

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

**Interceptação de luz, arquitetura e assimilação de carbono em dosséis  
de capim-xaraés [*Brachiaria brizantha* (A. Rich.) Stapf. cv. Xaraés]  
submetidos a estratégias de pastejo rotacionado**

**Bruno Carneiro e Pedreira**

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

**Piracicaba  
2006**

Bruno Carneiro e Pedreira  
Engenheiro Agrônomo

**Interceptação de luz, arquitetura e assimilação de carbono em dosséis de capim-xaraés [*Brachiaria brizantha* (A. Rich.) Stapf. cv. Xaraés] submetidos a estratégias de pastejo rotacionado**

Orientador: Prof Dr.

**CARLOS GUILHERME SILVEIRA PEDREIRA**

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

Piracicaba

2006

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

Pedreira, Bruno Carneiro e

Interceptação de luz, arquitetura e assimilação de carbono em dosséis de capim-xaraés [*Brachiaria brizantha* (A. Rich.) Stapf cv. Xaraés] submetidos a estratégias de pastejo rotacionado / Bruno Carneiro e Pedreira. - Piracicaba, 2006.

86 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2006.  
Bibliografia.

1. Capim braquiária
  2. Forragem
  3. Fotossíntese
  4. Modelos matemáticos
  5. Morfologia vegetal
  6. Pastagem
  7. Pastejo
- I. Título

CDD 633.2

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

À Sylvia, minha família, e meu avô (*in memoriam*)

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar o meu sincero agradecimento ao Prof. Dr. Carlos Guilherme Silveira Pedreira, meu orientador, pela oportunidade de trabalhar com Forragicultura e Pastagens, enfocando fisiologia aplicada ao manejo de pastagem, pelos ensinamentos, incentivos e principalmente, pela confiança depositada. Eu também gostaria de agradecer aos membros do comitê de pesquisa: professor Sila Carneiro da Silva pelo apoio, colaboração com as análises estatísticas e fornecimento de animais para a execução do experimento e pelos ensinamentos, incentivo ao longo de todo o curso; ao professor Marcos Silveira Bernardes, do Departamento de Produção Vegetal da ESALQ/USP, pelo apoio, ensinamentos e pelo empréstimo do medidor portátil de fotossíntese (LI-6400), quando o nosso apresentou defeitos. Ao Dr. Gustavo José Braga, pesquisador da APTA – Brotas, pelo incentivo, colaboração e ensinamentos durante a análise dos dados de fotossíntese foliar e estudo de modelagem.

Agradeço à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo pela oportunidade de realização do Mestrado, e pela concessão da bolsa de estudo feita pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo.

Ao Departamento de Zootecnia pelo apoio e treinamento proporcionado por seus professores e pesquisadores, em especial ao professor Flávio Augusto Portela Santos, ao Dr. Marco Antônio Penatti e sua equipe de estagiários do CPZ, pela colaboração e presteza no empréstimo de máquinas, silagem e animais. Aos funcionários do LZT pelo suporte oferecido desde a implantação da área experimental até o auxílio com manejo dos animais do experimento.

Meu especial agradecimento aos colegas do Laboratório de Plantas Forrageiras, Alessandra A. Giacomini, Cauê Varesqui Zeferino, Daniel de Lucena Sarmiento, Felipe Tonato, Henrique Rocha de Medeiros, Julio Kuhn Trindade, Leonardo Simões de Barros Moreno, Marcio André Stefanelli Lara, Marília Gabriela Faustino, Renata La Guardia Nave e Salim Jacaúna de Souza Júnior pela amizade e valiosa colaboração na condução do experimento e atividades de campo, o que não seria factível sem este

suporte. Aos colegas acadêmicos dos cursos Ciência Animal e Pastagens da ESALQ/USP, pela amizade e aprendizado.

Não posso deixar de agradecer aos estagiários da graduação da ESALQ/USP, que faço representados pela Cacília Leonelli, e àqueles que vieram de longe para aprender e ensinar, estagiários da UNESP, UFBA, UFLA que deram suporte a realização desse experimento, em especial a Pablo de Menezes Seabra, pelo apoio imprescindível no estabelecimento da área experimental.

E por falar em colaboração, gostaria de agradecer à professora Lillian Amorim do Departamento de Entomologia, Fitopatologia e Zoologia Agrícola da ESALQ/USP, e sua orientada Maria Cândida de Godoy Gasparoto pelo empréstimo do medidor portátil de fotossíntese (LI-6400), quando o nosso apresentou defeitos. Aos professores Francisco Antonio Monteiro e Quirino Carmello, do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, pelo auxílio, sugestões e empréstimo da casa de vegetação. À Dra. Maria Heloisa Duarte de Moraes do Laboratório de Patologia de Sementes pelo auxílio com o tratamento das sementes. À Helena Pescarin Chamma do Laboratório de Sementes pela colaboração nos testes de pureza, valor cultural e armazenamento das sementes. Ao Edson Moraes, funcionário do Departamento de Produção Vegetal, pelo auxílio com máquinas agrícolas na preparação e pulverização da área experimental.

Gostaria de fazer um agradecimento, mais que especial, à minha esposa, Sylvia, pelo imprescindível apoio e compreensão em todos os momentos, durante todo esse curso, principalmente, no decorrer da fase de campo. E finalmente à minha família e aos meus pais, que me proporcionaram a oportunidade de fazer da vida um grande experimento.

## SUMÁRIO

RESUMO.....	8
ABSTRACT.....	9
1 INTRODUÇÃO.....	10
Referências.....	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
2.1 Pastagens brasileiras e o capim-xaraés.....	12
2.2 Relações luminosas, arquitetura e estrutura do dossel em comunidades de plantas forrageiras.....	14
2.3 Fotossíntese foliar e produtividade.....	17
2.4 Modelagem de fotossíntese de dossel.....	19
2.5 Manejo do pastejo.....	21
Referências.....	25
3 ESTUTURA DO DOSSSEL E ACÚMULO DE FORRAGEM EM PASTAGENS DE CAPIM-XARAÉS [ <i>Brachiaria brizantha</i> (A. Rich.) Stapf. cv. Xaraés] EM RESPOSTA A ESTRATÉGIAS DE PASTEJO ROTACIONADO.....	34
Resumo.....	34
Abstract.....	34
3.1 Introdução.....	35
3.2 Material e Métodos.....	36
3.2.1 Local e manejo da adubação.....	36
3.2.2 Delineamento experimental e manejo dos pastos.....	39
3.2.3 Massa e acúmulo de forragem.....	40
3.2.4 Composição morfológica .....	41
3.2.5 Arquitetura do dossel.....	41
3.2.6 Análise estatística.....	42
3.3 Resultados e Discussão.....	43
3.3.1 Número e intervalo entre pastejos.....	43
3.3.2 Massa e acúmulo de forragem.....	44
3.3.3 Composição Morfológica.....	46

3.3.3.1 Massa de forragem pós-pastejo (Resíduo).....	46
3.3.3.2 Massa de forragem pré-pastejo.....	49
3.3.3.3 Curvas de acúmulo de forragem durante a rebrotação.....	54
3.3.4 Estrutura do dossel.....	58
3.3.4.1 Características estruturais médias ao longo da estação.....	58
3.3.4.2 Efeito do manejo sobre a estrutura do dossel.....	62
3.4 Conclusões.....	64
Referências.....	65
4 FOTOSSÍNTESE FOLIAR DO CAPIM-XARAÉS [ <i>Brachiaria brizantha</i> (A. Rich.) Stapf. cv. Xaraés] E POTENCIAL ASSIMILATÓRIO DE DOSSÉIS SIMULADO POR MODELAGEM EM RESPOSTA A ESTRATÉGIAS DE PASTEJO ROTACIONADO.....	70
Resumo.....	70
Abstract.....	71
4.1 Introdução.....	71
4.2 Material e Métodos.....	72
4.2.1 Local e manejo da adubação.....	72
4.2.2 Delineamento experimental e manejo dos pastos.....	73
4.2.3 Arquitetura do dossel.....	74
4.2.4 Fotossíntese de folhas individuais.....	75
4.2.5 O modelo de fotossíntese de dossel.....	75
4.2.6 Análise estatística.....	77
4.3 Resultados e Discussão.....	78
4.3.1 Fotossíntese de folhas individuais.....	78
4.3.2 Simulação de fotossíntese de dossel.....	81
4.4 Conclusões.....	82
Referências.....	83



## RESUMO

### **Interceptação de luz, arquitetura e assimilação de carbono em dosséis de capim-xaraés [*Brachiaria brizantha* (A. Rich.) Stapf. cv. Xaraés] submetidos a estratégias de pastejo rotacionado**

A produção de forragem em pastagens é um processo complexo, pois envolve uma série de fatores de ordem fisiológica, morfológica e a interação destes. A partir do conhecimento sobre processos individuais e das interações entre eles pode-se estimar a capacidade assimilatória do dossel usando modelos matemáticos. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho agrônômico e modelar o potencial fotossintético de dosséis vegetativos de capim-xaraés em função da arquitetura da comunidade vegetal e do ambiente luminoso, em pastagem submetida a estratégias de pastejo intermitente, com freqüências de desfolhação baseadas em interceptação luminosa ou calendário, visando estabelecer uma base racional de manejo e observando o sistema sob o ponto de vista fisiológico da planta e da praticidade do manejo. Além disso, descreve-se as respostas morfo-fisiológicas das plantas e verificando suas relações, com as variações na produção influenciadas pelos tratamentos. O estudo foi realizado na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", *campus* da USP localizado em Piracicaba - SP, numa área de Nitossolo Vermelho Eutroférico, estabelecida com capim *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés, onde foram avaliadas as características agrônômicas, morfológicas e fisiológicas deste, tais como produção de forragem, taxas de fotossíntese, índice de área foliar (IAF), interceptação luminosa (IL), ângulos foliares. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com três tratamentos e três repetições, totalizando nove unidades experimentais (piquetes) de 120 m<sup>2</sup> cada, as quais foram pastejadas por grupos de animais sempre que a IL do dossel chegasse a 95%, ou a 100% ou a cada 28 dias. As estratégias de pastejo apresentaram diferentes acúmulos totais de forragem durante o verão. O tratamento 100% de IL, devido à sua menor freqüência, garantiu à comunidade vegetal um maior intervalo de desfolhações e, conseqüentemente, maior período de crescimento, propiciando maiores acúmulos (22.760 kg MS ha<sup>-1</sup>) de forragem em relação aos tratamentos 95 % de IL e 28 dias (17.700 kg MS ha<sup>-1</sup>). Os tratamentos baseados em IL apresentaram alturas de pré-pastejo, próximas das suas respectivas médias, nas respectivas interceptações luminosas. Isso sugere que a altura pode ser usada como uma ferramenta manejo, o que é confirmado pela sua correlação entre altura e IL para todos os tratamentos ( $r=0,84$ ). Esta mesma relação ocorre com os valores de IAF ( $r=0,92$ ), que ao longo do experimento mostrou-se, consistentemente, relacionado aos valores de IL ( $r=0,92$ ), em todos os tratamentos. No tratamento de maior freqüência (95% de IL) o potencial fotossintético manteve-se máximo do dia médio até o pré-pastejo, devido ao menor intervalo de pastejo e à manutenção de menor área foliar média (2,08) o que propiciou um bom ambiente luminoso, minimizando a competição por luz. Dessa forma, o manejo mais adequado seria aquele que proporciona os maiores valores de fotossíntese de dossel ao longo do ciclo.

Palavras-chave: modelagem; manejo; fotossíntese; estrutura do dossel

## ABSTRACT

### **Light interception, canopy architecture, and carbon assimilation in Xaraés palisadegrass [*Brachiaria brizantha* (A. Rich.) Stapf. cv. Xaraés] pastures as affected by rotational grazing strategies**

Yield formation in pastures is a complex process as it involves factors of both physiological and morphological nature, as well as interactions among them. By understanding individual processes and how they interact it is possible to assess the assimilatory potential of the sward, using through modeling and simulation. The objective of this research was to evaluate the agronomic performance and to model the photosynthetic potential of vegetative swards of Xaraés palisadegrass as a function of canopy architecture and light environment, in pastures under intermittent grazing, where defoliation frequency was dictated either by levels of light interception or by chronological time, in order to try to rationalize management practices under a physiological standpoint and operational practicality. In addition, plant morphological and physiological responses were described in terms of their mutual interplay, as treatments ultimately affected forage yield. The study was conducted at Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP campus in Piracicaba, SP, on a kandiodalific eutrudox using a one-year-old pasture of Xaraés palisadegrass where agronomic, morphological and physiological traits, such as forage yield, photosynthesis, leaf area index (LAI), light interception (LI) and leaf angles were studied. The experimental design was completely randomized with three treatments and three replications, for a total of nine experimental units (paddocks) of 120 m<sup>2</sup> each, which were mob grazed whenever canopy light interception reached 95% or 100%, or every 28 days. Grazing strategies resulted in different seasonal forage yields. The 100% LI treatment made for longer rest periods and less frequent defoliations, resulting in highest (22,760 kg DM ha<sup>-1</sup>) forage productivity, compared with the 95% LI and the 28-d treatments (mean 17,700 kg DM ha<sup>-1</sup>). LI-based treatments resulted in less variable pregraze sward heights than the calendar-based treatment, and this suggests that sward height may be successfully used as a management guide. Across treatments sward height was highly correlated with LI ( $r=0.84$ ) and with LAI ( $r=0.92$ ) in all treatments, and so were LAI and LI ( $r=0.95$ ). Grazed at a higher frequency (95% LI) the canopy responded with maximum levels of assimilation from the midpoint to the end of the rest period, probably due to a lower mean LAI (2.08), which made for a favorable environment and less competition for light. Thus, optimal management seems to be related with higher canopy photosynthesis during the rest period.

Key-words: modeling, management, photosynthesis, sward structure

## 1 INTRODUÇÃO

A pecuária é uma das principais atividades econômicas do Brasil e o uso de pastagens como base da alimentação dos rebanhos proporciona redução nos custos de produção em comparação com sistemas que utilizam grãos na dieta. Isso aconteceu porque a pastagem é a fonte mais econômica para alimentação de ruminantes, uma vez que nestes sistemas o próprio animal é quem colhe a forragem, que por isso tem custo de produção relativamente baixo.

Em muitas regiões tropicais a expansão das fronteiras agrícolas chegou ao seu limite, e o crescimento da atividade agropecuária depende de intensificação e tecnificação do uso da terra. Espécies forrageiras que aumentem a produtividade animal e ajudem na recuperação de pastagens degradadas são de fundamental importância para a sustentabilidade da atividade pecuária (Lascano et al., 2002).

A produtividade e a perenidade das pastagens decorrem, entre outros fatores, da capacidade de reconstituição ou de manutenção da área foliar após a desfolhação. Gomide (1997) relatou que essa capacidade depende não só de fatores ambientais (luz, temperatura, fertilidade, etc.), mas também de características genótípicas da população de plantas. A produção de forragem em pastagens é um processo complexo que envolve parâmetros fisiológicos, morfológicos e da interação entre eles.

Antes de fazer um bom manejo do pastejo, os pecuaristas têm trabalhado no sentido de aumentar a área de pastagens para fornecer alimento a um mesmo rebanho, muitas vezes utilizando-se de adubação antes de conseguir colher eficientemente o que produz, na maioria dos casos gerando grandes perdas de forragem, e o que é pior, levando a degradação dos pastos devido a sua má utilização.

A avaliação da estrutura do dossel e seus efeitos na fotossíntese das folhas e do dossel é uma maneira de garantir o entendimento dos mecanismos que governam o acúmulo de forragem e ao mesmo tempo influenciam a resposta em desempenho dos animais e do sistema como um todo. Desse modo, técnicas de manejo devem ser desenvolvidas para o uso mais eficiente da forragem produzida, sem prejuízos à persistência da planta forrageira na pastagem (Loomis e Williams, 1969; Cooper e Wilson, 1970).

A geração de informações detalhadas sobre as diferentes espécies forrageiras utilizadas no Brasil é, portanto, fundamental para que a produtividade da pecuária nacional possa acompanhar a crescente demanda do mercado. Bancos de dados abrangentes e o desenvolvimento de modelos que permitam a simulação de cenários diferentes poderão ser de grande valia para o planejamento do sistema produtivo e no suporte às tomadas de decisão, podendo favorecer a produção de forragens (quantitativa e qualitativamente), não só visando um incremento na produção animal, mas também, na eficiência global do sistema produtivo (Rolim, 1980).

## Referências

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

GOMIDE, C.A.M. **Morfogênese e análise de crescimento de cultivares de *Panicum maximum* (Jacq.)**. 1997. 53p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1997.

LASCANO, C.; PÉREZ, R.; PLAZAS, C.; MEDRANO, J.; ARGEL, P. **Cultivar Toledo – *Brachiaria brizantha* (Accesión CIAT 26110): gramínea de crecimiento vigoroso para intensificar la ganadería colombiana**. Villavicencio: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria; Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical. 2002. p.22.

LOOMIS, R. S.; WILLIAMS, W. A. Productivity and the morphology of crop stands: patterns with leaves. In: EASTIN, J. D.; HASKINS, F. A.; SULLIVAN, C. Y.; VAN BAVEL, C. H. M. (Ed). **Physiological aspects of crop yield**. Madison: ASA/CSSA/SSA, 1969. p. 27-47.

ROLIM, F.A. Estacionalidade de produção de forrageiras. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DAS PASTAGENS, 6., 1980, Piracicaba, **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1980. p. 39-81.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Pastagens brasileiras e o capim-xaraés

A expansão das áreas ocupadas com pastagens cultivadas no Brasil, a partir da década de 1970, deveu-se principalmente à expansão da pecuária na região de Cerrado e da Amazônia (Faria et al., 1996). Desde então, o que era aproximadamente 25 milhões de hectares de pastagens cultivadas, passou a quase 90 milhões de hectares em 1996 (Brasil, 2004a). Esse aumento deveu-se, em parte, ao aumento do cultivo de espécies de gramíneas do gênero *Brachiaria* que, na década de 1990, já ocupavam cerca de 85% da área cultivada com pastagens no Cerrado brasileiro (Macedo, 1995).

Do rebanho bovino total brasileiro, de aproximadamente 185 milhões de cabeças (Brasil, 2004a), estima-se que 99,6% têm como principal fonte de alimentação áreas de pastagens, e os outros 0,4% são criados em pastagens com algum período de alimentação concentrada dentro do ciclo produtivo (BÜRGI e PAGOTTO, 2002). São 180 milhões de hectares entre pastagem nativa e cultivada (ZIMMER et al., 2002) dos quais, 50 milhões de hectares são de pastagem cultivada, sobretudo com gramíneas de origem africana do gênero *Brachiaria* (EUCLIDES, 1995).

Dentre os cultivares de *Brachiaria*, uma das mais utilizadas é o capim-marandu [*Brachiaria brizantha* (A. Rich.) Stapf cv. Marandu], caracterizado por formar touceiras, com hábito de crescimento prostrado, mais exigente em fertilidade de solo do que o capim-Basilisk (*B. decumbens* Stapf) e possui mérito especial pela sua resistência à cigarrinha (*Zulia* spp. e *Deois* spp.), bom valor nutritivo, alta produção de matéria seca e de sementes (Nunes et al., 1984; Miles et al., 2004). O capim-marandu, juntamente com os cultivares Tanzânia e Mombaça de *Panicum maximum* (Jacq.), ocupam cerca de 60 milhões de hectares de pastagens cultivadas no Brasil. Ainda que esses materiais tenham excelente potencial forrageiro, o pecuarista freqüentemente se beneficiará com

a diversificação em termos de espécies forrageiras, pois reduzirá seu risco e sua dependência em um só material. Além disso, é possível atenuar o problema de estacionalidade de produção de forragem, melhorando a distribuição da produção ao longo do ano se as curvas estacionais de produção apresentarem algum grau de complementaridade. De maneira geral, áreas em uma mesma propriedade podem apresentar diferentes condições de solo, essa diversificação sugere vantagens para a utilização de diferentes espécies (Brasil, 2004b).

Baseado nesse princípio, pesquisadores do Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA – CNPGC) coletaram, no ano de 1985, na região de Cibitoke no Burundi, África, uma variedade de *B. brizantha* que, desde então, vem sendo avaliada e tem mostrado excelentes resultados, tais como: resistência moderada à cigarrinha-das-pastagens, persistência, boa produtividade e com distribuição estacional da produção em cerca de 30% na seca e 70% no período das chuvas (Brasil, 2004c). Em comparação com o capim-marandu, esse novo cultivar produz 5 toneladas por hectare a mais de massa seca por ano, possibilitando maior taxa de lotação nas águas e 30% mais produção de carne por hectare (Brasil, 2004c).

Essa nova *B. brizantha* é indicada para solos de média fertilidade, bem drenados e de textura média. É uma planta cespitosa que pode enraizar nos nós basais e apresenta altura média de 1,5 m, quando em crescimento livre. Em ensaios em parcelas, apresentou elevada produção de forragem, chegando a 21 t MS ha<sup>-1</sup>. É uma planta de estabelecimento rápido e com melhor rebrotação do que o cultivar Marandu. O florescimento é tardio e concentrado em maio/junho e a produtividade de sementes puras chega a 120 kg ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup> (Valle et al; 2003). Com base nessas características e com a perspectiva de disponibilizar mais uma opção para o produtor, que pode cultivar na propriedade diferentes espécies de forrageiras, esse material foi lançado no Brasil pela EMBRAPA-CNPGC em 2002 como cultivar Xaraés (Brasil, 2004c).

## **2.2 Relações luminosas, arquitetura e estrutura do dossel em comunidades de plantas forrageiras**

Mesmo com o surgimento de novas opções de materiais forrageiros como mais alternativas para a exploração dos ecossistemas pastoris, o processo produtivo continua limitado pela impossibilidade prática de otimizar a interceptação e a conversão de energia solar em produção primária simultaneamente com a máxima eficiência de colheita (Parsons et al., 1983).

Segundo Bernardes (1987), vários aspectos morfofisiológicos estão envolvidos na interceptação da luz pelas plantas em comunidade. Uns correspondem a aspectos relacionados com a organização espacial das folhas, podendo ser expressa pela densidade de cobertura foliar, distribuição horizontal e vertical entre as folhas e pelos ângulos foliares. Outros, correspondem àqueles relacionados com aspectos funcionais que dependem de fatores da planta e do ambiente como: idade, tipo e tamanho das folhas, saturação lumínica, e flutuações na intensidade e na qualidade de luz. Verhagen et al. (1963), verificaram que a produção de matéria seca depende fundamentalmente da eficiência das folhas em utilizar a luz incidente e de como essa luz é distribuída ao longo do dossel. Os mesmos autores observaram que a utilização da energia solar é influenciada alguns fatores, como, propriedades óticas das folhas, intensidade de luz, distribuição espacial das folhas. Verhagen et al. (1963) e Pearce et al. (1965) mostraram que a produção de forragem depende, em última análise do uso da luz que é interceptada pelo dossel.

O aumento da biomassa em uma área cultivada depende do desenvolvimento de sua área foliar. Segundo Loomis e Williams (1969), a arquitetura do dossel interfere tanto na distribuição da luz dentro da população de plantas como na circulação de ar, afetando os processos de transferência de CO<sub>2</sub> e evapotranspiração. Portanto, a arquitetura do dossel vegetativo é determinante dos padrões de interceptação luminosa pelas plantas e, provavelmente, a característica mais importante que determina sua habilidade competitiva pela luz é a altura. Pequenas diferenças em altura podem ter grandes efeitos na competição por luz, pois uma diferença mínima é suficiente para uma folha sobrepor-se à outra (Loomis e Williams, 1969).

A arquitetura do dossel numa pastagem pode ser expressa, em parte, pelo seu índice de área foliar (IAF), conceito desenvolvido por Watson (1947) e definido como a relação entre a área foliar e a área de solo que essas folhas ocupam, e que possibilita um melhor entendimento das relações entre a interceptação luminosa e o acúmulo de matéria seca em estande de plantas. A distribuição do IAF pelo perfil do dossel em estandes com diferentes arquiteturas pode explicar, parcialmente, eventuais diferenças observadas em produção, embora seja comprovada a existência de interações entre a morfologia e o regime de desfolhação (Rhodes, 1971).

Quando os intervalos entre desfolhações são curtos, plantas com maior proporção do IAF na parte inferior do dossel apresentam maior IAF residual, o que assegura uma rápida rebrota inicial após desfolhação, através de uma maior interceptação luminosa. Entretanto, se o período de rebrotação é longo, as plantas de crescimento mais alto e ereto, com maiores proporções do IAF nas regiões intermediária e superior do dossel, têm tempo suficiente para acumular um grande IAF e utilizam melhor a radiação incidente sendo, portanto, mais produtivas (Rhodes, 1973). À medida que o índice de área foliar aumenta ocorre um decréscimo na penetração de luz até o nível do solo durante o crescimento de uma cultura hipotética (Brown, 1984).

Segundo Bernardes (1987), as diferenças de interceptação de luz e taxa fotossintética de dossel relacionadas com ângulo foliar ocorrem principalmente para luz direta, e são também dependentes da elevação solar. Assim, para ângulo foliar de  $0^\circ$  (folhas planófilas), as variações na produção de matéria seca em função do IAF ou da hora do dia são pequenas. Para um ângulo foliar de  $80^\circ$ , a produção é maior quanto maior for o IAF, ocorrendo diferenças nas produções de matéria seca nas horas de maior disponibilidade de radiação direta, em relação às horas em que predomina radiação difusa.

Rhodes (1973), em revisão sobre relações entre estrutura do dossel e produtividade em plantas forrageiras, concluiu que a máxima taxa de crescimento de cultura (TCC, acúmulo de MS por unidade de área por unidade de tempo) era alcançada quando o IAF era tal que o dossel conseguia interceptar praticamente toda a energia luminosa incidente (IAF ÓTIMO). Observou ainda que gramíneas de hábito de crescimento ereto, determinado geneticamente ou por manejo, possuíam um baixo



coeficiente de extinção de luz ( $k$ ) e um IAF mais elevado que gramíneas prostradas (Sheehy e Cooper, 1973).

Brougham e Glenday (1967) ajustaram uma curva de crescimento para estandes de plantas forrageiras onde existiam três fases distintas. Na primeira, as taxas de acúmulo aumentavam de forma exponencial com o tempo. A segunda fase era linear e no seu decorrer a sua inclinação era máxima, portanto a taxa de acúmulo também. Numa terceira fase a taxa de acúmulo era decrescente e, eventualmente, chegava a zero. A segunda fase, onde o acúmulo era linear, foi associada com o período onde a diferença entre fotossíntese e respiração é máxima, gerando balanço positivo máximo de carbono no dossel (Brougham, 1955, 1956). Nessa fase seria definido o IAF ÓTIMO, onde as folhas basais estão sombreadas na exata extensão para que estejam no ponto de compensação luminosa (Brougham e Glenday, 1967). A caracterização da arquitetura do dossel é, portanto, essencial para a compreensão dos processos relacionados com a interceptação luminosa e dela decorrentes, tais como, produtividade e evapotranspiração, entre outras (Welles e Norman, 1991).

A eficiência do dossel na conversão de 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 e ao longo do perfil do dossel (Cooper e Wilson, 1970), embora a utilização da energia solar possa ser limitada por outros fatores como temperatura inadequada, déficit hídrico e/ou déficit nutricional (da Silva e Pedreira, 1997). Além de fatores ligados à produção como distribuição de luz no dossel e fotossíntese, a circulação de ar também é afetada pelas variações morfológicas, interferindo nos processos de transferência de  $\text{CO}_2$  e evapotranspiração, que são fortemente dependentes do microclima do dossel devido à sua arquitetura (Loomis e Williams, 1969).

A arquitetura do dossel pode ser caracterizada pelo IAF e, normalmente, quanto maior o IAF, maior a capacidade do dossel interceptar luz (Sbrissia e da Silva, 2001), embora isso nem sempre possa ser considerado verdadeiro. A distribuição do IAF ao longo do perfil do dossel pode explicar, em parte, as eventuais diferenças em produção, além de determinar diferentes regimes ótimos de desfolhação devido às diferenças morfológicas entre plantas (Rhodes, 1971). Ângulos foliares também são importantes

na caracterização da arquitetura do dossel, pois não afetam somente a iluminação relativa de uma folha totalmente exposta, mas também, a sombra projetada e o fluxo de radiação disponível às folhas inferiores (Loomis e Williams, 1969), afetando a extensão de penetração da luz no dossel (Pedreira et al., 2001).

### 2. 3 Fotossíntese foliar e produtividade

Folhas individuais apresentam grande variação em sua capacidade fotossintética, que é determinada por vários fatores como a quantidade de radiação solar incidente, temperatura, suprimento de água e, principalmente, o estágio de desenvolvimento da folha (Zelich, 1982; Pedreira et al., 2001) o que faz com que a variação de tais fatores dentro do dossel resultem em taxas de fotossíntese foliar que freqüentemente não estejam bem correlacionadas com a produção de forragem.

Ao longo do perfil vertical de um dossel, as variações de temperatura e luminosidade são grandes, além da diferença na idade fisiológica das folhas, o que lhes confere diferentes potenciais fotossintéticos (Loomis e Williams, 1969). Braga et al. (2002, 2003) encontraram diferentes taxas de fotossíntese para folhas em diferentes níveis de inserção no eixo de perfilhos de *B. brizantha* cv. Marandu, sendo a folha mais jovem completamente expandida a que apresentou maiores taxas fotossintéticas.

Salomão et al.(2005) objetivando caracterizar o potencial fotossintético de folhas de capim Tobiata (*Panicum maximum* Jacq.) e contrastar taxas fotossintéticas medidas em três pontos da lâmina foliar, concluíram que as taxas de fotossíntese foliar são variáveis em função da localização da medição na lâmina foliar e os valores mais expressivos do potencial de cada folha ocorrem do ponto médio para o ápice foliar. Acock (1991) associou a baixa atividade fotossintética de folhas basais com a diminuição na condutância estomática e na respiração dessas folhas. Braga et al. (2002), registraram redução no ponto de compensação luminosa de folhas de capim-marandu, passando de 36 para 10  $\mu\text{mol}$  fótons  $\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$  e na respiração, passando de 3,0 para 1,0  $\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , nas folhas mais jovem, ainda em expansão e mais velha, respectivamente.

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 de perdas respiratórias reduzidas (Zelich, 1982). Nelson et al. (1975), no entanto, consideraram a fotossíntese foliar como o fator primário da produtividade das culturas, e Sinclair et al. (2001) descreveu a eficiência do uso da radiação como sendo fortemente dependente da máxima taxa de fotossíntese foliar. Reduções nessas taxas devido a sombreamento, senescência ou estresses causados por pragas, doenças e deficiência hídrica ou nutricional, diminuem a eficiência do uso de radiação (Cooper e Wilson, 1970).

Folhas recém expandidas fazem fotossíntese com intensidade máxima e os assimilados servem não apenas para sua própria manutenção como para atender às necessidades do meristema apical, do sistema radicular e das folhas em formação. A folha cujo limbo está parcialmente exposto, não transloca assimilados para outras partes do perfilho, usando-os para o seu próprio desenvolvimento (Milthorpe e Davidson, 1966).

Segundo Loomis e Amthor (1999) dependendo do ambiente, as folhas se desenvolvem com diferentes números e tipos de células, diferentes números de cloroplastos por células, e com variações na quantidade e proporção de tilacóides e componentes do ciclo de redução de carbono. Mudanças nesses fatores mostram-se mais relacionados à atividade fotossintética e com o investimento de N na estrutura foliar.

Mudanças de aclimatação são contínuas numa escala de tempo de dias a semanas ao longo da vida da folha, dependendo da luminosidade do ambiente e posição no dossel. A aclimatação da folha à luminosidade é mais proporcional à média diária do que ao pico de radiação (Chabot et al., 1979). Esta habilidade é importante, pois folhas novas geralmente emergem no topo do dossel, a pleno sol e mais tarde são cobertas passando a fazer parte do interior do dossel, e outras folhas se desenvolvem acima sombreando-as, assim sucessivamente.

Folhas  $C_3$  sob pleno sol, tipicamente têm mais do seu N foliar envolvido no transporte de elétrons e na redução de carbono e menos na colheita de luz do que folhas de sombra (Terashima e Evans, 1988; Evans, 1993; Pons e Pearcy, 1994).

Essas propriedades também variam com a profundidade dentro do dossel em que se encontra a folha a partir da superfície iluminada pelo sol (Evans, 1995; Terashima e Hikosaka, 1995). Ajustes para suprir o limite de N na folha são especialmente importantes, envolvendo mudanças no número e tamanho de novas folhas assim como nas proporções de tilacóides e nos componentes do ciclo de redução de carbono com profundidade do dossel (Loomis e Amthor, 1999).

A distribuição ótima de N nas folhas dentro do dossel é importante e tem recebido atenção em anos recentes. A aclimação foliar, além disso, envolve a arquitetura do dossel, o caminhamento solar, as condições do céu e o tempo de permanência na estação do ano (Loomis, 1993). Para culturas jovens, com área foliar pequena, aumentos na área foliar para melhorar a interceptação luminosa, provem maiores benefícios do que incrementos na capacidade fotossintética das folhas existentes (através do aumento no teor de N por unidade de área foliar).

## **2. 4 Modelagem de fotossíntese de dossel**

Modelos matemáticos são uma alternativa simples e são largamente usados na avaliação de dados experimentais e em modelagem de crescimento de estandes vegetativo (Johnson e Thornley, 1984).

O problema principal em modelar a assimilação de carbono em culturas ou plantas é a exatidão de predição das taxas de fotossíntese de dossel, devido ao efeito do ambiente. Muitos modelos de fotossíntese para monoculturas têm sido propostos, os quais normalmente têm dois sub-modelos. O primeiro é envolvido com a interceptação de luz e arquitetura de dossel, e calcula a irradiância no interior do dossel. O segundo sub-modelo descreve as taxas de fotossíntese foliar em função dessa radiação, onde as taxas de fotossíntese de dossel são obtidas pela integração do IAF ao longo do perfil do dossel (Johnson et al, 1989; Anten, 1997).

A maioria dos modelos de fotossíntese de dossel, requerem um grande banco de dados, oriundo de medidas diretas, que embora exatas, são usualmente onerosas e destrutivas (Anten, 1997). Um modelo simples de fotossíntese de dossel que requeira somente poucas medidas não destrutivas deveria ser apropriado, especialmente, se se

deseja fazer estimativas de medidas repetidas de fotossíntese de dossel ao longo do tempo. Vários modelos têm sido desenvolvidos, descrevendo a relação entre estrutura e distribuição de luz no dossel, até o ponto em que a metodologia prática de medidas de distribuição de ângulos foliares limita o progresso.

Goudriaan (1988) simplificou esses modelos e mostrou que a distribuição de luz no dossel, pode ser descrita assumindo a existência de três classes de ângulos foliares, de modo que não seria necessária a utilização de um banco de dados grande e refinado. A resposta da fotossíntese foliar a luz é descrita por uma hipérbole não retangular (Johnson e Thornley, 1984). O problema mais complexo é a descrição da variação da capacidade da fotossíntese foliar com a profundidade do dossel. As taxas de fotossíntese em luz saturada, geralmente caem com a diminuição crescente da radiação nas folhas e com o aumento na profundidade do dossel (Johnson et al, 1989).

Rymph (2004) propôs um modelo capaz prever respostas agronômicas de espécies forrageiras ao manejo e ao ambiente e que pode ser usado no desenvolvimento das estratégias de manejo de colheita de forragem, para melhorar o manejo de nutrientes nas fazendas e assistir na tomada de decisão sobre o melhor momento para a colheita por corte ou por pastejo. As abordagens e métodos tradicionais de uso baseados em calendário (tempo cronológico) para colheita para gramíneas tropicais, com períodos fixos de rebrotação são inflexíveis e muito generalizados para serem usados no planejamento ou na avaliação de novas estratégias de utilização idealizadas para necessidades específicas. Modelos agronômicos devem, idealmente, ser capazes de prever respostas produtivas, qualitativas e fisiológicas de acordo com mudanças nas condições ambientais e fatores de manejo, o que permitiria comparar vários sistemas de manejo e determinar a melhor adaptação para cada situação em particular. Além disso, como uma ferramenta, um modelo deve apoiar a atividade de pesquisas e de extensão selecionando práticas de manejo e subsidiando o desenvolvimento de recomendações de manejo, permitindo testes práticos virtuais, e usando conhecimento e experiência para planejar melhores experimentos de campo. Assim, o processo de desenvolvimento de novas tecnologias pode ser acelerado e ter seus custos reduzidos.

Modelos como o de Boote e Jones (1987) permitem integrar alguns fatores tais como IAF, coeficiente de extinção luminosa, densidade de fluxo da radiação e máxima taxa de fotossíntese por folha, sendo, dessa maneira, capazes de estimar a fotossíntese do dossel, quantificando o potencial de captura e fixação de carbono pelo estande de plantas (Johnson et al., 1989). Para otimizar o sistema de produção animal, trabalhando com modelos, é necessário o conhecimento de aspectos morfofisiológicos das plantas forrageiras e, para isso, é preciso compreender os efeitos da ação do animal envolvidos na rebrotação das plantas e, conseqüentemente, na sua produção.

## **2. 5 Manejo do pastejo**

Idealmente, manejo de pastagens deveria ser baseado no que Rodrigues e Rodrigues (1987) chamaram de potencial de reposição de folhas. Esse conceito é abrangente, pois engloba os seguintes aspectos: admite a importância dos carboidratos não estruturais como fonte de energia prontamente disponível, que seria utilizada pelas plantas logo após a desfolhação para manter suas atividades vitais; respeita a importância da manutenção do índice de área foliar residual, e aparato fotossintético, afetando sensivelmente as taxas de rebrotação; destaca a importância da preservação do meristema apical para uma rápida reposição de folhas nas pastagens. Apesar desses conceitos serem corretos e importantes para explicar a resposta da planta após a desfolha, parecem não ser suficientes para orientar a determinação do melhor manejo, pois o ecossistema de pastagem é bastante complexo e envolve inter-relações entre clima, planta, solo, animal e manejo.

Mais recentemente a pesquisa tem feito uso de variáveis-guia, para apresentar propostas de manejo do pastejo embasadas no conhecimento da gramínea forrageira sob pastejo e que sejam, de preferência, de fácil adoção no campo. Para tanto, o conhecimento de características morfológicas e estruturais do dossel, passam a ser ferramentas-chave na determinação de práticas manejo. Como demonstrado por Chapman e Lemaire (1993), essas características culminam na determinação do IAF, e interferir no manejo do pastejo é manipular o IAF.

Esse tipo de informação é mais facilmente encontrado na literatura quando se refere às plantas de clima temperado, as quais possuem uma série de respostas e características já bastante estudadas. Com base nisso, alguns trabalhos foram feitos, na tentativa de definir parâmetros de manejo, para gramíneas de clima tropical, que possuem morfologia e fisiologia, bastante distintas das espécies forrageiras de clima temperado.

Korte et al. (1982) estudaram azevém perene (*Lolium perenne* L.) consorciado com trevo branco (*Trifolium repens* L.) sob diferentes estratégias de desfolhação (quatro intensidades e duas freqüências de pastejo). As freqüências eram baseadas em interceptação luminosa (IL), onde a desfolhação era iniciada aos de 95% de IL ou duas semanas após esta e as intensidades baseadas no IAF residual. Durante a primavera/verão houve interação entre freqüência e intensidade para o acúmulo de forragem total e de massa verde. Nos casos onde o pastejo foi feito a 95% de IL, o acúmulo foi maior para as maiores intensidades e, em contraste, o tratamento de menor freqüência teve o acúmulo total de forragem menor para a mesma intensidade durante o verão. Durante o outono/inverno os números se inverteram, com os melhores acúmulos de massa verde conseguidos na menor freqüência, a qual também apresentou menores quantidades de material morto. Durante o verão, Korte et al. (1982) relataram que o desenvolvimento reprodutivo de azevém perene foi marcadamente afetado pela intensidade de pastejo, resultando em pastos com diferentes quantidades de forragem residual e material morto. O IAF medido por Korte et al. (1982) a 95% de IL não foi afetado pela freqüência de pastejo no verão, outono e inverno. Porém, durante o verão, os maiores IAFs medidos a 95% de IL foram onde os pastejos prévios tinham sido de maior intensidade comparados com aqueles mais lenientes. Os IAFs a 95% de IL foram menores no outono e inverno do que no verão. O IAF médio foi 11% maior para a menor freqüência, mas não diferiu entre as intensidades.

Baseado nos números acima, Korte et al. (1982) concluíram que na fase vegetativa a observância dos 95% de IL é a mais indicada para maximização da produção. Porém, o controle do desenvolvimento na fase reprodutiva da forragem, através de uma desfolhação intensa, é mais importante que o controle da área foliar e

da IL, devido à mudança na estrutura (abertura do dossel) com crescimento de hastes e maior penetração de luz no mesmo.

Carnevali (2003) trabalhando com pastos de capim-mombaça sob lotação intermitente, utilizou duas alturas de resíduo (intensidade) e duas condições de pré-pastejo, 95 e 100 % de IL (freqüências) e relatou um padrão dinâmico de acúmulo de forragem, regido basicamente por disponibilidade de luz e tamanho do aparato fotossintético, assim como, previamente descrito para azevém perene (Brougham, 1956). Durante o período de rebrotação, o acúmulo foi caracterizado basicamente pelo incremento em folhas (semelhante a plantas de clima temperado) até que o dossel atingisse 95% de IL. A partir daí, ocorreu uma diminuição no acúmulo de folhas e um aumento acentuado no acúmulo de colmos e material senescente. Nos tratamentos de resíduo de 50 cm, com área foliar residual maior, apesar da maior velocidade de rebrotação e da maior massa de forragem em pré-pastejo dos tratamentos com pastejos iniciados a 100% de IL, (maior período de descanso), a produtividade foi menor que nos tratamentos de resíduo de 30 cm, devido à maior quantidade de forragem colhida em função do corte mais baixo, e dentre esses, a maior produtividade foi para aqueles, onde o pastejo era iniciado a 95% de IL, devido às menores perdas por senescência, em função da maior freqüência dos pastejos. Segundo Bueno (2003), pastejos mais freqüentes, propiciados pelo pastejo iniciado com 95 % IL do dossel em capim-mombaça, permitiram também um controle mais efetivo do florescimento das plantas, especialmente quando associados ao resíduo de 30 cm.

Carnevali (2003) sugeriu que a estratégia de colheita da forragem deve ser baseada em parâmetros que exerçam influência sobre a estrutura do dossel (e.g. interceptação luminosa) para que, possam ser manipulados conforme a necessidade do sistema de produção de forma objetiva, correlacionando quantidade e qualidade de forragem. Apesar de interceptação luminosa não ser um parâmetro de caráter prático como determinante da entrada dos animais para o pastejo, apresentou alto grau de associação com altura do dossel, sugerindo que essa poderia ser utilizada como parâmetro-guia no manejo do capim-mombaça, que deveria ser pastejado quando os pastos atingissem 90 cm de altura e os animais retirados com um resíduo de 30 cm, numa condição de lotação intermitente (Uebele, 2002; Carnevali, 2003).



Mello (2002) trabalhando com capim-tanzânia revelou que a condição de 95% de IL pelo dossel forrageiro foi consistentemente caracterizado por uma altura em torno de 65 a 70 cm. Da Silva e Corsi (2003), baseado nos trabalhos de Mello (2002), Penati (2002) e Balsalobre (2002), sugeriram que o manejo do pastejo dessa espécie sob lotação intermitente deve ser caracterizado por uma altura em pré-pastejo de 70 cm e uma altura de resíduo de pós-pastejo em torno de 30 cm, baseando-se em resultados de composição morfológica e bromatológica da forragem produzida e o desempenho de bovinos de corte em pastejo.

Para capim-marandú sob lotação contínua, Sbrissia (2004) sugeriu que existem exigências sazonais com relação ao manejo do pastejo, e relatou que os valores de acúmulo líquido de forragem indicaram que a otimização da produção (balanço entre crescimento e senescência) ocorreu entre as alturas de 20 e 30 cm, durante o verão, mas na época de inverno e início da primavera, as alturas devem ser em torno de 15 cm.

Pinto (2000) mostrou o acúmulo de forragem em pastos de *Cynodon* sp. (Tifton 85, Florakirk e Coastcross) sob lotação contínua, usando uma amplitude de condições de dossel variando de 10 a 20 cm de altura (3.500 a 5.500 kg MS ha<sup>-1</sup>). As taxas de acúmulo foram relativamente constantes, mas o autor sugeriu que o manejo do pastejo mais apropriado seria aquele, onde os pastos fossem manejados num intervalo de alturas de 15 a 20 cm.

Tanto o trabalho de Sbrissia (2004), quanto o de Pinto (2000) indicam uma grande flexibilidade de manejo dessas plantas forrageiras, uma vez que a amplitude de condições do dossel para que os equilíbrios fossem mantidos correspondeu a um universo grande de possibilidades em termos de regimes de desfolhação que podem ser realizados em condições de campo.

Segundo Da Silva e Corsi (2003), de maneira geral, as forrageiras de clima tropical e subtropical apresentam padrões de respostas análogos a plantas forrageiras de clima temperado, condicionados e determinados por variações em estrutura do dossel, as quais estão em amplitudes passíveis de serem mantidas na prática por meio de estratégias de pastejo, sem prejudicar a produção de forragem. Assim, taxas de lotação e períodos de descanso são ferramentas utilizadas na geração e manutenção das

metas de condição de dossel estipuladas e não como controladoras e/ou caracterizadoras do manejo da desfolhação.

Com base nisso, estudos que contribuam para uma utilização eficiente do capim-xaraés, visando um equilíbrio entre aspectos fisiológicos da planta e praticidade de manejo, do ponto de vista do sistema de produção, são sempre válidos. Principalmente quando se leva em conta que o capim-xaraés, lançado recentemente, vem sendo largamente utilizado nos sistemas de produção animal por todo país, e sua utilização vem sendo baseada em recomendações um tanto quanto genéricas.

### Referências

ACOCK, B.; CHARLES-EDWARDS, D. A.; FITTER, D. J.; HAND, D. W.; LUDWIG, L. J.; WARREN-WILSON, J.; WITHERS, A. C. The contribution of leaves from different levels within a tomato crop to canopy net photosynthesis: an experimental examination of two canopy models. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 29, p. 815-827, 1978.

ANTEN, N. P. R. Modeling canopy photosynthesis using parameters determined from simple non-destructive measurements. **Ecological Research**. Tokyo, v. 12, p. 77-88, 1997.

BALSALOBRE, M. A. A. **Valor alimentar do capim Tanzânia irrigado**. 2002. 113 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

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.

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: J. Biggins (Ed). **Progress in photosynthesis research**. The Hague: Martinus Nijhoff Publ., 1987, v. 4, p. 415-418.

BRAGA, G. J.; PEDREIRA, C. G. S.; HERLING, V. R.; LUZ, P. H. C. Attenuation of the photosynthesis in a canopy of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. In: WORLD CONFERENCE ON ANIMAL PRODUCTION, 9., 2003, Porto Alegre. **Proceedings...** Porto Alegre:WAAP, 2003, p. 111.

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 SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39, Recife, 2002. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. 1 CD ROM.

BRASIL. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Capim-Xaraés tem registro de origem e garantia da Embrapa.** Disponível em: <<http://www.embrapa.br:8080/aplic/bn.nsf/f7c8b9aeabc42c8583256800005cfec7/1776761d7f3ec1c083256cb800516f67?OpenDocument>>. Acesso em: 13 mar. 2004c.

BRASIL. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Xaraés é o mais novo capim lançado pela Embrapa Gado de Corte.** Disponível em: <<http://www.cnpqg.embrapa.br/salaimprensa/2001/xaraes/xaraes.html>> Acesso em: 13 mar. 2004b.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário de 1995-1996.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 13 mar.2004a.

BROUGHAM, R. W. A study in rate of pasture growth. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 6, p. 804-812, 1955.

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

BROUGHAM, R. W.; GLENDAY, A. C. Grass growth in midsummer: a reinterpretation of published data. **Journal of British Grassland Society**, London, v. 22, p 100-107, 1967.

BROWN, R.H. Growth of the green plant. In: TESAR, M.B. (Ed). **Physiological basis of crop growth and development**. Madison: ASA-CSSA, 1984. p.153-174.

BUENO, A. A. O. **Características estruturais do dossel forrageiro, valor nutritivo e produção de forragem em pastos de capim-mombaça submetidos a regimes de lotação intermitente**. 2003. 124p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

BÜRGI, R.; PAGOTTO, D.S. Aspectos mercadológicos dos sistemas de produção animal em pastagens In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DA PASTAGEM, 19., 2002, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2002. p. 217-231.

CARNEVALLI, R. A.; **Dinâmica da rebrotação de pastos de capim-mombaça submetidos a regimes de desfolhação intermitente**. 2003. 136 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

CHABOT, B.F.; JURIK, T.W.; CHABOT, J.F. Influence of instantaneous and integrated light-flux density on leaf anatomy and photosynthesis. **American Journal of Botany**, New York, v. 66, p. 940–945, 1979.

CHAPMAN, D.; LEMAIRE, G. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 17., 1993, Palmerston North. **Proceedings...** Palmerston North. 1993. p. 95-104.

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

DA SILVA, S. C.; CORSI, M. Manejo do pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 20., 2003, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2003. p.155-186.

DA SILVA, S. C.; PEDREIRA; C. G. S. Princípios de ecologia aplicados ao manejo da pastagem. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMAS DE PASTAGENS, 3., 1997, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, 1997. p. 1-62.

EUCLIDES, V. P. B. **Algumas considerações sobre o manejo de pastagens.** Campo Grande: EMBRAPA/CNPQC, 1995. 31 p. (Documentos, 57).

EVANS, J.R. Photosynthetic acclimation and nitrogen partitioning within a lucerne canopy. I. Canopy characteristics. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v. 20, p. 55–67, 1993.

EVANS, J.R. Carbon fixation profiles do reflect light absorption profiles in leaves. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v. 22, p. 865–873, 1995.

FARIA, V. P.; PEDREIRA, C. G. S.; SANTOS, F. A. P. Evolução do uso de pastagens para bovinos. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 13., 1996, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1996. p. 1-14.

GOUDRIAAN, J. The bare bones of leaf angle distribution in radiation models for canopy photosynthesis and energy exchange. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 43, p. 155-169, 1988.

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.

JOHNSON, I. R.; THORNLEY, J. H. M. A model of instantaneous and daily canopy photosynthesis. **Journal of Theoretical Biology**, London, v. 107, p. 531-545, 1984.

KORTE, C.J.; WATKIN, B.R.; HARRIS, W. Use of residual leaf area index and light interception as criteria for spring grazing management of ryegrass-dominant pasture. **New Zealand of Agricultural Research**, Wellington, v. 25, p. 309-310, 1982.

LOOMIS, R. S.; WILLIAMS, W. A. Productivity and the morphology of crop stands: patterns with leaves. In: EASTIN, J. D.; HASKINS, F. A.; SULLIVAN, C. Y.; VAN BAVEL, C. H. M. (Ed). **Physiological aspects of crop yield**. Madison: ASA/CSSA/SSA, 1969. p. 27-47.

LOOMIS, R.S. Optimization theory and crop improvement. In: D.R. Buxton et al. (Ed.) **International crop science**, Madison: CSSA, 1993. p. 583–588.

LOOMIS; R. S.; AMTHOR J. S. Yield Potential, Plant Assimilatory Capacity, and Metabolic Efficiencies. **Crop Science**, Madison, v. 39, p.1584-1596. 1999.

MACEDO, M. C. M. Pastagens no ecossistema Cerrados: pesquisa para o desenvolvimento sustentável. In: SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSISTEMAS BRASILEIROS, 1995, Brasília. **Anais...** Brasília: SBZ, 1995. p. 28-62.

MELLO, A. C. L. **Respostas morfofisiológicas do capim-tanzânia (*Panicum maximun* cv Tanzânia) irrigado à intensidade de desfolha sob lotação rotacionada**. 2002. 67p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

MILES, J.W.; DO VALLE, C.B.; RAO, I.M.; EUCLIDES, V.P.B. Braciariagrasses, IN: MOSER, L.E.; BURSON, B.L.; SOLENBERGER, L.E. (Ed). **Warm-Season (C<sub>4</sub>) Grasses**. Madison: ASA/CSSA/SSA, 2004. cap. 22, p. 745-783.

MILTHORPE, F. L.; DAVIDSON, J. L. Physiological aspects of regrowth in grasses. In: MILTHORPE, F. L.; IVINS (Ed). *The growth of cereals and grasses*, 1966, p. 241-254.

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

NUNES, S. G.; BOOCK, A.; PENTEADO, M. I. O.; GOMES, D. T. **Brachiaria brizantha cv. Marandu**. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC, 1984. 31p. (Embrapa-CNPGC, Documentos, 21).

PARSONS, A. J.; LEAFE, E. L.; COLLET, 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.

PEARCE, R. R.; BROWN, R. H.; BLASER, R. E. Relationships between leaf area index, light interception and net photosynthesis in orchardgrass. **Crop Science**, Madison, v. 5, p. 553-556. 1965.

PEDREIRA, C. G. S.; MELLO, A. C. L. de; OTANI, L. O processo de produção de forragem em pastagens. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001, p. 772-807.

PENATI, M. A. **Estudo do desempenho animal e produção do capim-tanzânia (*Panicum maximun*, Jacq.) em um sistema rotacionado de pastejo sob irrigação em três níveis de resíduo pós-pastejo**. 2002. 117p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

PINTO, L. F. M. **Dinâmica de acúmulo de matéria seca em pastagens de *Cynodon* spp. submetidos a pastejo**. 2000. 124p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

PONS, T.L.; R.W. PEARCY. Nitrogen reallocation and photosynthetic acclimation in response to partial shading in soybean plants. **Physiologia Plantarum**, Kobenhavn, v. 92, p. 636–644, 1994.

RHODES, I. Relationships between canopy stricture and productivity in herbage grasses and its implication for plant breeding. **Herbage Abstracts**, Farm Royal, v.43, p. 129-133, 1973.

RHODES, I. The relationship between productivity and some components of canopy structure in ryegrass (*Lolium spp.*). II. Yield, canopy structure and light interception. **Journal of Agricultural Science**, New York, v. 77, p.283-292, 1971.

RODRIGUES, L. R. A.; RODRIGUES, J.D. Ecofisiologia de plantas forrageiras. In: CASTRO, P.C.R.; FERREIRA, S.O.; YAMADA, T. **Ecofisiologia da Produção Agrícola**. Piracicaba: Potafós, 1987. p.203-230.

RYMPH, S.J. **Modeling growth and composition of perennial tropical forage grasses**. 2004. 316 p. Dissertation (Doctor of Philosophy). University of Florida, Gainesville, 2004.

SALOMÃO, K.; PEDREIRA, B.C.; LARA, M.A.S; NAVE, R.L.; BARTHMANN NETO, D.; MORENO, L.S.B.; PEDREIRA, C.G.S. Fotossíntese foliar de capim Tobiatã depende da região da lâmina usada na medição. IN: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA USP, 13., 2005, Piracicaba. **Anais...** , Piracicaba: ESALQ, 2005.

1 CDROM

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



SBRISSIA, A. F.; Da SILVA, S. C. O ecossistema de pastagens e a produção animal. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001, p. 731-754.

SHEEHY, J.E.; COOPER, J. P. Light interception, photosynthetic activity, and crop growth rate in canopies of six temperate forage grasses. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 10, p. 239-250, 1973.

SINCLAIR, T.R.; MISLEVY, P.; RAY, J.D. Short photoperiod inhibits winter growth of subtropical grasses. **Planta**, New York, v.213, p.488-491, 2001.

TERASHIMA, I.; J.R. EVANS. Effects of light and nitrogen nutrition on the organization of the photosynthetic apparatus in spinach. **Plant and Cell Physiology**, Camberra, v. 29, p. 143–155. 1988.

TERASHIMA, I.; K. HIKOSAKA. Comparative ecophysiology of leaf and canopy photosynthesis. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v. 18, p. 1111–1128. 1995.

UEBELE, M. C. **Padrões demográficos de perfilamento e produção de forragem em pastos de capim-mombaça submetidos a regimes de lotação intermitente.** Piracicaba, 2002. 83p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

VALLE, C.B.; JANK, L.; RESENDE, R.M.S. et al. Lançamentos de cultivares forrageiras: o processo e seus resultados – cvs. Massai, Pojuca, Campo Grande, Xaraés. In: NÚCLEO DE ESTUDOS EM FORRAGICULTURA, 4., 2003, Lavras. **Anais...** Lavras: Editora UFLA, 2003. p.179-225.

VERHAGEN, A. M. W.; WILSON, J.H.; BRITTEN, E. J. Plant production in relation to foliage illumination. **Annals of Botany**, Oxford, v. 27, n. 108, p. 626-640, 1963.

WATSON, D.J. Comparative physiological studies on the growth of field crops. I. Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. **Annals of Botany**, Oxford, v.11, p. 41-76, 1947.

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

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

ZIMMER, A.; SILVA, M. P.; MAURO, R. Sustentabilidade e impactos ambientais da produção animal em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 19., 2002, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2002. p. 31-58.

### 3 ESTUTURA DO DOSSEL E ACÚMULO DE FORRAGEM EM PASTAGENS DE CAPIM-XARAÉS [*Brachiaria brizantha* (A. Rich.) Stapf. cv. Xaraés] EM RESPOSTA A ESTRATÉGIAS DE PASTEJO ROTACIONADO

#### Resumo

A produção de matéria seca depende fundamentalmente da eficiência das folhas em utilizar a luz incidente e de como essa luz é distribuída ao longo do dossel. A utilização da energia solar é influenciada basicamente por três fatores: intensidade de luz, distribuição espacial das folhas, e propriedades óticas das folhas. As estratégias de manejo do pastejo são determinantes na eficiência do sistema de produção, e afetam diretamente a estrutura do dossel, alterando a dinâmica do acúmulo e a composição morfológica da forragem produzida. O objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho agrônomo do capim-xaraés [*Brachiaria brizantha* (A. Rich.) Stapf. cv. Xaraés] em respostas a estratégias de pastejo rotacionado, planejado segundo cronogramas distintos, com base em interceptação luminosa (IL) e tempo cronológico. Assim, os piquetes com pastejos realizados 95% de IL foram pastejados seis vezes durante os 153 dias do experimento, enquanto que os manejados a 100% de IL foram pastejados quatro vezes e os manejados pelo calendário (28 dias de descanso) cinco vezes. Dosséis manejados a 95% de IL e 28 dias de descanso, apesar de possuírem valores médios de índice de área foliar) IAF semelhantes apresentaram alturas distintas, no pós-pastejo. A altura em pós-pastejo foi de 14,6 cm, muito próxima da meta de resíduo proposta (15 cm), e correspondeu a um IAF médio de 0,73, 42% de IL e ângulos foliares de 65,2°. No pré-pastejo os ângulos foliares não foram afetados pelas estratégias de manejo e corresponderam a um valor médio de 41,6 °. Para o tratamento 95% de IL a altura de pré-pastejo foi, em média, 29,5 cm e, para o 100% de IL, de 41,6 cm. Altura e IL estiveram altamente correlacionas em todos os tratamentos ( $r=0,84$ ). Isso sugere a eficiência da altura como um eficiente guia prático de manejo. A altura do dossel também mostrou correlação positiva com o IAF ( $r=0,92$ ). As estratégias de pastejo diferiram quanto ao acúmulo total de forragem durante o verão. O tratamento 100% de IL resultou em maior intervalo entre desfolhações e maiores acúmulos (22.760 kg MS ha<sup>-1</sup>) de forragem em relação aos tratamentos 95 % de IL e 28 dias (17.700 kg MS ha<sup>-1</sup>).

Palavras-chave: interceptação luminosa, índice de área foliar, ângulos foliares, produção

#### Abstract

Dry matter yield is ultimately dependent upon the efficiency with which light is captured and how light is distributed within the canopy profile. Use of incoming solar radiation is affected by three main factors: light intensity, leaf spatial distribution, and leaf optical properties. Management strategies of the grazed sward have a strong impact on grazing systems efficiency and affect sward structure by altering accumulation dynamics and plant part composition in accumulated forage. The objective of this research was to characterize the agronomic performance of Xaraés palisadegrass [*Brachiaria brizantha*

(A. Rich.) Stapf cv. Xaraés] as a response to rotational grazing, according to schedules based either on canopy light interception (LI) or calendar days. Paddocks grazed whenever canopy LI reached 95% were defoliated six times during the 153 days of the experimental period, whereas those grazed at 100% LI and every 28 days were harvested four and five times respectively. Swards managed at 95% LI and 28-d, despite having similar mean leaf area index (LAI), reached different heights at postgraze. Postgraze sward height was 14.6 cm, close to the planned target stubble height (15 cm) and that corresponded to a mean 0.73 LAI, 42% LI and 65,2° leaf angles. At pregraze leaf angles were not affected by grazing management (mean = 42°). Swards managed at 95% LI were 29.5 cm tall at pregraze and when managed at 100% LI, mean height reached 41.6 cm. Sward height and LI were highly correlated ( $r=0,84$ ) across treatments, which suggests the effectiveness of sward height as a practical grazing management guide. Sward height was also positively correlated ( $r=0.92$ ) with LAI. Grazing strategies differed in total forage yield during the warm rainy season. Grazing at 100% LI resulted in longer paddock rest periods and highest seasonal forage yield (22,760 kg DM ha<sup>-1</sup>) compared to the other two treatments (mean = 17,700 kg DM ha<sup>-1</sup>).

Key-words: light interception, leaf area index, leaf angle, production

### 3. 1 Introdução

O ecossistema pastagem é muito dinâmico, com os mecanismos e processos atuando de forma compensatória, de modo “homeostático”, o que dificulta a obtenção de resultados líquidos positivos provenientes de ações isoladas em qualquer compartimento do sistema (Da Silva e Sbrissia, 2001).

O crescimento de plantas está condicionado primariamente à obtenção de energia proveniente da radiação solar, que deve ser interceptada e utilizada nos processos fotossintéticos (Nabinger e Pontes, 2001). O tamanho da superfície de interceptação luminosa é representado pelas folhas, as quais, apesar de terem suas características determinadas geneticamente, podem ser influenciadas por fatores do meio. Assim, determinam o IAF e as características estruturais do dossel (Chapman e Lemaire, 1993), que por sua vez, interferem na forma como a forragem é oferecida aos animais. Nesse contexto, o estudo das características morfo-fisiológicas e estruturais das plantas forrageiras se faz necessário para promover o entendimento da dinâmica de produção de forragem e suas relações dentro de sistemas de produção animal em pastagens.

Estratégias de pastejo afetam as características da planta forrageira, a utilização de interceptação luminosa permite que a forragem seja colhida (por corte ou pastejo) numa condição fisiológica, sempre, semelhante. Em contrapartida, os métodos tradicionais de uso de estratégias de pastejo baseadas em calendário (tempo cronológico) para colheita para gramíneas tropicais, com períodos fixos de rebrotação são inflexíveis e generalistas. Contrastar estas estratégias de pastejo baseada em IL e tempo cronológico permitirá evidenciar as divergências entre esses dois métodos de colheita de forragem. Critérios morfo-fisiológicos da planta e estruturais do dossel são provavelmente mais adequados e mais próximos do ideal para maximizar e otimizar o desempenho de plantas sob pastejo.

O objetivo deste estudo foi avaliar características agrônomicas e morfológicas, tais como produção de forragem, altura do dossel, índice de área foliar (IAF), interceptação luminosa (IL), ângulos foliares do capim-xaraés submetidos a estratégias de pastejo rotacionado com a finalidade de conhecer as características dessa planta e, assim, possibilitar a inferência sobre a estratégia de mais indicada de manejo do pastejo.

## **3. 2 Material e Métodos**

### **3.2.1 Local e manejo da adubação**

O experimento foi conduzido em uma área experimental pertencente ao Departamento de Zootecnia da USP/ESALQ, localizada no município de Piracicaba-SP, a 580 m de altitude, 22°42' de latitude sul e 47°30' de longitude oeste, e com características médias das normais meteorológicas correspondentes a uma precipitação de 1002 mm e 23,6°C de temperatura média durante o verão (outubro a março).

O solo da área experimental é classificado como Nitossolo Vermelho Eutroférico típico (Embrapa, 1999) ou Kandiuudalfic Eutrudox (Soil Survey Staff, 1990), sem necessidade de correção (Tabela 1).

Tabela 1 – Análise de terra da área experimental

pH	CaCl <sub>2</sub>	M.O.	P	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V	S-SO <sub>4</sub>
		g/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	----- mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> -----			-----			%	Mg/dm <sup>3</sup>	
5,5		29	50	6,1	49	18	24	0	73	97	76	28

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

Foram feitas apenas adubações de produção, totalizando 120 kg N ha<sup>-1</sup> e 100 kg K ha<sup>-1</sup>, nas formas de (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> e KCl, respectivamente. Para tanto, foram realizadas duas adubações manuais, metade no início da estação (23/09/05) após pastejo uniforme e o restante no meio do ciclo, entre os dias 3 e 16 de Dezembro de 2005. Essa segunda adubação foi feita na condição pós-pastejo.

Durante os 153 dias do período experimental (22 de Setembro de 2005 a 22 de Fevereiro de 2006), os nove piquetes (120m<sup>2</sup>) foram pastejados de acordo com o cronograma específico de cada tratamento (com base em IL ou no calendário), deixando-se um resíduo de 15 cm de acordo com a recomendação da Embrapa (Brasil, 2005) para o capim-xaraés.

Os dados climáticos referentes ao período experimental (Figuras 1, 2 e 3) foram obtidos no posto meteorológico do Departamento de Ciências Exatas da ESALQ, distante cerca de 1 km da área experimental.

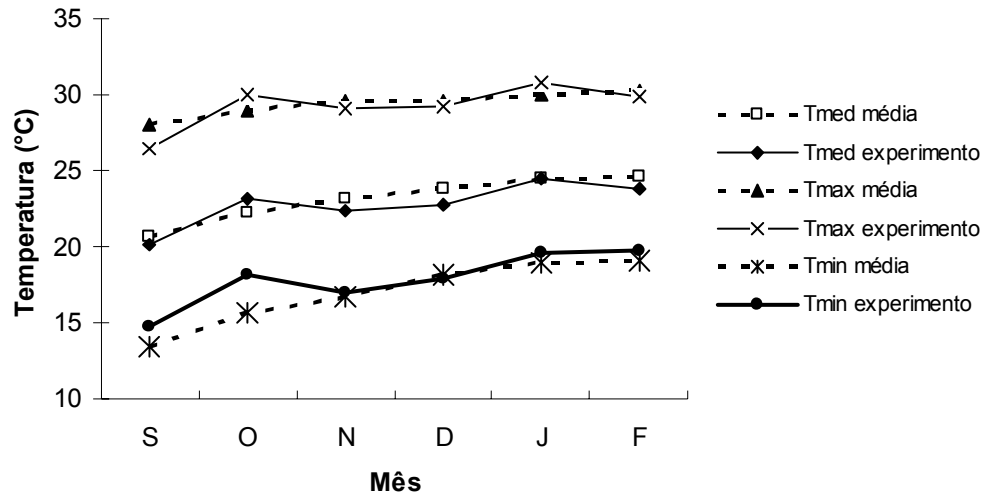


Figura 1 – Médias mensais das temperaturas máxima (Tmax), média (Tmed) e mínima (Tmin) ocorridas durante o período experimental, de Setembro/2005 a Fevereiro/2006, comparadas com dados médios de 1917 a 2005

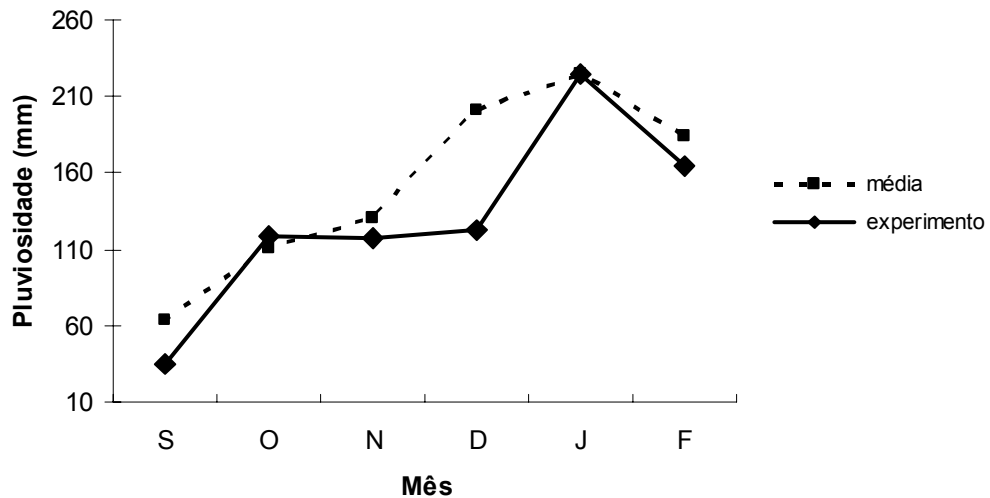


Figura 2 – Totais mensais de precipitação ocorrida durante o período experimental comparada com dados médios de 1917 a 2005

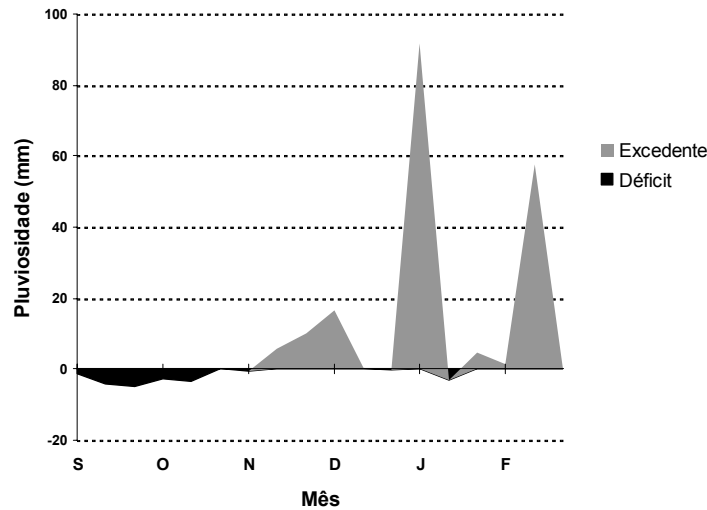


Figura 3 – Balanço hídrico do período experimental, por decênio

### 3.2.2 Delineamento experimental e manejo dos pastos

Os tratamentos corresponderam a 3 estratégias de pastejo, todas de lotação intermitente, sendo duas definidas em função da interceptação luminosa (IL) pelo dossel durante a rebrotação (95% e 100% para início do pastejo) e uma baseada no calendário cronológico (pastejo a cada 28 dias). O experimento seguiu um delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. A área de 1080 m<sup>2</sup> foi dividida em nove unidades experimentais (piquetes) de 120 m<sup>2</sup> cada. O pastejo foi feito por vacas das raças Holandesa (*Bos taurus taurus* L.) e Nelore (*Bos taurus indicus* L.) com peso médio de 350 kg. A técnica de “mob-grazing” foi usada para a realização dos pastejos, empregando-se grupos de animais para desfolhações rápidas (duração de 4 a 20 horas), mimetizando um cenário de pastejo intermitente. Cada piquete foi cercado com cerca elétrica para a contenção dos animais durante o pastejo (Figura 4). À medida que os animais pastejavam, medições de altura eram feitas até que o dossel atingisse, em média, 15 cm de altura.





Figura 4 – Vista da área experimental com animais em pastejo

### 3.2.3 Massa e acúmulo de forragem

Em cada ciclo de pastejo foram feitas amostragens para quantificação da massa forragem (MF) pré- e pós-pastejo cortando-se, em cada amostragem, a forragem contida no interior de duas molduras retangulares (0,5 x 1,00 m) por piquete a 10 cm da superfície do solo, em pontos do piquete onde a MF era representativa da média. Após o corte, as amostras foram levadas ao laboratório, onde foram pesadas. De cada amostra, foi tomada uma sub-amostra de aproximadamente 500 g que foi colocada em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C até peso constante, para secagem e posterior determinação de peso seco.

O acúmulo de forragem foi calculado através da diferença entre a MF no pré-pastejo atual e no pós-pastejo anterior para cada ciclo de pastejo. Esse valor foi dividido pelo número de dias de acúmulo de cada ciclo de pastejo de cada piquete (variável para os tratamentos 95 e 100% de IL e fixo para o tratamento 28 dias) gerando a taxa média de acúmulo de forragem ( $\text{kg MS ha}^{-1}\text{dia}^{-1}$ ) em cada ciclo de pastejo. Tanto o acúmulo quanto a taxa média de acúmulo de forragem foram ponderados para “meses”

devido à diferença entre o número de ciclos e intervalo entre pastejos dos tratamentos avaliados de forma que a base de comparação fosse a mesma durante a análise e interpretação dos resultados.

### **3.2.4 Composição morfológica**

Para descrever o acúmulo forragem durante a rebrotação foram acompanhados dois ciclos de pastejo durante o verão agrostológico. Em cada um desses dois ciclos (outubro/novembro e janeiro/fevereiro) foram feitas amostragens para caracterização morfológica e quantificação da MF no pós- e no pré-pastejo e a cada incremento de 5 cm de altura do dossel durante a rebrotação. Concomitantemente a essa avaliação, foi feita a avaliação de IL e ângulos foliares utilizando-se um analisador de dossel modelo LAI – 2000 (Li-Cor, Lincoln, Nebraska, EUA). No pós-pastejo a forragem contida em dois quadrados (0,33 x 1,20 m) foi cortada no nível do solo, colhendo a forragem representante do resíduo. Nas ocasiões subseqüentes, a cada 5 cm de incremento até o pré-pastejo, a amostra foi colhida por estrato de 5 cm, acima da altura de resíduo (15 cm). A amostra colhida em cada quadrado foi levada ao laboratório para separação manual nos componentes morfológicos folha (lamina foliares), colmo (colmos e pseudocolmos) e material morto, determinação do IAF com o auxílio de um integrador de área foliar, modelo LI-3100 (Li-Cor, Lincoln, Nebraska, EUA) e posteriormente levadas à estufa de circulação forçada a 65 °C até peso constante, para a composição da curva de acúmulo (massas de forragem a cada 5 cm de incremento gerando curvas de respostas).

### **3.2.5 Arquitetura do dossel**

As medições de altura, interceptação luminosa (IL), índice de área foliar (IAF) e ângulos foliares foram feitas durante todas as rebrotações, iniciando imediatamente após o pastejo, a cada sete dias e imediatamente antes do pastejo seguinte, objetivando caracterizar as variações estruturais da comunidade vegetal. Em cada avaliação, a altura foi medida em 20 pontos representativos da condição média do

dossel, utilizando-se régua e transparência. Para as avaliações relativas a IL, IAF e ângulos da folhagem foi utilizado o analisador de dossel LI-COR modelo LAI 2000 (LI-COR, Lincoln Nebraska, EUA), cujo funcionamento foi descrito por Welles e Norman (1991), e permite amostragens rápidas e não destrutivas. 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 uma imagem hemisférica de baixo para cima do dossel, através de detetores de sílica. A técnica combina medidas tomadas com o sensor acima do dossel (Io) com medidas tomadas sob o dossel próximas ao nível do solo (I). A partir dessas medidas, a inversão de um modelo de transferência de luz permite o cálculo do IAF (Welles e Norman, 1991). Foram tomados 20 pontos representativos da condição média do dossel em cada piquete nas ocasiões de amostragem, na proporção de uma medida acima para cinco medidas abaixo do dossel em quatro repetições, sempre utilizando estações entre touceiras. O tratamento 100% de IL, devido à impossibilidade prática de ser alcançado, foi considerado quando o dossel apresentava valores de interceptação luminosa acima de 97,5% por dois dias consecutivos, pois, mesmo quando colocado em ausência total de luz, o aparelho (LAI-2000) não registra 100% de interceptação de luz.

As características estruturais do dossel foram estudadas de duas formas: levando em consideração as respostas em função das estratégias de manejo ao longo do experimento como um todo, avaliando-se todos os ciclos de pastejo; e levando-se em consideração o primeiro e o último ciclos de pastejo para cada tratamento independente do número de ciclos.

### **3.2.6 Análise estatística**

Os dados foram analisados por meio do procedimento MIXED do software estatístico SAS (Littel et al., 1996), e a comparação de médias, quando apropriada, foi realizada através do comando LSMeans, com um nível de significância de 10%, pelo teste de Tukey. Os dados de taxa de acúmulo mensal, e estrutura em pós e pré-pastejo foram avaliados através do procedimento MIXED, utilizando ciclos de pastejo como sub-parcela repetida no tempo, através do comando "Repeated", que foi usado para

modelar a estrutura de covariâncias entre as ocasiões (matriz R), uma vez que as medidas feitas repetidamente em cada piquete. Dessa maneira, manejo e ciclo (ou mês) foram considerados como efeitos fixos. Correlações entre as variáveis morfofisiológicas altura, IAF e IL foram determinadas, utilizando-se o procedimento “CORR”.

### 3. 3 Resultados e Discussão

#### 3.3.1 Número e intervalo entre pastejos

O intervalo entre pastejos variável para os tratamentos avaliados resultou em número diferente de ciclos de pastejo ao final do período experimental, os piquetes manejados a 95% de IL foram pastejados mais vezes durante o período experimental ( $P=0,0001$ ) do que os piquetes manejados a 100% de IL. O tratamento baseado no calendário (28 dias) apresentou um número de pastejos intermediário aos regimes baseados em interceptação luminosa (Tabela 1).

Tabela 1 - Número de pastejos realizados e intervalo médio entre pastejos durante o período experimental em capim-xaraés submetido a diferentes estratégias de pastejo rotacionado

Estratégia	Número de pastejos	Intervalo de pastejos ----- dias -----
95% IL	6 a	22,0 c
100% IL	4 c	31,7 a
28 dias	5 b	27,7 b

Médias na coluna seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si ( $P>0,10$ ) pelo teste de Tukey.

Carnevalli (2003), em estudo com capim-mombaça submetido a regimes de lotação intermitente com períodos de descanso variáveis (95 e 100% de IL) durante o verão, encontrou resultados semelhantes aos obtidos no presente experimento. Piquetes pastejados a 95% de IL apresentaram menores intervalos de descanso (22 a

25 dias) do que aqueles manejados a 100% de IL (31 a 40 dias), e conseqüentemente, maior número de pastejos (2,7 e 1,9 para 95% e 100% de IL, respectivamente).

### 3.3.2 Massa e acúmulo de forragem

O tratamento 100% de IL resultou em um maior intervalo entre pastejos (Tabela 1) e, conseqüentemente, um maior período de crescimento, propiciando maior acúmulo ( $P=0,0360$ ) de forragem por ciclo de pastejo em relação aos tratamentos 95 % de IL e 28 dias (Tabela 2).

A dinâmica de acúmulo de forragem foi descrita por Hodgson (1990) para espécies de clima temperado e, de maneira geral, apresenta uma fase inicial de crescimento lenta, seguida de acúmulo acelerado e, finalmente, uma fase na qual as taxas de acúmulo tendem a zero e o dossel se aproxima da máxima produção líquida, que é mantida a partir de então e pode ser reduzida em casos de intervalos muito longos entre desfolhações sucessivas. No caso de algumas espécies forrageiras tropicais, especialmente aquelas de crescimento ereto, não se pode deixar de inserir nos componentes do crescimento o alongamento de colmos, que freqüentemente acontece ainda na fase vegetativa e interfere significativamente na estrutura do dossel e nos equilíbrios dos processos de competição por luz (Da Silva e Sbrissia, 2001) afetando o acúmulo de forragem.

Tabela 2 - Acúmulo total de forragem, em capim-xaraés submetido a diferentes estratégias de pastejo rotacionado de Setembro a Fevereiro

Estratégia	Acúmulo Total
	kg MS ha <sup>-1</sup>
95% IL	17.380 b
100% IL	22.760 a
28 dias	18.040 b

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna nas linhas não diferem entre si ( $P>0,10$ ) pelo teste de Tukey.

As taxas médias diárias de acúmulo de forragem foram afetadas, pelas estratégias de pastejo ( $P=0,0061$ ), pelos meses ao longo do período experimental ( $P<0,0001$ ) e pela interação estratégia de pastejo x mês ( $P=0,0018$ ). Os tratamentos 95% de IL e 28 dias apresentaram taxas médias semelhantes e constantes ao longo do experimento (Tabela 3). De Novembro/05 a Fevereiro/06, não houve diferença nas taxas de acúmulo de forragem entre as estratégias de pastejo estudadas. Apesar disso, na média, o tratamento 100% de IL apresentou as maiores taxas de acúmulo, o que provavelmente é explicado pelo aumento nas taxas de acúmulo de colmo, consequência do incremento da competição por luz que se torna maior à medida que o período de descanso é mais longo.

Tabela 3 - Taxa média diária mensal de acúmulo de forragem em capim-xaraés submetidos a estratégias de pastejo rotacionado

Estratégia	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Média
----- kg MS ha <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> -----							
95% IL	130,2 Ab	129,2 Ab	122,9 Aa	136,5 Aa	117,7 Aa	90,2 Aa	121,1 b
100% IL	236,3 Aa	221,4 Aa	150,0 BCa	184,0 ABa	153,2 BCa	95,7 Ca	173,4 a
28 dias	143,8 Ab	134,7 Ab	123,3 Aa	135,8 Aa	127,7 Aa	121,9 Aa	131,2 b
Média	170,1 A	161,7 A	132,1 B	152,1 AB	132,8 B	102,6 C	

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e da mesma letra maiúscula nas linhas não diferem entre si ( $P>0,10$ ) pelo teste de Tukey.

Setembro, Outubro e Dezembro apresentaram as maiores taxas médias de acúmulo de forragem, provavelmente em resposta à adubação nitrogenada e potássica realizada nos pós-pastejo em Setembro e Dezembro. Dessa forma, a reposição de elementos constituintes de aminoácidos e clorofila, base do crescimento vegetal, propiciam um aumento na velocidade de crescimento das plantas. Nos meses consecutivos, onde não houve reposição de nutrientes, via adubação, as taxas de crescimento decaem (Tabela 3).

### 3.3.3 Composição Morfológica

#### 3.3.3.1 Massa de forragem pós-pastejo (Resíduo)

A composição da massa de forragem pós-pastejo foi caracterizada durante dois ciclos de pastejo, em Outubro/Novembro e Janeiro/Fevereiro. Nessas ocasiões a massa de forragem foi caracterizada a cada 5 cm de incremento em altura do dossel a partir do resíduo, durante a rebrotação. Foi detectado efeito de estratégia de pastejo ( $P=0,0011$ ) e da interação estratégia de pastejo x ciclo acompanhado ( $P=0,0747$ ). Os tratamentos 100% de IL e 28 dias, que geraram os maiores intervalos entre pastejo, apresentaram valores mais elevados de massas de forragem do resíduo ( $4125 \text{ kg MS ha}^{-1}$ ), diferente do que aconteceu com o tratamento 95% de IL, que apresentou valores de massa de forragem mais baixos ( $3310 \text{ kg MS ha}^{-1}$ ) (Tabela 4).

Quanto maior o intervalo entre pastejos, maior é a chance de a comunidade vegetal repor as reservas utilizadas na geração de um novo dossel. Dependendo de quão maior for esse intervalo, permitindo que o dossel chegue a interceptar quase toda a luz incidente, principalmente em plantas forrageiras tropicais, pode ocorrer o alongamento de colmos, alterando a dinâmica de acúmulo e gerando um incremento na massa de forragem do resíduo, provavelmente devido ao aumento na massa de perfilhos individuais (Da Silva e Sbrissia, 2001).

Carnevalli (2003) em estudo com capim-mombaça submetido a estratégias de pastejo rotacionado análogas às deste experimento, encontrou resultado semelhante, com menores valores de massa de forragem pós-pastejo ( $5.500 \text{ kg MS ha}^{-1}$ ) no verão para o tratamento de menor (95% IL) em relação ao de maior intervalo entre pastejos (100% IL) o qual apresentou os valores mais altos de massas de forragem ( $7.340 \text{ kg MS ha}^{-1}$ ). Santos et al. (1999), estudando o capim-tanzânia submetidos a pastejo rotacionado com períodos de descanso variáveis, também encontraram um aumento sucessivo da massa de forragem do resíduo ( $5.700$ ,  $8.000$  e  $8.900 \text{ kg MS ha}^{-1}$ ) com o aumento do número de dias de descanso (28, 38 e 48 dias).

Tabela 4 – Massa de forragem pós-pastejo em capim-xaraés submetido a estratégias de pastejo rotacionado

Estratégia	Ciclo Acompanhado		Média
	1	2	
	----- kg MS ha <sup>-1</sup> -----		
95% IL	3400 Aa	3220 Ab	3310 b
100% IL	3440Ba	4770 Aa	4100 a
28 dias	4200 Aa	4110 Aab	4150 a
Média	3680B	4030 A	

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e da mesma letra maiúscula nas linhas não diferem entre si ( $P > 0,10$ ) pelo teste de Tukey.

Assim como a massa de forragem pós-pastejo, seus componentes morfológicos e o IAF pós-pastejo variaram de diferentes maneiras. O componente folha foi afetado pelo ciclo de pastejo tanto em quantidade ( $P=0,0684$ ) quanto em porcentagem do total ( $P=0,0148$ ). Em ambos os casos houve uma redução, passando de 470 para 330 kg de MS, e de 12,7 para 8,5% do total, além disso, o IAF (obtido por amostragem destrutiva) ( $P=0,0327$ ), que foi reduzido de 0,61 para 0,33. Essas reduções em IAF e massa de folhas pós-pastejo, talvez possa ser atribuída à falta adaptação do dossel forrageiro à condição de pastejo e, provavelmente isso seja um indicador de que a altura de resíduo (15 cm) utilizada tenha sido severa. Para isso, mais estudos devem ser feitos, por períodos de tempo mais longos, mensurando reservas orgânicas, dentre outras. Houve interação ( $P=0,0071$ ) entre estratégia de pastejo e ciclo para a massa de material morto (Tabela 5). O tratamento 100% IL proporcionou aumento na quantidade de material morto do primeiro para o segundo ciclo acompanhado. A porcentagem de material morto foi afetada pelo ciclo de pastejo avaliado ( $P=0,0295$ ), mas não pela estratégia de pastejo (0,6378), apresentando uma pequena redução de 48 para 46% na massa de forragem do resíduo, do primeiro para o segundo ciclo.



Tabela 5 – Massa de material morto pós-pastejo em capim-xaraés submetido a estratégias de pastejo rotacionado

Estratégia	Ciclo Acompanhado	
	1	2
	----- kg MS ha <sup>-1</sup> -----	
95% IL	1780 Aa	1490 Aa
100% IL	1530 Ba	2200 Aa
28 dias	2020 Aa	1890 Aa

Médias nas linhas seguidas mesma letra maiúscula não diferem entre si ( $P > 0,10$ ) pelo teste de Tukey.

A massa de colmos (Tabela 6), na massa de forragem, variou com o ciclo de pastejo acompanhado ( $P=0,0001$ ), estratégia de pastejo ( $P=0,0002$ ) e interação estratégia de pastejo x ciclo ( $P=0,0108$ ). Com relação aos dois ciclos de pastejo acompanhados, a massa de colmos aumentou do primeiro para o segundo ciclo, provavelmente como uma adaptação da planta, estimulando o perfilhamento, em resposta à desfolhação (ou pastejo), mesmo que os meristemas apicais não tenham sido removidos (Butler e Briske, 1988). Além disso, variáveis ambientais podem desempenhar um papel tão importante quanto os fatores hormonais no desenvolvimento de gemas e conseqüente estímulo no perfilhamento (Murphy e Briske, 1992).

No tratamento 95% IL, apesar de ter havido um aumento na massa de colmos do primeiro para o segundo ciclo de pastejo acompanhado (Tabela 6), as quantidades de colmo foram menores do que sob os outros dois manejos, provavelmente, devido à maior freqüência de desfolhação, que deve ter impedido a ocorrência de taxas elevadas alongamento de colmos (Carnevalli, 2003). Nos tratamentos 100% IL e 28 dias, com os maiores intervalos entre pastejos, a massa de colmos também aumentou em função dos ciclos de pastejo, mas isso foi mais acentuado para o tratamento baseado em IL (100%), que apresentou a menor freqüência de desfolhação.

Tabela 6 – Massa de colmos pós-pastejo em capim-xaraés submetidos a estratégias de pastejo rotacionado

Estratégia	Ciclo Acompanhado		Média
	1	2	
	----- kg MS ha <sup>-1</sup> -----		
95% IL	1100 Bb	1410 Ac	1260 b
100% IL	1540 Ba	2220 Aa	1880 a
28 dias	1670 Aa	1850 Ab	1760 a
Média	1440 B	1830 A	

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e da mesma letra maiúscula nas linhas não diferem entre si ( $P > 0,10$ ) pelo teste de Tukey.

No primeiro ciclo de pastejo acompanhado, a fração colmo representava 39,1% e passou a 45,5% no segundo ciclo ( $P=0,0148$ ). O tratamento que apresentou a maior ( $P=0,0634$ ) proporção de colmos foi o 100% IL (45,8%) e o tratamento de desfolhação mais freqüente (95% IL) apresentou a menor proporção de colmo (38,2%) na massa de forragem em pós-pastejo. O tratamento 28 dias, apesar de ser definido com base no calendário cronológico, apresentou uma proporção intermediária (42,8%) de colmos na massa de forragem pós-pastejo.

### 3.3.3.2 Massa de forragem pré-pastejo

A MF pré-pastejo variou com as estratégias de pastejo ( $P= 0,0011$ ) e também com a interação estratégia de pastejo x ciclo acompanhado ( $P=0,0747$ ) (Tabela 7). Em média, os valores de MFs pré-pastejo foram maiores para o tratamento 100% IL. Os tratamentos 95% IL e 28 dias apresentaram valores de MF mais baixos e semelhantes no primeiro ciclo de pastejo acompanhado, conseqüência das condições climáticas da época (outubro/novembro), que foram desfavoráveis ao crescimento (déficit hídrico). No segundo ciclo, o tratamento 28 dias apresentou-se semelhante aos outros dois tratamentos baseados em interceptação luminosa, pois a condição hídrica havia sido regularizada (janeiro/fevereiro), reduzindo o intervalo entre pastejos dos tratamentos baseados em IL. O tratamento 95% IL apresentou valores de massa de forragem consistentemente mais baixos devido aos intervalos entre pastejos mais curtos, mas isso foi compensado pelo maior número de pastejos realizados durante todo o período

experimental, fornecendo sempre forragem com uma maior proporção de folhas e menor proporção de material morto, resultando em melhor composição morfológica.

Tabela 7 – Massa de forragem pré-pastejo em capim-xaraés submetido a estratégias de pastejo rotacionado

Estratégia	Ciclo Acompanhado		Média
	1	2	
	----- kg MS ha <sup>-1</sup> -----		
95% IL	2160 Ab	2300 Ab	2230 b
100% IL	5230 Aa	4360 Aa	4800 a
28 dias	2140 Ab	2870 Aab	2510 b

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e da mesma letra maiúscula nas linhas não diferem entre si ( $P > 0,10$ ) pelo teste de Tukey.

A massa de folhas variou com a estratégia de pastejo adotada ( $P=0,0027$ ) e com interação estratégia de pastejo x ciclo acompanhado ( $P=0,0718$ ) (Tabela 8). Em média, o tratamento 100% IL apresentou os valores mais elevados de massa de folha no momento da entrada dos animais do que os tratamentos 95% IL e 28 dias. Isso deve ter sido consequência dos maiores intervalos entre pastejos, que favorece o maior acúmulo desse componente morfológico. Por outro lado, a massa de folhas do tratamento 28 dias, no primeiro ciclo de pastejo acompanhado, foi semelhante àquela do tratamento 95% IL, pois, naquele período (outubro/novembro), havia déficit hídrico, prejudicando o crescimento. No segundo ciclo, quando às condições climáticas eram favoráveis e não havia restrições severas ao desenvolvimento, o tratamento 28 dias apresentou valores de massa de folhas semelhantes aos tratamentos baseados em interceptação de luz. Dessa forma, reduziu a proporção de folhas e aumentou da proporção de colmos.

Tabela 8 – Massa de folhas no pré-pastejo em capim-xaraés submetidos a estratégias de pastejo rotacionado

Estratégia	Ciclo Acompanhado		Média
	1	2	
	----- kg MS ha <sup>-1</sup> -----		
95% IL	1950 Ab	1920 Ab	1940 b
100% IL	3970 Aa	3330 Aa	3650 a
28 dias	1900 Ab	2190 Aab	2040 b

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e da mesma letra maiúscula nas linhas não diferem entre si ( $P>0,10$ ) pelo teste de Tukey.

A massa de colmos pré-pastejo foi afetada pela estratégia de pastejo ( $P<0,0001$ ) e pela interação estratégia de pastejo x ciclo acompanhado ( $P=0,0685$ ) (Tabela 9). Em média, os tratamentos 95% IL e 28 dias apresentaram menores massas de colmo do que o tratamento 100% IL. O tratamento 28 dias apresentou valor variável na massa de colmos do primeiro para o segundo ciclo de pastejo acompanhado, de maneira semelhante à massa de folhas.

Tabela 9 – Massa de colmos no pré-pastejo em capim-xaraés submetidos a estratégias de pastejo rotacionado

Estratégia	Ciclo Acompanhado		Média
	1	2	
	----- kg MS ha <sup>-1</sup> -----		
95% IL	166 Ab	245 Ab	205 b
100% IL	908 Aa	783 Aa	845 a
28 dias	116 Ab	432 Aab	274 b

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e da mesma letra maiúscula nas linhas não diferem entre si ( $P>0,10$ ) pelo teste de Tukey.

A porcentagem de folhas na MF pré-pastejo variou com a estratégia de pastejo avaliada ( $P=0,0947$ ), ciclo acompanhado ( $P=0,0117$ ) e interação estratégia de pastejo x ciclo ( $P=0,0456$ ). Entre os ciclos, em média, houve redução na proporção de folhas (Tabela 10) devido ao aumento da proporção de colmos com os pastejos sucessivos. O tratamento 95% IL apresentou a maior proporção de folhas na massa de forragem pré-pastejo, apesar das menores massas (Tabela 8). Já o 100% de IL apresentou as menores porcentagens de folha na massa, indicando que, a maior produção total de

ferragem foi resultado de alongamento de colmos ocasionado pela competição por luz no interior do dossel.

Tabela 10 – Porcentagem de folhas na massa de ferragem pré-pastejo em capim-xaraés submetidos a estratégias de pastejo rotacionado

Estratégia	Ciclo Acompanhado		Média
	1	2	
	----- % -----		
95% IL	91,2 Aa	85,8 Aa	88,5 a
100% IL	81,3 Aa	81,9 Aa	81,6 b
28 dias	91,2 Aa	80,0 Ba	85,4 ab
Média	87,8 a	82,5 b	

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e da mesma letra maiúscula nas linhas não diferem entre si ( $P > 0,10$ ) pelo teste de Tukey.

A proporção de colmos na MF pré-pastejo variou entre os ciclos de pastejo acompanhados ( $P = 0,0195$ ) e com a interação estratégia de pastejo x ciclo ( $P = 0,0388$ ). De maneira geral, a proporção de colmos aumentou do primeiro para o segundo ciclo acompanhado (Tabela 11). O tratamento 100% IL apresentou maiores proporções de colmos do que os outros tratamentos, nos dois ciclos acompanhados. Já o tratamento 28 dias mostrou-se diferente entre os ciclos, onde no primeiro ciclo, por razões climáticas (balanço hídrico negativo), apresentou menor proporção de colmos, devido às limitações no crescimento e, no segundo ciclo, comportou-se de maneira semelhante ao tratamento 100% de IL, reduzindo a proporção de folhas e aumentando a proporção de colmos na massa de ferragem pré-pastejo.

Tabela 11 – Proporção de colmos na MF pré-pastejo em capim-xaraés submetidos a estratégias de pastejo rotacionado

Estratégia	Ciclo Acompanhado	
	1	2
	----- % -----	
95% IL	6,5 Aab	9,2 Aa
100% IL	14,1 Aa	13,6 Aa
28 dias	3,4 Bb	13,9 Aa
Média	8,0 B	12,3 A

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e da mesma letra maiúscula nas linhas não diferem entre si ( $P > 0,10$ ) pelo teste de Tukey.

Pinto (2001), trabalhando com Tifton 85 (*Cynodon ssp.*) sob lotação contínua, encontrou que 60 a 75 % do crescimento das plantas era proveniente do alongamento de colmos e não apenas de expansão foliar. A quantificação da participação do componente colmo na taxa de renovação de tecidos é importante, pois este altera a relação folha:colmo da planta, o valor nutritivo da forragem, o comportamento ingestivo do animal em pastejo, seu consumo de forragem e, assim, interfere com o desempenho animal e a eficiência de utilização da forragem (Silva, 1994).

A massa de material morto pré-pastejo variou com as estratégias de pastejo avaliadas ( $P=0,0121$ ), sendo que o tratamento 100% IL apresentou os maiores valores ( $280 \text{ kg MS ha}^{-1}$ ), revelando acúmulo de material morto em função do maior intervalo entre pastejos. O tratamento 95% IL gerou os menores valores de massa de material morto ( $70 \text{ kg MS ha}^{-1}$ ), e o tratamento 28 dias esteve numa condição intermediária e semelhante ( $130 \text{ kg MS ha}^{-1}$ ) aos tratamentos baseados em IL. A porcentagem de material morto não variou com as estratégias de pastejo e correspondeu a um valor médio de 3,8% da massa de forragem em pré-pastejo.

O IAF pré-pastejo foi afetado pela estratégia de pastejo ( $P=0,0117$ ), ciclo ( $P=0,0171$ ) e pela interação estratégia de pastejo x ciclo ( $P=0,0906$ ). Assim como para o componente folha, o primeiro ciclo de pastejo acompanhado apresentou maiores valores de IAF do que o segundo (Tabela 12), e o tratamento com intervalos mais longos entre pastejos (100% de IL) gerou os maiores valores de IAF. Na interação estratégia de pastejo x ciclo, o tratamento 28 dias, mais uma vez apresentou-se de maneira variável ao longo do experimento, sendo que no primeiro ciclo de pastejo

acompanhado apresentou um valor de IAF semelhante àquele do tratamento 95% de IL e, no segundo ciclo, devido às condições mais favoráveis de crescimento (Figura 3), o IAF foi semelhante àqueles dos tratamentos de IL, demonstrando a variabilidade, do ponto de vista fisiológico, desse tratamento ao longo da estação de crescimento.

Brown e Blaser (1968) discutiram a aplicação do conceito de IAF para maximizar a produção de matéria seca, e argumentaram que outros fatores que afetam a produtividade através do IAF precisam ser considerados. A eficiência das folhas em aumentar o IAF é de importância primária, enquanto que altas taxas de crescimento podem ser alcançadas num IAF que causa uma interceptação de luz próxima de 100%.

Tabela 12 – Índice de área foliar pré-pastejo em capim-xaraés submetidos a estratégias de pastejo rotacionado

Estratégia	Ciclo Acompanhado		Média
	1	2	
95% IL	4,47 Ab	3,16 Ab	3,81 b
100% IL	6,57 Aa	5,19 Aa	5,88 a
28 dias	3,71 Ab	3,85 Aab	3,78 b
Média	4,92 A	4,07 B	

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e da mesma letra maiúscula nas linhas não diferem entre si ( $P > 0,10$ ) pelo teste de Tukey.

### 3.3.3.3 Curvas de acúmulo de forragem durante a rebrotação

Após a desfolhação, o processo de acúmulo de forragem durante o período de rebrotação foi caracterizado basicamente pelo incremento em folhas (semelhante ao que acontece com plantas de clima temperado) até que o dossel atingisse 95% IL (cerca de 30 cm de altura), onde ocorreu uma mudança no acúmulo de forragem, caracterizada por uma diminuição no acúmulo de folhas e um aumento acentuado no acúmulo de colmos e de material morto.

O IAF, medido quando o dossel interceptava 95% da luz incidente (cerca de 30 cm de altura), não diferiu entre os tratamentos ( $P=0,3814$ , média=3,38). O tratamento 95% IL tendeu a apresentar valores de IAF um pouco maior do que os tratamentos 100% IL e 28 dias, os quais, a partir dos 30 cm de altura de dossel, passaram a ter

incrementos em IAF como consequência, principalmente, dos aumentos nas quantidades de colmo, que permitem um incremento da área foliar com o aumento da disponibilidade de luz no interior do dossel.

O mesmo foi reportado por Korte et al. (1982) que, em estudo com azevém perene (*Lolium perenne* L.) consorciado com trevo branco (*Trifolium repens* L.) onde o pastejo era iniciado com a ocorrência de 95% de IL ou duas semanas após, relataram que o IAF a 95% de IL não foi afetado pela frequência de pastejo no verão, outono e inverno.

As curvas de acúmulo mostram respostas distintas entre os tratamentos (Figuras 5, 6 e 7), sendo o acúmulo de folhas crescente para todas as estratégias até a altura de 30 cm. Nesse momento, os tratamentos 100% IL e 28 dias tenderam a estabilizar o acúmulo de folhas e aumentaram de maneira acentuada as quantidades de colmo e material morto, especialmente o tratamento 100% IL.

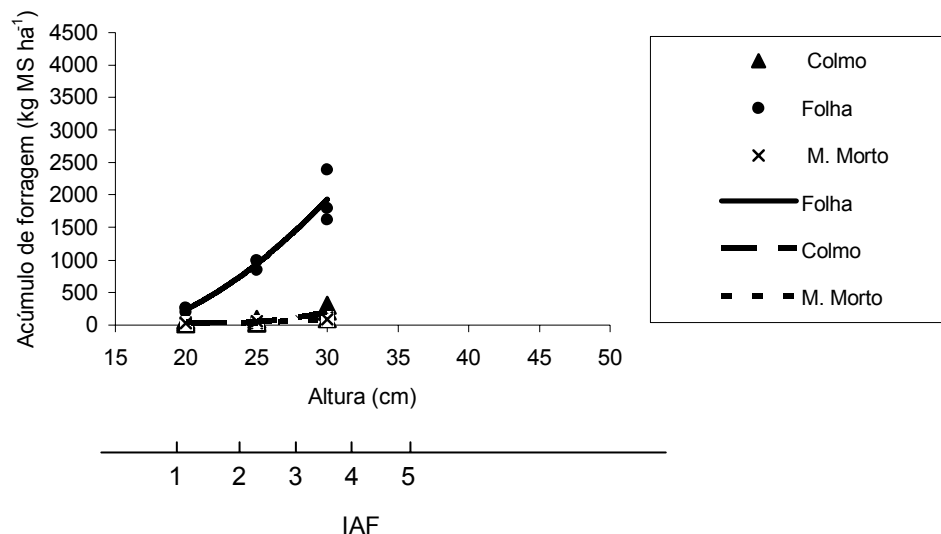


Figura 5 – Acúmulo dos componentes morfológicos, ao longo do período de rebrotação, em pastos de capim-xaraés submetidos à pastejo com 95% IL (média dos dois ciclos acompanhados)



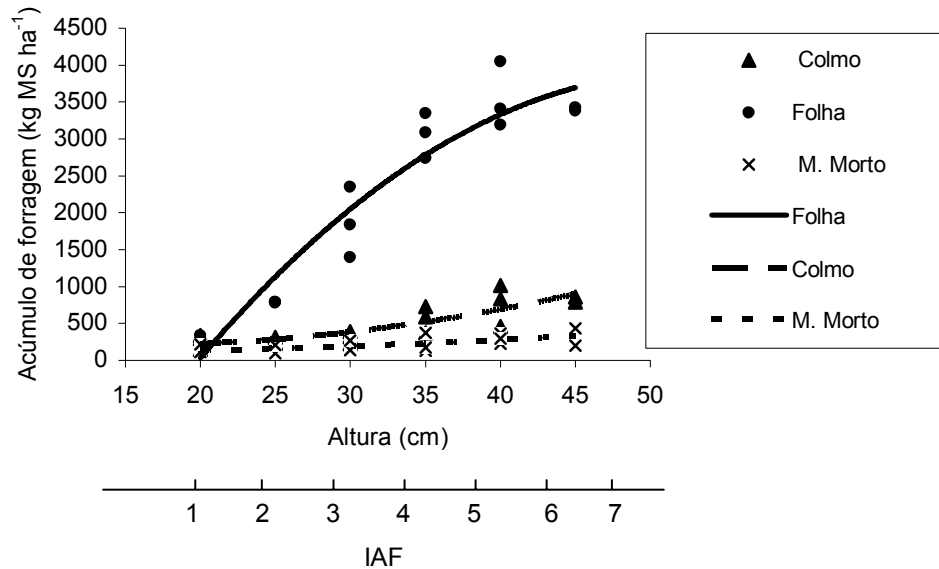


Figura 6 – Acúmulo dos componentes morfológicos, ao longo do período de rebrotação, em pastos de capim-xaraés submetidos à pastejo com 100% IL (média dos dois ciclos acompanhados)

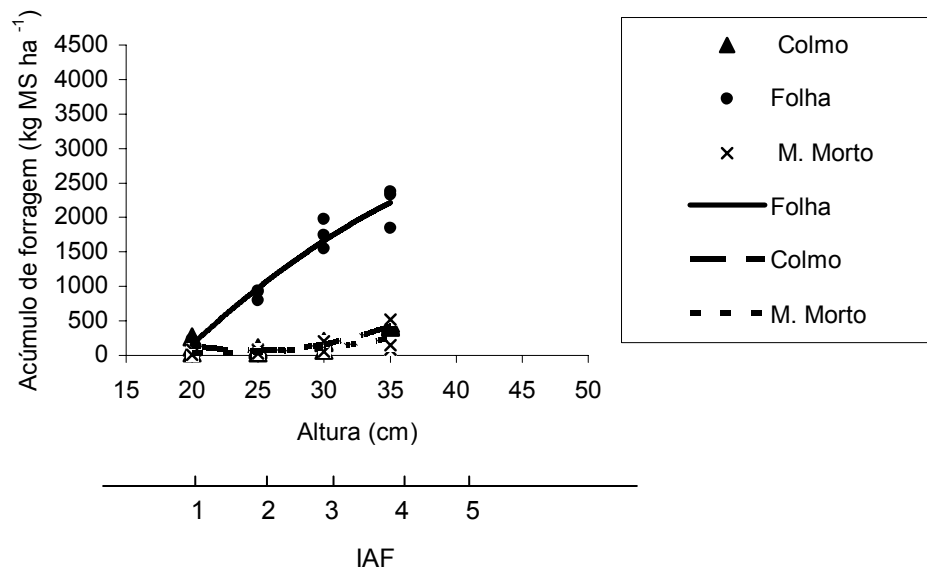


Figura 7 – Acúmulo dos componentes morfológicos, ao longo do período de rebrotação, em pastos de capim-xaraés submetidos à pastejo a cada 28 dias (média dos dois ciclos acompanhados)

À medida que ocorreu incremento em interceptação de luz pelo dossel, as quantidades de colmo e de material morto aumentaram lentamente, mas, a partir do momento em que a interceptação de luz ultrapassou 95% de IL, os acúmulos de colmo e de material morto aumentaram exponencialmente (Figura 8). Segundo Hodgson (1990), o aumento na taxa de senescência ao longo da rebrotação leva à redução na taxa de acúmulo líquido até o ponto em que a produção de novos tecidos é totalmente compensada pela senescência. Com o aumento do IAF, e conseqüentemente o aumento da interceptação de luz, ocorre à sobreposição de folhas jovens às velhas, favorecendo o aumento do processo de senescência. Moreno (2004), trabalhando com cultivares de *Panicum maximum* Jacq., relatou um padrão semelhante de acúmulo de colmo e de material senescente, durante o período de rebrotação.

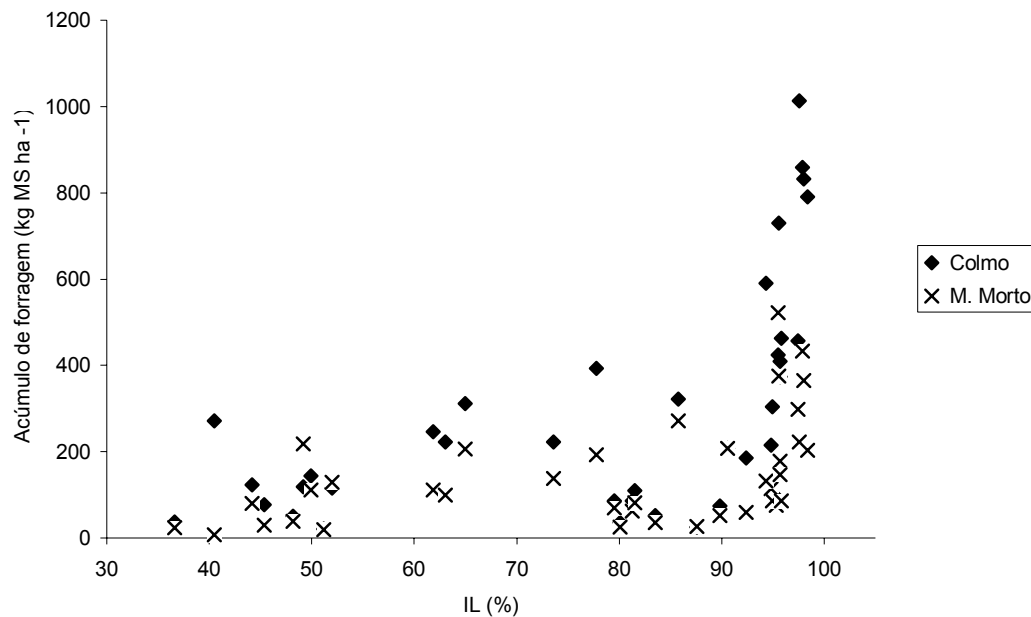


Figura 8 – Acúmulo dos componentes colmo e material morto ao longo do período de rebrotação em pastos de capim-xaraés submetidos à estratégias de pastejo rotacionado

### 3.3.4 Estrutura do dossel

#### 3.3.4.1 Características estruturais médias ao longo da estação

Os valores de IL pré-pastejo foram distintos para as estratégias de pastejo avaliadas ( $P=0,0367$ ), respectivamente 95,4 e 98,1% para 95 e 100% IL. No tratamento 28 dias a IL pré-pastejo variou com o decorrer do experimento entre 88,1 a 98,2% IL, tendo apresentado um valor médio (94,8%) semelhante ao tratamento 95% de IL.

A estratégia de manejo adotada afetou o IAF ( $P=0,0065$ ) e altura do dossel em pré-pastejo ( $P=0,0002$ ), com maiores valores registrados para o tratamento 100% de IL (Tabela 13). Os tratamentos 95% IL e 28 dias, apesar de apresentarem valores médios de IAF semelhantes apresentaram alturas diferentes, demonstrando a variabilidade na arquitetura do dossel ocorrida no tratamento baseado em calendário cronológico, devido a mudanças nas IL ao longo da estação.

Os ângulos foliares não variaram ( $P=0,2777$ ) com as estratégias de pastejo e foram, em média, 41,6°. Carnevalli (2003), na condição de pré-pastejo para o capim-mombaça, durante o verão, relatou que os tratamentos 95% de IL apresentaram dossel mais ereto (52,3°) que os tratamentos com 100% de IL (45°), isso devido a maior massa de perfilhos individuais (tamanho) que tornava o dossel menos ereto.

Tabela 13 – Valores de interceptação luminosa, altura e índice de área foliar pré-pastejo em capim-xaraés submetidos a estratégias de pastejo rotacionado

Estratégia	IL	Altura	IAF
	%	cm	
95% IL	95,4 b	29,5 c	3,73 b
100% IL	98,1 a	41,6 a	4,70 a
28 dias	94,8 b	34,2 b	3,70 b

Médias na coluna seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si ( $P>0,10$ ) pelo teste de Tukey.

Na condição pós-pastejo, as respostas estruturais estudadas (IL, Altura, IAF e ANG) para o capim-xaraés não variaram com as estratégias de pastejo avaliadas

( $P > 0,10$ ). A altura pós-pastejo foi, em média, de 14,6 cm, com IAF médio de 0,73, interceptando 42,1% da luz incidente e ângulos da folhagem de 65,2 °.

Carnevalli (2003), em estudo com capim-mombaça durante o verão, no pós-pastejo, não encontrou diferenças em ângulos foliares (66 °) entre os manejos com 95 e 100% de IL. A interceptação de luz também não sofreu efeito do manejo, apresentando-se em média com 65,3%. Essa diferença no valor absoluto da interceptação luminosa entre capim-mombaça e capim-xaraés é devido ao fenótipo desses capins e do uso de alturas de resíduo diferentes, onde capim-mombaça foi trabalhado com 30 e 50 cm de resíduo pós-pastejo, aumentando a quantidade de luz interceptada pela massa de forragem em pós-pastejo.

Braga et al. (2006), em estudo com capim-marandú sob lotação intermitente em resposta a quatro níveis de ofertas de forragem (5, 10, 15 e 20%), relataram que a altura de dossel na qual 95% da luz foi interceptada variou entre as OFs e entre os dois anos do experimento. No primeiro ano os valores foram de 59, 49, 49 e 50 cm, enquanto que no segundo foram de 30, 37, 41 e 47 cm, para as OFs de 5, 10, 15 e 20%, respectivamente. A variação na relação entre altura do dossel e interceptação de luz pode ter sido influenciada pela ocorrência de dosséis reprodutivos, que têm suas hastes alongadas excessivamente, como frisado por Korte et al. (1982). No entanto, Braga et al. (2006) ressaltaram que mesmo para a OF de 5%, onde o florescimento foi inibido, houve alteração na relação de um ano para outro. Nesse caso, possivelmente a densidade populacional de perfilhos teve efeito determinante na interceptação de luz pelo dossel. Provavelmente, a variação na relação entre altura e interceptação de luz pelo dossel foi constatada em virtude da elevada amplitude de condições gerada pelos tratamentos de OF. Ao contrário do que acontece sob lotação contínua, a profunda alteração na estrutura do dossel que ocorre durante a rebrotação leva a mudanças marcantes na arquitetura foliar em pastagens sob lotação intermitente (Lemaire, 2001).

No presente estudo a interceptação luminosa esteve associada à altura e ao IAF em todas as estratégias de pastejo avaliadas (Figuras 9 e 10). Para alturas acima de 30 cm (valor que correspondeu a 95% de IL) a dispersão dos dados diminuiu, e a partir desse ponto, para um grande incremento em altura, a proporção de luz interceptada praticamente não aumenta, sendo este o momento em que a planta inicia o

alongamento de colmos e aumenta o acúmulo de material morto na base do dossel. Essa relação entre IL x IAF e IL x altura do dossel foi descrita para diferentes cultivares de *Panicum maximum* por Carnevalli (2003), Moreno (2004) e Mello e Pedreira (2004) de maneira análoga ao que acontece com o capim-xaraés.

Brougham (1956), trabalhando com pastagens consorciadas de azevém, trevo vermelho e trevo branco sob lotação intermitente com três intensidades de desfolhação, descreveu um padrão semelhante de relação entre interceptação de luz e IAF, mostrando que as taxas de crescimento estavam relacionadas com a luz interceptada pelo dossel e com a área foliar. Taxas máximas foram mantidas aproximadamente constantes quando a área foliar formada era suficiente para interceptar quase toda a luz incidente, assim como no presente estudo.

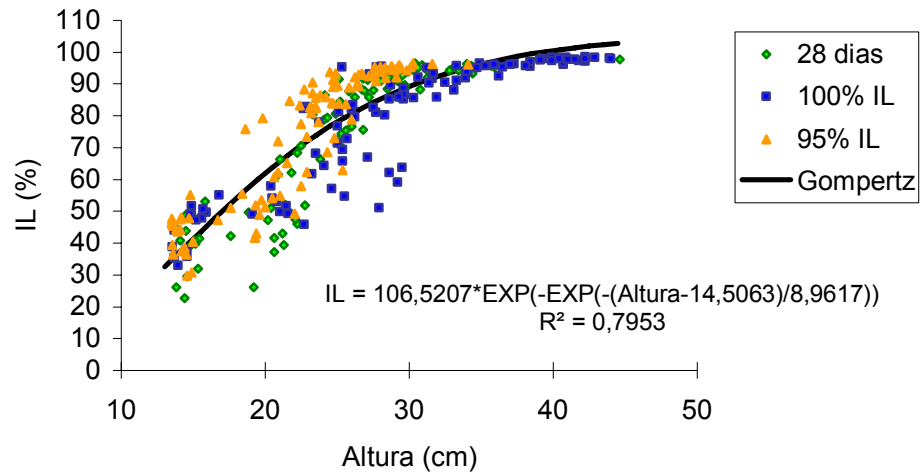


Figura 9 - Variação na interceptação luminosa em função da altura do dossel para os tratamentos 28 dias, 100% e 95% de IL

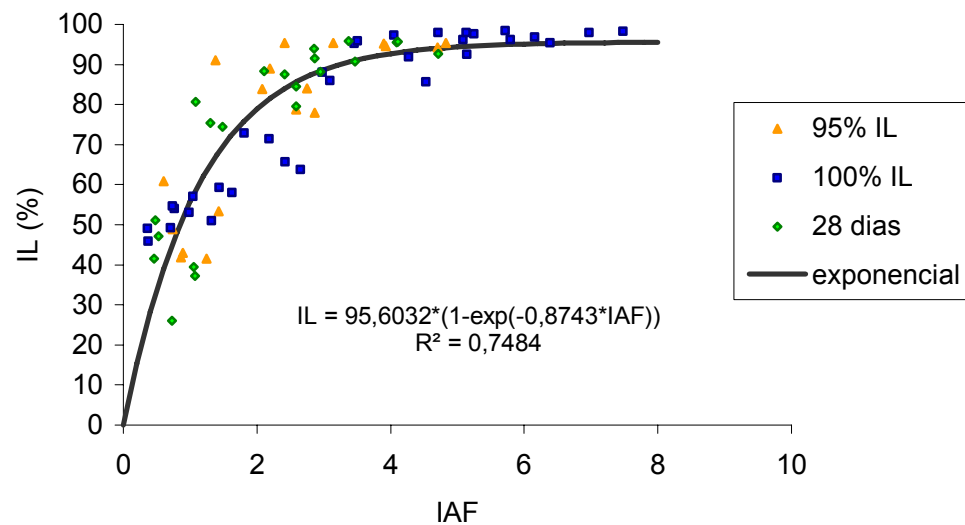


Figura 10 – Variação na interceptação luminosa em função do índice de área foliar para os tratamentos 28 dias, 100% e 95% IL

Os resultados apresentam uma associação interceptação luminosa e altura consistente durante o experimento. Isso sugere que a altura pode ser usada como uma ferramenta de manejo, o que é confirmado através da sua correlação entre altura e IL para todos os tratamentos ( $r=0,84$ ,  $P<0,0001$ ) (Figura 8). Esta mesma relação ocorre com os valores de IAF ( $r=0,92$ ,  $P<0,0001$ ) que, ao longo do experimento, mostrou-se consistentemente relacionado aos valores de IL em todos os tratamentos. Braga et al. (2006), trabalhando com capim-marandú sob lotação contínua, sugeriram que as relações entre IL e altura podem mudar ao longo do tempo, e que ao menos em regimes de desfolhação intermitente essa associação deveria ser feita de maneira cautelosa, como mostraram Parsons et al. (1988) e Busque e Herrero (2001).

De acordo com Lemaire e Chapman (1996), essas relações entre interceptação luminosa com IAF e altura do dossel só devem ser exploradas quando a pastagem avaliada está sendo manejada através de IL como critério para a entrada dos animais, pois as plantas respondem adaptando-se aos impactos da desfolhação, restabelecendo e mantendo um equilíbrio de crescimento quando os recursos são utilizados de maneira balanceada, atingindo um padrão ótimo de crescimento.

#### **3.3.4.2 Efeito do manejo sobre a estrutura do dossel**

A estrutura do dossel no pós-pastejo foi afetada pelas estratégias de pastejo avaliadas de diferentes formas do primeiro para o último ciclo (Tabela 14). A IL sofreu efeito da interação estratégia de pastejo x ciclo ( $P=0,0791$ ) apresentando, no regime de desfolhação menos freqüente (100% de IL), a maior interceptação de luz no último ciclo, fruto do acúmulo de colmos e material morto como consequência do período de descanso mais longo. Os ângulos foliares pós-pastejo não variaram dentro de tratamentos ao longo da estação e foram, em média, de 68°.

Tabela 14 – Interceptação luminosa e índice de área foliar pós-pastejo em capim-xaraés submetido a estratégias de pastejo rotacionado, no primeiro e último ciclo

Estratégia	IL		IAF	
	Primeiro	Último	Primeiro	Último
	----- % -----			
95% IL	38,7 Aa	39,3 Aa	0,63 Aa	0,69 Aa
100% IL	38,6 Ba	52,1 Aa	0,64 Ba	0,94 Aa
28 dias	41,6 Aa	40,7 Aa	0,73 Aa	0,69 Aa
Média	39,6 A	44,0 A	0,67 B	0,78 A

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e da mesma letra maiúscula nas linhas não diferem entre si ( $P > 0,10$ ) pelo teste de Tukey.

Interceptação luminosa e IAF, dentro de tratamentos, não foram afetados pelos ciclos de pastejo ao longo da estação. Apenas o tratamento 100% IL apresentou um incremento em IL e IAF do primeiro para o último ciclo (Tabela 14).

De maneira geral as plantas se tornaram mais eretas, aumentando ( $P=0,0622$ ) os ângulos foliares do primeiro ( $39^\circ$ ) para o último ( $43,4^\circ$ ) ciclo, mostrando a plasticidade do capim-xaraés para alterar sua estrutura, permitindo uma maior iluminação da área foliar existente. Isso provavelmente significa que houve uma adaptação dessa planta, em resposta ao manejo, levando-se em conta tratar-se do primeiro ano de utilização dessa pastagem após seu estabelecimento. Isso foi confirmado no tratamento 95% de IL, o qual manteve estáveis a altura e o IAF, aumentando a quantidade de luz no interior do dossel (Tabela 15). De acordo com Loomis e Williams (1969), a maior eficiência de utilização da luz é alcançada quando muitas folhas são iluminadas com modesta quantidade de luz, comparativamente a uma situação de exposição de poucas folhas a sol pleno.



Tabela 15 – Interceptação luminosa, altura e índice de área foliar pré-pastejo em capim-xaraés submetido às estratégias de pastejo rotacionado, no primeiro e último ciclo

Estratégia	IL		Altura		IAF	
	Primeiro	Último	Primeiro	Último	Primeiro	Último
	---- % ----		---- cm ----			
95% IL	96,1 Ab	95,1 Bb	29,8 Ab	28,9 Ac	3,86 Ac	3,60 Ab
100% IL	98,4 Aa	98,1 Aa	42 Aa	41,6 Aa	4,89 Aa	4,71 Aa
28 dias	97,9 Aa	95,6 Bb	41,1 Aa	35,3 Bb	4,53 Ab	3,77 Bb
Média	97,5 A	96,3 B	37,6 A	35,3 B	4,42 A	4,02 B

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e da mesma letra maiúscula nas linhas não diferem entre si ( $P > 0,10$ ) pelo teste de Tukey.

### 3.4 Conclusões

Interceptação luminosa e altura apresentaram-se fortemente correlacionadas, o que torna esta última um parâmetro-guia eficiente e prático no manejo de capim-xaraés submetidas à pastejo rotacionado.

O manejo por interceptação de luz mostrou-se consistente do ponto de vista fisiológico, sendo que o tratamento 95% de IL garantiu uma boa produção de forragem, com uma melhor composição morfológica, mantendo as alturas pré- e pós-pastejo constantes, em torno de 30 e 15 cm, respectivamente.

O manejo a 100% de IL proporcionou maior produção de forragem devido ao maior acúmulo de colmos e material morto, aumentando a altura e a massa de forragem ao longo da estação. O acúmulo de forragem apresentou um padrão dinâmico de acúmulo de colmo:folha:material morto, determinando o tratamento 95% de IL como a melhor estratégia de pastejo. Houve incremento no acúmulo de colmo e material morto a partir de 30 cm de altura para o capim-xaraés, que é o ponto em que se atinge 95% de IL.

O tratamento baseado em calendário apresentou, em média, IL e massa de forragem, em pré-pastejo, semelhante ao tratamento 95%, variando ao longo do experimento em função de fatores climáticos (88 a 98%). O manejo baseado em dias fixos, apesar de propiciar facilidades no planejamento, de certa forma restringe as

possibilidades de ganhos em eficiência do sistema, pois não determina um padrão consistente de respostas fisiológicas de plantas.

O tratamento 95% de IL apresentou sempre massas de forragem menores, devido à maior frequência de pastejo, mas com isso conseguiu-se um maior número de pastejos, fornecendo sempre uma forragem com uma maior proporção de folhas e menor de material morto, provavelmente com maior valor nutritivo.

Para a otimização do manejo do capim-xaraés, a altura do dossel para início do pastejo deverá ser próxima de 30 cm. O resíduo de 15 cm de altura (recomendação derivada do capim-marandu) poderá se revelar excessivamente severo a longo prazo, conforme sugerem as massas de folha e os IAFs pós-pastejo decrescentes ao longo dos ciclos. Essa idéia só poderá ser ratificada ou retificada após estudos de múltiplos anos, onde níveis de intensidade de desfolhação sejam avaliados.

## Referências

BRAGA, G.J.; PEDREIRA, C. G. S. Sward structure and herbage yield of rotationally stocked pastures of 'Marandu' Palisadegrass [*Brachiaria brizantha* (A. Rich.) Stapf] as affected by herbage allowance. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 63, n.2, p 121-129, 2006.

BRASIL. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistemas de produção**. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/BovinoCorte/BovinoCorteAcre/index.html>>. Acesso em: 10 fev. 2005.

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

BROWN, R. H.; BLASER, R. E. Leaf area index in pasture growth. **Herbage Abstracts**, Farnham Royal, v. 38, p. 1-9, 1968.

BUSQUE, J.; HERRERO, M. Sward structure and patterns of defoliation of signal grass (*Brachiaria decumbens*) pastures under different cattle grazing intensities. **Tropical Grasslands**, v. 25, p. 193-204, 2001.

BUTTLER, J.L.; BRISKE, D.D. Population structure and tiller demography of the buchgrass *Schizachyrium scoparium* in response to herbivory. **Oikos**, Kobenhavn, v.51, p.306-312, 1988.

CARNEVALLI, R. A.; **Dinâmica da rebrotação de pastos de capim-mombaça submetidos a regimes de desfolhação intermitente**. 2003. 136p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

CHAPMAN, D.; LEMAIRE, G. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 17., 1993, Palmerston North. **Proceedings...** Palmerston. 1993.p. 95-104.

DA SILVA, S. C.; SBRISSIA, A. F. A planta forrageira no sistema de produção. In: SIMPOSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 17., 2001, Piracicaba. **Anais....** Piracicaba: FEALQ, 2001. p.71-88.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 1999. 412p.

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

KORTE, C.J.; WATKIN, B.R.; HARRIS, W. Use of residual leaf area index and light interception as criteria for spring grazing management of ryegrass-dominant pasture. **New Zealand of Agricultural Research**, Wellington, v. 25, p 309-310, 1982.

LEMAIRE, G. Ecophysiology of grasslands: Dynamic aspects of forage plant populations in grazed swards. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001. São Pedro, SP. **Proceedings...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 29-37.

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

LITTELL, R. C.; MILLIKEN, G. A.; STROUP, W. W.; WOLFINGER, R. D. **SAS® system for mixed models**. Cary: SAS Institute, 1996. 633p.

LOOMIS, R. S.; WILLIAMS, W. A. Productivity and the morphology of crop stands: patterns with leaves. In: EASTIN, J. D.; HASKINS, F. A.; SULLIVAN, C. Y.; VAN BAVEL, C. H. M. (Ed). **Physiological aspects of crop yield**. Madison: ASA/CSSA/SSA, 1969. p. 27-47.

MELLO, A. C. L.; PEDREIRA, C.G.S. Respostas morfofisiológicas do capim-tanzânia (*Panicum maximum* cv Tanzânia) irrigado à intensidade de desfolha sob lotação rotacionada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 2. p. 282-289, 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.

MILES, J.W.; DO VALLE, C.B.; RAO, I.M.; EUCLIDES, V.P.B. Braciariagrasses, IN: MOSER, L.E.; BURSON, B.L.; SOLLENBERGER, L.E. (Ed). **Warm-Season (C<sub>4</sub>) Grasses**. Madison: ASA/CSSA/SSA, 2004, 22, p. 745-783.

MURPHY, J.S.; BRISKE, D.D. Regulation of tillering by apical dominance - chronology, interpretive value, and current perspectives. **Journal of Range Management**, Baltimore, v.45, n.5, p.419-429, 1992.

NABINGER, C.; PONTES, L. S. Morfogênese de plantas forrageiras e estrutura do pasto. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38. 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ:, 2001. p. 755-771.

PARSONS, A. J.; JOHNSON, I. R.; HARVEY, A. Use of a model to optimize the interactions between frequency and severity of intermittent defoliation and to provide a fundamental comparison of the continuous and intermittent defoliation of grass. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 43, p. 49-59, 1988.

PINTO, L. F. M.; Da SILVA, S. C.; SBRISSIA, A. F.; CARVALHO, C. A. B.; CARNEVALLI, R. A.; FAGUNDES, J. L.; PEDREIRA, C. G. S. Dinâmica de acúmulo de matéria seca em pastagens de Tifton 85 sob pastejo. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 58, n.3, p 439-447, 2001.

SANTOS, P. M.; CORSI, M. BALSALOBRE, M.A.A. Efeito da frequência do pastejo e da época do ano sob a produção e qualidade em *Panicum maximum* cvs. Tanzânia e Mombaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 244-249, 1999.

SAS Institute, Inc. **SAS/STAT v. 2 User's Guide**, Version 6, 4<sup>th</sup> ed. Cary, NC:SAS Institute, 1989. 846p.

SILVA, D.S.;GOMIDE,J.A.; QUEIROS, A C. et al. Pressão de pastejo em pastagem de capim-elefante anão (*Pennisetum purpureum*, Schum. Cv. Mott):2 – Valor nutritivo, consumo de pasto e produção de leite. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 23, p. 453-464, 1994.

SOIL SURVEY STAFF. **Keys to soil taxonomy**. 4<sup>th</sup> ed. Blacksburg: Virginia Polytechnic Institute State University Press, 1990. 422 p. (Soil Management Support Services Technical Monograph, 19).

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

#### 4 FOTOSSÍNTESE FOLIAR DO CAPIM-XARAÉS [*Brachiaria brizantha* (A. Rich.) Stapf. cv. Xaraés] E POTENCIAL ASSIMILATÓRIO DE DOSSÉIS SIMULADO POR MODELAGEM EM RESPOSTA A ESTRATÉGIAS DE PASTEJO ROTACIONADO

##### Resumo

A estratégia de pastejo aplicada a uma pastagem gera respostas morfológicas e estruturais que afetam a fisiologia da assimilação fotossintética de carbono pelo dossel. Isso pode ser auferido pelo uso de modelos que estimem o potencial de captura de carbono a partir de características estruturais da vegetação, e que permitam simular cenários e antever respostas com a finalidade de otimizar o manejo e a eficiência de utilização dos recursos produtivos. O objetivo deste trabalho foi quantificar a fotossíntese foliar ao longo do período de rebrotação e modelar a fotossíntese de dosséis vegetativos em função da arquitetura foliar e do ambiente luminoso, em pastagens de capim-xaraés [*Brachiaria brizantha* (A. Rich.) Stapf.] submetidas a estratégias contrastantes de pastejo rotacionado, com frequências de desfolhação determinadas pela interceptação luminosa ou pelo calendário. O ponto do ciclo em que foi feita a avaliação influenciou fortemente as taxas de fotossíntese foliar. Na fase inicial da rebrotação o potencial fotossintético foi pequeno e, para o tratamento de maior intervalo entre pastejo (100% IL), foi ainda menor ( $3,3 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), o que pode ser bastante comprometedor, levando a utilização de reservas para a reposição de tecidos fotossintetizantes na fase inicial da rebrotação. O dia médio (DM) do ciclo, em média, apresentou os maiores valores, em média  $26 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  de fotossíntese foliar para todos os tratamentos. No pré-pastejo, o tratamento 95% que possuía os menores intervalos de pastejo (22 dias), com a planta numa condição fisiológica mais “jovem”, continuou apresentando os maiores valores de fotossíntese foliar ( $26,1 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ). Enquanto isso os tratamentos com maiores intervalos de pastejo (28 e 32 dias, respectivamente para o tratamento 28 dias e 100% IL), permaneciam mais tempo em ambientes com uma maior competição por luz e com isso tiveram reduzidos seus valores de fotossíntese foliar ( $21,3$  e  $24,5 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ). No tratamento de maior frequência de pastejo (95% de IL) o menor intervalo de pastejo e a manutenção de um menor IAF médio (2,08) propiciaram maior entrada de luz no interior do dossel. Essas informações sugerem que o manejo mais adequado é aquele que proporcionou os maiores valores de fotossíntese de dossel ao longo do ciclo, representado pelo tratamento 95% IL.

Palavras-chave: assimilação de carbono; fotossíntese de dossel; coeficiente de extinção luminosa; índice de área foliar

## Abstract

Grazing strategies result in sward structure as well as plant morphology responses in grazed pastures. These, in turn, affect the physiology of carbon assimilation by the canopy. These physiological responses can be assessed with the use of models that estimate potential carbon uptake from structural characteristics of the crop stand, and which allow for the simulation of scenarios and the prediction of responses in order to optimize management and resource use efficiency in animal-forage systems. The objective of this research was to measure and study leaf photosynthetic rates during the regrowth period and to model canopy photosynthesis of vegetative swards of Xaraés palisadegrass [*Brachiaria brizantha* (A. Rich.) Stapf.] under contrasting management strategies of rotational stocking, with frequency of defoliation dictated either by the level of light interception (LI) by the canopy or by calendar days. The time at which carbon exchange was measured within the regrowth cycle strongly affected the leaf photosynthetic response. Early regrowth was characterized by low photosynthetic potential and for paddocks under the 100% LI treatment leaf photosynthesis was  $3.3 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , which may require plants to draw on organic reserves during the early phases of the process. Half way through regrowth leaf photosynthetic rates increased to  $26 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  in all treatments. Paddocks under the 95% LI treatment (shortest mean regrowth periods; 22 days), sustained such photosynthetic rates at  $26.1 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  whereas the longer regrowth intervals (28 and 32 days on average, for the 28-d and for the 100%-LI paddocks, respectively), generated less favorable light environments, probably with more competition for light, which may, at least partially, explain the lower rates of  $21.3$  and  $24.5 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  for 28-d and 100%-LI, respectively. Under the highest grazing frequency (95% LI), the short rest period and the low mean LAI (2.08) allowed for more light penetration into the canopy. This information suggest that adequate management practices coincide with highest photosynthesis over grazing cycles, represented in the present study by the 95%-LI treatment.

Keywords: carbon uptake, canopy photosynthesis, light extinction coefficient, leaf area index

## 4.1 Introdução

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 e dos padrões de interceptação luminosa (IL) do dossel. O acúmulo de matéria seca em plantas forrageiras é resultante de interações complexas entre atributos genéticos, do ambiente e seus efeitos sobre os processos fisiológicos e sobre as características morfológicas das plantas (Da Silva e Pedreira, 1997).



A partir do conhecimento da arquitetura e estrutura do pasto e da fotossíntese das folhas pode-se prever a fotossíntese do dossel usando modelos matemáticos que integram esses diversos aspectos (Jonhson et al.,1989), e assim predizer respostas agronômicas de espécies forrageiras ao manejo e ao ambiente, e poder usa-lo no desenvolvimento das estratégias de manejo de colheita de forragem, para melhorar o manejo nas fazendas e assistir na tomada de decisão sobre o melhor momento para a colheita por corte ou por pastejo (Rymph, 2004)

Na otimização do sistema de produção animal é necessário o conhecimento de aspectos morfofisiológicos das plantas forrageiras e, para isso, é preciso compreender os efeitos da ação do animal envolvidos na rebrotação das plantas e, conseqüentemente, na sua produção. Estratégias de pastejo afetam as características da forragem e a utilização da IL, como guia de manejo, permite que as plantas sejam colhidas consistentemente numa condição fisiológica semelhante. Contrastar esta técnica com a utilização de uma estratégia de pastejo baseada em tempo cronológico, que origina inconsistências e heterogeneidades, permitirá quantificar as divergências entre os métodos. Diferentes freqüências de pastejo geram mudanças na estrutura do dossel, alterando o ambiente luminoso e resultando em dosséis com diferentes potenciais de fotossintéticos.

Com isso, o objetivo deste trabalho foi quantificar a fotossíntese foliar ao longo do período de rebrotação e modelar a fotossíntese de dosséis vegetativos em função da arquitetura foliar e do ambiente luminoso, em pastagens de capim-xaraés submetidas a estratégias contrastantes de pastejo rotacionado, com freqüências de desfolhação determinadas pela interceptação luminosa ou pelo calendário.

## **4. 2 Material e Métodos**

### **4.2.1 Local e manejo da adubação**

O experimento foi conduzido em uma área experimental pertencente ao Departamento de Zootecnia da USP/ESALQ, localizada no município de Piracicaba-SP, a 580 m de altitude, 22°42' de latitude sul e 47°30' de longitude oeste, e com

características médias das normais meteorológicas correspondentes a uma precipitação de 1002 mm e 23,6°C de temperatura média durante o verão (outubro a março).

O solo da área experimental é classificado como Nitossolo Vermelho Eutroférico típico (Embrapa, 1999) ou Kandiualfic Eutradox (Soil Survey Staff, 1990), sem necessidade de correção (Tabela 1).

Foram feitas apenas adubações de produção, totalizando 120 kg N ha<sup>-1</sup> e 100 kg K ha<sup>-1</sup>, nas formas de (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> e KCl, respectivamente. Para tanto, foram realizadas duas adubações manuais, metade no início da estação (23/09/05) após pastejo uniforme e o restante no meio do ciclo, entre os dias 3 e 16 de Dezembro de 2005. Essa segunda adubação foi feita na condição pós-pastejo.

Durante os 153 dias do período experimental (22 de Setembro de 2005 a 22 de Fevereiro de 2006), os nove piquetes (120m<sup>2</sup>) foram pastejados de acordo com o cronograma específico de cada tratamento (com base em IL ou no calendário), deixando-se um resíduo de 15 cm de acordo com a recomendação da Embrapa (Brasil, 2005) para o capim-xaraés.

Os dados climáticos referentes ao período experimental (Figuras 1, 2 e 3) foram obtidos no posto meteorológico do Departamento de Ciências Exatas da ESALQ, distante cerca de 1 km da área experimental.

#### **4.2.2 Delineamento experimental e manejo dos pastos**

Os tratamentos corresponderam a 3 estratégias de pastejo, todas de lotação intermitente, sendo duas definidas em função da interceptação luminosa (IL) pelo dossel durante a rebrotação (95% e 100% para início do pastejo) e uma baseada no calendário cronológico (pastejo a cada 28 dias). O experimento seguiu um delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. A área de 1080 m<sup>2</sup> foi dividida em nove unidades experimentais (piquetes) de 120 m<sup>2</sup> cada. O pastejo foi feito por vacas das raças Holandesa (*Bos taurus taurus* L.) e Nelore (*Bos taurus indicus* L.) com peso médio de 350 kg. A técnica de “mob-grazing” foi usada para a realização dos pastejos, empregando-se grupos de animais para desfolhações rápidas (duração de 4 a 20 horas), mimetizando um cenário de pastejo intermitente. Cada piquete foi cercado

com cerca elétrica para a contenção dos animais durante o pastejo (Figura 4). À medida que os animais pastejavam, medições de altura eram feitas até que o dossel atingisse, em média, 15 cm de altura.

#### **4.2.3 Arquitetura do dossel**

As medições de altura, interceptação luminosa (IL), índice de área foliar (IAF) e ângulos foliares foram feitas durante dois ciclos de pastejo para cada piquete durante o verão agrostológico (16 de novembro a 20 de dezembro e 17 de janeiro a 13 de fevereiro), iniciando imediatamente após o pastejo, a cada sete dias e imediatamente antes do pastejo seguinte, objetivando caracterizar as variações estruturais do dossel. Em cada avaliação, a altura foi medida em 20 pontos representativos da condição média do dossel, utilizando-se de régua e transparência. Para as avaliações relativas a IL, IAF e ângulos foliares foi utilizado um analisador de dossel LI-COR modelo LAI 2000 (LI-COR, Lincoln Nebraska, EUA), cujo funcionamento foi descrito por Welles e Norman (1991), e permite amostragens rápidas e não destrutivas. 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 uma imagem hemisférica de baixo para cima do dossel, através de detetores de sílica. A técnica combina medidas tomadas com o sensor acima do dossel (Io) com medidas tomadas sob o dossel próximas ao nível do solo (I). A partir dessas medidas, a inversão de um modelo de transferência de luz permite o cálculo do IAF (Welles e Norman, 1991). Foram tomados 20 pontos representativos da condição média do dossel em cada piquete nas ocasiões de amostragem, na proporção de um medida acima para cinco medidas abaixo do dossel em quatro repetições, sempre utilizando estações entre touceiras. O tratamento 100% de IL, devido à impossibilidade prática desse valor ser alcançado, foi assumido quando o dossel apresentava valores de interceptação luminosa acima de 97,5% por dois dias consecutivos, pois, mesmo quando colocado em ausência total de luz, o aparelho (LAI-2000) não registra 100% de interceptação de luz.

#### 4.2.4 Fotossíntese de folhas individuais

As taxas de fotossíntese líquida de folhas individuais foram medidas nos mesmos dois ciclos em que IAF e IL foram caracterizados, usando-se um sistema medidor de fotossíntese portátil modelo LI-6400 (LI-COR, Lincoln Nebraska, EUA). As medições foram feitas em três pontos durante a rebrotação: imediatamente após o pastejo (dia seguinte à saída dos animais), imediatamente antes do pastejo subsequente (dia imediatamente antes da entrada dos animais) e no dia médio do ciclo de rebrotação (DM). Para o tratamento baseado em calendário (28 dias), o dia médio foi o dia 14, mas para os tratamentos baseados em interceptação luminosa, o DM era predito da seguinte forma: após terem sido feitas duas medições de IL, num período de tempo conhecido, gerava-se uma taxa média de incremento na IL (unidades percentuais por dia), o que permitia estimar o número de dias que levaria para atingir o tratamento (95 ou 100% de IL), e assim determinava-se previamente o DM dos ciclos baseados em IL. Foram medidas as taxas de seis folhas em cada piquete, 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, em dias de céu claro. 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 foi utilizada concentração média de  $\text{CO}_2$  de  $350 \mu\text{mol mol}^{-1}$ , a qual foi conseguida através da utilização de cilindros de  $\text{CO}_2$  acoplados ao aparelho. Nas medições de fotossíntese foliar realizadas pós-pastejo, nem sempre foi possível utilizar a folha mais jovem completamente expandida e intacta, principalmente em piquetes submetidos à estratégia de menor frequência (100% de IL), devido a ausência desse tipo de folhas.

#### 4.2.5 O modelo de fotossíntese de dossel

Para estimativa da taxa de fotossíntese do dossel, foi utilizado o modelo de assimilação de  $\text{CO}_2$  em folhas “de sol” e folhas “de sombra”, desenvolvido por Boote e Jones (1987), que leva em consideração o coeficiente de extinção luminosa ( $k$ ) e

também a reflexão e a transmissão de luz pelo dossel. Assim, um IAF de sol é calculado analiticamente através do IAF total e do k (equação 1) e um IAF de sombra é calculado subtraindo-se do IAF total (equação 2).

$$IAF_{sol} = (1/k)[1-\exp(-k*IAF_{total})] \quad (1)$$

$$IAF_{somb} = IAF_{total} - IAF_{sol} \quad (2)$$

A assimilação de CO<sub>2</sub> pelas folhas de sol é calculada por uma curva de resposta exponencial negativa, onde a assíntota é dada pela fotossíntese máxima de folhas, a inclinação inicial pela eficiência de utilização de luz e a variável de entrada é a irradiância fotossinteticamente ativa absorvida ( $k(1-\sigma)RAF$ ), de acordo com a equação 3:

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

onde:  $F_{max}$  = fotossíntese máxima de folhas individuais ( $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ );  $Q_e$  = eficiência de utilização de luz ( $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}/\mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ );  $RAF$  = radiação fotossinteticamente ativa ( $\mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ );  $\sigma$  = 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:

$$RAF_{somb} = \sigma*RAF[1-\exp(-k*IAF_{somb})]/IAF_{somb} \quad (4)$$

onde:  $RAF_{somb}$  = radiação fotossinteticamente ativa para folhas de sombra. Deste modo, a assimilação por folhas de sombra é calculada de maneira an\u00e1loga \u00e0 de folhas de sol:

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

onde:  $F_{somb}$  = assimila\u00e7\u00e3o de CO<sub>2</sub> por folhas de sombra. Por fim, a assimila\u00e7\u00e3o total do dossel \u00e9 a soma de ambas as categorias de folhas (equa\u00e7\u00e3o 6):

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

onde:  $F_{\text{dos}}$  = assimilação total  $\text{CO}_2$  pelo dossel.

Com os resultados destas simulações foram estimadas as eficiências fotossintéticas dos dosséis. Para tanto foi assumido que  $Q_e$  para espécies de metabolismo  $C_4$  é de aproximadamente 0,054, independente da temperatura ambiente e do regime de luz em que as plantas se desenvolvem (Ehleringer e Björkman, 1977; Dias-Filho, 2002; Ehleringer e Pearcy, 1983). Também foi assumido um valor de 20% para o coeficiente de reflexão e transmissão de luz no interior do dossel, e o coeficiente de extinção de luz ( $k$ ) foi calculado nos diferentes pontos do ciclo ( $k = - [\log_e (I/I_0)] / IAF$ , onde  $I$  e  $I_0$  correspondem à valores de irradiância abaixo e acima da folhagem, respectivamente). O IAF considerado para a simulação de fotossíntese de dossel foi obtido através do método não-destrutivo com o analisador de dossel LI-COR modelo LAI 2000 (LI-COR, Lincoln Nebraska, EUA).

#### 4.2.6 Análise estatística

Os dados foram avaliados através do procedimento GLM do software estatístico SAS (Littel et al., 1996) e a comparação de médias foi feito através do comando LSMeans, adotando-se um nível de significância de 10%, pelo teste de Tukey. Para fotossíntese de folhas individuais, onde as medidas são feitas em diferentes dias em função da época, unidade experimental e tratamento, e com isso as medidas são influenciadas por balanço hídrico, temperatura do ar, umidade relativa, a análise de variância foi feita utilizando temperatura de folhas e pressão de vapor d'água como co-variáveis, para melhor ajustar o modelo.

### 4.3 Resultados e Discussão

#### 4.3.1 Fotossíntese de folhas individuais

As estratégias de pastejo ( $P=0,0003$ ), ponto do ciclo ( $P<0,0001$ ) e a interação estratégias de manejo x ponto do ciclo ( $P<0,0001$ ) afetaram as taxas de fotossíntese de folhas individuais. O ponto do ciclo em que foi feita avaliação teve um forte impacto sobre as taxas de fotossíntese foliar (Tabela 16), mostrando que na fase inicial da rebrotação o potencial fotossintético é pequeno. No tratamento 100% as taxas de fotossíntese foliar pós-pastejo foi de  $3,3 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , cerca de 25% da média dos outros dois tratamentos. Isso acontece devido ao maior acúmulo de colmos e material morto apresentado por esse tratamento, e conseqüente redução na quantidade de folhas. Além disso, essas folhas pós-pastejo, são aquelas que ficaram mais tempo sombreadas, devido aos maiores intervalos entre pastejo, por isso menos adaptadas a condição de alta luminosidade. O que sugere uma fase inicial mais lenta, e possivelmente à necessidade da utilização de reservas orgânicas na geração de novos tecidos fotossintetizantes, para que estes promovam o desenvolvimento da planta, restabelecendo a área foliar da comunidade vegetal.

Tabela 16 – Fotossíntese foliar nos diferentes pontos do ciclo de rebrotação em capim-xaraés submetidos a estratégias de pastejo rotacionado

Estratégia	Pós-pastejo	Dia Médio	Pré-pastejo	Média
	----- $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ -----			
95% IL	14,2 Ba	24,6 Aa	26,1 Aa	21,6 a
100% IL	3,3 Bb	26,2 Aa	24,5 Aab	18,0 b
28 dias	13,7 Ca	27,1 Aa	21,3 Bb	20,7 a
Média	10,4 C	26,0 A	24,0 B	

As médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si ( $P>0,10$ ). Coeficiente de variação = 27,5%

O dia médio (DM) foi o ponto do ciclo de rebrotação que, em média, apresentou os maiores valores de fotossíntese foliar independente da estratégia de pastejo. No pré-pastejo, o tratamento 95% que gerou os menores intervalos de pastejo, com a planta numa condição fisiológica mais “jovem”, continuou apresentando os maiores valores de

fotossíntese foliar (Figura 11), enquanto que os tratamentos menos freqüentes, permaneciam mais tempo em ambientes com maior competição por luz e conseqüentemente, reduziram seus valores de fotossíntese foliar (Figura 12 e 13).

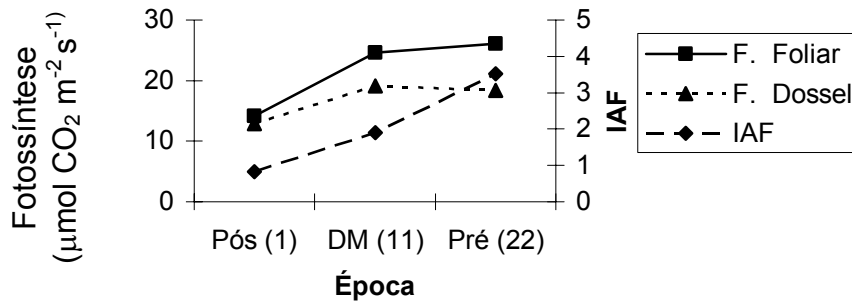


Figura 11 – Fotossíntese foliar, de dossel e IAF ao longo do período de rebrotação, em pastos de capim-xaraés submetidos ao regime de 95% de IL.

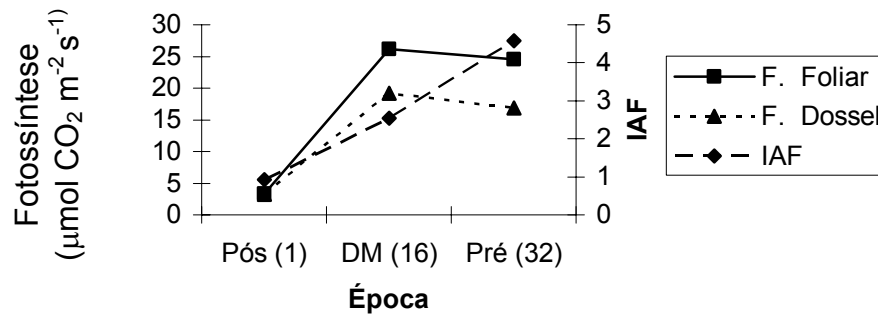


Figura 12 – Fotossíntese foliar, de dossel e IAF ao longo do período de rebrotação, em pastos de capim-xaraés submetidos ao regime de 100% de IL.

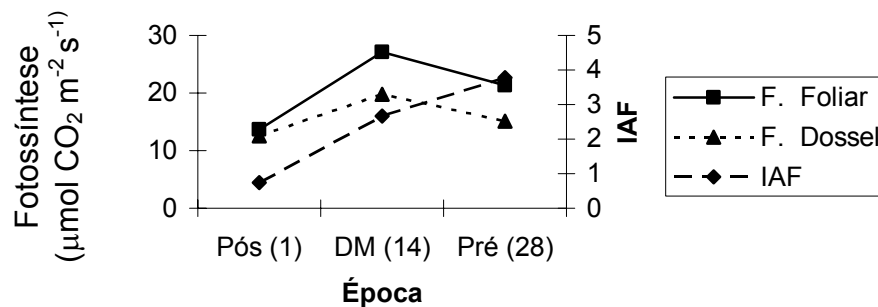


Figura 13 – Fotossíntese foliar, de dossel e IAF ao longo do período de rebrotação, em pastos de capim-xaraés pastejados a cada 28 dias.



Em pastagens de gramíneas de clima temperado nas quais um elevado IAF foi alcançado, as folhas que permanecem no dossel após o pastejo não são adaptadas à alta luminosidade incidente, pois foram formadas em condições de baixa luminosidade (Woledge, 1973), ou foram formadas em condições de alta luminosidade e em seguida permanecem em um ambiente onde a luminosidade é cada vez menor, por um período relativamente longo de tempo. Por isso, sob lotação intermitente o IAF residual, mesmo sob alta incidência de radiação, possui baixa capacidade fotossintética e, como consequência, a rebrotação inicialmente é lenta até que um número suficiente de novas folhas tenha se expandido e passe a contribuir substancialmente para a fotossíntese da cultura (Grant e King, 1984).

A taxa fotossintética foliar após a completa expansão decresce com a idade devido ao declínio do potencial metabólico, e pela sua mudança de posição relativa dentro do dossel (Acock et al., 1978; Braga et al., 2003; Ludlow e Wilson, 1971; Roux e Mordelet, 1995). Como resultado, quando o IAF aumenta, o potencial fotossintético das folhas, de maneira geral diminui durante a rebrotação (King et al., 1979; Peri et al., 2003). Segundo Peri et al. (2003) pastagens de *Dactylis glomerata* (L.) apresentaram fotossíntese foliar decrescente ao longo do período de rebrotação, de maneira que aos 60 dias de rebrotação as folhas mais novas completamente expandidas apresentaram 42% de redução na fotossíntese máxima observada aos 20 dias. Além dos efeitos de sombreamento, redução na concentração de N e queda na condutância estomática, os autores observaram que as folhas mais novas completamente expandidas tiveram sua idade fisiológica aumentada ao longo da rebrotação em razão da elevação da bainha foliar, de forma que a folha mais nova completamente expandida aos 60 dias era mais velha que a folha desta mesma categoria aos 20 dias.

Segundo Gomide (1997) à medida que novas folhas e perfilhos vão surgindo em uma pastagem, é estabelecida entre elas uma competição crescente por luz, nutrientes, água, dentre outros fatores de crescimento. Em decorrência do auto-sombreamento e do alongamento de colmos, intensifica-se o processo de senescência e morte das folhas mais velhas e até mesmo de perfilhos. Embora Brougham (1956) tenha ilustrado a importância da área foliar residual para a rápida recuperação da pastagem, Brown et al. (1966) consideraram-na como de pequena importância devido à sua baixa eficiência

fotossintética. Parsons et al. (1983) observaram que, apesar de as folhas mais novas representarem apenas 42% da área foliar, foram responsáveis por 77% da fotossíntese líquida do dossel. Lawlor (1995) ressaltou que a produção de forragem depende mais de fatores determinantes da eficiência de interceptação de luz do que da eficiência fotossintética.

#### 4.3.2 Simulação de fotossíntese de dossel

Com os resultados de fotossíntese foliar nos diferentes pontos do ciclo de rebrotação, foram feitas estimativas da fotossíntese de dossel.

Tabela 17 – Índice de área foliar, interceptação luminosa, coeficiente de extinção de luz fotossíntese foliar e de dossel em capim-xaraés submetido a estratégias de pastejo rotacionado, nos dois ciclos onde a fotossíntese foliar foi mensurada

Estratégia	Ponto dia	IAF	IL %	k	F. Foliar $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$	F. Dossel
95% IL	Pós (1)	0,83	46,2	0,56	14,2 b	12,9
	DM (11)	1,90	75,5	0,40	24,6 a	19,1
	Pré (22)	3,52	94,5	0,27	26,1 a	18,4
100% IL	Pós (1)	0,93	49,5	0,53	3,3 b	3,3
	DM (16)	2,54	88,0	0,35	26,2 a	19,2
	Pré (32)	4,59	97,9	0,21	24,5 a	16,8
28 dias	Pós (1)	0,74	41,4	0,56	13,7 c	12,6
	DM (14)	2,66	88,4	0,33	27,1 a	19,7
	Pré (28)	3,78	95,4	0,25	21,3 b	15,1

As médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si ( $P>0,10$ ), em cada tratamento.

De maneira geral, o início da rebrotação é caracterizado por interceptar em torno de 45% da luz incidente, devido ao seu pequeno IAF, caracterizado por folhas, normalmente pouco adaptadas às condições de alta luminosidade (Woledge, 1973). Principalmente em estratégias de pastejo que permitem intervalos entre pastejos muito longos, os valores de fotossíntese foliar apresentam-se mais baixos no pós-pastejo.

Ao longo do período de rebrotação, com o desenvolvimento das plantas e conseqüente desenvolvimento do IAF, aumenta-se a quantidade de luz interceptada, aumentando capacidade fotossintética do dossel (Tabela 17). Em todas as estratégias de pastejo, a fotossíntese de dossel máxima foi atingida no dia médio do ciclo, onde o dossel apresentava uma condição tal, que o crescimento ainda não influenciava os padrões de interceptação de luz, ao ponto de gerar auto-sombreamento. No tratamento de maior frequência (95% de IL) o potencial fotossintético do dossel manteve-se constante do dia médio ao pré-pastejo, devido ao menor intervalo de pastejo e à manutenção de uma menor área foliar média (2,08) o que propicia uma boa arquitetura do dossel, minimizando a competição por luz. Portanto, mantendo os valores de  $k$  sempre mais alto, permitindo um maior aporte de luz no interior do dossel e, conseqüentemente o auto-sombreamento. Sheehy e Cooper (1973) verificaram que os valores de taxas de crescimento da cultura variaram com a arquitetura do dossel e com o coeficiente de extinção luminosa ( $k = - [ \log_e (I/I_o) ] / IAF$ , onde  $I$  e  $I_o$  correspondem à valores de irradiância abaixo e acima da folhagem, respectivamente).

O IAF médio foi maior no tratamento 100% de IL (2,69) e intermediário no tratamento baseado em calendário (2,40), mas esses tratamentos já apresentaram períodos de descanso longos o suficiente para aumentar o IAF, gerando no dossel, uma competição por luz mais evidente, demonstrada pela redução mais acentuada nos valor de  $k$ , e ao mesmo tempo aumentar as quantidades de colmo e material morto. Dessa forma, o manejo mais adequado foi aquele que proporcionou os maiores valores de fotossíntese de dossel ao longo do ciclo (Tabela 17).

#### **4.4 Conclusões**

Quanto menor a frequência do pastejo (100% de IL), menor foi a taxa fotossintética de folhas individuais, o que levou a uma redução do potencial fotossintético do dossel na fase inicial, gerando atraso na rebrotação. Mas como nesse tratamento, o período de descanso é maior que os demais isso é compensado.

Teoricamente o manejo mais adequado é aquele que proporciona os maiores valores de fotossíntese de dossel ao longo do ciclo como o tratamento 95% de IL,

propiciando uma fase inicial já com bom potencial fotossintético, e mantendo-se próximo do máximo até o ponto de pré-pastejo.

Os tratamentos 28 dias e 100 de IL, devido à menor frequência de desfolhação, acabam gerando competição por luz e, conseqüentemente reduzindo os valores de fotossíntese foliar e de dossel.

## Referências

ACOCK, B.; CHARLES-EDWARDS, D. A.; FITTER, D. J.; HAND, D. W.; LUDWIG, L. J.; WARREN-WILSON, J.; WITHERS, A. C. The contribution of leaves from different levels within a tomato crop to canopy net photosynthesis: an experimental examination of two canopy models. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 29, p. 815-827, 1978.

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: J. Biggins (Ed). **Progress in photosynthesis research**. The Hague: Martinus Nijhoff Publ., 1987, v. 4, p. 415-418.

BRAGA, G.J.; PEDREIRA, C. G. S. Sward structure and herbage yield of rotationally stocked pastures of 'Marandu' Palisadegrass [*Brachiaria brizantha* (A. Rich.) Stapf] as affected by herbage allowance. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 63, n.2, p 121-129, 2006.

BRAGA, G. J.; PEDREIRA, C. G. S.; HERLING, V. R.; LUZ, P. H. C. Attenuation of the photosynthesis in a canopy of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. In: WORLD CONFERENCE ON ANIMAL PRODUCTION, 9., 2003, Porto Alegre. **Proceedings...** Porto Alegre:WAAP, 2003, p. 111.

BRASIL. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistemas de produção**. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FoontesHTML/BovinoCorte/BovinoCorteAcre/index.html>>. Acesso em: 10 fev. 2005.

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

BROWN, R.H.; COOPER, R.B. AND BLASER, R.E. Effects of leaf age on efficiency. **Crop Science**, Madison, v. 6, p.206-209, 1966.

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

DA SILVA, S. C.; PEDREIRA; C. G. S. Princípios de ecologia aplicados ao manejo da pastagem. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMAS DE PASTAGENS, 3., 1997, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, 1997, p. 1-62.

DIAS-FILHO, M. B. Photosynthetic light response of the C<sub>4</sub> 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 CO<sub>2</sub> uptake in C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> plants. **Plant Physiology**, New York, v. 59, p. 86-90, 1977.

EHLERINGER, J.; PEARCY, R. Variation in quantum yield for CO<sub>2</sub> uptake among C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> plants. **Plant physiology**, New York, v. 73, p. 555-559, 1983.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 1999. 412p.

GOMIDE, C.A.M. **Morfogênese e análise de crescimento de cultivares de Panicum maximum (Jacq.)**. 1997. 53p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1997.

GRANT, S. A.; KING, J. **Grazing management and pasture production: the importance of sward morphological adaptations and morphological photosynthesis.** Hill Farming Research Organisation, Biannual Report, p. 119-129, 1984, 1982-83.

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.

KING, J.; LAMB, W. I. C.; MCGREGOR, M. T. Regrowth of ryegrass subject to different cutting regimes and stocking densities. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 34, p.107-118, 1979.

LAWLOR, D. W. Photosynthesis, productivity and environment. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 46, Special Issue, p. 1449-1461. 1995.

LITTELL, R. C.; MILLIKEN, G. A.; STROUP, W. W.; WOLFINGER, R. D. **SAS<sup>®</sup> system for mixed models.** Cary: SAS Institute, 1996. 633p.

LUDLOW, M. M.; WILSON, G. L. Photosynthesis of tropical pasture plants. I. Luminance, carbon dioxide concentration, leaf temperature, and leaf-air vapour pressure difference. **Australian Journal of Biological Science**, Melbourne, v. 24, p. 449-470, 1971.

PARSONS, A. J.; LEAFE, E. L.; COLLET, 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.

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.

RYMPH, S.J. **Modeling growth and composition of perennial tropical forage grasses**. 2004, 316p. Dissertation (Doctor of philosophy). University of Florida, Gainesville, 2004.

ROUX, X. L.; MORDELET, P. Leaf and canopy CO<sub>2</sub> assimilation in a West African humid savanna during the early growing season. **Journal of Tropical Ecology**, New York, v. 11, p. 529-545, 1995.

SHEEHY, J.E.; COOPER, J. P. Light interception, photosynthetic activity, and crop growth rate in canopies of six temperate forage grasses. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 10, p. 239-250, 1973.

SOIL SURVEY STAFF. **Keys to soil taxonomy**. 4<sup>th</sup> ed. Blacksburg: Virginia Polytechnic Institute State University Press, 1990. 422 p. (Soil Management Support Services Technical Monograph, 19).

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

WOLEDGE, J. The photosynthesis of ryegrass leaves growth in a simulated sward. **Annals of Applied Biology**, Cambridge, v. 73, p. 229-237, 1973.