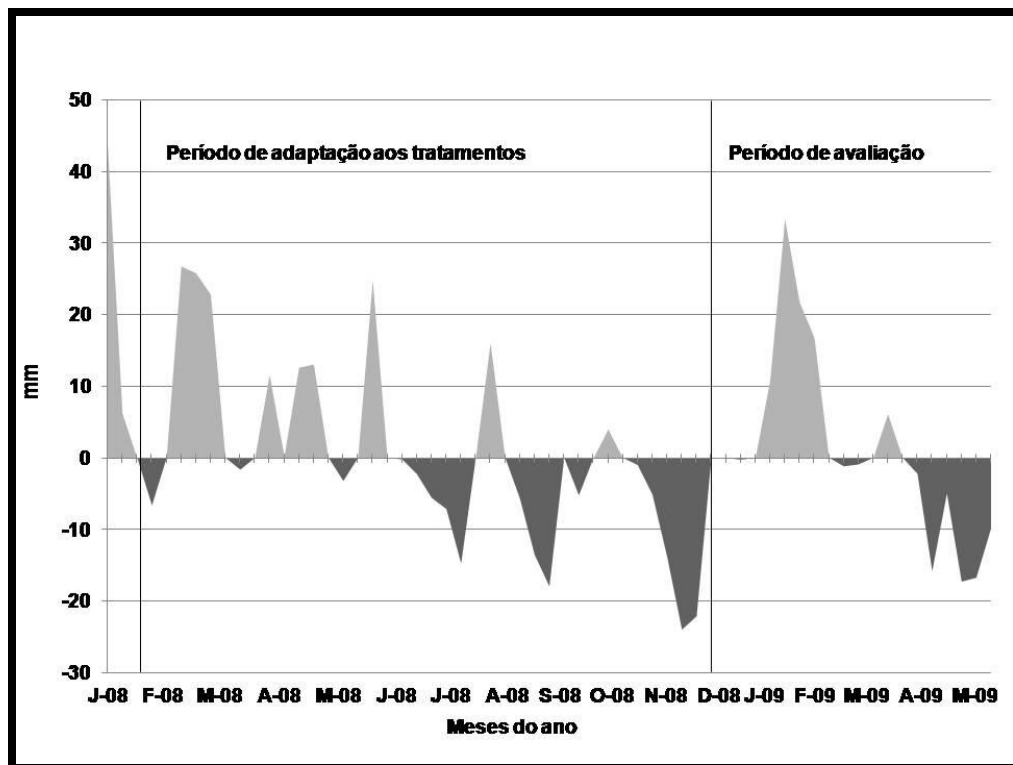


Figura 2 – Balanço hídrico de janeiro de 2008 a maio de 2009 por decêndio, considerando uma capacidade de armazenamento de água (CAD) de 40 mm

Em fevereiro de 2008 começaram a ser impostos os tratamentos. A coleta dos dados compreendeu o período de dezembro de 2008 a maio de 2009, totalizando 168 dias de avaliação.



Figura 3 - Vista da área experimental

Os tratamentos corresponderam a três condições caracterizadas pelas alturas de dossel de 15, 30 e 45 cm em relação ao nível do solo, mantidas constantes (“*steady state*”) por pastejo com bovinos. Os animais eram introduzidos nas parcelas por períodos curtos e freqüentes usando a técnica de “*mob-grazing*” de modo a manter os pastos dentro de uma variação sempre menor que 10% da altura alvo (Figura 3), mimetizando um cenário de lotação contínua e taxa de lotação variável. O experimento seguiu um delineamento inteiramente casualizado com três repetições. A área experimental teve 1080 m² e estava dividida em nove unidades experimentais (piquetes) de 120 m² cada.

Para fins de comparação de médias, os dados foram agrupados em quatro épocas de 42 dias cada: Final da primavera (5 de dezembro de 2008 até 16 de janeiro de 2009); início do verão (16 de janeiro até 27 de fevereiro); final do verão (27 de fevereiro até 10 de abril) e início do outono (10 de abril até 22 de maio de 2009). Esse agrupamento foi estabelecido com base na distribuição da produção dentro do período experimental.

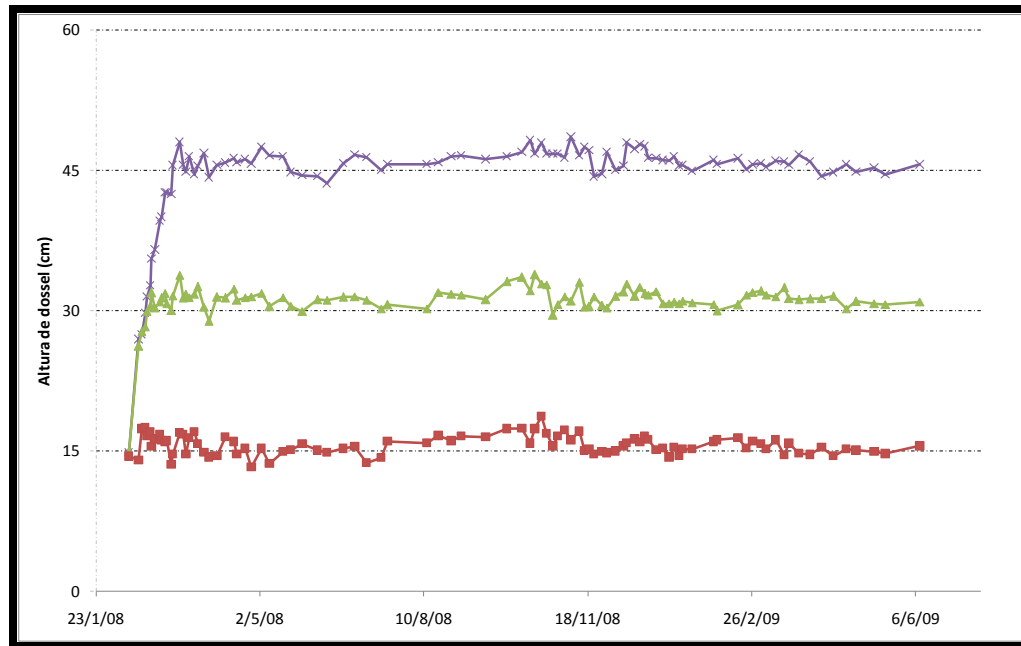


Figura 4 - Alturas de dossel mantidas a 15, 30 e 45 cm



Figura 5 - Bastão graduado e uma folha de acetato utilizados para a medição de altura do dossel

2.2.2 Estimativa de massa de forragem

A massa de forragem (MF) em cada piquete foi medida semanalmente tomando-se 30 leituras de com um prato ascendente de maneira sistematizada. A cada 21 dias eram excluídas do pastejo duas áreas protegidas por gaiolas (Figura 5), nas quais a massa de forragem era representativa da média do piquete no dia da exclusão. Decorridos 21 dias, a MF no piquete era novamente medida usando o prato ascendente e a MF acumulada dentro das gaiolas também era medida com o uso do prato. Nessa mesma ocasião duas novas áreas do piquete representativas da MF naquele dia eram escolhidas e as gaiolas movidas para esses novos locais para início de um novo ciclo de acúmulo. Assim o acúmulo de forragem (AF) resultou de ciclos de 21 dias sucessivos, num total de oito ciclos (168 dias de experimento).

Durante quatro vezes em todo o período experimental (de 42 em 42 dias, iniciando no 21º dia de avaliação) foram feitas as calibrações do prato ascendente usando a técnica da dupla amostragem.



Figura 6 - Gaiola de exclusão utilizada para estimativa de massa de forragem

Em cada ocasião de calibração foram escolhidas duas estações dentro de cada unidade experimental procurando sempre uma de baixa MF outra de alta MF a fim de se abranger a amplitude de valores de MF. Em cada uma dessas estações era medida a altura do prato ascendente em três pontos dentro de uma moldura retangular metálica (1,5 x 0,75m) e em seguida a forragem no interior da moldura era cortada a 5 cm do nível do solo.

2.2.3 Composição morfológica e acúmulo de forragem

Cada amostra cortada para a calibração do prato, antes de seca e pesada foi sub-amostrada e separada em seus componentes morfológicos (folha, colmo e material morto) (Figura 6). O IAF foi determinado com o auxílio de um integrador de área foliar, modelo LAI-3100 (Li-Cor, Lincoln, Nebraska EUA). As frações separadas e o restante da amostra eram secos a 65°C.



Figura 7 - Sub-amostra separada nas frações: colmo, material morto e folha

A altura de prato correspondente à MF daquela estação (somados o peso da sub-amostra fracionada e do restante da amostra não fracionada) foi a média das três medições de prato feitas no interior da moldura. Com esses dados foi desenvolvida ao final do experimento uma calibração do prato ascendente que serviu para converter em MF todos os valores médios medidos nos eventos de pastejo, permitindo o cálculo das MFs nos piquetes e dentro das gaiolas e, conseqüentemente os acúmulos de forragem a cada ciclo de 21 dias. Assim, o acúmulo de forragem foi estimado pelo método agrônômico da diferença (DAVIES et al.,1993) conforme a equação: $AF = MF_f - MF_i$, sendo: AF = acúmulo de forragem; MF_f = massa de forragem, sob a gaiola, no último dia de exclusão (21º dia); MF_i = massa de forragem média da unidade experimental por ocasião da colocação das gaiolas (1º dia). Para os ciclos subseqüentes os cálculos foram análogos.

2.2.4 Intercepção luminosa do dossel e ângulo foliar

As avaliações da intercepção de luz (IL) pelo dossel e ângulo foliar foram feitas de 21 em 21 dias (nas mesmas datas de rotação das gaiolas), utilizando um aparelho analisador de dossel modelo LAI-2000 (LI-COR, Lincoln, Nebraska, EUA) (Figura 8). Esse aparelho é constituído de uma unidade de controle e de um sensor em formato de barra articulada. Na ponta da barra, existe um conjunto de lentes, tipo ‘olho de peixe’, que projetam a imagem hemisférica de baixo para cima do dossel, por meio de detectores de sílica. A técnica combina medidas

tomadas com o sensor acima do dossel (I_0) com medidas tomadas sob o dossel, próximas ao nível do solo (I). Foram tomadas 50 leituras representativas da média do dossel em cada unidade experimental nas ocasiões de amostragem, na proporção de 1 medida acima para 5 medidas abaixo do dossel, realizadas ao amanhecer ou entardecer (sempre com baixa elevação solar ou com dias nublados, para que predominasse radiação difusa), seguindo as recomendações de uso do aparelho (WELLES; NORMAN, 1991).



Figura 8 - Aparelho LAI-2000 utilizado para medição da IL e ângulo foliar

2.2.5 Análise e processamento dos dados

Os dados foram analisados usando-se a metodologia de modelos mistos por meio do procedimento MIXED do software estatístico SAS (LITTEL et al., 2006). As médias foram estimadas pelo método dos mínimos quadrados utilizando o comando LSMEANS e comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Altura de dossel e época foram consideradas efeitos fixos. Os modelos de regressão foram obtidos pelo procedimento REG do SAS, sendo testado efeito de época de amostragem como co-variável utilizando o procedimento GLM de modo a testar diferenças entre intercepto e inclinação dos modelos entre cada uma das quatro épocas (KAPS; LAMBERSON, 2004).

2.3 Resultados

2.3.1 Massa de forragem e composição morfológica

As alturas de dossel atingiram os valores pretendidos em março de 2008, sendo mantidos até maio de 2009, com média de 15,6, 31,3 e 46,0 cm.

O total de forragem produzida do início ao final do período experimental não variou com a altura do dossel ($P=0,6737$) (Tabela 3).

Tabela 3 - Acúmulo de matéria seca de dosséis de capim Xaraés sob três intensidades de pastejo sob lotação contínua

Intensidade	Acúmulo total
	kg MS ha ⁻¹
15 cm	15900 a
30 cm	16940 a
45 cm	15670 a
EPM ¹	± 1040

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P<0,05$).

± Erro-padrão da média.

A taxa de acúmulo de forragem não variou com as alturas de dossel ($P=0,5532$), mas houve efeito de época ($P<0,0001$) e da interação altura de dossel x época ($P=0,0458$). A taxa de acúmulo de forragem não variou entre o final de primavera e final do verão nas alturas de 30 e 45 cm, apresentando queda no início de outono. Os pastos mantidos a 15 cm apresentaram maior taxa no início e final do verão com queda no início do outono. No final da primavera esses pastos apresentaram taxa intermediária, não se diferenciando de nenhuma das épocas (Tabela 4).

Tabela 4 - Taxas de acúmulo de forragem de dosséis de capim Xaraés sob três intensidades de pastejo sob lotação contínua

Estação	Altura (cm)			Média
	15	30	45	
	----- kg MS ha ⁻¹ dia ⁻¹ -----			
Final de primavera	100 ± 12 Aab	118 ± 12 Aa	101 ± 12 Aa	106 ± 7
Início do verão	123 ± 10 Aa	117 ± 10 Aa	115 ± 10 Aa	118 ± 6
Final do verão	103 ± 12 Aa	122 ± 12 Aa	116 ± 12 Aa	114 ± 7
Início do outono	52 ± 4 Ab	46 ± 4 Ab	40 ± 4 Ab	46 ± 2
Média	95 ± 5	101 ± 5	93 ± 5	

Letras maiúsculas comparam alturas e minúsculas comparam épocas pelo teste de Tukey-Kramer (P<0,05).
± Erro-padrão da média.

A massa de forragem foi afetada pela altura (P<0,0001), época (P<0,0001) e pela interação altura x época (P<0,0001). Os menores valores de massa de forragem ocorreram no final da primavera independentemente da altura de dossel. Nos pastos mantidos a 15 cm houve aumento da massa no início do verão e queda no início do outono. Nos pastos mantidos a 30 cm houve aumento no decorrer dos ciclos até atingir um máximo no final do verão, apresentando diminuição no início do outono. Por outro lado, nos pastos mantidos a 45 cm houve aumento da massa de forragem no início do verão mantendo-se constante até o início do outono. A massa de forragem aumentou à medida que a altura do dossel aumentou, apresentando valores distintos em cada altura de dossel estudada (Tabela 5).

Tabela 5 - Massa de forragem nos pastos de capim Xaraés sob três intensidades de pastejo e lotação contínua

Estação	Altura (cm)			Média
	15	30	45	
	----- kg MS ha ⁻¹ -----			
Final de primavera	2092 ± 34 Cc	4688 ± 34 Bc	7148 ± 41 Ab	4643 ± 21
Início do verão	2944 ± 21 Ca	5806 ± 21 Bb	8771 ± 25 Aa	5840 ± 13
Final do verão	2848 ± 16 Cab	6001 ± 18 Ba	8649 ± 16 Aa	5833 ± 10
Início do outono	2692 ± 41 Cb	5732 ± 41 Bb	8716 ± 49 Aa	5713 ± 25
Média	2644 ± 13	5557 ± 13	8321 ± 16	

Letras maiúsculas comparam alturas e minúsculas comparam épocas pelo teste de Tukey-Kramer (P<0,05).
± Erro-padrão da média.

A porcentagem de folhas na massa de forragem foi influenciada pela altura de dossel (P=0,0040) e época do ano (P=0,0144), não havendo sofrido efeito da interação entre altura de dossel e época do ano (P=0,4060). A porcentagem de folhas foi maior nos pastos mantidos a 15 cm em relação àquelas dos pastos mantidos a 45 cm. Os pastos mantidos a 30 cm apresentaram valor intermediário, não se diferenciando dos mantidos a 15 e 45 cm. Os maiores valores de porcentagem de folhas foram observados no final da primavera, com redução no início do verão, sendo que ambos não se diferiram dos encontrados no final do verão e início do outono (Tabela 6).

Tabela 6 - Porcentagem de folha na massa de forragem de dosséis de capim Xaraés em três intensidades de pastejo sob lotação contínua

Estação	Altura (cm)			Média
	15	30	45	
	----- % -----			
Final de primavera	54 ± 3	42 ± 3	29 ± 3	41 ± 2 a
Início do verão	42 ± 4	31 ± 4	26 ± 4	33 ± 2 b
Final do verão	42 ± 2	35 ± 2	29 ± 2	35 ± 1 ab
Início do outono	39 ± 4	34 ± 4	29 ± 4	34 ± 2 ab
Média	44 ± 2 A	35 ± 2 AB	28 ± 2 B	

Letras maiúsculas comparam alturas e minúsculas comparam épocas pelo teste de Tukey-Kramer ($P < 0,05$).
 ± Erro-padrão da média.

A porcentagem de colmos na massa de forragem foi modificada pela altura do dossel ($P < 0,0001$), época do ano ($P = 0,0008$) e pela interação entre altura de dossel e época do ano ($P = 0,0022$). A porcentagem de colmo não variou com as épocas do ano quando mantidos a 15 e 30 cm. Já para os pastos mantidos a 45 cm o menor valor de porcentagem de colmo foi observado no final da primavera, sendo que entre as demais épocas não houve diferença. No final da primavera as porcentagens de colmo não diferiram entre as alturas de dossel, mas nas demais épocas menores porcentagens de colmos foram observadas nos pastos mantidos a 15 cm, com exceção do início do verão, onde os pastos mantidos a 30 cm não se diferiram dos mantidos a 15 e a 45 cm. Os pastos mantidos a 30 cm apresentaram porcentagens de colmos semelhantes àquelas dos pastos de 45 cm em todas as épocas (Tabela 7).

Tabela 7 - Porcentagem de colmo na massa de forragem em dosséis de capim Xaraés em três intensidades de pastejo sob lotação contínua

Estação	Altura (cm)			Média
	15	30	45	
	----- % -----			
Final de primavera	19 ± 1 Aa	23 ± 1 Aa	25 ± 1 Ab	22 ± 1
Início do verão	19 ± 1 Ba	25 ± 1 ABa	32 ± 1 Aa	25 ± 1
Final do verão	17 ± 1 Ba	29 ± 1 Aa	35 ± 1 Aa	27 ± 1
Início do outono	17 ± 1 Ba	26 ± 1 Aa	32 ± 1 Aa	25 ± 1
Média	18 ± 1	26 ± 1	31 ± 1	

Letras maiúsculas comparam alturas e minúsculas comparam épocas pelo teste de Tukey-Kramer ($P < 0,05$).
 ± Erro-padrão da média.

A porcentagem de material morto na massa de forragem não foi afetada pela altura de dossel ($P=0,0615$), somente pela época ($P=0,0005$) e pela interação altura de dossel e época do ano ($P < 0,0001$). Nos pastos mantidos a 15 cm registrou-se menor participação de material morto no final da primavera, aumentando no início do verão e mantendo-se estável até o início do outono. A porcentagem de material morto não sofreu efeito de época em dosséis mantidos a 30 e 45 cm. Somente no final da primavera os dosséis de 15 cm apresentaram menores porcentagens de material morto na massa de forragem em relação aos mantidos a 45 cm, ambos não se diferenciando dos mantidos a 30 cm. Nas demais épocas não houve efeito da altura do dossel sobre a porcentagem de material morto na forragem (Tabela 8).

Tabela 8 - Porcentagem de material morto na massa de forragem de dosséis de capim Xaraés em três intensidades de pastejo sob lotação contínua

Estação	Altura (cm)			Média
	15	30	45	
	----- % -----			
Final de primavera	23 ± 3 Bb	33 ± 3 ABa	46 ± 3 Aa	34 ± 1
Início do verão	36 ± 3 Aa	43 ± 3 Aa	42 ± 3 Aa	40 ± 1
Final do verão	39 ± 3 Aa	36 ± 3 Aa	36 ± 3 Aa	37 ± 1
Início do outono	37 ± 3 Aa	40 ± 3 Aa	38 ± 3 Aa	38 ± 1
Média	34 ± 2	38 ± 2	40 ± 2	

Letras maiúsculas comparam alturas e minúsculas comparam épocas pelo teste de Tukey-Kramer (P<0,05).
± Erro-padrão da média.

O IAF sofreu efeito somente de altura de dossel (P<0,0001) e de época (P=0,0010), mas não da interação altura e época (P=0,1033). Os menores valores de IAF ocorreram no final da primavera e final de verão. No início do verão houve maior valor de IAF. O IAF aumentou à medida que a altura do dossel aumentou, apresentando valores diferentes entre as alturas (Tabela 9).

Tabela 9 - Índice de área foliar de dosséis de capim Xaraés sob três intensidades de pastejo e lotação contínua

Estação	Altura (cm)			Média
	15	30	45	
Final de primavera	1,5 ± 0,2	2,3 ± 0,2	2,8 ± 0,2	2,2 ± 0,1 b
Início do verão	1,7 ± 0,3	2,5 ± 0,3	3,3 ± 0,3	2,5 ± 0,1 ab
Final do verão	1,3 ± 0,2	2,4 ± 0,2	3,5 ± 0,2	2,4 ± 0,1 b
Início do outono	1,8 ± 0,1	2,6 ± 0,1	3,9 ± 0,1	2,8 ± 0,1 a
Média	1,6 ± 0,2 C	2,5 ± 0,2 B	3,4 ± 0,2 A	

Letras maiúsculas comparam alturas e minúsculas comparam épocas pelo teste de Tukey-Kramer (P<0,05).
± Erro-padrão da média.

2.3.2 Interceptação luminosa e ângulo foliar

A IL foi afetada pela altura de dossel ($P < 0,0001$), época ($P = 0,0016$) e pela interação entre altura e época ($P = 0,0017$). A intensidade de 15 cm resultou em IL mais baixa em todas as épocas. A IL sob a intensidade de 30 cm não diferiu daquela sob a intensidade de 45 cm, independente da época do ano.

Tabela 10 - Interceptação luminosa (IL) por dosséis de capim Xaraés sob três intensidades de pastejo e lotação contínua

Estação	Altura (cm)			Média
	15	30	45	
	----- % -----			
Final de primavera	97 ± 0 Ba	99 ± 0 Aa	99 ± 0 Aa	98 ± 0
Início do verão	96 ± 0 Bb	98 ± 0 Aa	99 ± 0 Aa	98 ± 0
Final do verão	96 ± 0 Bab	99 ± 0 Aa	99 ± 0 Aa	98 ± 0
Início do outono	96 ± 0 Bb	99 ± 0 Aa	99 ± 0 Aa	98 ± 0
Média	96 ± 0	99 ± 0	99 ± 0	

Letras maiúsculas comparam alturas e minúsculas comparam épocas pelo teste de Tukey-Kramer ($P < 0,05$).
± Erro-padrão da média.

O ângulo foliar foi modificado somente pela época do ano ($P < 0,0001$), não sofrendo efeito de altura de dossel ($P = 0,4830$) e da interação entre altura de dossel e época do ano ($P = 0,7297$). Os menores ângulos foliares foram medidos no final da primavera, aumentando a partir daí até o início do outono (Tabela 11).

Tabela 11 - Ângulos foliares de dosséis de capim Xaraés em três intensidades de pastejo sob lotação contínua

Estação	Altura (cm)			Média
	15	30	45	
	----- graus em relação à horizontal -----			
Final de primavera	31 ± 1	30 ± 1	30 ± 1	30 ± 1 c
Início do verão	41 ± 1	40 ± 1	41 ± 1	41 ± 1 b
Final do verão	42 ± 1	42 ± 1	43 ± 1	42 ± 1 a
Início do outono	43 ± 1	42 ± 1	43 ± 1	42 ± 1 a
Média	39 ± 0	39 ± 0	39 ± 0	

Letras maiúsculas comparam alturas e minúsculas comparam épocas pelo teste de Tukey-Kramer ($P < 0,05$).
 ± Erro-padrão da média.

2.4 Discussão

O capim Xaraés apresentou grande flexibilidade de manejo, com taxa de acúmulo de forragem semelhante quando mantido a 15, 30 e 45 cm, variando, em média, de 93 a 101 kg MS $\text{ha}^{-1}\text{dia}^{-1}$ de dezembro a maio de 2008/2009 (Tabela 4). Esse padrão de resposta foi explicado por Bircham e Hodgson, (1983) em pastagens de clima temperado sob lotação contínua onde pastos mantidos mais altos apresentaram maiores taxas de crescimento compensadas por taxas de senescência também mais altas em relação aos mantidos baixo, fazendo com que a taxa de acúmulo seja constante dentro dessa amplitude. Em pastos de capim Marandu, Sbrissia (2004) registrou acúmulo de forragem semelhante em alturas de dossel variando de 20 a 40 cm mantidos sob lotação contínua, resultado também da compensação entre crescimento e senescência dentro dessa faixa de condições. Parsons et al. (1983a) compararam uma condição de pastejo leniente com uma de pastejo intenso mantendo o IAF constante em valores de 3 ou 1, respectivamente, sob lotação contínua e taxa de lotação variável. Os autores observaram que pastos mantidos com IAF mais alto apresentaram fotossíntese bruta mais alta compensada por uma taxa de respiração também mais elevada, o que resultou em uma proporção da quantidade de fotoassimilados perdidos por respiração semelhante nas duas condições de pastejo (35 e 39%). As alturas utilizadas no presente experimento podem estar dentro dessa amplitude, resultando em acúmulos

de forragem semelhantes. Os menores valores de acúmulo de forragem foram observados no início do outono, provavelmente como consequência dos baixos índices de radiação, umidade e queda na temperatura (Tabela 2; Figura 2). Essa época foi também marcada com o início do florescimento.

Avaliações de acúmulo de forragem em pastos sob lotação contínua utilizando gaiolas de exclusão podem ter resultado em importantes modificações na estrutura do dossel, na distribuição de luz entre perfilhos e na assimilação de carbono, similar ao que acontece em pastos em rebrotação, uma vez que a área do pasto avaliada é excluída do pastejo, acumulando massa do início ao final do período de exclusão. Molan (2004) utilizando gaiolas de exclusão na determinação do acúmulo de forragem em pastos de capim Marandu mantidos a 10, 20, 30 e 40 cm de altura de dossel apontou como provável causa da não detecção de diferença entre 10 e 30 cm o aumento em IAF atingindo rapidamente valores “ótimos” de taxa de crescimento nos dosséis mantidos baixos e diminuição nas taxas de crescimento daqueles mantidos altos, devido ao sombreamento causado dentro do dossel nas gaiolas de exclusão.

Galbeiro (2009) reportaram maiores taxas de acúmulo de forragem em pastos de capim Xaraés mantidos sob lotação contínua a 45 cm em relação aqueles mantidos a 15 cm, enquanto que pastos matidos a 30 cm apresentaram taxas intermediárias. Flores et al., (2008) também observaram na mesma área experimental, em anos anteriores, diminuição nas taxas de acúmulo de forragem com o aumento da intensidade de pastejo, decrescendo de 40 para 25 e 15 cm. Ambos os autores atribuem essas diferenças a maior remoção de folhas aliada a maior dependência de nitrogênio nos pastos mantidos a 15 cm. Provavelmente a alta fertilidade do solo da área experimental do presente estudo (Tabela 1) e a adubação nitrogenada utilizada (200 kg de N ha⁻¹) tenham contribuído para que os pastos mantidos a 15 cm não apresentassem queda nas taxas de acúmulo de forragem.

Embora o contraste entre alturas de dossel tenha proporcionado produção e taxas de acúmulo semelhantes, a massa de forragem ofertada e sua composição morfológica variaram entre os tratamentos. Em termos quantitativos, a massa de forragem total mantida nos pastos esteve diretamente relacionada com a altura de dossel, variando de 2644 a 8321 kg MS ha⁻¹ nas alturas de 15 e 45 cm, respectivamente. Esse padrão de resposta é amplamente reportado na literatura, apresentando boa associação até mesmo na predição da massa de forragem pela altura de dossel (DA SILVA; CUNHA, 2003; BRAGA et al., 2009). Apesar das diferenças

significativas observadas na massa de forragem entre as épocas, esta se manteve relativamente constante durante o período estudado (variações menores que $1700 \text{ kg MS ha}^{-1}$). Estabilidade nos valores de massa de forragem do presente estudo já era esperada, uma vez que o período de avaliação englobou somente épocas pouco distintas. Molan (2004) encontrou menores valores de massa de forragem dos pastos no final da primavera e no verão, os quais aumentaram progressivamente durante o outono e o inverno, atingindo maiores valores no início da primavera. Todavia, Da Silva e Cunha, (2003); Braga et al., (2009) apontam que mudanças estacionais sobre a proporção de folhas mortas e colmos na porção inferior do dossel podem influenciar os valores de massa de forragem. Esses autores alertaram ainda que é difícil distinguir o efeito de cada componente morfológico da planta sobre os valores de massa de forragem.

A maior proporção de folhas nos dosséis mantidos a 15 cm foi acompanhada de menor proporção de colmos, com exceção do final da primavera, em relação àqueles mantidos a 45 cm. Provavelmente a diminuição da disponibilidade de luz dentro do dossel (valores de interceptação de luz próximos de 100%) tenha estabelecido situação de competição por luz entre os perfilhos, fazendo com que houvesse modificação na partição de nutrientes, resultando em aumento na participação de colmos e diminuição na de folhas nos dosséis mantidos mais altos. Todavia, esse aumento foi apenas de 18 para 31% em média na proporção de colmos quando os dosséis eram mantidos a 45 cm em relação àqueles mantidos a 15 cm. Flores et al. (2008) também observaram menor proporção de colmos acompanhada de maior proporção de material morto em dosséis de capim Xaraés mantidos a 15 cm sob lotação contínua em relação aqueles mantidos a 40 cm durante o verão. Os autores apontaram como causas deste padrão de resposta o alongamento de colmo nos dosséis mantidos a 40 cm e a alta remoção de tecidos vegetais nos pastos mantidos a 15 cm, contribuindo para os aumentos na proporção de material morto. Molan (2004) alertou que fatores climáticos, fenológicos e botânicos podem influenciar a composição morfológica do dossel. A proporção de material morto é marcadamente influenciada por fatores climáticos, podendo aumentar sua participação em situações de estresse da planta. No presente estudo não foi observado esse padrão de resposta sobre a proporção de material morto nos dosséis de capim Xaraés mantidos a 15 cm no verão e início do outono, provavelmente por não apresentar condições de estresse para a planta. Molan (2004) também não encontrou diferenças na porcentagem de material morto de dosséis de capim Marandu sob lotação contínua mantidos a 10, 20, 30 e 40 cm durante o verão. Já no final da primavera as maiores proporções de material morto

encontrada nos dosséis mantidos a 45 cm provavelmente se deva a senescência de tecidos foliares advindos de estações anteriores, as quais não fizeram parte do período de avaliação e foram mais acentuadas nos pastos que apresentavam maior quantidade de massa de forragem. Molan (2004) também mediu maiores proporções de material morto nos pastos de capim Marandu mantidos mais altos no início das estações de crescimento (início e final da primavera).

O IAF esteve diretamente relacionado com a altura de dossel apresentando valores médios entre 1,6 a 3,4 para os dosséis mantidos a 15 e 45 cm, respectivamente. Apesar das diferenças significativas encontradas nos valores de IAF entre as épocas estudadas, sua variação foi bastante pequena (2,2 a 2,8). Resultados semelhantes foram reportados por Galbeiro (2009) onde o IAF de pastos de capim Xaraés esteve diretamente relacionado com a altura de dossel, apresentando valores entre 1,0 e 2,5 para pastos sob lotação contínua no verão mantidos a 15 e 45 cm, respectivamente. Brougham (1956) mostrou que a taxa de crescimento do dossel em rebrotação está relacionada com o IAF e com a IL, de forma que, com aumentos no IAF a taxa de crescimento da cultura aumenta até um valor máximo, condição em que, cerca de 95% da luz incidente é interceptada (KORTE; HARRIS, 1987). Isso ocorre pelo fato das folhas menos iluminadas estarem no ponto de compensação luminosa (intensidade de luz na qual a taxa de fotossíntese e a taxa de respiração são iguais) (TAIZ; ZEIGER 2004). Após a máxima taxa de crescimento ser atingida, com aumentos subseqüentes em IAF a assimilação de carbono pelo dossel fica limitada pelo sombreamento que as folhas superiores exercem sobre as inferiores (BERNARDES, 1987). O IAF dos dosséis de capim Xaraés do presente estudo com valores de 2,5 já apresentavam máximos valores de IL (99%), condição encontrada nos pastos mantidos a 30 cm. Pedreira, Pedreira e Da Silva (2007; 2009) em pastos de capim Xaraés sob lotação intermitente registraram IL de 95% com IAF médio de 3,8 e altura de dossel média de 30 cm. Os valores mais baixos de IAF apresentados sob lotação contínua são explicados pela remoção contínua de folhas, as quais os animais selecionam mais, diminuindo assim a participação desse componente na massa de forragem. Sob lotação intermitente, devido à ausência de animais em pastejo durante a rebrotação, há predomínio de folhas até que seja atingido 95% de IL, uma vez que há um diferencial de tempo entre o crescimento e a senescência e ainda não se estabeleceu alongamento de colmo como resultado de competição por luz entre os perfilhos dentro do dossel. Já os maiores valores de IL sob lotação contínua combinados com menores valores de IAF sugerem que outros componentes morfológicos, a densidade populacional de perfilhos, o ângulo

de inserção ou propriedades ópticas das folhas possam estar interferindo nesta variável, como também descreveu Molan (2004). Este autor também observou valores de IL constantemente altos, superior a 98%, em pastos de capim Marandu mantidos sob lotação contínua a 20, 30 e 40 cm durante todo o ano. Notou também que essa constância dos valores de IL não era acompanhada de constância nos valores de IAF, indicando também que a IL não estava associada somente com variações no IAF. Essa informação é importante pelo fato das folhas em crescimento e as mais jovens completamente expandidas serem, dentre os componentes morfológicos, os mais ativos fotossinteticamente, respondendo por quase 77% da fotossíntese do dossel, enquanto que bainhas contribuem com somente cerca de 5% (PARSONS et al., 1983b).

O ângulo foliar não sofreu efeito da altura de dossel, apresentando média de 39°. Resultado semelhante foi obtido por Pedreira, Pedreira e Da Silva (2007) que não observaram efeito de frequência de pastejo e por Sousa (2009) que não reportaram efeito de intensidade de desfolhação em condição de pré-pastejo com pastos de capim Xaraés, obtendo ângulo médio de 41,6 e 47°, respectivamente. Todavia, o ângulo foliar apresentou efeito de época, aumentando do final da primavera até máximos valores no início do outono, o que pode estar associado a mudanças na estrutura do dossel, como reportado por Lara (2007) que atribuiu possíveis variações entre épocas a efeito da massa de resíduo, se tornando mais denso e aumentando os valores de ângulo foliar. O autor reporta ainda que essas modificações no ângulo foliar podem não ser acompanhadas de mudanças na IL, como observado no presente estudo.

2.5 Conclusões

A altura mantém características estruturais do dossel (e.g. massa de forragem, IAF e IL) relativamente constantes de dezembro a maio, o que qualifica essa característica como efetiva no manejo do capim Xaraés submetido à lotação contínua.

O uso da altura de dossel mantida constante entre 15 e 45 cm em pastos de capim Xaraés resulta em produção e acúmulo de forragem semelhantes, porém, pastos mantidos baixos apresentam em geral maior proporção de folhas e menor proporção de colmos na massa de forragem. Com aumentos em altura de dossel, o IAF e a IL aumentam, todavia, outros componentes morfológicos como colmos e material morto podem apresentar participação considerável na IL.

Assim, o manejo de pastos mantidos sob lotação contínua e taxa de lotação variável deve ser feito priorizando valores de IAF altos o suficiente para interceptar quase a totalidade da luz incidente com um mínimo de auto-sombreamento, minimizando a participação percentual de colmos e material morto na massa de forragem. No presente estudo, para pastos de capim Xaraés, essas condições estiveram consistentemente associadas com alturas de dossel variando entre 15 e 45 cm sob lotação contínua.

Referências

- BERNARDES, M.S. Fotossíntese no dossel de plantas cultivadas. In: CASTRO, P.R.C.; FERREIRA, S.O.; YAMADA, T. (Ed.). **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: Associação Brasileira de Potassa e do Fosfato, 1987. p.13-48.
- BIRCHAM, J.S., HODGSON, J. The influence of sward condition on rates of herbage growth and senescence in mixed swards under continuous stocking management. **Grass and Forage Science**, Oxford, v.38, p.323-331, 1983.
- BRAGA, G.J.; PEDREIRA, C.G.S.; HERLING, V.R.; LUZ, P.H.C.; MARCHESIN, W.A.; MACEDO, F.B. Quantifying herbage mass on rotationally stocked palisadegrass pastures using indirect methods. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.66, n.1, p.127-131, 2009.
- BROUGHAM, R.W. Effects of intensity of defoliation on regrowth of pasture. **Australian Journal Agricultural Research**, Melbourne, n.7, p.377-387, 1956.
- BUENO, M.E.G. **Potencial produtivo e qualitativo de gramíneas tropicais sob diferentes níveis de adubação nitrogenada, irrigação e época do ano**. 2006. 81p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.
- CERRI, C.C.; MAIA, S.M.F.; GALDOS, M.V.; CERRI, C.E.P.; FEIGL, B.J.; BERNOUX, M. Brazilian greenhouse gas emissions: the importance of agriculture and livestock. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.66, n.6, p.831-843, 2009.
- DA SILVA, S.C.; PEDREIRA, C.G.S. Princípios de ecologia aplicados ao manejo da pastagem. In: SIMPOSIO SOBRE ECOSSISTEMA DE PASTAGENS, 3., 1997. Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal : FCAVJ/UNESP, 1997. p.1-62.
- DA SILVA, S.C.; CUNHA, W.F. Métodos indiretos para estimar a massa de forragem em pastos de *Cynodon* spp. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 8, p. 981-989, 2003.

DAVIES, D.A.; FUTHERGILL, M.; MORGAM, C.T. Assessment of contrasting perennial ryegrasses with and white clover, under continuous stocking in the uplands. 5 - Herbage production, quality and intake in years 4-6. **Grass and forage Science**, Oxford, v.48, n.3, p.213-222, Sept.1993.

DIAS FILHO, M. B. **Opções forrageiras para áreas sujeitas ao encharcamento ou alagamento temporário**. Belém: EMBRAPA Amazônia Oriental, 2006., 34p.. (EMBRAPA Amazônia Oriental. Documentos, 239)

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 1999. 412p.

EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M.; VALLE, C.B.; BARBOSA, R.A.; GONÇALVES, W.V. 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, 2008.

FLORES, R.S.; EUCLIDES, V.P.B.; ABRÃO, M.P.C.; GALBEIRO, S.; DIFANTE, G.S.; BARBOSA, R.A. Desempenho animal, produção de forragem e características estruturais dos capins marandu e xaraés submetidos a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 8, 2008.

GALBEIRO, S. **Características morfogênicas, acúmulo e qualidade da forragem do capim-xaraés submetido a intensidades de pastejo sob lotação contínua**. 2009. 67p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2009.

HODGSON, J. **Grazing management** – science into practice. New York: John Wiley ;, Longman Scientific & Technical, 1990. 203p.

KAPS, M.; LAMBERSON, W.R. **Biostatistics for animal science**. Cambridge, MA: CABI Publishing, 2004. 445p.

KORTE, C.J.; HARRIS, W. Effects of grazing and cutting In: SNAYDON, R.W. **Ecosystems of the world: managed grassland analytical studies**. Amsterdam: Elsevier Science Publisher, 1987. p. 71-79.

LARA, M.A.S. **Respostas morfofisiológicas de cinco cultivares de *Brachiaria* spp. às variações estacionais da temperatura do ar e do fotoperíodo**. 2007. 91p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

LITTELL, R.C.; MILLIKEN, G.A.; STROUP, W.W.; WOLFINGER, R.D.; SCHABENBERGER, O. **Sas for Mixed Models**. 2nd.ed. Cary: SAS Institute, 2006. 1 CD-ROM.

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

MOLAN, L.K. **Estrutura do dossel, interceptação luminosa e acúmulo de forragem em pastos de capim-Marandu submetidos a alturas de pastejo por meio de lotação contínua**. 2004. 159p. Dissertação (Mestrado em Agronomia Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

PARSONS, A.J.; LEAFE, E.L.; COLLETT, B.; PENNING, P.D.; LEWIS, J. The physiology of grass production under grazing. II. Photosynthesis, crop growth and animal intake of continuously-grazed swards. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v.20, p.127-139, 1983a.

PARSONS, A.J.; LEAFE, E.L.; COLLETT, B.; STILES, W. The physiology of grass production under grazing. I. Characteristics of leaf and canopy photosynthesis of continuously-grazed swards. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v.20, p.117-126, 1983b.

PEDREIRA, B.C.; PEDREIRA, C.G.S.; DA SILVA, S.C. Acúmulo de forragem durante a rebrotação de capim-xaraés submetido a três estratégias de desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v. 38, n. 4, p. 618-625, 2009.

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.

SBRISSIA, A.F. **Morfogênese, dinâmica do perfilhamento e do acúmulo de forragem em pastos de capim-Marandu sob lotação contínua**. 2004. 171p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo: Piracicaba, SP, 2004.

SOUSA, B.M.L. **Morfogênese e características estruturais dos capins Andropogon e Xaraés submetidos a três alturas de corte**. 2009. 108p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Tradução Eliane Romanato Santarém et al. 3rd ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

VALLE, C.B.; EUCLIDES, V.P.B.; PEREIRA, J.M.; VALÉRIO, J.R.; PAGLIARINI, M.S.; MACEDO, M.C.M.; LEITE, G.G.; LOURENÇO, A.J.; FERNANDES, C.D.; DIAS FILHO, M.B.; LEMPP, B.; POTT, A. **O Capim-Xaraés (*Brachiaria brizantha* cv. Xaraés) na diversificação das pastagens de braquiária**. Campo Grande: EMBRAPA Gado de Corte 2004. , 36p. (Documentos EMBRAPA Gado de Corte, 149)

VERZIGNASSI, J.B.; FERNANDES, C.D. **Doenças em forrageiras**. Campo Grande: EMBRAPA Gado de Corte, 2001. 50 p. (Documento, 50).

WELLES, J. M.; NORMAN, J. M. Instrument for indirect measurement of canopy architecture. *Agronomy Journal*, Madson, v. 83, n.5, p.818-825, 1991.

3 INTESIDADE DE PASTEJO COMO CONDICIONANTE DA FOTOSÍNTESE FOLIAR E DE DOSEL EM PASTOS DE CAPIM XARAÉS SOB LOTAÇÃO CONTÍNUA

Resumo

O arranjo e a distribuição das partes da planta modificadas pelo manejo do pastejo interferem na interceptação e distribuição da luz dentro do dossel forrageiro, afetando a assimilação de carbono e acúmulo de matéria seca. A utilização de modelos matemáticos na estimativa da fotossíntese de dossel permite estimar a assimilação de carbono em função da arquitetura do dossel e do ambiente luminoso impostos por meio da intensidade de pastejo. O objetivo deste estudo foi quantificar o efeito da altura de dossel sobre a assimilação de carbono em pastos de capim Xaraés sob lotação contínua e taxa de lotação variável. O estudo foi realizado na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, campus da USP, localizado em Piracicaba – SP, numa pastagem de capim Xaraés [*Brachiaria brizantha* (A. Rich) Stapf. cv. Xaraés]. Foram avaliadas a taxa de assimilação de carbono foliar e características estruturais como: índice de área foliar (IAF) e interceptação luminosa (IL). O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com três tratamentos (altura de dossel mantida a 15, 30 e 45 cm) e três repetições. As unidades experimentais (piquetes) tiveram 120 m² cada e as alturas de dossel pretendidas foram mantidas constante por pastejos rápidos e freqüentes, utilizando a técnica de “mob grazing”. A altura de dossel foi efetiva em causar modificações no padrão de assimilação de carbono pela folha mais jovem completamente expandida e pelo dossel forrageiro. A taxa fotossintética média da folha mais jovem completamente expandida foi diminuída 17% quando a altura média de dossel foi aumentada de 15 para 45 cm. A fotossíntese foliar e de dossel apresentaram-se relativamente estáveis do final da primavera até o verão, caindo drasticamente no início do outono. A taxa estimada de fotossíntese de dossel aumentou com o aumento na altura de dossel, atingindo valor máximo em dosséis mantidos a 30 cm de altura (aumento de 20% na assimilação líquida), em relação àqueles mantidos a 15 cm. Com aumentos subsequentes na altura de dossel, não houve mudança na taxa de fotossíntese de dossel (até 45 cm). O aumento nas taxas fotossintéticas de dossel seguiu o mesmo padrão de resposta do IAF e da IL, os quais atingiram valores máximos em dosséis mantidos a 45 e a 30 cm, respectivamente.

Palavras-chave: Altura de dossel; Assimilação de carbono; Índice de área foliar; Interceptação luminosa; Pastejo

Abstract

The arrangement and distribution of plant parts and their changes due to grazing management affect light interception and distribution within the sward, affecting carbon assimilation and dry matter accumulation. The use of models to simulate canopy photosynthesis

allows for the estimation of carbon assimilation in response to canopy architecture and light environment imposed by grazing intensity. The objective of this study was to quantify the effect of canopy height on carbon assimilation by swards of Xaraés palisadegrass [*Brachiaria brizantha* (A. Rich) Stapf. cv. Xaraes] under continuous stocking and variable stocking rate. The study was carried out at Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP, in Piracicaba – SP. Responses measured included the rate of leaf carbon assimilation as well as sward structural characteristics such as leaf area index (LAI) and light interception (LI). The experimental design was completely randomized with three treatments (canopy height maintained at 15, 30 and 45 cm) and three replications. Experimental units (paddocks) were 120 m² each, and canopy heights were kept constant, using the “mob grazing” technique. Canopy height affected the pattern of carbon assimilation by the youngest fully expanded leaf and by the sward. The average leaf photosynthetic rate decreased by 17% when the average canopy height was increased from 15 to 45 cm. Leaf and canopy photosynthesis were both relatively stable from late spring to summer, falling sharply in early autumn. Estimated canopy photosynthesis increased with increasing canopy height, reaching a peak at 30 cm high (20% increase in net assimilation), compared to those kept at 15 cm. With subsequent increases in canopy height, there was no change in the rate of canopy photosynthesis (up to 45 cm). The increase in canopy photosynthetic rates followed the same pattern of LAI and IL, which reached a peak in canopies maintained at 45 and 30 cm respectively.

Keywords: Canopy height; Carbon assimilation; Grazing; Leaf area index; Light interception

3.1 Introdução

A quantidade de carbono fixado pelo dossel forrageiro depende diretamente da quantidade de radiação fotossinteticamente ativa que é absorvida pelas folhas que o compõem, sendo essa quantidade determinada pela radiação incidente e pela eficiência de absorção do dossel. Essa eficiência de absorção é condicionada por características como o índice de área foliar (IAF), ângulo foliar, propriedades de transmissão de luz das lâminas foliares, características da radiação solar como a razão de luz difusa/direta e o ângulo da radiação incidente (LEMAIRE; CHAPMAN, 1996). Cooper e Wilson (1970) postularam que a eficiência do dossel na conversão da energia luminosa em matéria seca é dependente das taxas de fotossíntese de folhas individuais, dos padrões de interceptação luminosa do dossel e da distribuição da matéria seca na planta ao longo do perfil do dossel. Morgan e Brown (1983) descreveram relação linear entre a taxa de fotossíntese de dossel e a interceptação de radiação fotossinteticamente ativa e quadrática com o IAF de *Cynodon dactylon* (L.) Pers. atingindo um ponto máximo correspondente à interceptação luminosa próxima de 95%.

Folhas individuais apresentam grande variação em sua capacidade fotossintética, a qual é determinada por vários fatores como quantidade de radiação solar incidente, temperatura, suprimento de água e, principalmente, o estágio de desenvolvimento da folha (ZELITCH, 1982; BRAGA et al., 2002) o que faz com que a variação de tais fatores dentro do dossel resulte em taxas de fotossíntese foliar que não representam as taxas do dossel. Nelson et al. (1975) não encontraram relação entre taxa de fotossíntese foliar e produção de forragem em *Festuca arundinacea* (Schreb.), uma vez que avaliações de taxas fotossintéticas foliares medidas em curtos períodos de tempo dificilmente explicam as variações em produção, pois não exprimem a total assimilação de CO₂ pela comunidade de plantas seja ao longo de um dia ou de uma estação (ZELITCH, 1982).

Apesar da grande variação na capacidade fotossintética entre as categorias de folhas, existe a possibilidade de elevadas produções na ausência de elevadas taxas de fotossíntese foliar devido ao rápido desenvolvimento da área foliar e/ou reduzidas perdas respiratórias (ZELITCH, 1982). Nelson et al. (1975), no entanto, consideraram a fotossíntese foliar como o fator primário da produtividade das culturas. Reduções nas taxas fotossintéticas devido a sombreamento, senescência ou estresses causados por pragas, doenças e deficiência hídrica ou nutricional diminuem a eficiência de uso da radiação. Isso é relevante quando se leva em conta que com o aumento do IAF ocorre um aumento do auto-sombreamento no dossel, o que causa prejuízos às taxas de fotossíntese foliar. Variações na morfologia das plantas afetam outros fatores ligados à produção, além da distribuição de luz no dossel e da fotossíntese. A circulação de ar afeta os processos de transferência de CO₂ e a evapotranspiração e são fortemente dependentes do microclima do dossel devido à sua arquitetura (LOOMIS; WILLIAMS, 1969).

A intensidade de pastejo, imposta por meio de altura de dossel mantida constante, pode modificar características estruturais como o IAF, interceptação luminosa, ângulo foliar e composição morfológica, condicionando a fixação e a partição de fotoassimilados em pastos sob lotação contínua (MOLAN, 2004). A inter-relação entre ângulos foliares, IAF, interceptação luminosa e taxas de fotossíntese, é, em última análise, o determinante de produção potencial de um estande de plantas (LOOMIS; WILLIAMS, 1969).

Dosséis vegetativos mantidos sob alta intensidade de pastejo, em regime de lotação contínua, podem apresentar altas taxas fotossintéticas de folhas individuais e baixo auto-sombreamento, o que faz com que a principal limitação da assimilação de carbono pelo dossel

seja o baixo IAF mantido, não sendo capaz de interceptar alta proporção da luz incidente (PENG et al., 2007). Por outro lado, com IAF muito elevado, a fixação de carbono por dosséis vegetativos pode ser substancialmente comprometida pelo aumento do sombreamento sofrido pelas folhas (WOLEDGE, 1978). Assim, cada espécie forrageira deve apresentar uma faixa de condição estrutural de dossel a ser mantida para garantir altas taxas de assimilação de carbono pelo dossel.

Modelos matemáticos de estimativa da fotossíntese de dossel são ferramentas amplamente usadas em avaliações de dados experimentais (BRAGA, 2004; MORENO, 2004; PEDREIRA; PEDREIRA, 2007; LARA, 2007), possibilitando integrar essas características estruturais com a assimilação de carbono pela comunidade de plantas. O modelo proposto por Boote e Jones (1987), através da integração de fatores determinantes da assimilação de carbono pelas plantas, tais como IAF, coeficiente de extinção luminosa, densidade de fluxo da radiação e máxima taxa de fotossíntese foliar, é capaz de estimar a fotossíntese do dossel e sua resposta à radiação (JOHNSON et al., 1989).

O objetivo deste estudo foi quantificar o efeito da altura de dossel sobre a assimilação de carbono em pastos de capim Xaraés sob lotação contínua e taxa de lotação variável.

3.2 Material e métodos

As informações referentes à caracterização da área de estudo e aos tratamentos foram descritas no item 2.2.1 deste trabalho.

3.2.1 Taxa de fotossíntese foliar

Taxas de fotossíntese líquida de folhas individuais foram medidas sete vezes (a cada 21 dias a partir do 21º dia) durante o período experimental, usando-se um sistema medidor de fotossíntese portátil modelo LI-6400 (LI-COR, Lincoln Nebraska, EUA). Foram medidas as taxas de seis folhas em cada parcela, seguindo um critério de avaliação visual de modo a selecionar as melhores folhas presentes (a mais jovem completamente expandida, com um mínimo de limbo, verdes e limpas), entre 8 e 11 h da manhã (GRACE et al. 1995). Os perfilhos foram escolhidos em touceiras que apresentavam altura semelhante à média do dossel na unidade experimental. A

intensidade de luz na câmara foliar foi de $2000 \mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2} \text{s}^{-1}$, e a concentra\u00e7\u00e3o de CO_2 foi de $350 \mu\text{mol mol}^{-1}$.

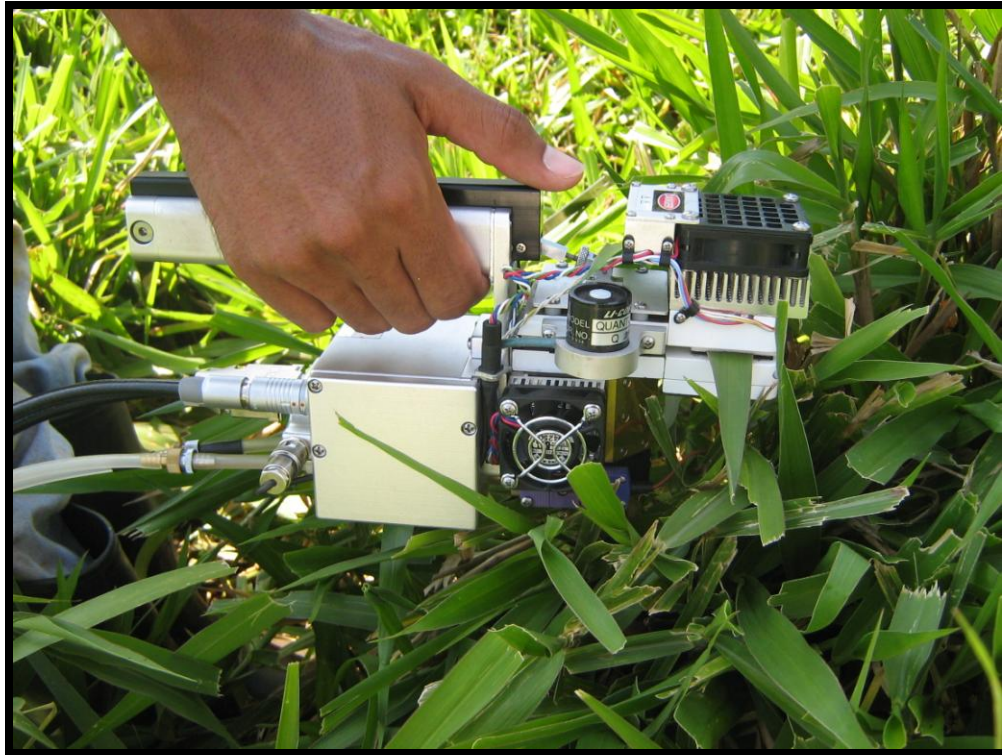


Figura 9 - C\u00e2mara de CO_2 do aparelho LAI-6400 utilizado para medi\u00e7\u00e3o da taxa de assimila\u00e7\u00e3o l\u00edquida de carbono

3.2.2 Modelagem da taxa de fotoss\u00edntese de dossel

Taxas fotossint\u00e9ticas dos doss\u00e9is foram estimadas usando-se o modelo de assimila\u00e7\u00e3o de CO_2 em folhas “de sol” e folhas “de sombra”, desenvolvido por Boote e Jones (1987), que leva em considera\u00e7\u00e3o o coeficiente de extin\u00e7\u00e3o luminosa e tamb\u00e9m a reflex\u00e3o e a transmiss\u00e3o de luz pelo dossel. Assim, um IAF de sol \u00e9 calculado analiticamente usando IAF total e k (equa\u00e7\u00e3o 1) e um IAF de sombra \u00e9 calculado subtraindo-se do IAF total (equa\u00e7\u00e3o 2).

$$\text{IAF}_{\text{sol}} = (1/k)[1 - \exp(-k \cdot \text{IAF}_{\text{total}})] \quad (\text{eq.1})$$

$$\text{IAF}_{\text{somb}} = \text{IAF}_{\text{total}} - \text{IAF}_{\text{sol}} \quad (\text{eq.2})$$

A assimilação de CO₂ pelas folhas de sol é calculada por uma curva de resposta exponencial negativa, onde a assíntota é dada pela fotossíntese máxima de folhas, o coeficiente angular pela eficiência de utilização de luz e a variável de entrada é a irradiância fotossinteticamente ativa absorvida [$k(1-\sigma)PAR$], conforme a equação 3:

$$F_{sol} = F_{max} \{ 1 - \exp[-Q_e * k(1-\sigma)PAR / F_{max}] \} \quad (\text{eq.3})$$

onde: F_{max} = fotossíntese de folhas individuais ($\mu\text{g de CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$); Q_e = eficiência de utilização de luz ($\mu\text{g de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1} / \text{J m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); PAR = radiação fotossinteticamente ativa ($\text{J m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); σ = coeficiente de reflexão e transmissão. A PAR incidente para a fotossíntese de folhas sombreadas, considerando o mesmo k e a mesma eficiência no uso da luz refletida e transmitida por todas as folhas sombreadas, é dada pela equação 4:

$$PAR_{somb} = \sigma * PAR [1 - \exp(-k * IAF_{somb})] / IAF_{somb} \quad (\text{eq.4})$$

onde: PAR_{somb} = radiação fotossinteticamente ativa para folhas de sombra. Deste modo, a assimilação por folhas de sombra é calculada de maneira análoga à de folhas de sol:

$$F_{somb} = F_{max} [1 - \exp(-Q_e * PAR_{somb} / F_{max})] \quad (\text{eq.5})$$

onde: F_{somb} = assimilação de CO₂ por folhas de sombra. Por fim, a assimilação total do dossel é a soma de ambas as categorias de folhas (equação 6):

$$F_{dos} = F_{sol} * IAF_{sol} + F_{somb} * IAF_{somb} \quad (\text{eq.6})$$

onde: F_{dos} = assimilação total CO₂ pelo dossel.

Utilizando os resultados dessas simulações, foram estimadas as taxas fotossintéticas dos dosséis. Assumiu-se que Q_e para espécies de metabolismo C₄ é de aproximadamente 0,054, independentemente da temperatura ambiente e do regime de luz em que as plantas se

desenvolvem (EHLERINGER; BJORKMAN, 1977; DIAS-FILHO, 2002; EHLERINGER; PEARCY, 1983). Também foi assumido um valor de 20% para o coeficiente de reflexão e transmissão de luz no interior do dossel. O coeficiente de extinção de luz (k) foi calculado pela fórmula $k = - [\log_e (I/I_0)]/IAF$, de modo que I e I_0 corresponderam a valores de irradiância abaixo e acima do dossel, respectivamente, obtidos com o analisador de dossel LAI – 2000, Lincoln, Nebraska, USA (detalhes no ítem 2.2.4 desta dissertação). Os valores de IAF utilizados nas estimativas de fotossíntese de dossel foram obtidos de forma destrutiva conforme descrito no ítem 2.2.3 desta dissertação.

3.2.3 Análise e processamento dos dados

Os dados foram analisados usando-se o procedimento MIXED do software estatístico SAS, com médias estimadas pelo método dos mínimos quadrados utilizando o comando LSMEANS e comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Altura de dossel e época foram considerados efeitos fixos (LITTEL et al., 2006).

3.3 Resultados

3.3.1 Fotossíntese foliar e de dossel

A fotossíntese foliar diminuiu à medida que a altura do dossel aumentou ($P < 0,0001$). As taxas de fotossíntese permaneceram constantes do final da primavera até o final do verão, caindo no início do outono ($P < 0,0001$). Não houve efeito de interação altura x época ($P = 0,0713$). (Tabela 12).

Tabela 12 - Taxas de fotossíntese foliar (por área de folha) do capim Xaraés em três intensidades de pastejo sob lotação contínua

Estação	Altura (cm)			Média
	15	30	45	
	----- $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ -----			
Final de primavera	29 ± 1	29 ± 1	27 ± 1	28 ± 1 a
Início do verão	34 ± 1	28 ± 1	27 ± 1	30 ± 1 a
Final do verão	32 ± 1	28 ± 1	25 ± 1	28 ± 1 a
Início do outono	27 ± 1	25 ± 1	20 ± 1	24 ± 1 b
Média	30 ± 1 A	27 ± 1 B	25 ± 1 C	

Letras maiúsculas comparam alturas e minúsculas comparam épocas pelo teste de Tukey-Kramer ($P < 0,05$).
 ± Erro-padrão da média.

Os pastos mantidos a 15 cm apresentaram menores taxas de fotossíntese de dossel que os pastos mantidos a 30 e 45 cm ($P < 0,0001$). A partir de 30 cm não houve ganho em assimilação de carbono pelo dossel. Houve aumento da fotossíntese de dossel do final da primavera até o início do verão, voltando a cair no final do verão e início do outono ($P < 0,0001$). Não houve efeito de interação altura x época ($P = 0,2233$) (Tabela 13).

Tabela 13 - Taxas de fotossíntese de dossel (por área de solo) do capim Xaraés em três intensidades de pastejo sob lotação contínua

Estação	Altura (cm)			Média
	15	30	45	
	----- $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ -----			
Final de primavera	32 ± 1	42 ± 1	44 ± 1	39 ± 1 b
Início do verão	37 ± 1	43 ± 1	48 ± 1	43 ± 1 a
Final do verão	32 ± 1	40 ± 1	43 ± 1	38 ± 1 b
Início do outono	29 ± 1	37 ± 1	35 ± 1	34 ± 1 c
Média	33 ± 1 B	41 ± 1 A	42 ± 1 A	

Letras maiúsculas comparam alturas e minúsculas comparam épocas pelo teste de Tukey-Kramer ($P < 0,05$).
 ± Erro-padrão da média.

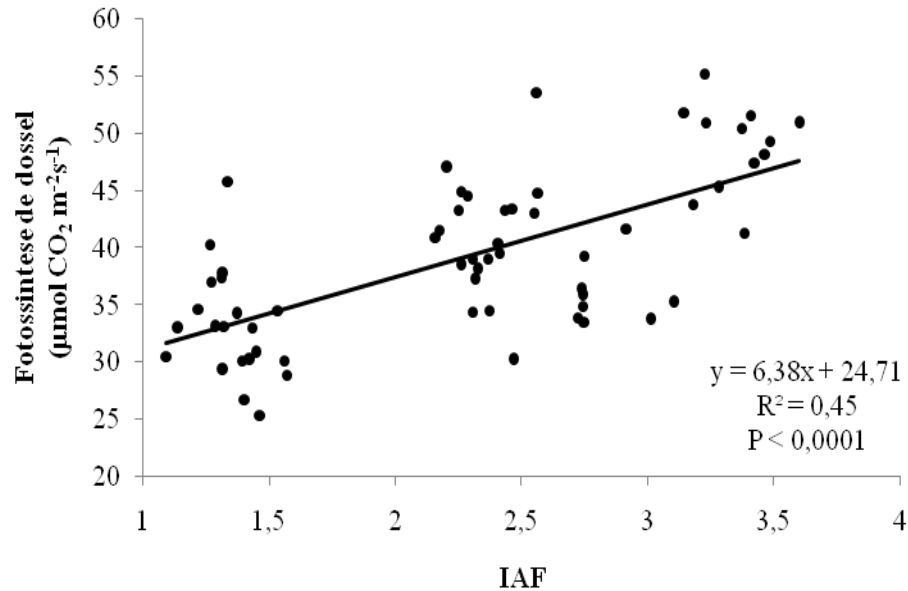


Figura 10 - Fotossíntese de dossel simulada pelo modelo de Boote e Jones (1987) em função do IAF de pastos de capim Xaraés mantidos sob lotação contínua

3.4 Discussão

A altura de dossel foi efetiva em causar modificações no padrão de assimilação de carbono pela folha mais jovem completamente expandida e pelo dossel forrageiro. A taxa fotossintética média da folha mais jovem completamente expandida foi diminuída 17% quando a altura média de dossel foi aumentada de 15 para 45 cm (Tabela 12). Provavelmente isso foi resultado de mudanças na estrutura do dossel, alterando a disponibilidade de luz, uma vez que os valores de IL também foram alterados pela altura do dossel (Tabela 10). Peng et al., (2007) em pastos sob lotação contínua também registraram padrão de resposta similar a este, encontrando aumento na taxa fotossintética líquida da folha mais nova completamente expandida à medida que era aumentada a intensidade pastejo, atingindo valores máximos em condições de moderado a alta intensidade de pastejo, dependendo da espécie estudada. Esse padrão de resposta foi explicado por Woledge (1978) que, estudando o efeito do sombreamento causado pela comunidade de perfilhos sobre a assimilação de carbono em perfilhos vegetativos, observou que as taxas de fotossíntese de sucessivas folhas mais jovens completamente expandidas caía com o

tempo de rebrotação em dosséis com auto-sombreamento, enquanto que perfilhos não sombreados continuavam a produzir folhas com alta capacidade fotossintética. O mesmo autor evidencia que o sombreamento de folhas individuais tem menos efeito sobre a capacidade fotossintética (7-20%) que o sombreamento da planta inteira (até 60-65%). Moreno (2004); Lara (2007); Pedreira e Pedreira (2007); em experimento com capins do gênero *Panicum* (Atlas, Massai, Mombaça, Tanzânia e Tobiata) e *Brachiaria* (Basilisk, Marandu, Xaraés, Arapoty e Capiporã) também observaram padrão similar ao descrito, notando que a fotossíntese foliar no final dos períodos de rebrotação diminuía com o aumento da interceptação luminosa devido à baixa disponibilidade de radiação dentro do dossel. Segundo Braga et al. (2008) o principal fator que influencia as taxas de fotossíntese foliar em pastos em rebrotação é o IAF, o qual determina o grau de interceptação luminosa.

Peri et al. (2003) apontaram também como causa de diminuição nas taxas fotossintéticas de folhas mais jovens completamente expandidas as diferenças em idade cronológica da folha resultante de mudanças na morfologia dos perfilhos ao longo do tempo de rebrotação. Esses autores observaram que do 10º ao 60º dia de rebrotação, em pastos de *Dactylis glomerata* (L.), o aumento do comprimento das folhas mais jovens completamente expandidas e comprimento do pseudocolmo além da diminuição da relação folha:colmo teriam contribuído para queda nas taxas fotossintéticas de 27,4 para 23,7 e 14,2 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, medidos aos 20, 40 e 60 dias de rebrotação, respectivamente, uma vez que a folha percorre um caminho mais longo dentro da bainha foliar até chegar à completa expansão.

Carvalho (2002) também encontrou efeito de idade de perfilhos sobre a fotossíntese foliar. A autora avaliou dois cultivares de *Panicum maximum* Jacq. (Tanzânia e Mombaça) submetidos a alturas de corte de 10, 20 e 40 cm em casa de vegetação e mediu a fotossíntese na folha mais jovem completamente expandida de perfilhos de diferentes idades. Maiores taxas fotossintéticas foram observadas nos perfilhos jovens e maduros em relação a perfilhos velhos (15,8, 15,8 e 12,2 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ respectivamente).

A fotossíntese foliar e de dossel acompanharam os valores de acúmulo de forragem (Tabela 4) apresentando-se relativamente estáveis do final da primavera até o verão, caindo drasticamente no início do outono (Tabelas 12 e 13). Provavelmente, as mesmas causas das quedas em produção de forragem como os baixos índices de radiação, umidade e queda na temperatura (Tabela 2; Figura 2) tenham afetado de forma similar as taxas de fotossíntese. Lara

(2007) estudando cinco cultivares do gênero *Brachiaria* (Basilisk, Marandu, Xaraés, Arapoty e Capiporã) também observou queda nos valores de fotossíntese foliar quando eram diminuídos a temperatura e o fotoperíodo.

A taxa de fotossíntese de dossel estimada pelo modelo aumentou com o aumento na altura de dossel, atingindo valor máximo em dosséis mantidos a 30 cm de altura (aumento de 20%), com IAF de 2,5 em relação àqueles mantidos a 15 cm, com IAF de 1,6. Não houve aumento na taxa de fotossíntese de dossel quando o mesmo foi mantido a 45 cm, com IAF de 3,4. Resultado semelhante foi obtido por Parsons et al. (1983b) que, estudando pastagens de azevém perene mantido sob lotação contínua, reportaram que apesar da alta eficiência fotossintética de suas folhas, dosséis mantidos em IAF próximo de 1 apresentaram fotossíntese 30% inferior àquela de dosséis mantidos em IAF próximo de 3. Os autores atribuíram essas diferenças principalmente ao baixo IAF mantido sob altas intensidades de pastejo. Assim, um dossel mantido por pastejo em um IAF suficiente para interceptar alta proporção da energia luminosa disponível atinge alta produção fotossintética devido à continuada assimilação de carbono. Parsons et al. (1983a) também registraram que dosséis mantidos com IAF mais alto apresentaram fotossíntese bruta mais alta compensada por uma taxa de respiração também mais alta, o que resultou em uma proporção da quantidade de fotoassimilados perdidos por respiração semelhante nas duas condições de pastejo (35 e 39%). A principal diferença encontrada foi a eficiência de utilização da forragem, que foi maior na condição de pastejo mais intenso. No pastejo mais leniente uma proporção maior do carbono captado era perdida por morte de tecidos devido à pequena proporção colhida.

O aumento nas taxas fotossintéticas de dossel seguiu o mesmo padrão de resposta do IAF e da IL, os quais atingiram valores máximos em dosséis mantidos a 45 e a 30 cm, respectivamente (Tabelas 9 e 10). A taxa de fotossíntese de dossel aumentou linearmente com o aumento do IAF, dentro da faixa de IAF entre 1,0 e 3,5 (Figura 10), demonstrando a importância dessa variável na assimilação de carbono pela comunidade de plantas, a qual condiciona a IL. Segundo Tappeiner e Cernusca (1998), na ausência de condições ambientais limitantes (e.g. dias claros, ausência de estresses hídricos e nutrientes minerais) a fotossíntese líquida de dossel é determinada pela habilidade do estande em interceptar luz e por sua eficiência em utilizar a luz captada no processo fotossintético, sendo essa habilidade controlada por propriedades estruturais do dossel (distribuição vertical da área foliar, densidade, distribuição espacial e orientação das

partes da planta). Moreno (2004); Lara (2007) também observaram para capins do gênero *Panicum* e *Brachiaria* manejados por corte, relação linear de taxas de fotossíntese de dossel com IAF ($r = 0,89$ e $0,73$; $P < 0,0001$) e IL ($r = 0,70$ e $0,77$; $P < 0,0001$), respectivamente.

As taxas de fotossíntese de dossel ($39 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ em média) foram próximas daquelas medidas por Pedreira e Pedreira (2007) (média de $45 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ em condição de pré-pastejo) e daquelas reportadas por Lara (2007) (média de $37 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ em condição de pré-corte), também em pastos de capim Xaraés durante o verão sob desfolhação intermitente com pastejo e corte mecânico, respectivamente. Segundo Pedreira e Pedreira (2007), o manejo mais adequado das plantas forrageiras deve priorizar a otimização do uso da luz pelo dossel, resultando em altas taxas fotossintéticas. Os valores de fotossíntese foliar e de dossel obtidos provavelmente não apresentam limitações à altas taxas de acúmulo de forragem em pastos de capim Xaraés sob lotação contínua quando os dosséis são mantidos entre 30 e 45 cm de altura.

3.5 Conclusões

A altura do dossel modifica a assimilação de carbono pela folha mais jovem completamente expandida e pelo dossel em pastos de capim Xaraés mantidos sob lotação contínua.

O aumento em altura de dossel proporciona diminuição na taxa assimilatória líquida da folha mais jovem completamente expandida, porém aumenta a taxa de fotossíntese de dossel até a altura de 30 e 45 cm para o capim Xaraés sob lotação contínua.

Referências

BOOTE, K.J.; JONES, J.W. Equations to define canopy photosynthesis from quantum efficiency, maximum leaf rate, light extinction, leaf area index, and photon flux density. In: BIGGINS, J. (Ed.). **Progress in photosynthesis research**. The Hague: Martinus Nijhoff Publ., 1987. v. 4, p. 415-418.

BRAGA, G.J. **Assimilação de carbono, acúmulo de forragem e eficiência de pastejo em pastagens de capim-Marandu [*Brachiaria brizantha* (Hochst ex A. RICH.) STAPF.] em resposta à oferta de forragem**. 2004. 110p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2004.

BRAGA, G.J.; PEDREIRA, C.G.S.; HERLING, V.R.; LUZ, P.H.C. Atenuação da capacidade fotossintética no dossel de uma pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (. In: REUNIÃO ANUAL DA SBZ, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. 1 CD ROM

BRAGA, G.J.; PEDREIRA, C.G.S.; HERLING, V.R.; LUZ, P.H.C.; LIMA, C.G. Herbage allowance effects on leaf photosynthesis and canopy light interception in palisadegrass pastures under rotational stocking. **Tropical Grasslands**, St. Lucia, v. 42, p.214–223, 2008.

CARVALHO, D.D. **Leaf morphogenesis and tillering behaviour in single plants and simulated swards of Guinea grass (*Panicum maximum* Jacq.) cultivars**. 2002. 180p. Thesis (Ph.D.)--Massey University, Palmerston North, 2002.

COOPER, J.P.; WILSON, D. Variation in photosynthetic rate in *Lolium*. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 11., 1970. Surfers Paradise, **Proceedings....** Santa Lucia: University of Queensland Press, 1970. p.522-527.

DIAS-FILHO, M.B. Photosynthetic light response of the C4 grasses *Brachiaria brizantha* and *B. humidicola* under shade. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.59, n.1, p.65-68, 2002.

EHLERINGER, J.; BJÖRKMAN, O. Quantum yields for CO₂ uptake in C₃ and C₄ plants. **Plant Physiology**, New York, v.59, p.86-90, 1977.

EHLERINGER, J.; PEARCY, R. Variation in quantum yield for CO₂ uptake among C₃ and C₄ plants. **Plant Physiology**, New York, v.73, p.555- 559, 1983.

GRACE, J.; LLOYD, J.; McINTYRE, J.; MIRANDA, A.C.; MEIR, P.; MIRANDA, H.S.; NOBRE, C.; MONCRIEFF, J.; MASSHEDER, J.; MALHI, Y.; WRIGHT, I.; GASH, J. Carbon dioxide uptake by an undisturbed tropical rain forest in Southwest Amazonia. **Science**, Washington, v. 270, p. 778-780, 1995.

JOHNSON, I.R.; PARSONS, A.J.; LUDLOW, M.M. Modeling photosynthesis in monocultures and mixtures. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v.16, p.501-516, 1989.

LARA, M.A.S. **Respostas morfofisiológicas de cinco cultivares de *Brachiaria* spp. às variações estacionais da temperatura do ar e do fotoperíodo**. 2007. 91p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

LEMAIRE, G.; CHAPMAN D. Tissue flows in grazed plant communities. In: HODGSON, J. ; ILLIUS, A.W (Ed.). **The ecology and management of grazing systems**. Wallingford (UK): CAB International, 1996. p 3-36.

LITTELL, R.C.; MILLIKEN, G.A.; STROUP, W.W. ; WOLFINGER, R.D.; SCHABENBERGER, O. **Sas for Mixed Models**. 2nd.ed. Cary: SAS Institute, 2006. 1 CD-ROM.

LOOMIS, R.S.; WILLIAMS, W.A. Productivity and the morphology of crop stands: patterns with leaves. In: EASTIN, J. D. **Physiological aspects of crop yield**. Madison: ASA; CSSA; SSA, 1969. p.27-47.

MOLAN, L.K. **Estrutura do dossel, interceptação luminosa e acúmulo de forragem em pastos de capim-Marandu submetidos a alturas de pastejo por meio de lotação contínua**. 2004. 159p. Dissertação (Mestrado em Agronomia Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

MONSI, M.; UCHIJIMA, Z.; OIKAWA, T. Structure of foliage canopies and photosynthesis. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 4, p. 301-327, 1973.

MORENO, L.S.B. **Produção de forragem de capins do gênero *Panicum* e modelagem de respostas produtivas e morfofisiológicas em função de variáveis climáticas**. 2004. 86p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

MORGAN, J.A.; BROWN, R.H. Photosynthesis and growth of bermudagrass swards. I. Carbon dioxide Exchange characteristics of swards mowed at weekly and monthly intervals. **Crop Science**, Madson, v.23, p.347-352, 1983.

NELSON, C.J.; ASAY, K.H.; HORST, G.L. Relationship of leaf photosynthesis to forage yield of tall fescue. **Crop Science**, Madson, v.15, p.476-478, 1975.

PARSONS, A.J., LEAFE, E.L., COLLETT, B.; PENNING, P.D.; LEWIS, J. The physiology of grass production under grazing. II. Photosynthesis, crop growth and animal intake of continuously-grazed swards. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v.20, p.127-139. 1983a.

PARSONS, A.J.; LEAFE, E.L.; COLLETT, B.; STILES, W. The physiology of grass production under grazing. I. Characteristics of leaf and canopy photosynthesis of continuously-grazed swards. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v.20, p.117-126, 1983b.

PEDREIRA, B. C.; PEDREIRA, C. G. S. Fotossíntese foliar do capim-xaraés [*Brachiaria brizantha* (A. Rich) Stapf. cv. Xaraés] e modelagem da assimilação potencial de dosséis sob estratégias de pastejo rotativo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, p. 773-779, 2007.

PENG, Y.; JIANG, G.M.; LIU, X.H.; NIU, S.L.; LIU, M.Z.; BISWAS, D.K. Photosynthesis, transpiration and water use efficiency of four plant species with grazing intensities in Hunshandak Sandland, China. **Journal of Arid Environments**, London, v.70, p.304–315, 2007.

PERI, P.L.; MOOT, D.J.; McNEIL, D.L.; LUCAS, R.J. Modelling net photosynthetic rate of field-grown cocksfoot leaves to account for regrowth duration. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, Wellington, v.46, p.105-115, 2003.

TAPPEINER, U.; CERNUSCA, A. Model simulation of spatial distribution of photosynthesis in structurally differing plant communities in the Central Caucasus. **Ecological Modelling**, Amsterdam, n.113, p. 201–223, 1998.

WOLEDGE, J. The effect of shading during vegetative and reproductive growth on the photosynthetic capacity of leaves in a grass sward. **Annals of Botany**, Oxford, v. 42, p. 1085-1089, 1978

ZELITCH, I. The close relationship between net photosynthesis and crop yield. **BioScience**, Washington, v.32, n.10, p.796-802, 1982.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados encontrados no presente estudo confirmam a baixa associação reportada na literatura entre respostas produtivas de acúmulo de forragem e taxa de assimilação de carbono pelo dossel. Moreno (2004) estudando capins do gênero *Panicum* encontrou resultados semelhantes aos reportados quando observou maiores taxas de acúmulo de forragem em pastos de capim Massai obtendo também pelo modelo de Boote e Jones (1987) menores taxas de fotossíntese de dossel para este capim. O autor explicou esse padrão de resposta pela alta proporção de folhas na massa de forragem do capim Massai, em relação aos capins Atlas, Mombaça, Tanzânia e Tobiata. Segundo o autor, isso resultou em menor efeito de ‘diluição’ da massa de folhas na massa total, fazendo com que a maior parte da massa de forragem fosse constituída por folhas (órgãos fotossintetizantes). Outros processos como respiração, direcionamento do carbono assimilado para partes não colhíveis, entre outros processos fisiológicos podem ter contribuído, os quais não foram contemplados no presente estudo. Segundo Zelitch (1982), existe a possibilidade de elevadas produções na ausência de elevadas taxas de fotossíntese devido ao rápido desenvolvimento da área foliar e/ou reduzidas perdas respiratórias.

Outro ponto importante relativo às estimativas de acúmulo de forragem, especialmente em pastos sob lotação contínua, onde a forragem está sendo consumida continuamente durante o período de avaliação, é aspecto metodológico. Avaliações de acúmulo de forragem em pastos sob lotação contínua utilizando gaiolas de exclusão podem resultar em importantes modificações na estrutura do dossel, na distribuição de luz entre perfilhos e na assimilação de carbono, similar ao que acontece em pastos em rebrotação, uma vez que a área do pasto avaliada é excluída do pastejo, acumulando massa do início ao final do período de exclusão. Isso resulta em aumento do IAF, o qual atinge rapidamente valores “ótimos” de taxa de crescimento em dosséis mantidos baixos e diminuição nas taxas de crescimento daqueles mantidos altos, devido ao sombreamento causado dentro do dossel na gaiola de exclusão. Além disso, a circulação de ar dentro da gaiola pode afetar processos de transferência de CO₂ e a evapotranspiração que são fortemente dependentes do microclima do dossel devido à sua arquitetura (LOOMIS; WILLIAMS, 1969).

No presente trabalho, os valores de fotossíntese de dossel foram aumentados com incrementos na altura de dossel, no IAF e na IL. Assim, pastos mantidos a 15 cm podem ter apresentado taxas de acúmulo de forragem superestimadas por atingir valores de IAF “ótimos” rapidamente, juntamente com aumento nas taxas de fotossíntese de dossel durante o período de exclusão. Partindo de uma taxa de fotossíntese foliar mais alta e com um dossel composto por maior proporção de folhas (tecidos mais ativos fotossinteticamente) os dosséis mantidos a 15 cm possivelmente teriam altas taxas de crescimento logo nos primeiros dias de exclusão do ciclo de avaliação. Por outro lado, dosséis mantidos a 45 cm iniciam o período de exclusão com baixas taxas de fotossíntese foliar e alto sombreamento (99% de IL), condição onde as taxas de fotossíntese de dossel se estabilizam, não diferindo daquelas obtidas pelos dosséis mantidos a 30 cm. Isso provavelmente limitou o crescimento dos dosséis mantidos a 45 cm, igualando suas taxas de acúmulo de forragem com dosséis apresentando menores valores de IAF. Todavia, as altas taxas de acúmulo de forragem e a amplitude de valores de fotossíntese de dossel atingidas demonstram que os tratamentos de altura de dossel foram eficazes em promover uma estrutura e ambiente luminoso no dossel favorável ao desenvolvimento da planta forrageira. Assim, é sugerido que pastos de capim Xaraés sob lotação contínua sejam manejados entre 30 e 45 cm de altura de dossel.

Referências

- BOOTE, K. J.; JONES, J.W. Equations to define canopy photosynthesis from quantum efficiency, maximum leaf rate, light extinction, leaf area index, and photon flux density. In: BIGGINS, J. (Ed.). **Progress in photosynthesis research**. The Hague: Martinus Nijhoff Publ., 1987. v. 4, p. 415-418.
- LOOMIS, R.S.; WILLIAMS, W.A. Productivity and the morphology of crop stands: patterns with leaves. In: EASTIN, J. D. **Physiological aspects of crop yield**. Madison: ASA; CSSA; SSA, 1969. p.27-47.

MOLAN, L.K. **Estrutura do dossel, interceptação luminosa e acúmulo de forragem em pastos de capim-Marandu submetidos a alturas de pastejo por meio de lotação contínua.** 2004. 159p. Dissertação (Mestrado em Agronomia Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004

MORENO, L.S.B. **Produção de forragem de capins do gênero *Panicum* e modelagem de respostas produtivas e morfofisiológicas em função de variáveis climáticas.** 2004. 86p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

ZELITCH, I. The close relationship between net photosynthesis and crop yield. **BioScience**, Washington, v.32, n.10, p.796-802, 1982.

APÊNDICE

5.1 Calibração do prato ascendente

As curvas de regressão linear entre massa de forragem e leitura do prato ascendente obtidas de dezembro de 2008 a maio de 2009 apresentaram bom ajuste dos dados ($P < 0,01$), visto que o R^2 para as equações ficou acima de 0,9 (Tabela 14). Devido à efeito de ciclo como co-variável no modelo ($P = 0,0002$), a primeira calibração foi separada das demais. Os demais cortes de calibração puderam ser agrupados em uma única equação de regressão ($P = 0,3693$ para efeito de ciclo como co-variável).

Tabela 14 - Parâmetros dos modelos de regressão linear das leituras do prato ascendente nas estimativas da massa de forragem de pastos de capim Xaraés

Data	n ⁽¹⁾	a ⁽²⁾	b ⁽³⁾	r ²⁽⁴⁾	CV ⁽⁵⁾	Raíz QMR ⁽⁶⁾
26/12	17	25,4	101,9	0,97	12,6	668,2
6/2 a 1/5/2009	52	431,4	116,5	0,92	16,0	982,0

(1)=número de observações; (2)=intercepto; (3)=inclinação; (4)=coeficiente de determinação; (5)=coeficiente de variação (%); (6)=raiz do quadrado médio do resíduo em kg MS ha⁻¹.

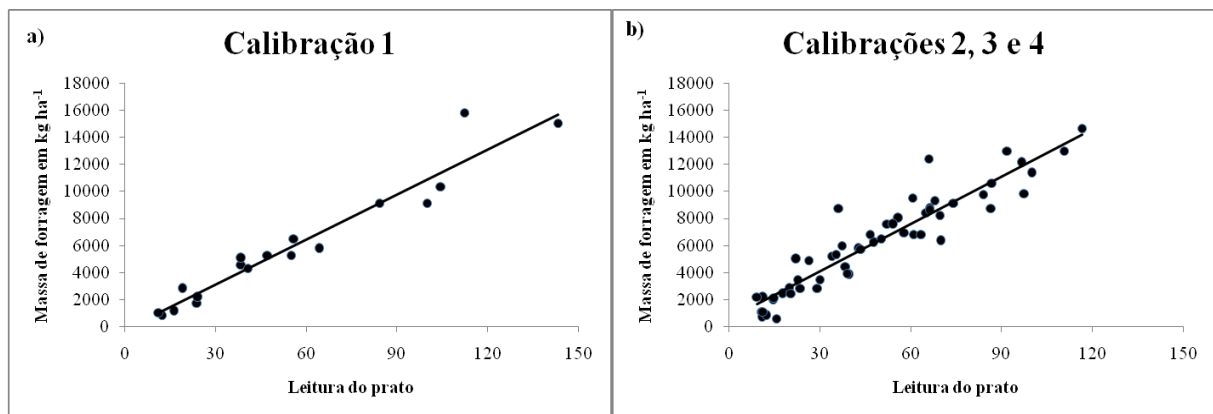


Figura 11 – a) - Primeiro corte de calibração do prato (26/12/2008); b) - segundo, terceiro e quarto corte de calibração (6/2 a 1/5/2009)