

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

**Capim Xaraés sob pastejo: respostas agronômicas e morfofisiológicas, e
adaptação do modelo CROPGRO para a predição de crescimento**

Bruno Carneiro e Pedreira

**Tese apresentada para obtenção do Título de Doutor em
Agronomia. Área de Concentração: Ciência Animal e
Pastagens**

**Piracicaba
2009**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Bruno Carneiro e Pedreira
Engenheiro Agrônomo

Capim Xaraés sob pastejo: respostas agronômicas e morfofisiológicas, e adaptação do modelo CROPGRO para a predição de crescimento

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

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

Piracicaba
2009

À minha esposa Sylvia e ao nosso pequenino (a) que está a caminho

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Gostaria de começar agradecendo ao meu orientador, Prof. Carlos G. S. Pedreira, que mais uma vez me apresentou novos caminhos e desafios, contribuindo para minha formação profissional e pessoal. Me encorajou a trabalhar com fisiologia de plantas forrageiras e com modelos ecosifiológicos, proporcionando a oportunidade de interagir com pesquisadores de vários países. Assim como no mestrado, o Prof. Sila Carneiro da Silva esteve sempre presente, acrescentando e aconselhando. Agradeço ao Prof. Gerson Barreto Mourão pela contribuição, sempre inovadora, na análise estatística.

I would like to express my sincere thanks and appreciation to Dr. Kenneth Boote (my supervisory at University of Florida) for introducing me to crop modeling, and especially for the attention and patience. Thanks for the long meetings working hard on CROPGRO-forage model. I would also like to thank Dr. Lynn Sollenberger for advising me on the Brachiaria dataset and, for sharing with me a different way to understand and think on forage science. Thanks to Phillip Alderman for helping me on DSSAT and CROPGRO and for encouraging me on crop modeling. Thanks Jason Hupp, Sindy Interrante and Kesi Liu for the days spent on the total non-structural carbohydrates analyses. Thanks are due to Antonio Bianchi (English teacher) for helping me with English skills and with the TOEFL test.

Agradeço à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo pela oportunidade de realização do Doutorado, 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, 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, fornecimento de alimento e animais. Aos funcionários do LZT pelo suporte oferecido desde a implantação da área experimental até o auxílio com manejo dos animais do experimento.

Gostaria de relembrar alguns dos nomes de contemporâneos do Laboratório de Plantas Forrageiras, como: Adenilson Paiva, Alessandra A. Giacomini, Aliedson Sampaio Ferreira, Carlindo Santos Rodrigues, Cauê Varesqui Zeferino, Daniel de Lucena Sarmiento, Davi Cavalcante de Aquino, Diego Noletto Luz Pequeno, Fábio Caminha, Flávia Maria Erbeta de Andrade, Felipe Curcelli, Felipe Tonato, Henrique Rocha de Medeiros, João Menezes de Souza

Neto, Jorge Nunes Portela, Julio Kuhn Trindade, Karine da Silva Pena, Leandro Martins Barbero, Leonardo Simões de Barros Moreno, Lilian Techio Pereira, Márcia Cristina Teixeira da Silveira, Marcos Schleiden de Sousa Carvalho, Marcio André Stefanelli Lara, Marília Gabriela Faustino, Priscila Mesquita, Renata La Guardia Nave, Salim Jacaúna de Souza Júnior, Veridiana Limão, Vitor Del Alamo Guarda. Colegas de pós-graduação que de alguma forma contribuíram, correndo atrás de vacas, descarregando um caminhão de feno ou discutindo dados e pontos de vista.

Os alunos de graduação Aurélio Macedo Debiazzi, Cacília Leonelli, Daniel Collucci, Gislene Roberta Manarim, Guilherme Pinezzi Honório, Marcel Olivetti, Murilo Saraiva Guimarães, Ricardo Sá tornaram as atividades de campo mais fáceis e prazerosas, pois durante o trabalho discutíamos ciência animal e pastagens.

Nos meses em que eu e Sylvia passamos na Florida fizemos alguns amigos, aos quais somos muito gratos. Roberto e Bete Pereira nos receberam acolhedouramente, abrindo as portas do lar, como se abre aos filhos. Nos ofereceram tudo que um estrangeiro recém-chegado precisa, do banho quente ao apartamento mobiliado. Amigos como Daniel R. Pereira, Davi Brito de Araújo, Franklin e Lidiane Behlau, Lincoln Zotarelli e Vanessa R. da Silva, Oscar César M. Queiroz, Rosana H. Serikawa e Sylvia Sousa tornaram a estadia em Gainesville muito prazerosa, oferecendo suporte logístico e emocional no novo mundo.

Por último, gostaria de agradecer à minha esposa Sylvia, por estar ao meu lado em todos os momentos do meu programa de doutoramento, sem deixar de cumprir as metas do seu doutorado na Fitopatologia. Compreendendo, desde minhas muitas horas ausente coletando dados, até a nossa desafiante estadia na Universidade da Florida. Momentos difíceis, dos quais, hoje, podemos sorrir.

SUMÁRIO

RESUMO	11
ABSTRACT	13
1 INTRODUÇÃO	15
Referências	16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 O capim Xaraés: Origem, caracterização e potencial para a pecuária brasileira.....	17
2.2 Arquitetura de estandes de plantas forrageiras e seu impacto sobre a fisiologia da produção	18
2.3 Importância das reservas orgânicas de planta forrageira para a produtividade e persistência das pastagens	21
2.4 Modelagem ecofisiológica como ferramenta de auxílio à tomada de decisão no manejo de pastagens	24
Referências	26
3 EFEITO DAS ESTRATÉGIAS DE PASTEJO INTERMITENTE NA PRODUÇÃO, ESTRUTURA E DINÂMICA DO ACÚMULO DE FORRAGEM DE PASTOS DE CAPIM XARAÉS	31
Resumo.....	31
Abstract	32
3.1 Introdução.....	33
3.2 Material e Métodos	34
3.3 Resultados e Discussão	37
3.3.1 Período de descanso	37
3.3.2 Acúmulo e taxa de acúmulo de forragem.....	39
3.3.3 Componentes da massa de forragem: quantidades e proporções.....	40
3.3.4 Massa de forragem pós-pastejo.....	44
3.3.5 Interceptação luminosa, índice de área foliar, altura e ângulo da folhagem	46

3.3.6 Dinâmica do acúmulo	49
3.4 Conclusões	54
Referências	55
4 COMPONENTES DE RESERVA EM PASTOS DE CAPIM XARAÉS EM RESPOSTA A ESTRATÉGIAS DE PASTEJO INTERMITENTE	59
Resumo	59
Abstract	60
4.1 Introdução	61
4.2 Material e Métodos.....	62
4.3 Resultados e Discussão.....	67
4.3.1 Período de descanso e produção de forragem.....	67
4.3.2 Número de touceiras no início e final de cada ano	69
4.3.2 Massa de raízes e do resíduo pós-pastejo	70
4.3.3 Carboidratos não-estruturais	71
4.3.4 Nitrogênio	72
4.4 Conclusões	75
Referências	76
5 ADAPTAÇÃO DO MODELO CROPGRO PARA A PREDIÇÃO DO CRESCIMENTO E DA COMPOSIÇÃO MORFOLÓGICA DE <i>Brachiaria brizantha</i>	79
Resumo	79
Abstract	80
5.1 Introdução	81
5.2 Material e Métodos.....	90
5.2.1 Adaptação do modelo	90
5.2.2 Experimentos para produção e análise de crescimento de <i>Brachiaria brizantha</i>	93
a. Parametrização do modelo.....	93

b. Teste do modelo ajustado	94
5.3 Resultados e Discussão	95
5.3.1 Parametrização do modelo CROPGRO.....	95
a. Efeito do fator água e nitrogênio.....	95
b. Partição de matéria seca para folhas, colmos e raízes.....	96
c. Predição de índice de área foliar e área foliar específica	99
d. Acúmulo de biomassa	101
5.3.2 Teste do Modelo.....	103
5.3.3 Adaptação e teste: facilidades e dificuldades	107
5.4 Conclusões.....	108
Referências	109

RESUMO

Capim Xaraés sob pastejo: respostas agronômicas e morfofisiológicas, e adaptação do modelo CROPGRO para a predição de crescimento

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. O objetivo deste trabalho foi avaliar as respostas agronômicas e morfofisiológicas, e adaptar o modelo CROPGRO para predizer o crescimento de capim Xaraés submetido 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. 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 agronômicas, morfológicas e fisiológicas deste, tais como produção de forragem, índice de área foliar (IAF), interceptação luminosa (IL). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com três tratamentos e três repetições, totalizando nove unidades experimentais (piquetes) de 120 m² 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. A estratégia 100% de IL, devido à sua menor freqüência, garantiu à comunidade vegetal um maior intervalo de desfolhações e, conseqüentemente, maior período de crescimento. No primeiro ano não houve diferença entre estratégias no total acumulado, mas as estratégias 28-d e 100% IL reduziram o total de forragem acumulada no segundo ano. A dinâmica do acúmulo apresentou padrões distintos para os componentes morfológicos: folhas, colmo e material morto, assim como respostas diferentes à estrutura e produção de forragem. Os menores estoques de nitrogênio e carboidratos não-estruturais nas raízes sugerem o efeito negativo dos longos períodos de crescimento impostos pelas estratégias 100% IL e 28-d. Sob estratégia de pastejo intermitente, sugere-se que o capim Xaraés seja manejado respeitando-se 30 cm como altura de entrada e 15 cm como pós-pastejo, preterindo o acúmulo de colmos. O resultado da adaptação sugere que o modelo CROPGRO é uma ferramenta eficiente para integrar aspectos fisiológicos de *B. brizantha* e pode ser usado para simular com boa acurácia.

Palavras-chave: Modelagem; Manejo; Interceptação luminosa; Reservas orgânicas

ABSTRACT

Xaraés palisadegrass under grazing: agronomic, morphological, and physiological responses, and adapting the CROPGRO model for predicting forage growth

On optimization of the animal production systems using models, morphological and physiological aspects of forage plants is required. Moreover, is necessary to understand grazing effects on regrowth, and consequently, on forage mass accumulation. The objective of this research was to evaluate the morphological and physiological responses, and adapting the CROPGRO model for predicting forage growth, 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. The study was conducted at Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP campus in Piracicaba, SP, on a kandiudalfic eutrudox using a one-year-old pasture of Xaraés palisadegrass where agronomic, morphological and physiological traits, such as forage yield, leaf area index (LAI) and light interception (LI) were studied. The experimental design was completely randomized with three treatments and three replications, for a total of nine experimental units (paddocks) of 120 m² 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. On the first year, total mass accumulation was similar among strategies, but 28-d and 100% LI strategies reduced this amount on the second year. The herbage accumulation during the regrowth presented different patterns on each morphological component: leaf, stem and dead material, as well as, different responses on structure and forage production. Lower nitrogen and total non-structural carbohydrates pools on roots suggest a negative effect caused by longer rest periods on 100% LI and 28-d strategies. The results suggesting that Xaraés palisadegrass under intermittent grazing stocking be management respecting 30 cm as pre-grazed and 15 cm as stubble height, avoiding stem accumulation. The adaptation result shows that CROPGRO is an efficient tool to integrate physiological aspects of *B. brizantha* and can be used to simulate with good accuracy.

Keywords: Modeling; Management; Light interception; Organics reserves

1 INTRODUÇÃO

A preocupação com a demanda crescente por alimentos no mundo é um tema muito discutido atualmente. Nesse contexto, o Brasil com sua grande área agricultável, aparece como um importante produtor de alimentos. Segundo dados do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior o país se apresenta como um grande exportador de soja, açúcar e carnes. Além disso, desde 2003 é o maior exportador mundial de carne bovina (CNA, 2006).

Estimativas da FAO mostram o crescente aumento do rebanho bovino brasileiro e o colocam como maior do mundo, estimado em 205 milhões de cabeças, seguido do indiano com 177 milhões (FAO, 2008). Por outro lado, censo agropecuário que contabilizou 179 milhões de hectares de pastagens em 1985 registrou 172 milhões na contagem de 2006. Enquanto a área de lavoura aumentou de 52 para 77 milhões de hectares, no mesmo período (IBGE, 2008). Isso mostra que a atividade pecuária tem sido pressionada a aumentar sua eficiência, pois ao mesmo tempo em que aumenta o número de animais no rebanho, perde áreas de pastagens, base da alimentação do rebanho brasileiro.

Embora estes números sejam indicadores da evolução da atividade, os índices zootécnicos da pecuária brasileira ainda podem ser substancialmente melhorados. Por exemplo, ferramentas que auxiliem em tomadas de decisão na propriedade, permitindo melhorias no controle do ponto de colheita e ajustes em taxas de lotação, principalmente durante o verão, podem aumentar a eficiência do sistema. Além disso, entender a estacionalidade de produção, prever a produção de forragem e ser capaz de planejar a estratégia alimentar do rebanho, principalmente durante a estação seca, permite ganhos muito superiores aos animais, gerando maior quantidade de produto animal em menor tempo.

Dessa forma, estudos que forneçam ferramentas para aumentar a eficiência da utilização das pastagens, bem como o entendimento das respostas de plantas forrageiras sob pastejo são fundamentais para melhorar o ganho do sistema.

Referências

CNA. Confederação Nacional da Agricultura. Disponível em: <<http://www.cna.org.br/>>. Acessado em: 10 nov 2008.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: <<http://www.fao.org/corp/statistics/en/>>. Acessado em: 10 nov 2008.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Brazilian Institute of Geography and Statistics. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acessado em: 10 nov 2008.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O capim Xaraés: Origem, caracterização e potencial para a pecuária brasileira

Dentre as atividades econômicas mais importantes do Brasil destaca-se a pecuária, a qual é baseada em pastagens. Isso ocorre, pois quando se compara os custos de produção da alimentação de rebanhos em pastagens com sistemas que utilizam animais confinados e grãos na dieta, a pastagem aparece como a fonte mais econômica para alimentação de ruminantes, uma vez que nesses sistemas o próprio animal colhe a forragem. Além disso, a expansão das fronteiras agrícolas no Brasil chegou à região Amazônica, e pressões ambientais fazem com que o crescimento atual da atividade agropecuária dependa de intensificação e tecnificação do uso da terra. Por isso, a busca por espécies forrageiras que aumentem a produtividade animal e ajudem na recuperação de pastagens degradadas é de fundamental importância para a sustentabilidade da atividade pecuária (LASCANO et al., 2002).

As áreas cultivadas com pastagens no Brasil expandiram desde a década de 1970, devido principalmente à expansão da pecuária na região de Cerrado e da Amazônia (FARIA; PEDREIRA; SANTOS, 1996). Desde então, o que eram aproximadamente 25 milhões de hectares de pastagens cultivadas, passaram a quase 90 milhões de hectares em 1996 (IBGE, 2008). Esse aumento deveu-se, em parte, ao aumento do cultivo de espécies de gramíneas do gênero *Brachiaria* que, na década de 1990, já representavam cerca de 85% da área cultivada com pastagens no Cerrado brasileiro (MACEDO, 1995).

Dentre as espécies de *Brachiaria*, uma das mais utilizadas é o capim Marandu [*B. brizantha* (A.Rich.) Stapf], caracterizado 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). 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. Apesar desses materiais apresentarem excelentes características, o pecuarista frequentemente se beneficia com a diversificação em termos de espécies forrageiras na propriedade, pois reduz seu risco e sua dependência em um só material, podendo atenuar o problema de estacionalidade. Além disso, uma vez que áreas em uma mesma propriedade podem apresentar diferentes condições de solo, essa diversificação sugere vantagens com a utilização de diferentes espécies ou cultivares (EMBRAPA-CNPGC, 2004).

Baseado nesse princípio, o Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA – CNPGC) coletaram, no ano de 1985, na região de Cibitoke, 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 (EMBRAPA-CNPGC, 2004), com distribuição estacional da produção, sob irrigação, de 17% na seca e 83% no período das chuvas (LARA, 2007). Em comparação com o capim Marandu, o capim Xaraés produziu 13% a mais de massa seca por ano (LARA, 2007), o que possibilita maior taxa de lotação (EMBRAPA, 2004). 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 2001 como cultivar Xaraés (EMBRAPA, 2004).

2.2 Arquitetura de estandes de plantas forrageiras e seu impacto sobre a fisiologia da produção

Mesmo com o surgimento de novas opções de materiais forrageiros como mais uma alternativa 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). Além disso, a produção de forragem depende do uso da luz que é interceptada pelo dossel (PEARCE; BROWN; BLASER, 1965; VERHAGEN; WILSON; BRITTEN, 1963). Assim como, a forma, arranjo, tamanho e quantidade de folhas afetam o uso da luz incidente pela comunidade vegetal.

O índice de área foliar (IAF, área de folhas por unidade de área de solo) é um dos descritores da arquitetura de um dossel. Normalmente, quanto maior o IAF, maior a capacidade de o dossel interceptar luz (BROWN; BLASER, 1968) embora isso nem sempre seja verdadeiro. A distribuição do IAF ao longo do perfil 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; WILLIAMS, 1969), afetando a extensão de penetração da luz no dossel (PEDREIRA; MELLO; OTANI, 2001).

Assim, foi postulado 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 ($IAF_{\text{ótimo}}$) (RHODES, 1973). Além disso, gramíneas com hábito de crescimento ereto possuem um baixo coeficiente de extinção de luz (k) e um IAF médio mais elevado que gramíneas prostradas (SHEEHY; COOPER, 1973).

Uma curva de crescimento foi ajustada para estandes de plantas forrageiras onde existiam três fases distintas (BROUGHAM; GLENDAY, 1967). Na primeira, as taxas de acúmulo aumentam de forma exponencial com o tempo. A segunda fase é linear e no seu decorrer a sua inclinação era máxima, portanto a taxa de acúmulo também. Numa terceira fase a taxa de acúmulo é decrescente e, eventualmente, chega a zero. A segunda fase, onde o acúmulo é linear, é associada com o período onde a fotossíntese excede a respiração, portanto situação de máximo balanço positivo de carbono no dossel (BROUGHAM, 1955; 1956), definindo o $IAF_{\text{ótimo}}$, onde as folhas basais estão sombreadas na exata extensão para que estejam no ponto de compensação luminosa, com balanço de carbono igual a zero (BROUGHAM; GLENDAY, 1967). Informações sobre a arquitetura do dossel são, portanto, essenciais para a compreensão dos processos relacionados com a interceptação luminosa, tais como, produtividade e evapotranspiração (WELLES; NORMAN, 1991).

A eficiência do dossel na conversão de energia luminosa em matéria seca foi postulada como 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; 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; 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 CO_2 e evapotranspiração, que são fortemente dependentes do microclima do dossel devido à sua arquitetura (LOOMIS; WILLIAMS, 1969). 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 (BRAGA et al., 2008). A variação de tais fatores dentro do dossel faz com que a fotossíntese de folhas individuais frequentemente não seja bem correlacionada com a fotossíntese do dossel (NELSON; ASAY; HORST, 1975).

Em estudo com azevém perene (*Lolium perenne* L.) consorciado com trevo branco (*Trifolium repens* L.), as frequências foram baseadas em interceptação luminosa (IL), onde a desfolhação era iniciada com a ocorrência de 95% IL ou duas semanas após esta, e as intensidades baseadas em IAF residual. Durante a primavera/verão houve interação entre frequência e intensidade para o acúmulo de forragem total e de massa verde. Nos casos onde o pastejo foi feito a 95% da IL, o acúmulo foi maior para as maiores intensidades e, em contraste, o tratamento de menor frequência 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 tendo sido atingidos na menor frequência, a qual também apresentou menores valores de material morto. Durante o verão, os autores relataram que o desenvolvimento reprodutivo de azevém perene foi marcadamente afetado pelas intensidades de pastejo, resultando em pastos com diferentes quantidades de forragem residual e material morto (KORTE; WATKIN; HARRIS, 1982). O IAF medido a 95% IL não foi afetado pela frequência de pastejo no verão, outono e inverno. Porém, durante o verão, os maiores IAFs medidos a 95% IL foram onde os pastejos prévios tinham sido de maior intensidade comparados com aqueles mais lenientes. Os IAFs a 95% IL foram menores no outono e inverno do que no verão. O IAF médio foi 11% maior para a menor frequência, mas não diferiu entre as intensidades (KORTE; WATKIN; HARRIS, 1982). Os autores concluíram que na fase vegetativa a observância dos 95% IL é a mais indicada para maximização da produção. Porém, o controle do desenvolvimento de colmos e inflorescências na fase reprodutiva da planta forrageira, 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 colmos e maior penetração de luz.

Em estudo com capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq.) utilizando dois níveis de interceptação luminosa (95 ou 100%) e dois resíduos pós-pastejo (30 e 50 cm), os autores relataram máximo acúmulo líquido de lâminas foliares quando o dossel atingiu 95% de IL, e encontraram uma alta correlação entre IL e altura do dossel, tornando a altura um parâmetro de alta confiabilidade e de caráter prático no manejo do pastejo (CARNEVALLI et al., 2006). Além disso, os autores sugeriram que a estratégia de colheita da forragem seja baseada em parâmetros

que exerçam influência sobre a estrutura do dossel (e.g., interceptação luminosa) para que, assim, possam ser manipulados conforme a necessidade do sistema de produção de forma objetiva, correlacionando quantidade e qualidade de forragem.

2.3 Importância das reservas orgânicas de planta forrageira para a produtividade e persistência das pastagens

Para otimizar o manejo de pastagens 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 da planta e conseqüentemente, na sua produção. Considerando o carbono como o principal constituinte das plantas superiores sendo encontrado principalmente sob a forma de carboidratos, a taxa de acúmulo de biomassa vegetal em comunidades de plantas é determinada pela taxa na qual esse elemento é incorporado aos tecidos. A taxa de acúmulo de carbono é influenciada pelo conteúdo de nitrogênio presente na planta. Conseqüentemente, a interação e a dinâmica desses elementos estão ligadas aos processos metabólicos que resultam no crescimento da planta (LEMAIRE; CHAPMAN, 1996). No entanto, para gramíneas tropicais e sub-tropicais a rebrotação pode não depender exclusivamente do teor de compostos de reservas, na ocasião do corte ou pastejo, mas também da área foliar remanescente. Assim, a velocidade de recuperação do azevém anual é inversamente proporcional ao grau de desfolha sofrido pela planta (BROUGHAM, 1956).

Atualmente, com o reconhecimento de que o êxito na recuperação das plantas forrageiras após a desfolha se deve tanto ao teor de compostos de reservas quanto a área foliar remanescente, é assumido que a importância relativa de um em detrimento do outro se dará em situações específicas, revelando que esses mecanismos atuam de maneira complementar e não competitiva (LUPINACCI, 2002). Nesse sentido quando o regime de desfolhação é definido por pastejos severos e pouco freqüentes, as reservas assumem papel de destaque na garantia de formação de novos tecidos, visto que a área foliar remanescente possivelmente não seja capaz de permitir a recuperação do dossel. Ao contrário, em pastejos lenientes e freqüentes, a área foliar remanescente terá uma maior capacidade de promover a recuperação da planta, e nesse enfoque, as reservas passam a ter importância secundária.

O período imediatamente subsequente à desfolhação de plantas forrageiras tem sido foco de muita pesquisa ao longo dos anos. O controle da taxa de rebrotação durante esse período é

atribuído ao IAF residual e a substâncias de reservas. Tradicionalmente as orientações de manejo de pastagem têm sido apoiadas na utilização de substâncias orgânicas acumuladas nas raízes e bases do caule das plantas, principalmente carboidratos não estruturais. A observação de que ocorre uma redução nos teores de carboidratos de reserva após uma desfolha serviu de fundamento para se admitir que os mesmos estariam sendo mobilizados para atender ao novo crescimento, o que foi demonstrado para plantas de clima temperado (RODRIGUES; RODRIGUES, 1987).

Reservas orgânicas foram definidas como compostos constituídos por carbono e nitrogênio, elaborados e armazenados pela planta em órgãos permanentes, principalmente aqueles remanescentes da desfolha, usados como substrato no processo de manutenção durante períodos de estresse e formação de novos tecidos durante a recuperação após a desfolhação (SHEARD, 1973).

O declínio de carboidratos solúveis ou amido na base do colmo e em partes subterrâneas de plantas forrageiras depois da desfolhação levou alguns pesquisadores a concluir que a taxa de rebrotação foi influenciada pela concentração de carboidrato nos órgãos de reservas. Entretanto, concluíram que carboidratos de reserva foram principalmente usados como substrato respiratório e o excedente ficou disponível para a rebrotação (MAY, 1960; MAY; DAVIDSON, 1958). Além disso, reservas orgânicas e a área foliar parecem interagir no crescimento depois da desfolhação. Quando carboidratos foram reduzidos em *Dactylis glomerata* pela exposição ao escuro por 60 h, as taxas de rebrotação foram menores. A produção de novos perfilhos pareceu ser mais afetada do que a rebrotação da planta, especialmente durante os primeiros dias depois da desfolhação. Quando analisados perfilhos individuais, em que se reteve apenas duas lâminas foliares, cresceram mais rápido do que perfilhos completamente desfolhados, independente dos níveis de carboidratos (WARD; BLASER, 1961). Redução das reservas de carboidratos por curtos tratamentos de escuro em outros experimentos também resultou em menores rebrotações. Dessa forma, somente o carboidrato contido na base de folhas em expansão de *D. glomerata* foi usado na expansão daquelas folhas (DAVIDSON; MILTHORPE, 1966b) e o efeito das reservas orgânicas foi restrito ao início da rebrotação. Concluiu-se, com isso, que reservas na bainha foliar de folhas completamente expandidas foram respiradas ou usadas para formação de novos perfilhos ou raízes.

Parece lógico que carboidratos dos órgãos de reserva e fotossíntese possam ser usados completamente para produção de novos tecidos exceto se existir restrição espacial no movimento de assimilados. Assim, o uso de carboidratos por folhas em expansão pode ser inibido pela presença de carboidratos nas próprias folhas (DAVIDSON; MILTHORPE, 1966a). A quantidade de carboidratos de reserva usada na rebrotação pode depender da intensidade do pastejo, capacidade fotossintética das folhas remanescentes e das condições ambientais para fotossíntese e crescimento. Os níveis de carboidratos de reservas influenciam o crescimento da parte aérea e provavelmente ainda melhoram o crescimento de raiz.

Além disso, pode existir uma forte interação entre carboidratos de reservas e área foliar durante o início da rebrotação (BROWN; BLASER, 1968). Por exemplo, em pastagens bem utilizadas, em que a maioria das folhas são removidas, a planta utiliza as reservas orgânicas armazenadas para refazer parte aérea e conseqüentemente restaurar sua capacidade fotossintética. Se a concentração das reservas estiver inadequada, devido ao fato de não ter havido tempo suficiente para reposição no último período de descanso, a rebrotação será prejudicada e isso pode, também, afetar a persistência em longo prazo (FULKERSON; DONAGHY, 2001).

Estudo com capim-bermuda cv. 'Florakirk' [*Cynodon dactylon* (L.) Pers] combinando três períodos de descanso (7, 21 e 35 dias) e três alturas de resíduo (8, 16 e 24 cm) mostrou que o estoque de carboidratos não-estruturais (CNE) na base do colmo e rizoma diminuiu com o aumento da altura do resíduo, após dois verões sob pastejo. Essa resposta é em grande parte explicada pelo efeito da altura de resíduo sobre a massa de rizomas, apontando para um efeito de diluição. Apesar disso a redução da concentração de carboidrato não estrutural total no rizoma e no estoque de um ano para outro não foi associada à diminuição do estande ou ao decréscimo na sobrevivência das plantas corroborando o conceito que o status de carboidrato total não-estrutural pode não ser um determinante-chave na persistência do capim 'Florakirk' (PEDREIRA; SOLLENBERGER; MISLEVY, 2000).

Em experimento utilizando *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sob quatro intensidades de pastejo (10, 20, 30 e 40 cm de altura), foi identificado dois padrões de comportamento, um para carboidratos não estruturais e outro para frações nitrogenadas. Assim, observou-se um incremento nos teores e estoques de carboidratos à medida que a altura de pasto aumentou, mostrando que pastos manejados com maiores IAF foram capazes de acumular maior quantidade de energia e indicando o rigor do regime de desfolha imposta pela condição de pasto de 10 cm.

Enquanto que nas frações nitrogenadas a resposta foi inversa, de maneira que os estoques e teores dos compostos nitrogenados diminuíram quanto os pastos foram mantidos com maiores alturas, indicando que plantas mantidas com maiores áreas foliares não investem no acúmulo de reservas nitrogenadas, ou acumulam o mínimo necessário (LUPINACCI, 2002).

2.4 Modelagem ecofisiológica como ferramenta de auxílio à tomada de decisão no manejo de pastagens

Modelos ecofisiológicos devem descrever processos fisiológicos, integrando fatores tais como IAF, coeficiente de extinção luminosa, densidade de fluxo da radiação e máxima taxa de fotossíntese por folha (BOOTE; JONES, 1987), sendo capazes de estimar a fotossíntese do dossel, quantificando o potencial de captura e fixação de carbono pelo estande de plantas (JOHNSON; PARSONS; LUDLOW, 1989).

Um modelo capaz de prever respostas agrônomicas de espécies forrageiras ao manejo e ao ambiente 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. Modelos agrônomicos 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 pesquisa 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 melhor os experimentos de campo. Assim, o processo de desenvolvimento de novas tecnologias pode ser acelerado e ter seus custos reduzidos (RYMPH, 2004).

O modelo CROPGRO (BOOTE; JONES; HOOGENBOOM, 1998) atende a essas premissas gerais. Trata-se de um modelo orientado por processos que usa dados diários do clima e de manejo para prever mudanças diárias na composição e crescimento da cultura. A composição diz respeito a aspectos qualitativos da planta, que são preditos pelo modelo, incluindo teor de proteína bruta, carboidratos (parede celular e amido), lipídios, lignina, ácidos orgânicos e cinzas. Crescimento e componentes de produção preditos são: proporção de folhas, colmos, sementes e massa de raiz. Adicionalmente, o modelo pode contemplar a modelagem de

matéria orgânica do solo, N, simula o balanço hídrico, desta maneira fornecendo informações sobre ciclagem de N, incrementos e perdas. O CROPGRO tem sido adaptado para diferentes espécies incluindo soja (*Glycine max* L.) amendoim (*Arachis hypogaea* L.), feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), ervilhaca (*Vicia faba* L.), e tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) (BOOTE; JONES; HOOGENBOOM, 1998; BOOTE et al., 1998; BOOTE; MINGUEZ; SAU, 2002; SCHOLBERG, 1997). De maneira geral, o CROPGRO pode ser adaptado para modelar espécies através do desenvolvimento de novos bancos de dados que contenham parâmetros adequados de espécies, cultivares e ecótipos. Essa abordagem foi usada para adaptar o CROPGRO para modelar gramíneas C₄ (*Paspalum notatum* Flugge), com razoável grau de sucesso (RYMPH, 2004). Entretanto, no processo de adaptação, várias áreas foram identificadas, onde a estrutura do modelo foi deficiente, ou não descreveu adequadamente os processos relatados para crescimento de plantas tropicais ou subtropicais (RYMPH et al., 2003), sugerindo que existe a necessidade de adaptações e modificações no modelo, à medida que se deseja ampliar a sua utilização para outras espécies e culturas.

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. Estratégias de pastejo afetam as características da forragem e a utilização da IL permite que as plantas sejam colhidas consistentemente numa condição fisiológica semelhante. Contrastar esta técnica com a utilização de uma estratégia de pastejo baseada em períodos de descanso fixo permite quantificar as divergências entre os métodos e a inconsistência do uso do calendário como guia de manejo. Critérios baseados em atributos morfofisiológicos 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, permitindo, assim, uma boa predição do modelo, com um certo grau de flexibilidade, gerando ferramentas práticas de decisões de manejo.

Referências

- BOOTE, K.J.; JONES, J. W. Equations to define canopy photosynthesis from quantum efficiency, maximum leaf rate, light extinction, leaf area index, and photon flux density. In: BIGGINS, J. (Ed.). **Progress in photosynthesis research**. New York: Martinus Nijhoff Publisher, 1987. v.4. p.415-418
- BOOTE, K.J.; JONES, J.W.; HOOGENBOOM, G. Simulation of crop growth: CROPGRO model. In: PEART, R.M.; CURRY, R.B. (Ed.). **Agricultural systems modeling and simulation**. New York: Marcel Dekker, 1998. p. 651-692.
- BOOTE, K.J.; MINGUEZ, M.I.; SAU, F. Adapting the CROPGRO legume model to simulate growth of faba bean. **Agronomy Journal**, Madison, v. 94, n. 4, p. 743-756, 2002.
- BOOTE, K.J.; JONES, J.W.; HOOGENBOOM, G.; PICKERING, N.B. The CROPGRO model for grain legumes. In: TSUJI, G.Y.(Ed.). **Understanding options for agricultural production**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1998. p. 99-128.
- BRAGA, G.J.; PEDREIRA, C.G.S.; HERLING, V.R.; LUZ, P.H.D.; LIMA, C.G. Herbage allowance effects on leaf photosynthesis and canopy light interception in palisadegrass pastures under rotational stocking. **Tropical Grasslands**, St. Lucia, v. 42, p. 214-223, 2008.
- 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. Effects 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 the British Grassland Society**, Oxford, v. 22, p. 100-107, 1967.
- BROWN, R.H.; BLASER, R.E. Leaf area index in pasture growth. **Herbage Abstracts**, Farnham Royal, v. 38, n. 1, p. 1-9, 1968.
- CARNEVALLI, R.A.; DA SILVA, S.C.; BUENO, A.A.O.; UEBELE, M.C.; BUENO, F.O.; HODGSON, J.; SILVA, G.N.; MORAIS, J.P.G. Herbage production and grazing losses in *Panicum maximum* cv. Mombaca under four grazing managements. **Tropical Grasslands**, St. Lucia, v. 40, n. 3, p. 165-176, 2006.

COOPER, J.P.; WILSON, D. Variation in photosynthetic rate in *Lolium*. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, Santa Lucia, 1970. **Anais...** Santa Lucia: 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 ECOSISTEMAS DE PASTAGENS, 3., Jaboticabal, 1997. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, 1997. p. 1-62.

DAVIDSON, J.L.; MILTHORPE, F.L. The effect of defoliation on the carbon balance in *Dactylis glomerata*. **Annals of Botany**, Oxford, v. 30, p. 185-198, 1966a.

DAVIDSON, J.L.; MILTHORPE, F.L. Leaf growth in *Dactylis glomerata* following defoliation. **Annals of Botany**, Oxford, v. 30, p. 173-184, 1966b.

EMBRAPA-CNPGC. **Xaraés é o mais novo capim lançado pela EMBRAPA Gado de Corte**. Disponível em: <<http://www.cnpqc.embrapa.br/salaimprensa/2001/xaraes/xaraes.html>>. Acesso em: 13 mar. 2004.

EMBRAPA. **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. 2004.

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

FULKERSON, W.J.; DONAGHY, D.J. Plant-soluble carbohydrate reserves and senescence - key criteria for developing an effective grazing management system for ryegrass-based pastures: a review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v. 41, n. 2, p. 261-275, 2001.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Brazilian Institute of Geography and Statistics**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 10 nov 2008.

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

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 Journal of Agricultural Research**, Wellington, v. 25, p. 309-311, 1982.

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

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. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria y Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, 2002. p.14.

LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D F. 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.

LOOMIS, R.S.; WILLIAMS, W.A. Productivity and the morphology of crop stands: patterns with leaves. In: EASTIN, J.D. (Ed.). **Physiological aspects of crop yield.** Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America and Soil Science Society of America, 1969. p. 27-47.

LUPINACCI, A.V. **Reservas orgânicas, índice de área foliar e produção de forragem em *Brachiaria brizantha* cv.Marandu submetida a intensidades de pastejo por bovinos de corte.** 2002. 160 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

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

MAY, L.H. The utilization of carbohydrate reserves in pasture plants after defoliation. **Herbage Abstracts**, Farnham Royal, v. 30, p. 236-245, 1960.

MAY, L.H.; DAVIDSON, J.L. The role of carbohydrate reserves in regeneration of plants. 1. Carbohydrates changes in subterranean clover following defoliation. **Journal of Agricultural Research**, Washington, v. 9, p. 767-777, 1958.

NELSON, C.J.; ASAY, K.H.; HORST, G.L. Relationship of leaf photosynthesis to forage yield of tall fescue. **Crop Science**, Madison, v. 15, n. 4, p. 476-478, 1975.

NUNES, S.G.; BOOCK, A.; PENTEADO, M.I.O.; GOMES, D.T. ***Brachiaria brizantha* cv. Marandu.** Campo Grande:Editora, 1984. 31 p.

PARSONS, A.J.; LEAFE, E.L.; COLLETT, B.; STILES, W. The physiology of grass production under grazing. 1. Characteristics of leaf and canopy photosynthesis of continuously grazed swards. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 20, n. 1, p. 117-126, 1983.

PEARCE, R.B.; 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.; SOLLENBERGER, L.E.; MISLEVY, P. Botanical composition, light interception, and carbohydrate reserve status of grazed 'Florakirk' bermudagrass. **Agronomy Journal**, Madison, v. 92, n. 2, p. 194-199, 2000.

PEDREIRA, C.G.S.; MELLO, A.C.L.; OTANI, L. O processo de produção de forragem em pastagens. In: A PRODUÇÃO ANIMAL NA VISÃO DOS BRASILEIROS - REUNIÃO ANUAL DA SBZ, 38., 2001. Piracicaba, **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. p. 771-807.

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**, Cambridge, v. 77, p. 283-292, 1971.

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

RODRIGUES, L.R.A.; RODRIGUES, T.J.D. Ecofisiologia de plantas forrageiras. In: CASTRO, R.C. (Ed.). **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: Potafós, 1987. p.203-227.

RYMPH, S.J. **Modeling growth and composition of perennial tropical forage grass**. 2004. 316 p. Thesis (Ph.D. in Agronomy) - University of Florida, Gainesville, 2004.

RYMPH, S.J.; BOOTE, K.J.; MISLEVY, P.; EVERS, G.W.; IRMAK, A. Modification of CROPGRO to Simulate Growth and Composition of Perennial Tropical Grasses. In: ASA, CSSA, SSSA ANNUAL MEETING, Denver, 2003. **Anais...** Denver: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America and Soil Science Society of America, 2003.

SCHOLBERG, J M.S.K.J. BOOTE, J.W. JONES, ;B.L. MCNEAL. Adaptation of the CROPGRO model to simulate the growth of field-grown tomato. In: KROPFF, M.J.E.A. (Ed.). **Application of system approaches to the field level**. London: Kluwer Academic Publishers, 1997. v.2. p.131-151.

SHEARD, R.W. Organics reserves and plant regrowth. In: BUTLER, G.W. ;BAILEY, R.W. (Ed.). **Chemistry and biochemistry of herbage**. London: Academic Press, 1973. p.105-155.

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, n. 1, p. 239-250, 1973.

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.

WARD, C.Y.; BLASER, R.E. Carbohydrate food reserves and leaf area in regrowth of orchardgrass. **Crop Science**, Madison, v. 1, p. 366-370, 1961.

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

3 EFEITO DAS ESTRATÉGIAS DE PASTEJO INTERMITENTE NA PRODUÇÃO, ESTRUTURA E DINÂMICA DO ACÚMULO DE FORRAGEM DE PASTOS DE CAPIM XARAÉS

Resumo

Em geral, a forragem é produzida, mas não é eficientemente colhida, resultando na redução da eficiência do pastejo, aumento nas perdas devido ao maior dano à forragem e, conseqüentemente, diminuindo o resultado do sistema. Para melhorar o manejo, abordagens mais refinadas utilizando estratégias de pastejo intermitente têm sido estudadas com o intuito de fornecer ao produtor mais uma opção na tomada de decisão no momento da colheita. O objetivo desse trabalho foi avaliar a produção, estrutura e a dinâmica do acúmulo de forragem em capim Xaraés sob estratégias de pastejo intermitente, a fim de prover informações e permitir inferências sobre o manejo do pastejo. Os tratamentos corresponderam a três estratégias de pastejo 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 (28-d; pastejo a cada 28 dias). Acúmulo total de forragem foi afetado pela interação estratégia x ano ($P=0,0522$). No primeiro ano não houve diferença entre estratégias no total acumulado, mas as estratégias 28-d e 100% IL reduziram o total de forragem acumulada no segundo ano. A altura pré-pastejo foi constante nas estratégias baseadas em interceptação de luz, com os pastos sob as estratégias 95% IL e 100% IL foram pastejados em média com 29,4 e 41,7 cm, respectivamente. A estratégia 28-d oscilou de 30,4 a 39,3 cm a altura pré-pastejo nas estações estudadas. O índice de área foliar (IAF) pré-pastejo foi afetado pelo ano ($P=0,001$). No primeiro ano maiores alturas foram atingidas em pré-pastejo, resultando em maior quantidade de luz interceptada, devido ao maior IAF (4,10) em contrapartida ao que aconteceu no segundo ano, com menores IAFs (3,86). Os resultados sugerem 95% IL como o momento ótimo para se iniciar o pastejo do capim Xaraés se maiores proporções de folhas na forragem ofertada são objetivo ao invés de altas quantidades de massa de forragem com altas proporções de colmos. A estratégia baseada em períodos fixos de descanso, embora traga facilidades em termos de planejamento de sistemas que fazem uso de lotação rotativa, resultam em estrutura de dossel variável, e provavelmente afetam consumo de forragem e desempenho animal de diversas maneiras ao longo do ano. Sob pastejo intermitente, sugere-se que o capim Xaraés seja manejado respeitando-se 30 cm como altura de entrada e 15 cm como pós-pastejo, preterindo o acúmulo de colmos.

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

Abstract

In general, forage mass is produced, but is not harvested efficiently, reducing grazing efficiency, increasing loss caused by forage destruction and, consequently, decreasing system results. Then, to improve the management, refined approaches using intermittent grazing strategies have been studied to give the farmer another option to decide the moment to harvest. The objective of this research was to study nitrogen reserves on shoots and roots of Xaraes palisadegrass, under intermittent grazing stocking, during two growth seasons. Pastures were submitted to rotational stocking managements, defined either by pre-graze light interception (LI) by the canopy (95% or 100% LI) or calendar days (28d). Forage yield was affected by strategy x year interaction ($P=0.0522$). On the first year, total mass accumulation was similar among strategies, but 28-d and 100% LI strategies reduced this amount on the second year. Pre-grazed height was constant on strategies based on LI, where pastures under 95% LI and 100% LI were grazed with 29.4 and 41.7 cm, respectively. Pre-grazed height on 28-d strategy ranged from 30.4 to 39.4 cm on the growing season. Pre-grazed leaf area index (LAI) was affected by year ($P=0.001$). On the first year higher pre-grazed height was achieved, resulting in higher light interception, caused by high LAI (4.10) in contrast to what happened in the second year, with lower LAI (3.86). The results suggest 95% LI as an optimum moment to start grazing Xaraes palisadegrass if higher leaf proportion on forage mass is the objective rather than high forage mass amount with high stem proportion. Although fixed rest period strategies allow facilities in terms of system schedule, resulting in variable sward structure, and probably affect forage intake and animal performance in different ways throughout the year. The results suggest that Xaraes palisadegrass under intermittent grazing stocking be managed respecting 30 cm as pre-grazed and 15 cm as stubble height, avoiding stem accumulation.

Keywords: Light interception; Leaf area index; Plant part composition; Sward height

3.1 Introdução

Intensificação do manejo no contexto de produção animal em pastagens é mais frequentemente entendida como doses de fertilizante nitrogenado, taxa de lotação e manejo do pastejo (STEWART et al., 2007). Assim, quando se intensifica o sistema, o produtor precisa melhorar o controle da colheita de forragem e a eficiência do pastejo. Essa busca fica ainda mais evidente quando estratégias de pastejo intermitente são utilizadas para melhorar o sistema de produção baseado em pastagens.

Dessa forma, entender a dinâmica do crescimento de plantas forrageiras e assim melhorar o manejo do pastejo se torna uma necessidade. Estudos recentes sobre ecofisiologia têm mostrado excelentes resultados em produção de forragem em amplo grupo de gramíneas tropicais, incluindo *Panicum maximum* (BARBOSA; DO NASCIMENTO et al., 2007; BARBOSA; NASCIMENTO JR. et al., 2007; CARNEVALLI et al., 2006; MELLO; PEDREIRA, 2004; SANTOS; BALSALOBRE; CORSI, 2004; SANTOS; CORSI; BALSALOBRE, 1999), *Brachiaria brizantha* (BRAGA et al., 2006; TRINDADE et al., 2007) e *Penisetum purpureum* (MACOON; SOLLENBERGER; MOORE, 2002; MARTHA JR. et al., 2004; SILVA et al., 2001). Mas apesar das altas produções atingidas, as taxas de acúmulo de forragem diminuem à medida que ocorre aumento excessivo da altura do dossel, massa de forragem (BRAGA et al., 2006), material morto, colmo e massa de resíduo (MARTHA JR. et al., 2004; SANTOS; BALSALOBRE; CORSI, 2004; SANTOS et al., 2006), afetando negativamente o consumo animal (TRINDADE et al., 2007).

Em geral, a forragem é produzida, mas não é eficientemente colhida, resultando na redução da eficiência do pastejo, aumento nas perdas devido ao maior dano à forragem e, conseqüentemente, diminuindo o resultado do sistema. Para melhorar o manejo, abordagens mais refinadas utilizando estratégias de pastejo intermitente têm sido estudadas com o intuito de fornecer ao produtor mais uma opção na tomada de decisão no momento da colheita. Estudos iniciados na década de 1950 baseados em respostas fisiológicas de plantas, a princípio, com *Lolium perenne* L. e *L. multiflorum* Lam. mostraram que as taxas de crescimento foram relacionadas com a porcentagem de luz interceptada pelo dossel e área foliar. Sugerindo que a interceptação de luz além dos 95% resulta na máxima atividade fotossintética e, conseqüentemente, na máxima taxa de crescimento (BROUGHAM, 1956).

Esta abordagem utilizando interceptação de luz em pesquisas com plantas forrageiras tropicais é relativamente nova, e alguns estudos avaliando interceptação luminosa como resposta ao manejo (BRAGA et al., 2006; MELLO; PEDREIRA, 2004) ou como estratégia de pastejo (BARBOSA; NASCIMENTO JR. et al., 2007; CARNEVALLI et al., 2006; TRINDADE et al., 2007) vieram a tona na tentativa de direcionar o manejo do pastejo baseado em aspectos fisiológicos de planta, mantendo as taxas de crescimento de folhas, reduzindo perdas por pastejo e conseqüentemente melhorando a eficiência de colheita. Baseado nisso, o objetivo desse trabalho foi avaliar a produção, estrutura e a dinâmica do acúmulo de forragem em capim Xaraés sob estratégias de pastejo intermitente, a fim de prover informações e permitir inferências sobre o manejo do pastejo.

3.2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido em área experimental do 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. A área experimental foi formada no verão de 2004, com semeadora (marca Terense), em local de solo classificado como Nitossolo Vermelho Eutroférrico típico ou Kandiudalfic Eutradox. Não foi feita aplicação de adubos ou corretivos no plantio, devido à alta fertilidade do solo (Tabela 1).

Tabela 1 – Análise de terra da área experimental no início do experimento

pH CaCl ₂	M.O.	P	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V	S-SO ₄
	g/dm ³	mg/dm ³	----- mmol/dm ³ -----				-----		%	mg/dm ³	
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

Durante 153 dias de período experimental (22 de Setembro de 2005 a 22 de Fevereiro de 2006; 23 de Setembro de 2006 a 23 de Fevereiro de 2007), os nove piquetes (120m²) foram pastejados de acordo com o cronograma específico de cada tratamento (com base em IL ou no calendário). Foram feitas apenas adubações de manutenção de produção, visando repor os nutrientes exportados, o que totalizou 120 kg N ha⁻¹ e 100 kg K ha⁻¹, nas formas de sulfato de amônio ((NH₄)₂SO₄) e cloreto de potássio (KCl), respectivamente. Para tanto, foram realizadas

duas adubações manuais, metade no início da estação (23/09/05 e 22/09/06) após pastejo inicial e o restante no meio do ciclo, entre os dias 3 e 16 de Dezembro de 2005 e 10 e 22 de Dezembro de 2006. Essa segunda adubação foi feita na condição pós-pastejo em todas as unidades experimentais (piquetes).

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

Tabela 2 - Precipitação e temperatura média diária durante a primavera e verão no período experimental e a média histórica (1918-2008)

	Primavera	Verão
	Precipitação	
	----- mm -----	
Média histórica	399	445
Ano 1	336	423
Ano 2	361	633
	Temperatura média	
	----- °C -----	
Média histórica	22,6	24,3
Ano 1	22,3	24,0
Ano 2	22,7	24,0

Os tratamentos corresponderam a três estratégias de pastejo, todas de lotação intermitente, sendo uma baseada no calendário cronológico (28-d; pastejo a cada 28 dias) e duas definidas em função da interceptação luminosa (IL) pelo dossel durante a rebrotação (95% e 100% para início do pastejo). O experimento seguiu um delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. A área de 1080 m² foi dividida em nove unidades experimentais (piquetes) de 120 m² 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” (MISLEVY; MOTT; MARTIN, 1981) 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 (Figura 1). À medida que os animais pastavam, medições de altura eram feitas até que o dossel atingisse, em média, 15 cm de altura, seguindo recomendação da Embrapa (EMBRAPA-ACRE, 2005) para o pós-pastejo do capim Xaraés.

Em cada ciclo de pastejo foram feitas quantificações 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 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 como a 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 em cada ciclo de pastejo.

Para descrever a dinâmica de acúmulo forragem durante a rebrotação foram acompanhados dois ciclos de pastejo durante cada verão agrostológico. Um ciclo foi considerado representativo da primavera (outubro/novembro) e outro do verão (janeiro/fevereiro). Em cada um desses dois ciclos foram feitas amostragens para caracterização da composição 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. 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 subsequentes, 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.

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. Para as avaliações relativas a IL, IAF e ângulos da folhagem foi utilizado o analisador de dossel modelo LAI 2000 (LI-COR, Lincoln Nebraska,

EUA), que permite amostragens rápidas e não destrutivas (WELLES; NORMAN, 1991). 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 detectores de sílica. A técnica combina medidas tomadas com o sensor acima do dossel (I_o) 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; 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 de medições 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.

Os dados foram analisados utilizando o método de modelos mistos com estrutura paramétrica especial na matriz de covariância, através do procedimento MIXED do SAS (LITTELL et al., 2006). Na escolha da matriz de covariância utilizou-se o critério de informação de Akaike (WOLFINGER; OCONNELL, 1993). Os efeitos de estratégia de pastejo, época do ano, ano experimental e suas interações foram considerados como efeitos fixos (LITTELL et al., 2006). As médias dos tratamentos foram estimadas através do “LSMEANS” e a comparação entre elas foi realizada por meio da probabilidade da diferença (“PDIFF”) ajustada para o teste de “Tukey” e um nível de significância de 5%.

3.3 Resultados e Discussão

3.3.1 Período de descanso

O período de descanso variável resultou em número de ciclos distintos para cada estratégia ($P < 0,0001$) ao final do período experimental. Não houve efeito de ano ($P = 0,3559$) ou da interação estratégia x ano ($P = 0,4219$) no número de ciclos. Assim, a estratégia 95% IL apresentou 5,8 ciclos de pastejo, na média dos dois anos de experimentos, seguido pelo 28-dias e 100% IL com 5 e 4, respectivamente.

Como conseqüência das diferentes freqüências, o período de descanso foi afetado pelo ano ($P < 0,0001$), estratégia ($P = 0,0002$) e sua interação ($P = 0,0010$; Tabela 3). Longos períodos de descanso foram observados em piquetes com menor freqüência de pastejo (100% LI) em ambos os anos. A estratégia baseada em calendário teve sempre 28 dias de descanso, o qual no primeiro ano foi intermediário às estratégias baseadas em IL, e no segundo ano, quando 95% IL apresentou períodos de descansos mais longos, foram semelhantes. Estratégias baseadas em IL aumentaram o período de descanso do primeiro para o segundo ano, e isto provavelmente foi resposta da planta ao pastejo. Como o primeiro ano experimental foi o primeiro ano de utilização após o plantio, provavelmente mudou a dinâmica da rebrotação e o período de descanso nas estratégias de pastejo baseadas em IL, pois a estrutura da comunidade vegetal foi se adaptando às freqüências impostas.

Tabela 3 – Período de descanso em pastagens de capim Xaraés sob estratégias de pastejo intermitente durante dois anos de experimento

Ano	Estratégia			EPM
	28-d	95% IL	100% IL	
	----- dias -----			
1	28 Ba	22 Cb	32 Ab	0,48
2	28 Ba	26 Ba	35 Aa	0,80

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem pelo teste de Tukey a 5%. EPM = Erro Padrão da média

Quando o período de descanso foi analisado incluindo estação do ano como um fator, ano ($P = 0,0002$), estratégia ($P = 0,0001$), estação ($P = 0,0001$) e sua interação foram significativos ($P = 0,0417$). Na estratégia 100% IL foi observado períodos de descanso mais longos durante a primavera do que no verão, resposta às condições de ambiente. Nos dois anos a primavera foi mais seca (menor pluviosidade) do que o verão e, portanto, com menos água disponível ao crescimento de planta (Tabela 2), além de menores temperaturas (Tabela 2). Padrão de resposta similar ao encontrado para 95% IL, mas de maneira menos atenuada, onde o dossel com menor massa de forragem provavelmente apresentou menor custo respiratório tornando-o menos influenciado pelas mudanças ambientais. Estudos com capim-mombaça (*Panicum maximum* cv. Mombaça) revelaram o mesmo padrão de resposta, com menores períodos de descanso na estratégia 95% IL e durante a estação chuvosa do que na estratégia 100% IL e no período seco (CARNEVALLI et al., 2006).

No primeiro ano, os piquetes manejados com 95% IL apresentaram períodos de descanso mais curtos, mas no segundo ano, quando os períodos de descanso foram mais longos, os pastos submetidos a estratégia de 95% IL foram semelhantes aos pastos da estratégia 28-d (Tabela 4). Isso ilustra a habilidade das estratégias regidas por IL em ajustar as respostas de crescimento, em função das condições ambientais e da planta, ao contrário do que acontece quando se utiliza dias fixos.

Tabela 4 – Período de descanso em pastagens de capim Xaraés sob estratégias de pastejo intermitente

Ano	Estratégia			EPM
	28-d	95% IL	100% IL	
----- dias -----				
Primavera				
1	28 Ba	23 Cbc	36 Aa	2,5
	Verão			
	28 Aa	21 Bc	27 ABc	6,8
Primavera				
2	28 Ba	26 Ba	37 Aa	5,9
	Verão			
	28 Aa	25 Aab	32 Ab	7,8

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem pelo teste de Tukey a 5%. EPM = Erro Padrão da média

3.3.2 Acúmulo e taxa de acúmulo de forragem

Acúmulo total de forragem foi afetado pela interação estratégia x ano ($P=0,0522$), bem como pelo ano ($P<0,0001$) e pela estratégia ($P=0,0122$; Tabela 5). No primeiro ano não houve diferença entre estratégias no total acumulado, mas as estratégias 28-d e 100% IL reduziram o total de forragem acumulada no segundo ano. Além disso, a estratégia de pastejo 28-d resultou em menor acúmulo total do que a 100% IL. Isso provavelmente foi resposta aos longos períodos de descanso que reduzem fotossíntese foliar, principalmente no pós-pastejo (PEDREIRA; PEDREIRA, 2007) diminuindo o potencial de rebrotação inicial. Mais do que isso, a estratégia em que se utilizou períodos de descanso fixo (28-d), o qual ajustes em função das mudanças ambientais não são permitidos, resultou na redução do total acumulado.

Tabela 5 – Acúmulo total de forragem em pastagens de capim Xaraés sob estratégias de pastejo intermitente

Ano	Estratégia			EPM
	28-d	95% IL	100% IL	
	----- kg MS ha ⁻¹ -----			
1	18040 Aa	17380 Aa	22770 Aa	1190
2	13640 Bb	15100 ABa	17340 Ab	750

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem pelo teste de Tukey a 5%. EPM = Erro Padrão da média

Assim como o acúmulo total de forragem, a taxa de acúmulo foi afetada pela estratégia (P=0,0290) e ano (P<0,035). Como o acúmulo total caiu do primeiro para o segundo ano de experimento, a taxa de acúmulo caiu, em média, de 135 para 110 kg ha⁻¹ dia⁻¹. Uma possível explicação para isso pode ser o nível de adubação utilizado *versus* a alta intensidade de manejo imposta a essas pastagens. Em estudo com *Paspalum notatum* Flüge sob níveis de intensidade de manejo (DUBEUX et al., 2006) foi relatado que menores níveis de fertilizante nitrogenados aliados ao manejo intenso levaram a redução na taxa de crescimento do primeiro ano para o segundo e terceiro ano.

A taxa de acúmulo no tratamento 28-d foi similar àquelas sob as estratégias baseadas em IL (115 kg ha⁻¹ dia⁻¹), embora 95% IL tenha resultado em menores taxas de acúmulo (110 kg ha⁻¹ dia⁻¹) do que 100% IL (140 kg ha⁻¹ dia⁻¹). Isso provavelmente resultou do longo período de descanso na estratégia 100% IL em consequência da competição por luz, aumentando a massa de colmos e material morto, como reportado para *Panicum maximum* cv. Tanzânia manejado sob estratégias de pastejo intermitente utilizando IL como guia de manejo (BARBOSA; NASCIMENTO JR. et al., 2007). Essa massa de colmo e material morto, assim como danos físicos causados pelos animais podem resultar em altas perdas durante o processo de pastejo e reduzir a eficiência de colheita (CARNEVALLI et al., 2006).

3.3.3 Componentes da massa de forragem: quantidades e proporções

A massa total, massa de folhas e massa de colmos foram afetados pela interação estratégia x estação (P=0,0023, P=0,0291, P=0,0460, respectivamente) no pré-pastejo. A massa total, assim como a massa de folha e a de colmos foram maiores em pastos sob a estratégia 100% IL, em ambas as estações. Em termos de folha esta resposta é desejável, mas para garantir essa maior produção, a massa de colmos foi de três a sete vezes maior em dosséis com 100% IL do que com

95% IL e 28-d. Além disso, a estratégia 100% IL causou a redução na massa total e de folhas da primavera para o verão, enquanto a massa de colmos se manteve sempre alta. Isso provavelmente está relacionado com o freqüente auto-sombreamento, que embora tenha aumentado o peso de perfilho (ou massa de colmos), provavelmente a redução no número de perfilhos por área tenha sido ainda maior.

A redução no número de perfilhos ocorre particularmente devido a competição por luz (SACKVILLE HAMILTON; MATTHEW; LEMAIRE, 1995). A baixa intensidade de luminosa nos estratos inferiores do dossel é um dos principais fatores que reduzem a capacidade de perfilhamento de pastos mantidos altos (SBRISSIA; DA SILVA, 2008). Em estudo com pastos de capim Marandu mantidos a 20 cm já interceptavam mais de 95% de luminosidade incidente, caracterizando competição por luz e, conseqüentemente, aumentando a mortalidade de perfilhos (MOLAN, 2004).

Além disso, as folhas da base dos perfilhos crescidos em ambiente com disponibilidade reduzida de luminosidade tem maior redução na atividade fotossintética, potencialmente levando ao balanço negativo de carbono (BRAGA et al., 2008) e acelerando senescência/morte de folhas e perfilhos que o suportam. Embora o período de descanso tenha sido afetado pela estratégia, 95% IL e 28-d resultaram em de massa total e composição no pós-pastejo semelhantes.

A massa de forragem total pré-pastejo foi afetada pelo ano ($P=0,0024$), assim como os componentes morfológicos folha ($P=0,0369$) e colmo ($P=0,0427$), resultando em maiores massas de forragem total, massa de colmos e massa de folhas no primeiro (3200, 2430 e 440 kg MS ha⁻¹) do que no segundo ano (2700, 2060 e 360 kg MS ha⁻¹). A massa de material morto não variou entre anos, estações ou estratégias ($P>0,05\%$). Como já mencionado, o primeiro ano experimental foi o primeiro ano de utilização desses pastos, e assim, com eventos consecutivos de pastejo alteraram a estrutura, reduzindo acúmulo pré-pastejo, principalmente pela redução no número de touceiras na área (Figura 1).



Figura 1 - Aspecto da vegetação em rebrotação nos pastos de capim Xaraés submetidos a estratégias de pastejo intermitente; A) piquete manejado a 100% de IL com touceiras bem definidas; B) piquete manejado a 95% de IL

Quando se analisa a massa de forragem pré-pastejo (Tabela 6), nota-se o efeito da interação estratégia x estação do ano na massa de folha ($P=0,0291$) e na massa total ($P=0,0057$), ao passo que estratégia de pastejo afetou a massa de colmo ($P<0,0001$) e material morto ($P=0,0273$).

A estratégia 100% IL que resultou nas maiores massas totais, tanto durante o inverno como no verão, também resultou na maior massa de folhas. A massa de folhas pré-pastejo foi em média 1,8 vezes maior do que a encontrada sob 95% IL e 28-d. Em contrapartida, a massa de colmos cresceu 4,8 vezes, ou seja, pastos sob a estratégia 95% IL apresentaram cerca de 20% da massa de colmo encontrada naqueles manejados a 100% IL (Tabela 6).

O material morto acumulou em grandes quantidades na estratégia 100% IL, com $255 \text{ kg MS ha}^{-1}$, causado pelo maior intervalo de desfolhação, enquanto que a estratégia com maior frequência (95% IL) resultou em menor quantidade ($125 \text{ kg MS ha}^{-1}$). Isso provavelmente é consequência dos curtos períodos de crescimento que garantem a colheita mais frequente, reduzindo a competição por luz e, conseqüentemente, a senescência. As pastagens manejadas a com períodos fixos de descanso (28-d) obtiveram em média $195 \text{ kg MS ha}^{-1}$ de massa de folhas, similar às estratégias baseadas em IL, pois dependendo da época do ano, 28 dias pode ser longo o suficiente para interceptar 100% da luminosidade incidente ou curto o bastante para sequer alcançar 95% de IL.

Tabela 6 – Massa total, de folha, colmo e material morto na forragem pré-pastejo⁽¹⁾ em pastos de capim Xaraés sob estratégias de pastejo intermitente

Estação	Componente morfológico	Estratégia			EPM
		28-d	95% IL	100% IL	
----- kg DM ha ⁻¹ -----					
Primavera	Total	2160 Ba	2130 Ba	4860 Aa	270
	Folha	1780 Ba	1870 Ba	3680 Aa	190
	Colmo	180 B	120 B	860 A	60
	M. Morto	190	130	300	40
Verão	Total	2370 Ba	2270 Ba	3920 Ab	150
	Folha	1860 Ba	1860 Ba	2930 Ab	110
	Colmo	290 B	210 B	740 A	40
	M. Morto	200	120	210	40

¹Massa de forragem acima dos 15 cm de altura do resíduo

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem pelo teste de Tukey a 5%, para cada parte da planta

EPM = Erro Padrão da média

Quando a massa de folha, colmo e material morto no pré-pastejo foi analisada como proporção da massa de forragem pré-pastejo, constatou-se que nas estratégias em que a produção foi menor (95% e 28-d) a participação de folhas ($P=0,0436$) foi maior (Tabela 7). A porcentagem colmos foi afetada pela interação estação x ano ($P=0,0122$) resultando em aumento as proporções de colmo na primavera e no verão do segundo ano, em pastos sob a estratégia 100% IL (Tabela 7). A proporção de material morto diferiu ($P=0,005$) entre os anos, sendo menor no primeiro (4,3%) do que no segundo (8%), acumulando principalmente na porção inferior do dossel.

Tabela 7 – Porcentagem dos componentes morfológicos pré-pastejo⁽¹⁾ em pastos de capim Xaraés sob estratégias de pastejo intermitente

Fração	Estratégia				
	28-d	95% IL	100% IL	EPM	
	----- % -----				
Folha	85,6AB	88,0A	80,3 B	1,8	
	Primavera				
Colmo	Ano 1	3,4 Bb	6,5 Aba	14,1 Aa	1,7
		Verão			
	14,0 Aa	9,2 Aa	13,6 Aa	1,7	
	Primavera				
	Ano 2	9,0 ABab	2,8 Ba	16,4 Aa	1,7
		Verão			
	5,5 ABab	5,7 Ba	13,3 Aa	1,7	
M. Morto	6,5	6,9	5,1	1,5	

¹Massa de forragem acima dos 15 cm de altura do resíduo

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem pelo teste de Tukey a 5%, para cada parte da planta

EPM = Erro Padrão da média

3.3.4 Massa de forragem pós-pastejo

A massa de forragem total pós-pastejo foi diferente para cada estratégia (P=0,0029; Tabela 8). Dessa forma, a estratégia 100% IL que apresentou os maiores períodos de descanso (Tabela 4), resultando em maior acúmulo de forragem (Tabela 3), resultou em maior massa de forragem no resíduo (0-15 cm), semelhante à dos pastos sob o tratamento 28-d. A estratégia 95% IL, com a maior frequência de utilização, resultou em menores períodos de descanso e menores massas de forragem do resíduo.

Houve efeito da interação estratégia de pastejo x estação x ano para a massa de colmos (P=0,0413) e massa de folhas (P=0,0152). Assim, as estratégias 28-d e 95% IL mantiveram constante a massa de folhas e colmos pós-pastejo durante todo o experimento, ao contrário da estratégia 100% IL que gerou grande variância nas massas dos componentes folha e colmo. A estratégia 95% IL resultou em menores valores de massa de colmo no verão do primeiro ano e na primavera do segundo ano. A quantidade de material morto não foi alterada por nenhum dos fatores (P>0,05) e em média, foi de 1830 kg ha⁻¹.

Table 8 – Massa total, de folha, colmo e material morto na forragem pós-pastejo⁽¹⁾ em pastos de capim Xaraés sob estratégias de pastejo intermitente

Estação	Componente	Ano	Estratégia			EPM
			28-d	95% IL	100% IL	
----- kg ha ⁻¹ -----						
	Total		3900 A	3340 B	4180 A	130
Primavera	Folha	1	511 Aa	523 Aa	371 Aab	90
		2	420 Aa	456 Aa	685 Aa	90
	Colmo	1	1670 Aa	1100 Aa	1540 Ab	130
		2	1370 ABa	840 Ba	1920 Aab	125
	M. Morto	1	2020	1780	1530	160
		2	1990	1510	2130	390
Verão	Folha	1	356 Aa	318 Aa	321 Aab	90
		2	543 Aa	407 Aa	219 Ab	90
	Colmo	1	1850 Ba	1410 Ca	2220 Aa	60
		2	1360 Aa	990 Aa	1590 Aab	160
	M. Morto	1	1890	1490	2200	160
		2	1610	1850	1980	270

¹Massa de forragem do nível do solo até 15 cm de altura do resíduo

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem pelo teste de Tukey a 5% para cada componente morfológico

EPM = Erro Padrão da média

Durante a primavera, quando condições climáticas foram menos favoráveis (Tabela 2), a participação de colmos na massa de forragem pós-pastejo foi menor ($P=0,0026$; 37,5%) do que no verão (41,5%). Isso resultou em menor proporção de folhas no verão ($P=0,0066$; 8,9%) e maior na primavera (13%).

O componente colmo também foi afetado pela estratégia de pastejo ($P=0,0002$), sendo as maiores porcentagens observadas nos tratamentos 28-d e 100% IL, com 40,4 e 43,8%, respectivamente. Sob a estratégia 95% IL, que apresentou menor massa de forragem pós-pastejo, a proporção de colmo foi menor (34,2%). Além disso, houve efeito de ano ($P=0,0017$), que resultou em menor proporção do componente colmo no primeiro (36,7%) do que no segundo ano (42,3%), isso pode explicar os menores acúmulos de forragem (Tabela 5) registrados no segundo ano. Isso também pode ter sido causado pelas mudanças estruturais do dossel em função do pastejo, que reduziram o número de touceiras na área. A proporção de material morto não foi afetada ($P>0,05$; 48,5 %) na massa de forragem pós-pastejo.

3.3.5 Interceptação luminosa, índice de área foliar, altura e ângulo da folhagem

A interceptação luminosa pré-pastejo foi afetada pelo ano ($P=0,005$). Assim, do primeiro para o segundo ano, houve redução da IL de 96,4% para 95,7% de IL, em média. Reflexo da redução do número de touceiras nos pastos e consequentemente diminuição na produção de matéria seca, mesmo tendo o segundo ano sido mais chuvoso, quente e com mais radiação disponível.

Além disso, nesse experimento o nível de IL foi utilizado como determinante do início do pastejo, o que resultou na interação significativa estratégia x estação do ano ($P=0,00123$). Dessa forma, as estratégias baseadas em interceptação de luz atingiram as metas propostas, e mantiveram-se constantes da primavera para o verão, enquanto que a estratégia 28-d aumentou a quantidade de luz interceptada, mas de maneira geral interceptou menos luz do que 100% IL, em média (Tabela 9).

Tabela 9 – Interceptação luminosa pré-pastejo em dosséis de capim Xaraés sob estratégias de pastejo intermitente

Estação	28-d	Estratégia	
		95% IL	100% IL
		----- % -----	
Primavera	94,6 Bb (0,20)	95,3 Ba (0,20)	98,1 Aa (0,37)
Verão	95,6 Ba (0,16)	94,8 Ca (0,08)	97,9 Aa (0,13)

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem pelo teste de Tukey a 5%. Números entre parêntesis mostram o erro padrão da média.

A altura do dossel pré-pastejo foi afetada pela interação estação do ano x estratégia de pastejo x ano ($P<0,001$; Tabela 10). Assim como a IL, a altura pré-pastejo foi constante nas estratégias baseadas em interceptação de luz, com os pastos sob as estratégias 95% IL e 100% IL foram pastejados em média com 29,4 e 41,7 cm, respectivamente. A estratégia 28-d oscilou de 30,4 a 39,3 cm a altura pré-pastejo entre as estações de crescimento, revelando a variabilidade causada pela utilização de períodos fixos de descanso, em que ora se aproxima da condição 95% IL, ora da condição 100% IL.

Tabela 10 – Altura do dossel em pastagens de capim Xaraés sob estratégias de pastejo intermitente

Ano	28-d	Estratégia	
		95% IL	100% IL
----- cm -----			
1	33,5 Bb (0,73)	Primavera	
		30,1 Ba (0,65)	42,0 Aa (1,24)
	39,3 Aa (1,11)	Verão	
		29,0 Ba (0,61)	41,2 Aa (1,20)
2	33,6 Bb (0,72)	Primavera	
		28,6 Ca (0,60)	41,2 Aa (1,18)
	30,4 Bb (0,67)	Verão	
		29,8 Ba (0,56)	42,3 Aa (0,92)

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem pelo teste de Tukey a 5%. Números entre parêntesis mostram o erro padrão da média.

O índice de área foliar (IAF) pré-pastejo foi afetado pelo ano ($P=0,001$). No primeiro ano maiores alturas foram atingidas em pré-pastejo, resultando em maior quantidade de luz interceptada, devido ao maior IAF (4,10) em contrapartida ao que aconteceu no segundo ano, com menores IAFs (3,86). Isso provavelmente está associado com as mudanças em partição de assimilados, que apresentou menor quantidade de folhas no segundo ano, assim como menos touceiras por área, principalmente na estratégia 100% IL. A estação do ano também afetou o IAF ($P=0,0471$), com maiores valores na primavera (4,04) do que no verão (3,93).

O IAF pré-pastejo também foi afetado pela estratégia de pastejo ($P<0,001$), com dosséis sob as estratégias 28-d e 95% IL, em média, apresentando valores semelhantes (3,57 e 3,64, respectivamente) e menores do que os encontrados sob a estratégia 100% IL (4,65). Mesmo havendo diferenças em IAF e IL, os valores do ângulo da folhagem não foram afetados pela estratégia, ano ou estação ($P>0,005$) e, em média, foram de $43,9^\circ$ no pré-pastejo. Em estudo com capim-mombaça, na condição de pré-pastejo, durante o verão a estratégia 95% IL resultou em dossel mais ereto ($52,3^\circ$) que 100% IL (45°), devido à maior massa (tamanho) de perfílios individuais, o que tornava o dossel menos ereto (CARNEVALLI et al., 2006).

A altura do dossel pós-pastejo foi afetada pelo ano ($P < 0,001$), com o primeiro ano correspondendo a menor altura (14,5 cm) que o segundo (15,2 cm). Além disso, interação estratégia da pastejo x estação foi significativa ($P < 0,001$; Tabela 11). Assim, a estratégia 100% IL resultou em aumento na altura do resíduo, enquanto 95% IL e 28-d resultaram em alturas constantes. Isso ficou evidente quando se comparou analisado primavera com verão, pois durante a primavera as alturas pós-pastejo foram semelhantes, devido ao menor investimento em colmos e, assim, a altura de 15 cm foi mais facilmente atingida. No verão pastos sob a estratégia 95% IL, com menores períodos de descanso e maiores proporções de folhas, atingiram menores alturas de resíduo, seguido pelos pastos submetidos a estratégia 28-d e 100% IL. Essa última resultou no maior incremento na altura pós-pastejo devido ao aumento na proporção e na massa (Tabela 8) de colmos no resíduo.

Tabela 11 – Altura pós-pastejo em dosséis de capim Xaraés sob estratégias de pastejo intermitente

Estação	Estratégia		
	28-d	95% IL	100% IL
	----- cm -----		
Primavera	14,8 Aa (1,74)	14,6 Aa (1,72)	14,6 Ab (1,41)
Verão	15,1 Ba (1,46)	14,3 Ca (1,91)	15,8 Aa (1,80)

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem pelo teste de Tukey a 5%. Números entre parêntesis mostram o erro padrão da média.

As respostas de IL e IAF no pós-pastejo foram afetadas de maneira semelhante, pois as duas variáveis resultaram em interação estratégia x ano significativa ($P = 0,0226$; $0,0186$, respectivamente). Durante o segundo ano a estratégia 100% IL resultou em menor IL (Tabela 12) e menor IAF (Tabela 13) pós-pastejo. Isso, provavelmente, aconteceu devido ao fato de que no verão houve melhores condições de crescimento (Tabela 2), maior quantidade de colmos (Tabela 6), o que resultou em menor interceptação de luz pelo dossel pós-pastejo.

Tabela 12 – Interceptação luminosa pós-pastejo em pastagens de capim Xaraés sob estratégias de pastejo intermitente

Estação	28-d	Estratégia	
		95% IL	100% IL
		----- % -----	
Primavera	49,5 Aa (0,22)	48,5 Aa (0,11)	52,3 Aa (0,17)
Verão	47,7 Aa (0,18)	47,2 ABa (0,05)	41,9 Bb (0,19)

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem pelo teste de Tukey a 5%. Números entre parêntesis mostram o erro padrão da média.

Tabela 13 – Índice de área foliar pós-pastejo em pastagens de capim Xaraés sob estratégias de pastejo intermitente

Estação	28-d	Estratégia	
		95% IL	100% IL

Primavera	0,81 Ba (0,21)	0,76 Ba (0,21)	0,94 Aa (0,21)
Verão	0,80 Aa (0,17)	0,80 Aa (0,17)	0,69 Ab (0,20)

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem pelo teste de Tukey a 5%. Números entre parêntesis mostram o erro padrão da média.

3.3.6 Dinâmica do acúmulo

A dinâmica do acúmulo de forragem foi estudada separadamente em dois períodos de rebrotação em cada um dos dois anos experimentais para prover melhor entendimento da dinâmica do crescimento. Isso revelou que o acúmulo foi inicialmente de folhas até que o dossel interceptasse 95% da luz incidente, a partir deste ponto, os componentes colmo e material morto começaram a aumentar proporcionalmente na massa. Neste experimento 95% IL correspondeu a 30 cm de altura de dossel, independente da estação (Tabela 10).

Padrão semelhante de resposta foi observado em *Panicum maximum* cv. Mombaça (CARNEVALLI et al., 2006) e Tanzânia (BARBOSA; NASCIMENTO JR. et al., 2007), em que 95% IL foi alcançado com 90 e 70 cm de altura pré-pastejo, respectivamente. Em capim-tanzânia um menor acúmulo total de forragem foi observado quando submetido a estratégia de pastejo de

90% IL, embora o acúmulo de folhas tenha sido semelhante ao dos pastos manejado com 95% IL (BARBOSA; NASCIMENTO JR. et al., 2007). Dessa forma, menores acúmulos de folhas e de forragem total na estratégia 90% IL, sugerem que antes do ponto de 95% de IL a produção é limitada pela incidência sub-ótima da luz e após 95% IL pelas perdas por senescência e material morto (BARBOSA; NASCIMENTO JR. et al., 2007; CARNEVALLI et al., 2006). Condição similar foi descrita para azevém perene (*Lolium perenne* L.) (PARSONS; JOHNSON; WILLIAMS, 1988; PARSONS; PENNING, 1988).

Nesse estudo, o padrão de acúmulo de forragem resultante da estratégia caracterizada pelo período de descanso de 28 dias variou entre o de 95 e o de 100% IL dependendo da estação e condição de ambiental. Na primavera de 2005, com menor temperatura média e menor pluviosidade, pastos pastejados a cada 28-d apresentaram um padrão de resposta próximo daquele dos pastejados com 95% IL. Sob essas condições, o crescimento da planta é menor e o dossel precisa de períodos de descanso mais longos para alcançar 95% IL ou 30 cm. Por outro lado, durante o verão de 2006, quando os fatores de crescimento existiam com maior disponibilidade (Tabela 2), 28 dias representaram, em termos fisiológicos para a planta e dossel, períodos de descanso relativamente mais longos.

Assim, o processo de competição por luz intensifica o acúmulo de colmos e aumenta a senescência (Figura 2), resultando em padrão de acúmulo de forragem próximo do que ocorre em pastagens submetidas à estratégia 100% IL.

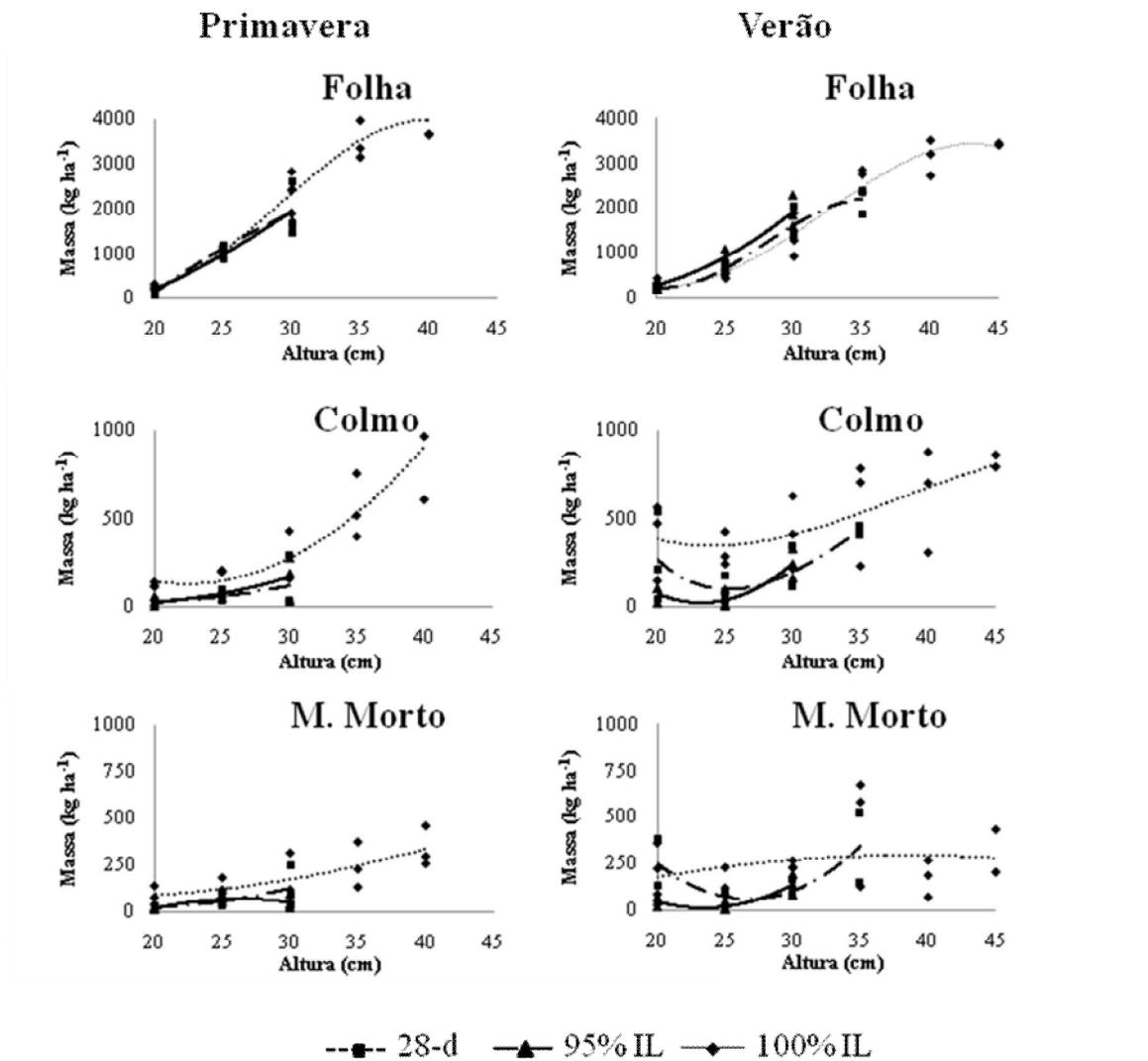


Figura 2 - Dinâmica de acúmulo dos componentes morfológicos durante a rebrotação em pastagens de capim Xaraés sob estratégias de pastejo intermitente no primeiro ano experimental (2005/2006)

No segundo ano, os padrões de respostas para 95% IL e 100% IL foram semelhantes ao do primeiro (Figura 3). Entretanto, em consequência dos longos períodos de descanso e auto-sombreamento por longo tempo, as touceiras foram bem definidas aumentando os espaços vazios e reduzindo massa total de forragem e de folhas nos piquetes sob a estratégia 100% IL. Assim, longos períodos de descanso foram necessários para alcançar a meta pré-pastejo em piquetes manejados com 100% IL (Tabela 4).

Embora pastos manejados sob as estratégias 95% IL e 28-d, em média, tenham apresentado períodos de descanso e massas de forragem pré-pastejo semelhantes, nos ciclos em

que a dinâmica foi avaliada, os pastos com 28-d alcançaram a mesma massa de folhas, mas apresentaram maiores massas de colmo e material morto ao longo da rebrotação, e atingiram maiores alturas. Isso demonstra a variabilidade das respostas, limita a generalização de um período de descanso fixo e pré-determinado. Isto porque, dependendo da estação ou das condições de crescimento esse intervalo pode ser curto demais causando redução na produção, ou longo o suficiente para causar perdas em quantidade e qualidade. Em ambos os casos, isso pode resultar em degradação da pastagem.

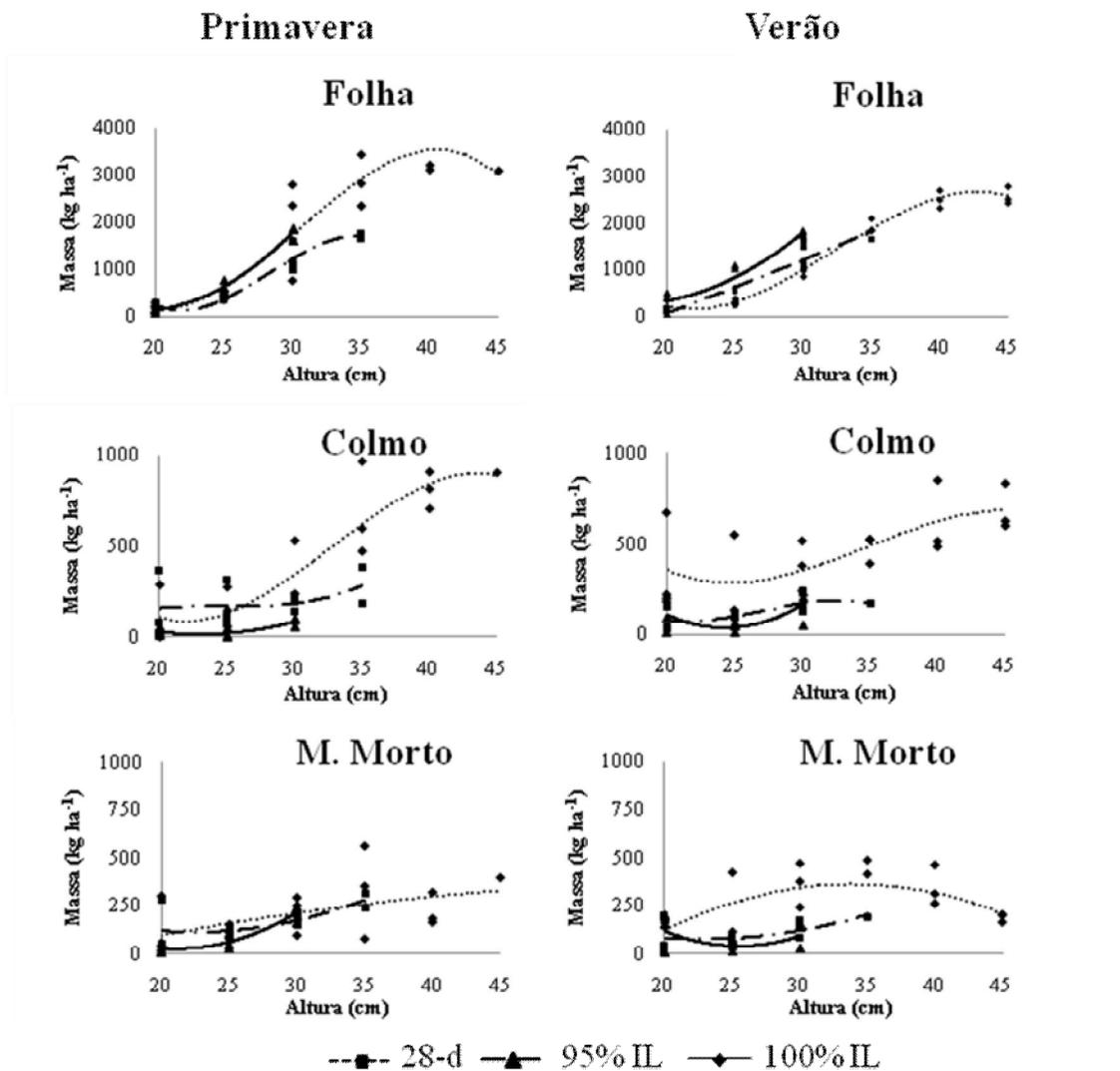


Figura 3 - Dinâmica de acúmulo dos componentes morfológicos durante a rebrotação em pastagens de capim Xaraés sob estratégias de pastejo intermitente no primeiro ano experimental (2006/2007)

Períodos de descansos mais longos, além da condição em que o dossel intercepta mais de 95% da luz incidente, resulta em maior massa de forragem pré-pastejo, aumentando o acúmulo de colmo e material morto, devido à estabilização e/ou redução da taxa de acúmulo de folhas, enquanto a senescência continua aumentando (Figura 4) (BARBOSA; NASCIMENTO JR. et al., 2007; CARNEVALLI et al., 2006) e a taxa de acúmulo de colmos aumenta (Figura 4) em virtude

da necessidade de melhorar a penetração de luz, reorganizando a distribuição das folhas no interior do dossel. Nessa condição, maiores acúmulos de forragem durante a rebrotação compensam o menor número de eventos de pastejo, ou maior intervalo entre pastejo (BARBOSA; NASCIMENTO JR. et al., 2007; CARNEVALLI et al., 2006), embora o valor nutritivo possa ser reduzido, principalmente nos estratos inferiores.

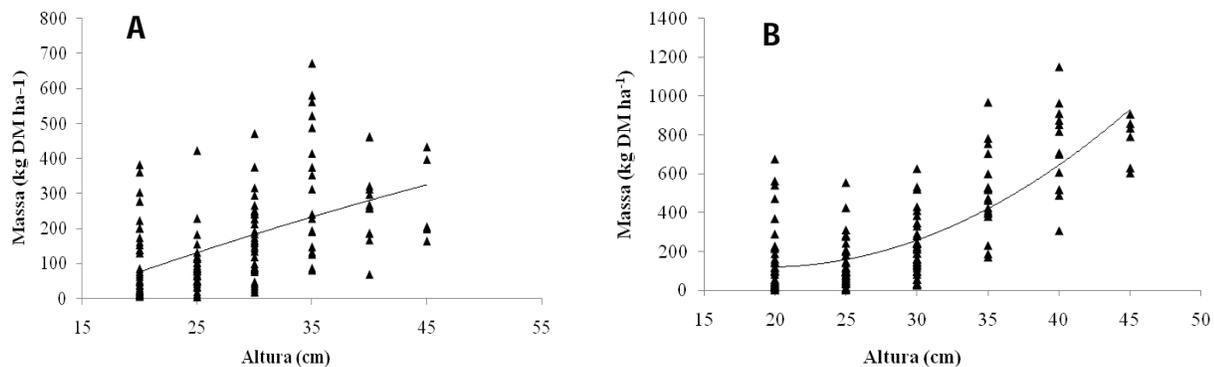


Figura 8 - Dinâmica de acúmulo de material morto (A) e colmos (B) durante a rebrotação em pastagens de capim Xaraés sob estratégias de pastejo intermitente em dois anos experimentais

3.4 Conclusões

Pastos manejados sob 95% IL resultaram em acúmulos semelhantes nos dois anos, diferente do que aconteceu com os pastos mantidos sob 100% IL e 28-d, que diminuíram sua produção. A altura pré-pastejo foi constante nas estratégias baseadas em interceptação de luz, com os pastos sob as estratégias 95% IL e 100% IL foram pastejados em média com 29,4 e 41,7 cm, respectivamente. A estratégia 28-d oscilou de 30,4 a 39,3 cm a altura pré-pastejo nas estações estudadas. A dinâmica do acúmulo apresentou padrões distintos para os componentes morfológicos: folhas, colmo e material morto, assim como respostas diferentes à estrutura e produção de forragem. Isso sugere 95% IL como o momento ótimo para se iniciar o pastejo do capim Xaraés se maiores proporções de folhas na forragem ofertada são objetivo ao invés de altas quantidades de massa de forragem com altas proporções de colmos. A estratégia baseada em períodos fixos de descanso, embora traga facilidades em termos de planejamento de sistemas que fazem uso de lotação rotativa, resultam em estrutura de dossel variável, e provavelmente afetam consumo de forragem e desempenho animal de diversas maneiras ao longo do ano. Sob pastejo intermitente, sugere-se que o capim Xaraés seja manejado respeitando-se 30 cm como altura de entrada e 15 cm como pós-pastejo, preterindo o acúmulo de colmos.

Referências

- BARBOSA, R.A.; DO NASCIMENTO, D.; EUCLIDES, V.P.B.; DA SILVA, S C.; ZIMMER, A.H.; TORRES, R A.D. Tanzania grass subjected to combinations of intensity and frequency of grazing. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, cidade, v. 42, n. 3, p. 329-340, 2007.
- BARBOSA, R.A.; NASCIMENTO JR., D.; EUCLIDES, V.P.B.; DA SILVA, S.C.; ZIMMER, A. H.; TORRES, R.A.D. Tanzania grass subjected to combinations of intensity and frequency of grazing. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 3, p. 329-340, 2007.
- BRAGA, G. J.; PEDREIRA, C.G.S.; HERLING, V.R.; LUZ, P.H.D.; DE LIMA, U.G. Sward structure and herbage yield of rotationally stocked pastures of 'Marandu' palisadegrass [*Brachiaria brizantha* (A.Rich.) Stapf] as affected by herbage allowance. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 63, n. 2, p. 121-129, 2006.
- BRAGA, G. J.; PEDREIRA, C.G.S.; HERLING, V.R.; LUZ, P.H.D.; LIMA, C.G. Herbage allowance effects on leaf photosynthesis and canopy light interception in palisadegrass pastures under rotational stocking. **Tropical Grasslands**, St. Lucia, v. 42, p. 214-223, 2008.
- BROUGHAM, R.W. Effects of intensity of defoliation on regrowth of pasture. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 7, p. 377-387, 1956.
- CARNEVALLI, R.A.; DA SILVA, S.C.; BUENO, A.A.O.; UEBELE, M.C.; BUENO, F.O.; HODGSON, J.; SILVA, G.N.; MORAIS, J.P.G. Herbage production and grazing losses in *Panicum maximum* cv. Mombaca under four grazing managements. **Tropical Grasslands**, St. Lucia, v. 40, n. 3, p. 165-176, 2006.
- DUBEUX, J.C.B.; STEWART, R.L.; SOLLENBERGER, L.E.; VENDRAMINI, J.M.B.; INTERRANTE, S.M. Spatial heterogeneity of herbage response to management intensity in continuously stocked pensacola bahiagrass pastures. **Agronomy Journal**, Madison, v. 98, n. 6, p. 1453-1459, 2006.
- EMBRAPA-ACRE. **Sistemas de produção**. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/BovinoCorte/BovinoCorteAcre/index.htm>>. Acesso em: 10 fev. 2005.
- LITTELL, R.C.; MILLIKEN, G.A.; STROUP, W.W.; WOLFINGER, R.D.; SCHABENBERGER, O. **Sas for Mixed Models**. 2nd.ed. SAS Institute, 2006. 813 p.

MACOON, B.; SOLLENBERGER, L.E.; MOORE, J.E. Defoliation effects on persistence and productivity of four Pennisetum spp. genotypes. **Agronomy Journal**, Madison, v. 94, n. 3, p. 541-548, 2002.

MARTHA JR., G.B.; CORSI, M.; TRIVELIN, P.C.O.; ALVES, M.C. Nitrogen recovery and loss in a fertilized elephant grass pasture. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 59, n. 1, p. 80-90, 2004.

MELLO, A.C.L.; PEDREIRA, C.G.S. Morphological responses of irrigated Tanzaniagrass (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzania-1) to grazing intensity under rotational stocking. **Revista Brasileira De Zootecnia-Brazilian Journal of Animal Science**, cidade, v. 33, n. 2, p. 282-289, 2004.

MISLEVY, P.; MOTT, G.O.; MARTIN, F.G. Screening perennial forages by mob-grazing technique. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 1981. Lexington. **Anais...** Lexington, 1981. p. 516-519.

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

PARSONS, A.J.; PENNING, P.D. The effect of the duration of regrowth on photosynthesis, leaf death and the average rate of growth in a rotationally grazed sward. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 43, n. 1, p. 15-27, 1988.

PARSONS, A.J.; JOHNSON, I.R.; WILLIAMS, J.H.H. Leaf age structure and canopy photosynthesis in rotationally and continuously grazed swards. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 43, n. 1, p. 1-14, 1988.

PEDREIRA, B.C.; PEDREIRA, C.G.S. Leaf photosynthesis in Xaraes palisadegrass [*Brachiaria brizantha* (A. Rich.) Stapf. cv. Xaraes] and modeling canopy assimilatory potential under rotational stocking strategies. **Brazilian Journal of Animal Science**, Viçosa, v. 36, n. 4, p. 773-779, 2007.

SACKVILLE HAMILTON, N.R.; MATTHEW, C.; LEMAIRE, G. In defense of the $-3/2$ boundary rule - A Reevaluation of self-thinning concepts and status. **Annals of Botany**, Oxford, v. 76, n. 6, p. 569-577, 1995.

SANTOS, P.M.; BALSALOBRE, M.A.A.; CORSI, M. Morphogenetic characteristics and net herbage accumulation rate of mombacagrass under three grazing intervals. **Brazilian Journal of Animal Science**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 843-851, 2004.

SANTOS, P.M.; CORSI, M.; BALSALOBRE, M.A.A. Effects of grazing frequency and season of the year on yield and quality of *Panicum maximum* cvs. Tanzania e Mombaca. **Brazilian Journal of Animal Science**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 244-249, 1999.

SANTOS, P.M.; CORSI, M.; PEDREIRA, C.G.S.; LIMA, C.G. Tiller cohort development and digestibility in Tanzania guinea grass (*Panicum maximum* cv. Tanzania) under three levels of grazing intensity. **Tropical Grasslands**, St. Lucia, v. 40, n. 2, p. 84-93, 2006.

SBRISSIA, A.F.; DA SILVA, S.C. Tiller size/density compensation in Marandu palisadegrass swards. **Brazilian Journal of Animal Science**, Viçosa, v. 37, n. 1, p. 35-47, 2008.

SILVA, M.M.P.; VASQUEZ, H.M.; BRESSAN-SMITH, R.E.; DA SILVA, J. F.C.; ERBESDOBLER, E.D. Varietal differences in the photosynthetic characteristics of *Pennisetum purpureum*, Schum. **Brazilian Journal of Animal Science**, Viçosa, v. 30, n. 6, p. 1975-1983, 2001.

STEWART, R.L.; SOLLENBERGER, L.E.; DUBEUX, J.C.B.; VENDRAMINI, J.M.B.; INTERRANTE, S.M.; NEWMAN, Y.C. Herbage and animal responses to management intensity of continuously stocked bahiagrass pastures. **Agronomy Journal**, Madison, v. 99, n. 1, p. 107-112, 2007.

TRINDADE, J.K.; DA SILVA, S.C.; DE SOUZA, S.J.; GIACOMINI, A.A.; ZEFERINO, C.V.; GUARDA, V.D.A.; CARVALHO, P.C.D. Morphological composition of the herbage consumed by beef cattle during the grazing down process of marandu palisadegrass subjected to rotational strategies. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 6, p. 883-890, 2007.

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

WOLFINGER, R.; OCONNELL, M. Generalized linear mixed models - a pseudo-likelihood approach. **Journal of Statistical Computation and Simulation**, New York, v. 48, n. 3/4, p. 233-243, 1993.

4 COMPONENTES DE RESERVA EM PASTOS DE CAPIM XARAÉS EM RESPOSTA A ESTRATÉGIAS DE PASTEJO INTERMITENTE

Resumo

A degradação de pastagens devido ao manejo impróprio e à falta de reposição de nutrientes é apontada como um dos maiores problemas relacionados à sustentabilidade da pecuária baseada em pastagens. Estoques e concentrações de componentes de reserva em plantas forrageiras podem estar entre os indicadores de vigor e persistência de áreas de pastagens. O objetivo deste trabalho foi estudar os níveis de reservas orgânicas na raiz e parte aérea do capim Xaraés em resposta a estratégia de desfolhação intermitente por pastejo, ao longo de dois verões agrostológicos consecutivos. Os tratamentos corresponderam a três estratégias de pastejo 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 (28-d; pastejo a cada 28 dias). Mensurações de reservas orgânicas foram feitas depois do primeiro (primavera) e do último pós-pastejo (verão) para entender como os níveis de nitrogênio e carboidratos totais não-estrutural (CNE), foram afetados pelas estratégias de pastejo. Três touceiras representativas da média foram coletadas em cada unidade experimental, do nível do solo até 15 cm de altura foi considerado como resíduo e do nível do solo até 20 cm de profundidade foram coletadas as raízes. Todas as estratégias reduziram as concentrações de nitrogênio (N) no resíduo do primeiro (12,5 g kg⁻¹) para o segundo ano (7,7 g kg⁻¹). O estoque de N na massa de forragem (MF) do resíduo não foi afetado pelas estratégias (4,14 g m⁻²). O estoque de N na massa de raiz variou em função da estratégia de pastejo, com a estratégia 95% IL apresentando os maiores teores (4,06 g m⁻²). Os menores estoques foram observados no 100% IL (2,64 g m⁻²) e, com teor semelhante aos dois, a estratégia 28-d resultou em 3,38 g m⁻². Não houve efeito da estratégia, estação ou ano (P>0,005) sobre os teores de CNE na massa de forragem (MF) do resíduo (30 g kg⁻¹). O estoque de CNE na MF do resíduo durante a primavera foi menor valores (109 g m⁻²) do que no verão (152 g m⁻²). As raízes na primavera apresentaram valores de CNE maiores (220 g m⁻²) do que no verão (157 g m⁻²). A estratégia 95% IL apresentou os maiores estoques de CNE (238 g m⁻²), o 100% IL com os menores (136 g m⁻²), e com valor semelhante aos dois, a estratégia 28-d registrou 199 g m⁻². Os resultados sugerem o efeito negativo dos longos períodos de crescimento impostos pelas estratégias 100% IL e 28-d. A estratégia 95% IL parece ser indicada como a melhor para o manejo da pastos de capim Xaraés.

Palavras-chave: Reservas orgânicas; Interceptação luminosa; Raiz; Pastejo intermitente; Touceira

Abstract

One of the problems related with sustainability of pasture-based livestock systems is the degradation of pastures caused by wrong management and the lack of nitrogen replenishment into the system. Organic reserves pools and concentrations on forage plants could be consider a vigor and persistence indicator on pastures areas. The objective of this research was to study nitrogen reserves on shoots and roots of Xaraes palisadegrass, under intermittent grazing stocking, during two growth seasons. Pastures were submitted to rotational stocking managements, defined either by pre-graze light interception (LI) by the canopy (95% or 100% LI) or calendar days (28d). Root and shoot samples were collected at the beginning (spring) and end (summer) of the growing season to understanding how levels of nitrogen (N) and total non-structural carbohydrates (TNC) were affect by grazing strategies. Three tussocks were collected per experimental units (paddock), to soil level from 15 cm height was consider as stubble, and to soil level from 20 cm deep was collected roots. All strategies reduced N stubble concentration from the first (12.5 g kg^{-1}) to the second year (7.7 g kg^{-1}). N pool in the stubble mass was not affected by strategy (4.14 g m^{-2}). Strategies showed different responses in terms of root N pool, where the 95% LI resulted in higher values (4.06 g m^{-2}), and the lowest pools were recorded under the 100% LI strategy (2.64 g m^{-2}). The calendar-based strategy showed root N pools similar to the LI-based strategies (3.38 g m^{-2}). TNC concentration was determined using the enzymatic hydrolysis method. There was no strategy, season or year effect ($P>0.005$) on TNC concentration on stubble mass (30 g kg^{-1}). In the spring, TNC pool in the stubble FM showed lower values (109 g m^{-2}) than summer (152 g m^{-2}). Higher TNC pools were observed in roots during the spring (220 g m^{-2}) than in the summer (157 g m^{-2}). The 95% LI strategy resulted in higher TNC pool (238 g m^{-2}), followed by 100% LI (136 g m^{-2}), with the 28-d registering 199 g m^{-2} . The results suggest a negative effect of longer regrowth periods on the 100% LI and 28-d strategies. 95% LI seems to be the most indicated strategy for the management of Xaraes palisadegrass pastures.

Keywords: Organics reserves; Light interception; Root; Intermittent grazing; Tussock

4.1 Introdução

A degradação de pastagens devido ao manejo impróprio e à falta de reposição de nutrientes é apontada como um dos maiores problemas relacionados à sustentabilidade da produção animal em pastagens.

Estratégias de pastejo têm sido idealizadas e utilizadas para controlar o tempo, intensidade, frequência e a seletividade em pastagens com o intuito de obter resposta ótima ou desejável da vegetação e do animal em pastejo. Geralmente, se deseja que método de pastejo apresentem um efeito mínimo negativo no vigor da planta (MOUSEL et al., 2005), o qual pode ser expresso pelo nível de carboidratos armazenados na planta nos órgãos de reserva acima e abaixo de solo, disponível para uso na recomposição dos tecidos fotossintéticos (CHAPARRO; SOLLENBERGER; QUESENBERRY, 1996; DOBRENZ; MASSENGA, 1966; REECE et al., 1997).

Embora a frequência (o número de ciclos) de pastejo tenha impacto na densidade e área de superfície de raízes, isso afeta estrutura e vigor da planta de maneira mais leniente do que o tempo de cada evento de desfolhação e o comprimento do período de recuperação dentre estratégias de pastejo (MOUSEL et al., 2005)

A exaustão das reservas, como resultado de desfolhação excessiva, tem sido associada com a redução no vigor e ultimamente com a degradação da pastagem. Assim, plantas com hábito de crescimento ereto, as quais apresentam pontos de crescimento na porção pastejável do dossel e normalmente armazenam suas reservas na base do colmo tornam-se vulneráveis ao pastejo intenso (ADJEI; MISLEVY; WEST, 1988). Em geral, plantas de hábito de crescimento ereto aparentemente são menos persistentes sob desfolhação intensa do que plantas estoloníferas (NEWMAN; SOLLENBERGER, 2005). Assim como relatado em trabalho com capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.), em que esta planta se mostrou persistente sob uma faixa relativamente ampla de intensidades e frequências de corte. Embora, a combinação de cortes frequentes e intensos tenha resultado em depleção das reservas e o declínio do estande de plantas (CHAPARRO; SOLLENBERGER; QUESENBERRY, 1996).

Estudo com grama bermuda cv. 'Florakirk' [*Cynodon dactylon* (L.) Pers] combinando três períodos de descanso (7, 21 e 35 dias) e três alturas de resíduo (8, 16 e 24 cm) mostrou que o estoque de carboidratos não-estruturais (CNE) na base do colmo e rizoma foi reduzido com o aumento da altura do resíduo, após dois anos de pastejo de verão. Essa resposta é em grande parte

explicada pelo efeito da altura de resíduo sobre a massa de rizomas. Enquanto os rizomas foram afetados pela altura de resíduo ou pelo período de descanso nos diferentes anos (PEDREIRA; SOLLENBERGER; MISLEVY, 2000). Apesar disso a redução da concentração e no estoque de CNE nos rizomas de um ano para outro não foi associada à diminuição do estande ou no decréscimo na sobrevivência das plantas sugerindo que o status de CNE pode não ser um determinante crítico na persistência de 'Florakirk', pelo menos em curto prazo

Para otimizar a produção animal baseada em pastagens é necessário o conhecimento de aspectos morfofisiológicos das plantas forrageiras, e para isso é preciso compreender os efeitos da ação do animal sob a planta e conseqüentemente, sob a rebrotação e produção. Além disso, o uso de frequências baseadas em períodos de descanso fixos, para determinar a colheita da forragem, tem sido questionado pelo fato de que cada período de descanso proporcionará a planta uma condição de crescimento distinta. Enquanto que a utilização de critérios de manejo que levem em consideração aspectos fisiológicos, como interceptação luminosa (IL) pelo dossel, permitem que a forragem seja colhida sempre numa condição fisiológica semelhante. Contrastar estas técnicas, frequências baseadas em períodos de descanso fixos e IL, permite evidenciar as divergências entre as estratégias de pastejo como guia de manejo. Informações disponíveis na literatura ressaltam a importância da sobrevivência dos meristemas apicais, dos teores de carboidratos não estruturais e da área foliar remanescente após a desfolha como fatores essenciais na recuperação de plantas forrageiras. As interações desses fatores com as condições ambientais condicionam a produtividade e a persistência das pastagens (RODRIGUES; RODRIGUES, 1987)

O objetivo desse trabalho foi estudar a persistência e os níveis de reservas orgânicas na raiz e parte aérea (resíduo) do capim Xaraés durante duas estações de crescimento (primavera e verão) por dois anos experimentais na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", campus da USP localizada em Piracicaba – SP.

4.2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido em área experimental do 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. A área experimental foi formada no verão de 2004, com semeadora (marca Terense), em local de solo classificado como Nitossolo Vermelho Eutroférico

típico ou Kandiuialfic Eutradox. Não foi feita aplicação de adubos ou corretivos no plantio, devido à alta fertilidade do solo (Tabela 1).

Tabela 1 – Análise de terra da área experimental no início do experimento

pH	CaCl ₂	M.O.	P	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V	S-SO ₄
		g/dm ³	mg/dm ³	-----		mmol _c /dm ³	-----				%	mg/dm ³
5,5		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

Durante 153 dias de período experimental (22 de Setembro de 2005 a 22 de Fevereiro de 2006; 23 de Setembro de 2006 a 23 de Fevereiro de 2007), os nove piquetes (120m²) foram pastejados de acordo com o cronograma específico de cada tratamento (com base em IL ou no calendário). Foram feitas apenas adubações de manutenção de produção, visando repor os nutrientes exportados, o que totalizou 120 kg N ha⁻¹ e 100 kg K ha⁻¹, nas formas de sulfato de amônio ((NH₄)₂SO₄) e cloreto de potássio (KCl), respectivamente. Para tanto, foram realizadas duas adubações manuais, metade no início da estação (23/09/05 e 22/09/06) após pastejo inicial e o restante no meio do ciclo, entre os dias 3 e 16 de Dezembro de 2005 e 10 e 22 de Dezembro de 2006. Essa segunda adubação foi feita na condição pós-pastejo em todas as unidades experimentais (piquetes).

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

Tabela 2 - Precipitação e temperatura média diária durante a primavera e verão no período experimental e a média histórica (1918-2008)

	Primavera	Verão
	Precipitação	
	----- mm -----	
Média histórica	399	445
Ano 1	336	423
Ano 2	361	633
	Temperatura média	
	----- °C -----	
Média histórica	22,6	24,3
Ano 1	22,3	24,0
Ano 2	22,7	24,0

Os tratamentos corresponderam a três estratégias de pastejo, todas de lotação intermitente, sendo uma baseada no calendário cronológico (28-d; pastejo a cada 28 dias) e duas definidas em função da interceptação luminosa (IL) pelo dossel durante a rebrotação (95% e 100% para início do pastejo). O experimento seguiu um delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. A área de 1080 m² foi dividida em nove unidades experimentais (piquetes) de 120 m² 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” (MISLEVY; MOTT; MARTIN, 1981) 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 (Figura 1). À medida que os animais pastejavam, medições de altura eram feitas até que o dossel atingisse, em média, 15 cm de altura, seguindo recomendação da Embrapa (EMBRAPA-ACRE, 2005) para o pós-pastejo do capim Xaraés.



Figura 1 – Vista da área experimental com animais em pastejo

As medições de altura, interceptação luminosa (IL) e índice de área foliar (IAF) foram feitas durante todas as rebrotações, iniciando imediatamente após o pastejo, a cada sete dias e imediatamente antes do pastejo seguinte. Em cada avaliação, a altura foi medida em 20 pontos representativos da condição média do dossel. Para as avaliações relativas a IL e IAF foi utilizado o analisador de dossel modelo LAI 2000 (LI-COR, Lincoln Nebraska, EUA), que permite amostragens rápidas e não destrutivas (WELLES; NORMAN, 1991). 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 detectores de sílica. A técnica combina medidas tomadas com o sensor acima do dossel (I_o) 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; 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 de medições 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.

Em cada ciclo de pastejo foram feitas quantificações 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 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, e em seguidas pesadas. O acúmulo de forragem em cada ciclo foi calculado pela diferença entre o coletado no pré-pastejo e o pós-pastejo anterior.

Mensurações de reservas orgânicas foram feitas em amostras coletadas depois do primeiro e do último pastejo de cada ano, para entender como os níveis de nitrogênio e carboidratos totais não-estrutural (CNE) foram afetados pelas estratégias de pastejo. Para tanto, após o pastejo, foi determinado o número de touceiras por área, quantificando em dez locais do piquete as touceiras no interior de uma moldura retangular (0,5 x 1,00 m). Em seguida três touceiras representativas da média foram coletadas em cada unidade experimental. O estrato do dossel do nível do solo até 15 cm de altura foi considerado como resíduo e do nível do solo até 20 cm de profundidade foram coletadas as raízes. Essa profundidade foi utilizada, pois estudos com distribuição de biomassa de raízes em plantas forrageiras que incluem *Paspalum dilatatum* Schum, *Pennisetum glaucum* L., *Pennisetum purpureum* Schum., *Brachiaria mutica* Stapf. (SINGH, 1999) apresentaram entre 65 e 86% do peso seco de raiz locado a 20 cm de profundidade, sem adubação nitrogenada. Quando se aplicou nitrogênio esta quantidade aumentou para 82 a 95%. Resultados semelhantes foram alcançados para *Panicum maximum* independente do nível de nitrogênio, em que 83-87% da massa seca de raiz foi mensurada na camada de 0-20 cm (SARMENTO et al., 2008).

Raízes e resíduos foram lavados em água corrente, levados à estufa a 105 °C por 1:30h, para garantir a morte celular e diminuir perdas por respiração, e transferida para estufa a 65° C por 72h até atingir o peso seco. Subsequentemente, as amostras foram moídas em moinho tipo Wiley com peneira de 1 mm e encaminhados ao laboratório para análise química.

A concentração de nitrogênio foi determinada utilizando o método da combustão de Dumas, com o analisador automático de nitrogênio LECO FP-528 (WILES; GRAY; KISSLING, 1998). Carboidratos totais não-estruturais foram determinados pelo usando o método da hidrólise enzimática para conversão de amido e oligossacarídeos em monossacarídeos e determinação dos açúcares reduzidos por espectrometria (CHRISTIANSEN, 1982; CHRISTIANSEN et al., 1988). Em cada amostra de 1 mg é adicionado 1 ml da solução enzimática, a qual foi preparada usando 47,5 ml de água destilada; 2,5 ml de solução tampão de acetato 0,2 M; 2,5 ml de invertase concentrada (Grade VII, Baker Yeast, Sigma:I4504-250MG) e 1,25 mg de amilogucosidase (Amylogucosidase *Rhizophus* sp., Sigma:A9228-1G).

Os dados foram analisados utilizando o método de modelos mistos com estrutura paramétrica especial na matriz de covariância, através do procedimento MIXED do SAS (LITTELL et al., 2006). Na escolha da matriz de covariância utilizou-se o critério de informação de Akaike (WOLFINGER; OCONNELL, 1993). Os efeitos de estratégia de pastejo, época do ano, ano experimental e suas interações foram considerados como efeitos fixos (LITTELL et al., 2006). As médias dos tratamentos foram estimadas através do “LSMEANS” e a comparação entre elas foi realizada por meio da probabilidade da diferença (“PDIFF”) ajustada para o teste de “Tukey” e um nível de significância de 5%.

4.3 Resultados e Discussão

4.3.1 Período de descanso e produção de forragem

O período de descanso foi afetado pelo ano ($P=0,0002$), estratégia de pastejo ($P=0,0001$), estação do ano ($P=0,0001$) e interação tripla ($P=0,0417$). Sob a estratégia 100% IL foi observado períodos de descanso mais longos durante a primavera do que no verão, resposta às condições de ambiente (Tabela 2). Resposta similar foi encontrada em pastos pastejados com 95% IL, mas de maneira menos atenuada, onde o dossel com menor massa de forragem provavelmente apresentou menor custo respiratório tornando-o menos afetado pelas mudanças de clima. Estudos em pastagens de capim-mombaça (*Panicum maximum* cv. Mombaça) revelaram o mesmo padrão de resposta, com menores períodos de descanso na estratégia 95% IL e na estação chuvosa em relação à estratégia 100% IL e ao período seco (CARNEVALLI et al., 2006).

No primeiro ano, os pastos pastejados com 95% IL apresentou períodos de descanso mais curtos, embora no segundo ano tenha sido semelhante ao 28-d (Tabela 3), devido ao aumento no

número de dias para atingir 95% IL. Isso ilustra a habilidade das estratégias regidas por IL em ajustar as respostas de crescimento de plantas, em função das condições ambientais, ao contrário do que acontece quando se utiliza períodos de descanso fixos.

Tabela 3 – Período de descanso em pastagens de capim Xaraés som estratégias de pastejo intermitente

Ano	Estratégia			
	28-d	95% IL	100% IL	EPM
----- dias -----				
1	Primavera			
	28 Ba	23 Cbc	36 Aa	2,5
2	Verão			
	28 Aa	21 Bc	27 ABc	6,8
1	Primavera			
	28 Ba	26 Ba	37 Aa	5,9
2	Verão			
	28 Aa	25 Aab	32 Ab	7,8

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem pelo teste de Tukey a 5%. EPM = Erro Padrão da Média.

O acúmulo total de forragem (Tabela 4) sofreu efeito de ano ($P < 0,0001$), estratégia ($P = 0,0122$), bem como da interação estratégia x ano ($P = 0,0522$). No primeiro ano não houve diferença entre estratégias no total de forragem acumulada. Menores acúmulos foram observados nas estratégias 28-d e 100% IL ao final do segundo ano. Isso provavelmente foi resposta ao manejo norteado pelo calendário fixo de pastejo (28-d) que não permite ajustes em função das mudanças ambientais, ou então devido aos longos períodos de descanso (100% LI) que reduzem fotossíntese foliar, principalmente no pós-pastejo (PEDREIRA; PEDREIRA, 2007) diminuindo o potencial de rebrotação inicial, resultando em maiores intervalos de pastejo.

Tabela 4 – Acúmulo total de forragem em pastagens de capim Xaraés sob estratégias de pastejo intermitente

Ano	Estratégia			EPM
	28-d	95% IL	100% IL	
	----- kg MS ha ⁻¹ -----			
1	18040 Aa	17380 Aa	22770 Aa	1190
2	13640 Bb	15100 ABa	17340 Ab	750

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem pelo teste de Tukey a 5% EPM = Erro Padrão da Média.

4.3.2 Número de touceiras no início e final de cada ano

O número de touceiras (Tabela 5) sofreu efeito da interação ano x estação x estratégia (P=0,0169). No primeiro ano, a primeira medição (primavera) apresentou a maior densidade de touceiras, provavelmente, por ser o primeiro ano de utilização destas pastagens após sua implantação. Ao final da estação de crescimento (verão), todas as estratégias apresentaram redução no número de touceiras, consequência da adaptação das plantas aos consecutivos pastejos. Ao longo do segundo ano experimental, quando as pastagens assumiam dosséis visualmente contrastantes, o número de touceiras foi ainda menor, apesar disso as estratégias 95% IL e 28 dias não apresentaram reduções início (primavera) para o fim da estação crescimento (verão).

A estratégia 100% LI continuou apresentando redução no número de touceiras na área, consequência dos longos períodos de descanso (Tabela 3), restringindo a quantidade de luz incidente na base da touceira. Isso acabou por influenciar a produção total de forragem, que foi prejudicada na estratégia 100% IL e 28-d (Tabela 4).

Tabela 5 – Número de touceiras em pastos de capim Xaraés sob estratégias de pastejo intermitente

Ano	Estação	Estratégia			
		28-d	95% IL	100% IL	EPM
1	Primavera	12,1 Aa	11,2 Aa	9,4 Ba	0,3
	Verão	8,7 Ab	9,1 Ab	7,5 Bb	0,1
2	Primavera	6,6 Bc	8,5 Ac	6,1 Bc	0,2
	Verão	5,5 ABc	7,4 Ac	4,4 Bd	0,4

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem pelo teste de Tukey a 5%. EPM = Erro Padrão da Média.

4.3.2 Massa de raízes e do resíduo pós-pastejo

A massa de raízes nos pastos de capim Xaraés foi afetada pela estratégia de pastejo ($P=0,008$) e pelo ano ($P=0,0376$). No segundo ano de pastejo foi observada maior quantidade de raiz (5100 kg ha^{-1}) do que no primeiro ano (4520 kg ha^{-1}). Isso provavelmente ocorreu como consequência dos pastejos consecutivos estimulando o crescimento em busca de água e nutrientes.

A massa de raízes foi semelhante e maior (5380 e $5130 \text{ kg MS ha}^{-1}$) quando os pastos foram submetidos a estratégias 95% IL e 28 dias do que quando pastejados com 100% IL ($3920 \text{ kg MS ha}^{-1}$). Isso provavelmente está relacionado aos longos períodos de descanso, que reduziram o número de touceiras (Tabela 6) nos pastos submetidos à estratégia 100% IL. Dessa forma, houve aumento nos espaços vazios entre touceiras e, conseqüentemente, redução da massa de raízes por área.

A massa de forragem do resíduo foi afetada pela interação estratégia x ano x estação ($P=0,0337$). A estratégia 95% IL não gerou variação na massa do resíduo, indicando que as condições de frequência impostas a este tratamento, aliada a altura de 15 cm pós-pastejo, possibilitou a consistência da resposta (Tabela 6). Pastos sob as estratégias 28-d e 100% IL, apresentaram variação a cada ano e a cada estação na massa de forragem do resíduo. Isso indica maior vulnerabilidade do dossel à utilização de frequência de pastejo fixa, baseado em calendário, em que a cada ciclo as respostas de plantas podem ser diferentes, em função de características climáticas (luz, água, fertilidade, etc.). Além disso, a utilização de períodos de pastejo demasiadamente longos alterou negativamente a estrutura do dossel, permitindo

oscilações na massa de forragem do resíduo, embora com menor amplitude de variação (Tabela 6).

Tabela 6 – Massa de forragem do resíduo ⁽¹⁾ de pastos de capim Xaraés sob estratégias de pastejo intermitente

Ano	28-d	Estratégia		EPM
		95% IL	100% IL	
----- kg MS ha ⁻¹ -----				
1		Primavera		
	3940 Ab	3200 Aa	3210 Ab	390
		Verão		
	6360 Aa	4860 Aa	5150 Aab	390
2		Primavera		
	5030 Aab	4600 Aa	5450 Aa	390
		Verão		
	3240 Ab	4900 Aa	3620 Aab	390

¹Massa de forragem do nível do solo até 15 cm de altura do resíduo

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem pelo teste de Tukey a 5%. EPM = Erro Padrão da Média.

4.3.3 Carboidratos não-estruturais

O teor de CNE nas raízes foi afetado apenas pela estação do ano (P=0,002). Assim, maiores valores foram encontrados no início da estação de crescimento (primavera; 43,4 g kg⁻¹) do que no final (verão; 32,0 g kg⁻¹) na média dos dois anos. A maior concentração na primavera está relacionada à menor demanda por crescimento observado nessa época, e pelo fato de que não houve pastejo, o que também resulta em maiores estoques. Não houve efeito de estratégia, estação ou ano (P>0,005) sobre os teores de CNE no resíduo pós-pastejo, em média 30 g kg⁻¹. Isso sugere que o manejo do pastejo imposto a essa comunidade vegetal, com altura do resíduo de 15 cm, não afetou negativamente o potencial de rebrotação. Em estudo com *Cynodon* spp. sob lotação contínua (CARVALHO et al., 2001), os maiores valores de CNE na base do colmo ocorreram durante o inverno (103,5 g kg⁻¹), seguidos da primavera (70,5 g kg⁻¹) e os menores valores foram registrados no verão (50 g kg⁻¹). Essa redução dos teores ao longo das estações do ano foi atribuída à melhoria das condições climáticas nos meses de primavera e verão, as quais garantiram taxas de acúmulo de matéria seca mais altas, e assim, aumentaram a demanda por reservas orgânicas para constituírem novos tecidos. Além disso, menores valores de CNE na base

do colmo foram observados durante a primavera, em torno de 60 g kg^{-1} , aumentando durante o período das águas, chegando a concentrações de $100\text{-}120 \text{ g kg}^{-1}$, em março. Isso sugere que cultivares possuem variações sazonais distintas quanto à alocação preferencial de fotoassimilados para seus diferentes órgãos de reserva (CARVALHO et al., 2001). Assim como na preparação para o florescimento, evento fenológico que demanda um grande suprimento energético (SMITH, 1972).

Apesar do teor de CNE no resíduo não ter sido afetado por nenhum dos fatores ($P>0,005$), a massa de forragem pós-pastejo oscilou ao longo do experimento (Tabela 6), o que fez com que o estoque de CNE variasse nas estações do ano ($P=0,0351$). Dessa forma, durante a primavera os estoques foram menores (109 g m^{-2}) do que no verão (152 g m^{-2}). Os estoques de CNE nas raízes foram afetados pela estratégia ($P=0,0279$) e estação ($P=0,0049$). Na primavera, os estoques foram mais altos (220 g m^{-2}) que no verão (157 g m^{-2}), o que ilustra a mobilização das reservas das raízes ao longo da estação de crescimento, para a formação de novos tecidos na parte aérea (CARVALHO et al., 2001). Além disso, a estratégia 95% IL apresentou os maiores estoques de CNE (238 g m^{-2}) seguido pelo 100% IL com os menores (136 g m^{-2}), e, com valor semelhante aos demais, a estratégia 28-d registrou 199 g m^{-2} . Essa resposta sugere a existência de um efeito negativo de longos períodos de crescimento impostos pelas estratégias 100% IL e 28-d, que mudam a partição de fotoassimilados, priorizando o crescimento de parte aérea para a fração colmo (PEDREIRA; PEDREIRA; DA SILVA, 2009).

4.3.4 Nitrogênio

A concentração de N na MF do resíduo (Tabela 7) foi afetada pela interação ano x estação ($P=0,0001$) e estratégia x ano ($P=0,0418$). Todas as estratégias, em média, reduziram as concentrações de N do primeiro ($12,5 \text{ g kg}^{-1}$) para o segundo ano ($7,7 \text{ g kg}^{-1}$), o que sugere que $120 \text{ kg de N ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ não tenham sido suficientes para manter a concentração de N na MF do resíduo. Isto é consistente com a redução no acúmulo total de forragem reduziu do primeiro para o segundo ano (Tabela 3).

Tabela 7 – Teor de nitrogênio na massa de forragem do resíduo ⁽¹⁾ de pastos de capim Xaraés sob estratégias de pastejo intermitente

Ano	Estratégia			EPM
	28-d	95% IL	100% IL	
	----- g kg ⁻¹ -----			
1	10,4 Aa	13,5 Aa	10,7 Aa	0,7
2	7,6 Ab	7,9 Ab	7,6 Ab	0,3

¹Massa de forragem do nível do solo até 15 cm de altura do resíduo

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem pelo teste de Tukey a 5% EPM = Erro Padrão da Média.

Maiores teores de N no resíduo foram encontrados na primavera, apesar de ter havido redução do primeiro (15,2 g kg⁻¹) para o segundo (9,1 g kg⁻¹) ano nessa estação, enquanto durante o verão os teores foram mais baixos e constantes (Tabela 8). Em capim Marandu manejado sob lotação contínua também foram encontrados teores decrescentes de N que variaram de 12,35 g kg⁻¹ em setembro a 3,66 g kg⁻¹ em fevereiro, mantida a altura de pastejo de 20 cm (LUPINACCI, 2002). Para o teor de N nas raízes, não houve efeito de estratégia (P=0,4452), com média de 7,14 g kg⁻¹. Naquele mesmo estudo, o teor de N variou entre 8,04 e 10,65 g kg⁻¹ no verão, em dosséis mantidos a 10 e 40 cm, respectivamente (LUPINACCI, 2002).

Tabela 8 – Teor de nitrogênio na massa de forragem do resíduo ⁽¹⁾ de pastos de capim Xaraés sob estratégias de pastejo intermitente

Ano	Estação do Ano	
	Primavera	Verão
	----- g kg ⁻¹ -----	
1	15,2 Aa (0,4)	7,8 Ba (0,7)
2	9,1 Ab (0,3)	6,3 Ba (0,3)

¹Massa de forragem do nível do solo até 15 cm de altura do resíduo

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem pelo teste de Tukey a 5% Números entre parêntesis correspondem ao Erro Padrão da Média.

Não houve efeito de estratégia (P=0,4452) sobre o teor de nitrogênio nas raízes, com média de 7,14 g de N por kg de tecido (matéria seca). Para capim-marandú foi observado valores entre 8,04; 8,64; 8,93 e 10,65 g kg⁻¹ de N durante as estações de crescimento avaliada, para as alturas de 10, 20, 30 e 40 cm, respectivamente (LUPINACCI, 2002).

O estoque de N no resíduo não foi afetado pelas estratégias, com média de $4,14 \text{ g m}^{-2}$. Apesar disso, houve efeito da interação época x ano ($P=0,0247$; Tabela 9) com maiores teores de N no início da estação de pastejo ($5,19$ e $4,77 \text{ g m}^{-2}$) e menores ao final do período de utilização ($4,11$ e $2,47 \text{ g m}^{-2}$). Isso é marcante no segundo ano, quando o estoque de N no resíduo foi a reduzido pela metade.

Tabela 9 – Estoque de nitrogênio na massa de forragem do resíduo ⁽¹⁾ de pastos de capim Xaraés sob estratégias de pastejo intermitente

Ano	Estação do Ano	
	Primavera	Verão
	----- g m^{-2} -----	
1	5,19 Aa (0,29)	4,11 Ba (0,22)
2	4,77 Aa (0,22)	2,47 Bb (0,09)

¹Massa de forragem do nível do solo até 15 cm de altura do resíduo
Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem pelo teste de Tukey a 5%
Números entre parêntesis correspondem ao Erro Padrão da Média.

O estoque de N nas raízes variou em função da estratégia de pastejo, com a estratégia 95% IL resultando nos maiores teores ($4,06 \text{ g m}^{-2}$). Os menores estoques foram observados no tratamento 100% IL ($2,64 \text{ g m}^{-2}$) e, com teor de N semelhante aos dois, a estratégia 28-d apresentou $3,38 \text{ g m}^{-2}$. Isso está diretamente relacionado com a resposta da planta às frequências de pastejo, pois neste estudo quanto menor foi o intervalo de desfolhação, maior foi o IAF residual e a capacidade fotossintética das folhas e dossel. Logo, a estratégia 95% IL se apresentou menos dependente de recursos armazenados para garantir o crescimento. Por outro lado, a estratégia 100% IL apresentou os menores valores de fotossíntese foliar pós-pastejo (PEDREIRA; PEDREIRA, 2007), tornando essa frequência de pastejo mais dependente do N armazenado no re-establishimento da área foliar e tecido fotossintético (RODRIGUES; RODRIGUES, 1987).

De maneira semelhante ao que ocorreu com os estoques de N na MF do resíduo, os estoques de N nas raízes decresceram da primavera ($4,21 \text{ g m}^{-2}$) para o verão ($3,35 \text{ g m}^{-2}$) no primeiro ano com o transcorrer da estação (Tabela 10). Todavia, os teores mativeram-se próximos a 3 g m^{-2} do final do primeiro ano e durante todo o segundo, sugerindo a existência de um mecanismo de adequação dessas pastagens aos regimes de desfolhação (Pedreira et al., 2000).

Tabela 10 – Estoque de nitrogênio na massa de raiz de pastos de capim Xaraés sob estratégias de pastejo intermitente

Ano	Estação do Ano	
	Primavera	Verão
	----- g m ⁻² -----	
1	4,21 Aa (0,18)	2,99 Ba (0,29)
2	3,35 Ab (0,15)	2,89 Aa (0,18)

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem pelo teste de Tukey a 5%
Números entre parêntesis correspondem ao Erro Padrão da Média.*

4.4 Conclusões

Iniciar o pastejo com 95% IL parece ser a mais indicado como estratégia de manejo de pastos de capim Xaraés, devido à sua capacidade de manter maiores estoques de reservas nas raízes, indicando que esse tratamento pode ser usado como determinate do ponto de interrupção da rebrotação, propiciando maior velocidade de recomposição de tecidos fotossinteticamente ativos, o que pode propiciar maior velocidade de rebrotação e longevidade. Em contraste, as estratégias baseadas em calendário, com período fixos e pré-determinados (28 dias) ou de menor frequência de desfolhas (100% IL) em que as respostas oscilam, resultaram na redução da densidade e/ou massa de raiz, tornando o sistema mais propício a entrada de invasoras e, em longo prazo, podem se tornar um problema.

Estudos de longo prazo devem ser conduzidos para que a persistência do estande possa ser avaliada em conjunto com reservas orgânicas.

Referências

- ADJEI, M.B.; MISLEVY, P.; WEST, R.L. Effect of stocking rate on the location of storage carbohydrates in the stubble of tropical grasses. **Tropical Grasslands**, St. Lucia, v. 22, n. 2, p. 50-56, 1988.
- CARNEVALLI, R.A.; DA SILVA, S.C.; BUENO, A.A.O.; UEBELE, M.C.; BUENO, F.O.; HODGSON, J.; SILVA, G.N.; MORAIS, J.P.G. Herbage production and grazing losses in *Panicum maximum* cv. Mombaca under four grazing managements. **Tropical Grasslands**, St. Lucia, v. 40, n. 3, p. 165-176, 2006.
- CARVALHO, C.A.B.; DA SILVA, S.C.; SBRISSIA, A.F.; FAGUNDES, J.L.; CARNEVALLI, R.A.; PINTO, L.F.D.; PEDREIRA, C.G.S. Non structural carbohydrates and herbage accumulation in *Cynodon* spp. swards under continuous stocking. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 4, p. 667-674, 2001.
- CHAPARRO, C.J.; SOLLENBERGER, L.E.; QUESENBERRY, K.H. Light interception, reserve status, and persistence of clipped mott elephantgrass swards. **Crop Science**, Madison, v. 36, n. 3, p. 649-655, 1996.
- CHRISTIANSEN, S. **Energy reserves and agronomic characteristics of four limpograsses (*Hemarthria altissima* (Poir) Stapf et C.E. Hubb) for Florida's flatwoods**. 1982. 193 p. Thesis (Ph.D. in Agronomy) - University of Florida, Gainesville, 1982.
- CHRISTIANSEN, S.; RUELKE, O.C.; OCUMPAUGH, W.R.; QUESENBERRY, K.H.; MOORE, J.E. Seasonal yield and quality of bigalta, redalta and floralta limpograss. **Tropical Agriculture**, London, v. 65, n. 1, p. 49-55, 1988.
- DOBRENZ, A.K.; MASSENGA, M.A. Change in carbohydrates in alfafa (*Medicago sativa* L.) roots during period of floral initiation and seed development. **Crop Science**, Madison, v. 6, n. 6, p. 604-608, 1966.
- EMBRAPA-ACRE. **Sistemas de produção**. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/BovinoCorte/BovinoCorteAcre/index.htm>>. Acesso em: 10 fev. 2005.
- LITTELL, R.C.; MILLIKEN, G.A.; STROUP, W.W.; WOLFINGER, R.D.; SCHABENBERGER, O. **Sas for Mixed Models**. 2nd.ed. SAS Institute, 2006. 813 p.

LUPINACCI, A.V. **Reservas orgânicas, índice de área foliar e produção de forragem em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a intensidades de pastejo por bovinos de corte.** 2002. 160 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

MISLEVY, P.; MOTT, G.O.; MARTIN, F.G. Screening perennial forages by mob-grazing technique. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 1981. Lexington. **Anais....** Lexington, 1981. p. 516-519.

MOUSEL, E.M.; SCHACHT, W.H.; ZANNER, C.W.; MOSER, L.E. Effects of summer grazing strategies on organic reserves and root characteristics of big bluestem. **Crop Science**, Madison, v. 45, n. 5, p. 2008-2014, 2005.

NEWMAN, Y.C.; SOLLENBERGER, L.E. Grazing management and nitrogen fertilization effects on vaseygrass persistence in limpgrass pastures. **Crop Science**, Madison, v. 45, n. 5, p. 2038-2043, 2005.

PEDREIRA, B.C.; PEDREIRA, C.G.S. Leaf photosynthesis in Xaraes palisadegrass [*Brachiaria brizantha* (A. Rich.) Stapf. cv. Xaraes] and modeling canopy assimilatory potential under rotational stocking strategies. **Brazilian Journal of Animal Science**, Viçosa, v. 36, n. 4, p. 773-779, 2007.

PEDREIRA, B.C.; PEDREIRA, C.G.S.; DA SILVA, S.C. Herbage accumulation during regrowth of Xaraes palisadegrass submitted to rotational stocking strategies. **Brazilian Journal of Animal Science**, Viçosa, v. 38, n. 4, p. 618-625, 2009.

PEDREIRA, C.G.S.; SOLLENBERGER, L.E.; MISLEVY, P. Botanical composition, light interception, and carbohydrate reserve status of grazed 'Florakirk' bermudagrass. **Agronomy Journal**, Madison, v. 92, n. 2, p. 194-199, 2000.

REECE, P.E.; NICHOLS, J.T.; BRUMMER, J E.; ENGEL, R.K. Field measurement of etiolated growth of rhizomatous grasses. **Journal of Range Management**, Baltimore, v. 50, n. 2, p. 175-177, 1997.

RODRIGUES, L.R.A.; RODRIGUES, T J.D. Ecofisiologia de Plantas Forrageiras. In: CASTRO, R. C.(Ed.). **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: Potafós, 1987. p.203-227.

SARMENTO, P.; RODRIGUES, L.R.A.; LUGAO, S.M.B.; DA CRUZ, M.C.P.; DE CAMPOS, F.P.; FERREIRA, M.E.; DE OLIVEIRA, R.F. Root system of *Panicum maximum* Jacq. cv. IPR-86 Mil(e)over-capnio fertilized with nitrogen and submitted to rotational stocking. **Brazilian Journal of Animal Science**, Viçosa, v. 37, n. 1, p. 27-34, 2008.

SINGH, K.A. Effect of nitrogen levels on yield, root biomass distribution, nitrogen recovery by forage grasses and changes in soil properties of acid Inceptisol. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, Delhi, v. 69, n. 8, p. 551-554, 1999.

SMITH, D. Carbohydrate reserves of grasses. In: YOUNGNER, V.B.; MCKELL, C.M. (Ed.). **The biology and utilization of grasses**. New York: Academic Press, 1972. p.105-155

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

WILES, P.G.; GRAY, I.K.; KISSLING, R.C. Routine analysis of proteins by Kjeldahl and Dumas methods: Review and interlaboratory study using dairy products. **Journal of Aoac International**, Arlington, v. 81, n. 3, p. 620-632, 1998.

WOLFINGER, R.; OCONNELL, M. GENERALIZED LINEAR MIXED MODELS - A PSEUDO-LIKELIHOOD APPROACH. **Journal of Statistical Computation and Simulation**, New York, v. 48, n. 3/4, p. 233-243, 1993.

5 ADAPTAÇÃO DO MODELO CROPGRO PARA A PREDIÇÃO DO CRESCIMENTO E DA COMPOSIÇÃO MORFOLÓGICA DE *Brachiaria brizantha*

Resumo

Processos fisiológicos podem ser sintetizados utilizando-se modelos de crescimento, os quais podem ser ferramentas importantes, onde o melhoramento genético pode ser simulado e o manejo da cultura e do solo pode ser avaliado. O objetivo desta pesquisa foi adaptar o modelo CROPGRO – FORRAGEM para simular o crescimento e a composição morfológica de *Brachiaria brizantha*, e descrever o processo de adaptação do modelo para uma nova espécie, a qual tem grande importância econômica no Brasil. O modelo CROPGRO pode ser adaptado usando arquivos de espécie, cultivar e ecótipos. Valores e relações reportadas na literatura foram usadas como referência no processo de adaptação, que foi focado nas mudanças para melhorar as simulações pela comparação com o crescimento, acúmulo de matéria seca e partição observados durante dois anos experimentais com *B. brizantha* cv. Xaraés em Piracicaba, São Paulo, Brasil. Efeitos de dormência precisaram ser minimizados e sua partição foi mudada para reduzir a ênfase dos tecidos de reserva, assim como raiz, e melhorar o crescimento de folha e colmo. O modelo de crescimento de *Paspalum notatum* Flüggé foi mudado para conferir mais peso às folhas e colmos, e menos às raízes. Além disso, a área foliar específica foi ajustada, da mesma forma que em taxa de aparecimento de folha, consumo de nitrogênio e senescência. Com estas adaptações a simulação do acúmulo de biomassa foi melhorada, tanto em números quanto nos índices estatísticos. O resultado da adaptação sugere que o modelo CROPGRO é uma ferramenta eficiente para integrar aspectos fisiológicos de *B. brizantha* e pode ser usado para simular com boa acurácia. Com o objetivo de melhor simular a biologia de gramíneas forrageiras tropicais, modificações devem ser feitas nos conceitos e códigos do modelo.

Palavras-chave: Modelos de crescimento; Estimativa de parâmetros; Gramíneas forrageiras tropicais; Processos fisiológicos

Abstract

Physiological processes can be synthesized by using crop models which can be important tools, where genetic improvement could be hypothesized; and crop and soil management can be evaluated. The objective of this research was to adapt the CROPGRO forage model to simulate the growth and composition of *Brachiaria brizantha*, and describe the process of adapting the model for new species, which has high economic importance for cattle production in Brazil. The CROPGRO model can be adapted using species, cultivar and ecotype files and in order to develop them we used values and relationships reported from literature and focused on changes to improve simulations by comparison with observed growth, development, dry matter accumulation and partitioning during a two-year experiment with *B. brizantha* cv. Xaraes in Piracicaba, state of Sao Paulo, Brazil. Dormancy effects needed to be minimized and partitioning was changed for lesser importance of storage tissue such as root mass, and improves leaf and stem growth. The bahiagrass (*Paspalum notatum* Flugge) forage model was changed to provide for more leaf and stem weight and less root, and SLA aspects were improved, such as leaf appearance rate, N uptake, and senescence. After these changes were made to the model biomass accumulation was better simulated, both in its values and statistics indices. The results of the adaptation suggest that the CROPGRO Model is an efficient tool to integrated physiological aspects of *B. brizantha* and could be used to simulate growth with good accuracy. In order to better mimic the biology of perennial tropical grasses, modifications should be made to the model concepts and codes.

Keywords: Crop models; Parameter estimation; Perennial tropical grasses, Physiological processes

5.1 Introdução

Processos fisiológicos podem ser sintetizados utilizando-se modelos de crescimento, os quais podem ser ferramentas importantes, em que o melhoramento genético pode ser simulado; e o manejo da cultura e do solo pode ser avaliado (BOOTE; JONES; PICKERING, 1996). O CROPGRO é um modelo mecanístico que prediz produção e composição morfológica de culturas baseado nas informações de planta, solo, manejo e solo. Além disso, tem a habilidade de simular balanço hídrico e de nitrogênio, matéria orgânica e dinâmica de resíduos no solo, e danos por pragas e/ou doenças, aspectos que aumentam a sua utilidade (RYMPH, 2004). O modelo funciona como um modelo genérico que utiliza código FORTRAN para predizer o crescimento de leguminosas tais como soja [*Glycine max* (L.) Merr.], amendoim (*Arachis hypogaea* L.) e feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), bem como outras culturas como tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) (SCHOLBERG, 1997) e fava (*Vicia faba* L.) (BOOTE; JONES; HOOGENBOOM, 1998; BOOTE et al., 1998; BOOTE; MINGUEZ; SAU, 2002). Isto é possível porque o modelo CROPGRO trabalha usando arquivos de entrada que definem características da espécie e atributos de cultivares.

Um dos objetivos no desenvolvimento do CROPGRO era ter um modelo que pudesse ser facilmente adaptado para simular o crescimento de diferentes espécies vegetais. O CROPGRO foi criado como uma maneira de consolidar os modelos existentes SOYGRO, PNUTGRO, e BEANGRO em um único programa (BOOTE; JONES; HOOGENBOOM, 1998). Os três programas compartilhavam boa parte de seu código, o que possibilitou a fusão dos modelos primeiramente envolvidos, movendo os parâmetros que descrevem espécies e cultivares no código atual. Esta estrutura permite que uma nova espécie seja modelada criando novos arquivos de parâmetros (entrada).

O CROPGRO foi desenvolvido no início da década de 1990, como um modelo autônomo, mas poderia também ser trabalhado dentro do Sistema de Decisão e Suporte a Transferência de Agrotecnologia (DSSAT) (ICASA, 1998), permitindo que fosse ligado a outro programa de modelagem de culturas, assim como a programas de gráficos para automatizar a apresentação dos resultados. Depois que a versão 3.1 do DSSAT foi liberada em 1996, o código do CROPGRO foi reorganizado em uma estrutura modular. O código para simular processos diferentes da planta e solo foi organizado em sub-rotinas individuais para cada processo. As novas sub-rotinas foram projetadas para serem executadas em quatro etapas comuns (iniciação, cálculo da taxa, integração

e final/sumário) organizadas pelo modelo principal. A estrutura modular foi projetada permitir que o usuário adicione um novo código ou ligue o código a outros programas introduzindo pela inserção de módulos novos na estrutura de CROPGRO. Esta abordagem foi aplicada ao DSSAT, pois o CROPGRO é um componente integral do Modelo de Sistemas de Culturas (MSC) (JONES et al., 2003). O CROPGRO serve como o módulo padrão da cultura (HOOGENBOOM et al., 2003; JONES et al., 2003); uma interface universal para modelar diversas espécies.

A versão modular de CROPGRO foi a primeira versão a incluir o módulo da transformação da matéria orgânica de solo (MOS) baseado no modelo CENTURY (GIJSMAN et al., 2002; PARTON; STEWART; COLE, 1988). A única opção da transformação da MOS disponível em uma das versões anteriores era através da adaptação ao modelo de PAPRAN (GODWIN; JONES, 1991; SELIGMAN; VAN KEULEN, 1988). Ambas as opções utilizam a mineralização da MOS, assim como a imobilização, nitrificação e a desnitrificação do N. A opção CENTURY adiciona a potencialidade de simular a deterioração dos resíduos de superfície e o movimento daqueles nutrientes no perfil do solo. O pasto e outros sistemas de forragens perenes são frequentemente sistemas de baixa-entrada que confiam fortemente na reciclagem de nutrientes dos resíduos da planta para a produtividade continuada. A omissão da quantidade de nutrientes na liteira para a opção PAPRAN pode reduzir dramaticamente a quantidade de N e C disponível solo, potencializando resultados numa sub-predição crônica do crescimento da planta, especialmente nas simulações de vários anos, típicos de sistemas de forragens tropicais. Assim, a opção CENTURY mostra-se como a melhor para modelar plantas forrageiras perenes (RYMPH, 2004).

O CROPGRO e o MSC incorporam diversos módulos para simular respostas ambientais e de manejo, transformações do N do solo, disponibilidade da água no solo, etc. Os módulos individuais que descrevem diferentes processos são executados uma vez dentro de cada uma das quatro etapas da estrutura modular. Esta estrutura modular deve realçar o futuro desenvolvimento destes programas, pois permite adicionar outras novas características pela introdução de seus próprios módulos. Também, com a separação das etapas de taxas e integração, a ordem de execução dos módulos dentro de cada etapa é geralmente menos crítica, outra vez, facilitando ainda mais o seu desenvolvimento (JONES et al., 2003).

Na etapa da iniciação, os valores dos parâmetros e o controle da simulação da informação são lidos pelos vários arquivos de entrada e pelo conjunto de valores iniciais para diversas

variáveis (representando a condição dessas variáveis do sistema no fim do dia, variáveis qu, como a massa das são quantitativas, tais como raízes ou número das folhas). Esta etapa é rodada uma vez por simulação, embora existam previsões para refazer cada simulação para os múltiplos anos, onde a etapa da iniciação é rodada uma vez em cada repetição.

Diversos arquivos de entrada são usados para ajustar os parâmetros para uma espécie e controlar a execução da simulação. Três arquivos contêm os parâmetros da cultura: um arquivo para espécies, um para cultivares e um arquivo para ecótipos. O arquivo experimental, ou Arquivo-X controla a simulação e é suplementado por arquivos de clima, por um arquivo de informação do solo, e por um arquivo de pragas. A comparação dos dados estimados com os resultados medidos experimentalmente é automatizada, com a leitura do programa os dados medidos vão para um arquivo de dados observados ao longo de um período de tempo (e.g. massa de forragem colhida em cada corte), chamado Arquivo-T, ou um arquivo de dados observados pontuais (e.g. números de grão colhidos), chamado de Arquivo-A (HOOGENBOOM et al., 2003).

Os arquivos de espécie contem os parâmetros específicos que descrevem a resposta da cultura ao ambiente assim como parâmetros que descrevem o crescimento e a fotossíntese. Estes parâmetros são ajustados durante o desenvolvimento modelo e geralmente não são alterados pelo usuário. Alguns parâmetros podem ser ajustados para refletir diferenças na resposta de diferentes cultivares e ecótipos através dos parâmetros adicionais nos arquivos de cultivares e ecótipos. Os parâmetros nestes arquivos incluem fatores tais como, diferenças no tempo fisiológico entre os estágios do crescimento, diferenças relativas na taxa fotossintética, tamanho da folha, entre outros.

Outros arquivos, tais como os Arquivos-X e T devem ser criados pelo usuário. O Arquivo-X contém a informação que descreve a simulação, incluindo os arquivos de clima que foram usados, qual tipo do solo (junto com o perfil de informação específico do solo), localização do experimento, informações de manejo (data de plantio, calendário de adubação e irrigação, data de colheita, etc.), e controles da simulação, tais como: opção de fotossíntese usada, se o modelo foi usado para prever o crescimento potencial (supondo inexistência de stresses), ou crescimento com limitações hídricas, ou crescimento com limitações de N e água, e outras opções que determinam os módulos do modelo a serem usados (HOOGENBOOM et al., 2003; RYMPH, 2004).

Se os resultados da simulação forem comparados a um experimento real, os dados medidos para cada tratamento, listados no Arquivo-T ou Arquivo-A podem ser lidos por um programa de gráficos, que plota os valores estudados contra os observados. O Arquivo-T também pode ser usado para listar as quantidades dos danos por pragas e as datas em que os danos devem ser “impostos” na simulação. Com base, nos códigos de pragas usados no Arquivo-T, o arquivo de praga determina o tipo do dano a ser imposto. O arquivo de pragas é geralmente escrito durante o desenvolvimento do modelo, arranjando os códigos da cultura específica que está sendo modelada. De acordo com a data de colheita escolhida no Arquivo-X, ocorre uma sinalização para a terminação da simulação no CROPGRO, colheitas periódicas de forragem devem ser simuladas usando o código de pragas MOW que é inserido no Arquivo-T. O usuário especifica a quantidade de massa de resíduo que deve remanescer após uma colheita ou evento de pastejo e o CROPGRO reduz a quantidade de folhas e colmos proporcional ao corte, que quantifica o resíduo a um estágio vegetativo reduzido. Como qualquer dano causado por pragas, folhas e colmos removidos pela função MOW são perdidos pela simulação do sistema, com a suposição de que foram exportados do campo (RYMPH et al., 2003). Enquanto espécies anuais podem ser simuladas sem utilizar a opção pragas, as simulações com forragens devem usar a opção MOW para gerar múltiplas colheitas.

A outra informação específica que deve ser fornecida pelo usuário é a informação diária do clima e do perfil do solo. A radiação solar diária, pluviosidade, e temperaturas mínimas e máximas são inseridas nos arquivos de clima que são nomeados de acordo com sua localização e ano para os quais contenham dados. O arquivo do solo (SOIL.SOIL) contem a informação de perfil de alguns tipos específicos de solo. O usuário deve adicionar a informação para criar o solo para a simulação em formato especificado. O CROPGRO requer todos os arquivos acima mencionados exceto o Arquivo-T e Arquivo-A (dados observados) para inicializar e rodar a simulação, a menos que a simulação envolva a colheita múltipla, onde o Arquivo-T é requerido também (HOOGENBOOM et al., 2003).

A iniciação de uma simulação começa na data determinada, que pode ser a data de plantio ou numa condição mais avançada. A data de plantio pode ser o dia da semeadura ou o dia em que as mudas (transplântio) são levadas ao campo. A opção do transplântio pode ser usada para inicializar a simulação com um estande de forragem estabelecida, incluindo quantidade (massa) e idade das mudas. A data de plantio provoca o começo da simulação do crescimento da cultura.

Iniciar a simulação antes da data de plantio permite ao modelo estimar condições do solo no dia do plantio, o que pode ser útil se o usuário tiver informação limitada sobre as condições reais que existem no local nesse dia.

A velocidade das etapas é gerada em cada dia da simulação, calculando as taxas variáveis (a variabilidade representa a quantidade de mudanças na variável estado além de um tempo específico – normalmente um dia ou nemos) para o dia atual da simulação. Para cada dia simulado, antes de rodar o CROPGRO com as condições determinadas para a planta, é necessário informar a data, as temperaturas mínimas e máximas diárias, a pluviosidade diária, e a radiação solar diária, que são capturadas do arquivo de clima, e os Arquivos-X e -T são verificados quanto as operações de manejo (por exemplo: plantio, irrigação, colheita, ou danos por pragas) para aquele dia (HOOGENBOOM et al., 2003). A informação do clima e de manejo é alimentada no módulo dos processos do solo, predizendo as taxas de mudança da água disponível do solo, NH_4^+ , e NO_3^- (BOOTE et al., 2006). Os dados do clima junto com a informação da planta e do solo do fim do dia anterior são usados para calcular a evapotranspiração diária.

A estimativa da fenologia da planta ou do estágio de maturidade é componente chave do CROPGRO. Diversos parâmetros, tais como: partição do novo crescimento entre órgãos da planta (folha, haste, raízes), e a sensibilidade do desenvolvimento ao comprimento do dia são dependentes ou podem variar com o estágio da maturidade. O estágio da maturidade é uma função do tempo fisiológico acumulado, que é uma combinação do tempo e da temperatura. As temperaturas cardinais (mínima, ótima, e máxima) para vários estágios do desenvolvimento de cada colheita são descritas no arquivo SPE. Geralmente, não há nenhum desenvolvimento em temperaturas abaixo da mínima ou acima das temperaturas cardinais máximas, dessa forma plantas maduras com taxas mais rápidas estão com temperaturas do ar próximas da faixa ótima. Esta taxa de mudança/progressão para o estágio seguinte pode ser alterada pelo comprimento do dia e pelo estresse hídrico. O progresso durante o crescimento vegetativo se dá pelo aumento progressivo no número das folhas por planta (estádio-V) e com a indução floral começa uma progressão para uma série de estágios reprodutivos (estádio-R) (BOOTE; JONES; HOOGENBOOM, 1998; BOOTE et al., 1998).

A taxa diária de danos por pragas também é calculada em cada etapa. A informação da extensão do dano é listada pelo usuário no Arquivo-T e, o CROPGRO utiliza as características do dia anterior de massa e área foliar da planta para calcular os danos “reais”. Os códigos do arquivo

de pragas permitem que o usuário especifique a quantidade (kg MS ha⁻¹) ou a proporção de folhas e colmos a ser removida ou a redução da produção de assimilados devido à doença ou aos danos por pragas. Assim como todas as outras taxas variáveis, as taxas dos danos causadas por pragas não são deduzidas da massa existente da planta até a etapa da integração que sinaliza o fim do dia atual. Isto assegura que todas as novas taxas estejam baseadas nas mesmas circunstâncias - a massa da planta no fim do dia anterior.

O cálculo da taxa fotossintética apresenta um contraste interessante com modelos baseados em animais. Isto porque os modelos de nutrição animal são do tipo dreno-dirigido, predizendo o consumo do nutriente em função do peso corporal e desempenho, enquanto no CROPGRO, a fonte de assimilados, é função da radiação solar absorvida e da fotossíntese, determinando o peso da planta e o desempenho (fonte-dirigida). Uma exceção é que algumas espécies de planta podem exibir um período “juvenil” em que a demanda da plântula é limitada e pode ser realimentada na produção do fotoassimilados. O CROPGRO oferece duas opções para prever a fotossíntese: uma opção diária da fotossíntese do dossel e uma opção de hora em hora de fotossíntese foliar (BOOTE; JONES; HOOGENBOOM, 1998; BOOTE; PICKERING, 1994).

A opção diária da fotossíntese do dossel é um método mais simples e usa uma resposta exponencial assintótica à radiação solar diária para calcular a taxa potencial de fotossíntese diária. Este teste padrão da resposta fotossintética diária à luz é definido por dois parâmetros do arquivo da espécie (SPE): a taxa máxima da fotossíntese do dossel e a quantidade de radiação fotosinteticamente ativa em que a fotossíntese apresenta 63% da máxima. A estimativa da interceptação de luz pelo dossel é função do IAF estimado no dia anterior e do coeficiente da extinção de luz do dossel especificados no arquivo SPE (BOOTE; JONES; HOOGENBOOM, 1998; BOOTE et al., 1998). A opção de fotossíntese foliar de hora em hora é mais mecânica (baseada em processos e em estequiometria), porém matematicamente mais complexa.

A opção fotossíntese foliar usa a abordagem de “cultura plantadas em linhas” para estimar taxas fotossintéticas potenciais, de hora em hora, para as porções do dossel que estão a pleno sol ou sombreadas, em função da área foliar. Essa abordagem utiliza parâmetros que descrevem a forma, altura e largura do dossel, ângulo foliares, largura e direção da fileira, latitude do local, dia e hora do ano, junto com o índice de área foliar (IAF) predito para estimar a absorção de luz pelas folhas de sol contra folhas de sombra. A distribuição de hora em hora da radiação solar e a temperatura são estimadas dos valores diários fornecidos no arquivo de clima. Além disso, os

componentes são divididos em diretos e difusos. A taxa fotossintética potencial de folha de hora em hora é calculada usando uma equação exponencial assintótica, em que a eficiência quântica (resposta fotossintética inicial sob intensidade de luz baixa) ajusta a inclinação inicial da resposta e a taxa fotossintética máxima potencial da folha é a assíntota. As taxas fotossintéticas para folhas de sol e sombra são multiplicadas por seus respectivos IAFs e somados a cada hora para calcular a taxa fotossintética do dossel de hora em hora. As taxas das 24 horas são integradas para gerar a taxa fotossintética diária. Em ambas opções, de fotossíntese de dossel diário e de folha de hora em hora, a taxa fotossintética potencial pode ser ajustada para diferentes cultivares, temperaturas, concentrações de N na folha, espessura da folha (peso foliar específico) e concentrações atmosféricas de CO₂ (BOOTE; PICKERING, 1994). Na etapa da integração, os estágios de maturidade mais recentes são calculados computando a taxa de mudança diária para cada dia e adicionando isto à avaliação do estágio do dia anterior. Todas as outras taxas são processadas similarmente para o cálculo das variáveis no novo dia. Muitos dos mecanismos da etapa da integração são exercícios de contabilidade e alocação de carboidratos (CH₂O).

O CH₂O potencialmente disponível para ser armazenado como reserva é calculado e adicionado à produção diária de fotoassimilados para determinar a quantidade máxima de CH₂O disponível para o dia. O custo da respiração da manutenção diária e algumas perdas devido a danos por pragas são subtraídos do total e, o remanescente é a quantidade de CH₂O disponível para consumo de nutrientes e crescimento. A demanda potencial de CH₂O para o crescimento da semente, custo de CH₂O por grama de novo crescimento vegetativo (baseado nas proporções da folha e colmo preditos pelo novo estágio-V), é tanto quanto a demanda potencial de nitrogênio (N) para a “reposição” do N que tem sido mobilizado do tecido velho são calculados e subtraídos dos CH₂O remanescentes disponíveis (BOOTE et al., 1998; JONES et al., 2003).

A quantidade de novo crescimento que pode ser produzido em função do CH₂O disponível depende do custo deste, que é função de sua composição. A composição do crescimento novo total é, por sua vez, determinada pela partição do novo crescimento entre os órgãos da planta (folha, colmo, raízes, sementes, etc.) e a concentração de proteína, carboidrato (compreendido por parede celular e amido), lipídios, lignina, ácidos orgânicos e cinzas em cada novo órgão de crescimento. Os parâmetros que descrevem a partição para aos órgãos e sua composição são listados no arquivo da espécie. Uma série de coeficientes descrevem o custo para montar cada um destes componentes (ambos, custos direto de C para os esqueletos carbono,

assim como a energia usada nas vias bioquímicas para formá-los) (PENNING DE VRIES; BRUNSTING; VAAN LAAR, 1974) expressados em equivalentes glicose, os quais são usados junto com os parâmetros de composição para calcular o custo da glicose nos novos tecidos (RYMPH, 2004). A proteína bruta ou as concentrações de N no crescimento de novas folhas, colmos e raízes podem variar dentro de uma escala de valores desses três parâmetros: uma concentração máxima para o novo crescimento, uma concentração “normal” do crescimento e uma concentração residual após o senescência. Se houver disponibilidade adequada de CH_2O , mas o N disponível for limitante, o novo crescimento pode ocorrer em concentrações reduzidas de N (BOOTE et al., 2006).

A demanda por nitrogênio pode ser suprida por duas fontes diferentes: pelo consumo “real” de N pela planta, e se este consumo não suprir a demanda de N para o novo crescimento, o N é mobilizado dos tecidos vegetativos. Uma vez que o consumo de N e a mobilização são calculados, o custo em CH_2O para isto será subtraído do CH_2O remanescente, atualizando o orçamento energético. Se a cultura for uma leguminosa, a fixação de N será estimada, adicionada ao “pool” de N disponível, e o custo de CH_2O subtraído dos CH_2O disponíveis. O CH_2O restante é alocado ao novo crescimento, primeiramente para formação de semente, depois para crescimento vegetativo (BOOTE; JONES; HOOGENBOOM, 1998).

O aumento no comprimento das raízes associado com o novo crescimento de raiz estimado para o dia é calculado. O comprimento total das raízes e sua distribuição são usados para determinar o consumo de nutrientes e água do dia seguinte. As perdas também são calculadas e a senescência de folhas, colmos e raízes para o dia são estimadas bem como qualquer dano por baixas temperaturas.

Finalmente, todos os ganhos em novo crescimento e as perdas devido à senescência, pragas e geada são adicionados à massa do tecido do dia anterior e um novo total é calculado, representando a massa da planta no fim do dia atual. Assim termina o “dia” e depois as saídas são impressas em seus respectivos arquivos, a etapa da integração termina e todas as etapas são repetidas no dia seguinte.

As etapas e a integração são repetidas diariamente até que a simulação esteja terminada na data de colheita especificada no Arquivo-X ou quando ocorrer morte por geada. Neste momento a etapa final é executada para finalmente imprimir as saídas dos arquivos. Estes são os mecanismos básicos e o fluxo de informação dentro do CROPGRO. A estrutura tem se mostrado boa para

trabalhar tanto com culturas anuais de grãos e legumes como com tomate. Para adaptar o modelo para simular o crescimento de gramíneas tropicais perenes, parâmetros exatos devem ser desenvolvidos para o arquivo de espécie. Qualquer processo de uma planta é importante, se esta planta ainda não está incluída no modelo, e isso pode requerer algumas definições nos parâmetros ou mesmo mudanças e adições ao código do modelo (RYMPH, 2004).

Na década 90, o modelo CROPGRO-FORRAGEM foi adaptado para simular de produção de amendoim na Florida (KELLY, 1995), e como capim Pensacola (*Paspalum notatum* Flugge) era usado na rotação de culturas, também passou a fazer parte do programa. Os resultados destas simulações foram inseridos num modelo econômico para prever a produção e a viabilidade da cultura do amendoim. Os arquivos de espécie, cultivar e ecótipos foram liberados mais tarde como um modelo de “pastagens” no DSSAT (Sistema de Suporte a Decisão na Transferência de Agrotecnologia), versão 3.5 (ICASA, 1998).

A partir de 2000, essa versão do modelo foi usada para simular experimentos de produção de feno de *P. notatum*, mas revelaram uma consistente superestimativa da produção de forragem, particularmente nos meses mais frios. Assim, a busca por aplicações mais rigorosas para o uso do modelo, e mais do que isso, capacidade de precisão mais acurada e representação mais realística dos padrões sazonais e dos padrões rápidos de rebrotação para *P. notatum* foram requeridos, incluindo um órgão de armazenamento de reservas (RYMPH et al., 2004). Por estas razões, a parametrização e testes mais rígidos foram feitos no modelo de simulação de crescimento CROPGRO versão 4.0, conferindo a ele a habilidade de estimar o crescimento e a composição nitrogenada nos tecidos de *P. notatum* em resposta às variações diárias no clima, adubação e manejo de colheita, embora estas melhorias ainda não tenham sido incorporadas ao DSSAT.

O DSSAT foi originalmente desenvolvido por uma rede internacional de cientistas, cooperando com o projeto “International Benchmark Sites Network for Agrotechnology Transfer” (BOUMA; JONES, 2001) para promover uma interface amigável, que permita ao usuário simular opções de manejo por vários anos entendendo os riscos associados em cada opção (JONES et al., 2003). Embora o DSSAT versão 4.5 tenha sido lançado com modelo CROPGRO-FORRAGEM adaptado para *Brachiaria decumbens* (GIRALDO et al., 2001), decidiu-se utilizar o modelo adaptado para *P. notatum* como o ponto de partida para este trabalho. Pois, apesar de *B. brizantha* não apresentar um órgão de reserva específico (rizoma ou estolão) como ocorre com *P. notatum*, este modelo possui um código mais elaborado que trata órgão de

reserva como um componente a parte, permitindo um melhor entendimento da partição de carbono (mudanças no código) e conseqüentemente dos padrões de rebrotação. Esta variável (peso de tecido de reserva) no modelo adaptado para *Brachiaria brizantha*, apesar de ser apresentado como um componente separado deve ser vista como uma massa que se encontra entre a base do colmo e a coroa (raízes). Mas que podem ser trabalhadas separadamente nos códigos do modelo.

Assim, utilizando o modelo CROPGRO-FORRAGEM ajustado para *P. notatum* (RYMPH, 2004), o objetivo principal deste estudo foi adaptá-lo para prever crescimento e composição de *Brachiaria brizantha*. O objetivo secundário foi descrever o processo de adaptação dos parâmetros do modelo para uma nova espécie de grande importância para a pecuária brasileira, a *Brachiaria brizantha*.

5.2 Material e Métodos

5.2.1 Adaptação do modelo

O modelo CROPGRO-FORRAGEM adaptado e calibrado para *P. notatum* (RYMPH, 2004), incluindo mudanças específicas para simular o crescimento de pastagens foi assumido como o ponto de partida. *Paspalum notatum* é uma gramínea C4 cultivada em regiões tropicais e sub-tropicais, e assim os parâmetros nos arquivos de espécie foram considerados como próximos o suficiente de *Brachiaria brizantha*. O modelo CROPGRO pode ser adaptado usando parâmetros localizados nos arquivos de espécie, cultivar e ecótipos (Tabela 1), que foram desenvolvidos usando valores e relações apresentadas na literatura e comparando com dados observados durante dois anos de experimento em Piracicaba, São Paulo, Brasil.

Os dados do experimento utilizados na simulação, incluindo localização, solo, clima, características de plantio e etc. foram descritos no Arquivo X do modelo. Idade e peso das plantas foram modificados para garantir uma melhor caracterização das condições iniciais das pastagens. Diferente das culturas anuais, o modelo CROPGRO-FORRAGEM pode ser rodado usando transplante ao invés de semeadura, o que permite iniciar a simulação com o estande de plantas já estabelecido, como normalmente ocorre com pastagens perenes.

Outra característica que é particular do modelo CROPGRO-FORRAGEM é o parâmetro MOW, usado para definir a data de colheita e a massa de forragem que permanece no campo

(resíduo) quando a colheita é simulada. Estes parâmetros são incluídos no Arquivo T, utilizado para inserir os dados experimentais coletados ao longo do tempo. Para *P. notatum* estes números foram fixados e usados durante toda a simulação, mas nesse estudo com *Brachiaria brizantha* decidiu-se utilizar diferentes valores de MOW para cada colheita com base nos dados observados, pois a massa de forragem no resíduo oscilou durante o período experimental. Além do parâmetro MOW, MVS (número de folhas após a colheita) foi ajustado para garantir número de folhas por colmo na colheita de acordo com a literatura (ALEXANDRINO et al., 2004; MARTUSCELLO et al., 2005). Dessa forma, a biomassa acumulada predita e o índice de área foliar (IAF) foram comparados com valores observados para ajustar os parâmetros de partição e crescimento de folhas com base nos dados de clima, solo e manejo.

Tabela 1 - Siglas e descrições dos parâmetros utilizados nos arquivos de espécie, cultivar e ecótipo do modelo CROPGRO-FORRAGEM

Sigla	Descrição
PAGE	Idade de transplântio
PLWT	Peso de matéria seca no plantio
MOW	Peso de parte aérea após a colheita
MVS	Número de folhas após a colheita
PLAI	Porcentagem diária de IAF destruído
TRIFL	Taxa de aparecimento de folhas
RDRMT	Sensibilidade relativa à dormência do cultivar ao comprimento do dia afetando partição
SLAVR	Área foliar específica do cultivar sob condições ideais de crescimento
FNPGL(4)	Efeito relativo da temperatura mínima noturna na taxa fotossintética do dia seguinte de folha simples saturada por luz
LFMAX	Taxa máxima de fotossíntese de folhas a 30 °C, 350 ppm CO ₂ , e alta luminosidade
SLWREF	Peso foliar específico no qual LFMAX é definido
CMOBMX	Máxima taxa de mobilização de carboidratos a partir de tecidos vegetativos
ALPHSR	Fração do novo tecido de reserva que possui carboidratos disponíveis
YLEAF VALUES	Descreve a partição de matéria seca somente entre tecidos vegetativos, em função do estágio vegetativo, para folha
YSTEM VALUES	Descreve a partição de matéria seca somente entre tecidos vegetativos, em função do estágio vegetativo, para colmo
YSTOR VALUES	Descreve a partição de matéria seca somente entre tecidos vegetativos, em função do estágio vegetativo, para tecidos de reserva
SLAREF	Área foliar específica do cultivar padrão no pico da fase vegetativa, sob condições ideais de temperatura, água e luz
SENDAY	Taxa máxima de abscisão foliar em resposta ao déficit hídrico
RTNO ₃ ,RTNH ₄	Consumo máximo de NO ₃ e NH ₄ por unidade de comprimento de raiz
TB, TO1, TO2, TM-1	Temp. base, primeira ótima, segunda ótima e máxima durante o desenvolvimento vegetativo
TB, TO1, TO2, TM-2	Temp. base, primeira ótima, segunda ótima e máxima durante a fase inicial do desenvolvimento reprodutivo
TB, TO1, TO2, TM-3	Temp. base, primeira ótima, segunda ótima e máxima durante a fase final do desenvolvimento reprodutivo
FNPTD(4)	Efeito do comprimento do dia na partição
FNPMD(4)	Efeito do comprimento do dia na mobilização

No Arquivo X, usuários do CROPGRO têm duas opções para simular a assimilação (produção) diária de carbono da cultura: uma opção ao nível de folhas com base horária ou uma opção diária ao nível de dossel. A opção de fotossíntese baseada em folhas prediz as taxas fotossintéticas para cada hora do dia em função da área foliar exposta à luz e à sombra através da

simulação da dinâmica da atividade da rubisco e do transporte de elétrons integrados numa abordagem de cultura plantada em linhas para o cálculo da taxa diária da assimilação. A opção diária, que se baseia na assimilação de dossel, tem uma abordagem mais simplista, predizendo a produção de fotoassimilados como numa curva assintótica de resposta à luz para a radiação solar diária. Ambas as opções incluem ajustes para temperatura, concentração de CO₂ e concentração de nitrogênio nas folhas. A opção de fotossíntese com base em folhas individuais foi utilizada pois incorpora vários processos para os quais os parâmetros podem ser diretamente mensurados como a taxa de saturação de luz por uma folha, embora isto seja mais complexo.

O programa DSSAT inclui um módulo em que se pode simular a matéria orgânica no solo (MOS) e a dinâmica de resíduos, usando dois modelos: o modelo PRAPAN (GODWIN; JONES, 1991; SELIGMAN; VAN KEULEN, 1988) e o modelo CENTURY (PARTON; STEWART; COLE, 1988). Este último foi usado durante a simulação, pois é mais flexível em diferentes sistemas de agrícolas e apresentou bons resultados quando o desenvolvimento da quantidade de MOS foi simulado em experimentos de longo prazo (GIJSMAN et al., 2002), como é o caso de experimentos com gramíneas forrageiras perenes, foco do estudo em questão.

5.2.2 Experimentos para produção e análise de crescimento de *Brachiaria brizantha*

a. Parametrização do modelo

O experimento utilizado na parametrização do modelo foi conduzido em área experimental do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba-SP (22°42’ S e 47°30’ W) com altitude 580m. O clima é classificado (Sistema Köppen) como Cwa (mesotérmico úmido subtropical de inverno seco). Os dados climáticos referentes ao período experimental foram obtidos no posto meteorológico do Departamento de Ciências Exatas da ESALQ.

Brachiaria brizantha foi estudada em delineamento experimental de blocos completos casualizados, com quatro repetições, cada uma medindo 36m² (4m x 9m), separadas por corredores de aproximadamente 0,8m de largura.

O período experimental teve duração de dois anos, sendo o primeiro anos correspondendo ao período de setembro/2005 a outubro/2006 e o segundo de setembro/2007 a outubro/2008. Dessa forma, a forragem das parcelas foi cortada periodicamente com o auxílio de uma moto-

segadeira a cada 28 dias no verão e 42 dias no inverno, totalizando 11 ciclos de rebrotação durante o ano. A altura residual pré-determinada foi de 15 cm para todos os cultivares. Entre novembro de 2006 e agosto de 2007, a área experimental foi mantida irrigada e colhida, sem que fosse mensurada.

O solo da área experimental é classificado como Nitossolo vermelho eutroférico com horizonte (A) moderado e de textura argilosa/muito argilosa, de alta fertilidade. Foram aplicados 220 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de nitrogênio (N) e potássio (K₂O). As adubações foram realizadas imediatamente após cada corte com 20 kg/ha de N e K₂O utilizando como adubo (NH₄)₂SO₄ (22% de N e 18% de S) e KCl (65% K₂O) durante todo o experimento, com o intuito de evitar que houvesse limitação ao crescimento das plantas devido à falta desses nutrientes. Para que a água não fosse fator limitante ao crescimento e dessa forma as plantas pudessem expressar seu potencial produtivo, a área dispunha de equipamento de irrigação. O manejo da irrigação foi baseado no monitoramento das condições hídricas do solo através de dois tensiômetros instalados em duas parcelas a 20 cm de profundidade. Sempre que os tensiômetros registravam valores de potencial hídrico no solo entre 0,30 e 0,40 kPa procedia-se a irrigação. A irrigação também era realizada após cada adubação (sempre após os cortes), com o intuito de maximizar a eficiência do adubo aplicado.

Em cada corte foi medido o acúmulo de forragem e, a partir daí, foram calculadas a produção anual de forragem, produção de verão e produção de inverno. Acompanharam-se semanalmente uma rebrotação de verão e a cada 10 dias uma rebrotação de inverno, quando foram avaliados massa do resíduo, acúmulo de forragem e índice de área foliar (IAF)(LARA, 2007).

b. Teste do modelo ajustado

Para testar o modelo foi utilizado o banco de dados coletado durante um experimento de pastejo conduzido em dois verões na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", campus da USP localizado em Piracicaba - SP, a 580 m de altitude, 22°42' S e 47 ° 30' W. O delineamento experimental foi completamente casualizado, com tratamentos correspondentes a estratégias de manejo, uma definida com base em calendário (piquetes pastejados a cada 28 dias, independente da condição da pastagem) e duas outras baseadas na condição da pastagem (intercepção de luz pelo dossel de 95 e 100% como indicador do momento para iniciar o

pastejo). Somente os pastejos a cada 28 dias foram utilizados na simulação. Resíduo pós-pastejo foi de 15 cm e cada tratamento possui três repetições. Na colheita da forragem, piquetes experimentais (14 x 8,5 m) foram pastejados utilizando a técnica de “mob-grazing”, usando grupos de animais para rápidos pastejos, assim, um dia de pastejo para 28 de descanso, simulando pastejo rotativo. O solo é classificado como Nitossolo Vermelho Eutroférico, com 40% de argila e 20% de silte, com alta fertilidade. As unidades experimentais foram adubadas no pós-pastejo de 22 e 24 de setembro, quando os períodos experimentais começaram, e em 15 e 20 de dezembro de 2005 e 2006, totalizando $120 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e $100 \text{ kg K ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ usando $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ e KCl, respectivamente.

O período experimental foi de 09/22/2005 a 22/02/2006 e de 23/09/2006 a 23/02/2007, correspondendo a 153 dias em cada ano. Para quantificar massa de forragem durante a rebrotação, massa de forragem foi amostrada em cada pré-pastejo, pelo corte da forragem contida em duas molduras retangulares (0,5 x 1,0 m) acima de 15 cm. No pós-pastejo, a massa de forragem foi cortada ao nível do solo, mas para preterir “buracos” na vegetação, isto foi feito duas vezes durante o período experimental, a fim de caracterizar o resíduo durante a primavera e o verão, valor utilizado no parâmetro MOW.

Medidas de interceptação de luz (IL) e índice de área foliar (IAF) foram feitas em todas as rebrotações, imediatamente antes e depois de cada pastejo, usando o analisador de dossel LAI 2000 (LI-COR, Lincoln Nebraska, EUA) (WELLES; NORMAN, 1991).

5.3 Resultados e Discussão

5.3.1 Parametrização do modelo CROPGRO

a. Efeito do fator água e nitrogênio

Idealmente, a parametrização do modelo deve ser feita utilizando dados que não apresentem restrições ao crescimento, para que se possa estudar os efeitos de ambiente que não são controláveis (temperatura, comprimento do dia, características físicas do solo, etc.) sobre o acúmulo de biomassa. Para tanto, pesquisadores que trabalham com modelagem do crescimento de plantas, desenvolvem uma série de experimentos para que seja possível isolar diferentes partes do sistema em cada experimento. Dessa forma, aumenta-se a habilidade dos modelos.

O presente estudo é o primeiro passo em direção à modelagem ecofisiológica de *Brachiaria brizantha*, de forma que nem todos os fatores puderam ser isolados, mas o mais

importante deles, o déficit hídrico, foi controlado com sucesso. A simulação da condição hídrica no solo pelo modelo CROPGRO-FORRAGEM não apresentou restrição hídrica à fotossíntese, quando alimentado com os dados de irrigação e chuva referentes ao período experimental. Porém, seria interessante que não houvesse estresse causado por falta de nitrogênio, mas mesmo em se tratando de um solo com altos teores de matéria orgânica (30 g dm^{-3}) e com adubações nitrogenadas em todos os ciclos de pastejo (20 kg ha^{-1}) o modelo revelou que houve estresse por falta de nitrogênio (Figura 1) nas pastagens durante o período experimental. Quanto mais próximo de zero é o valor simulado, menor é o estresse causado por falta de nitrogênio.

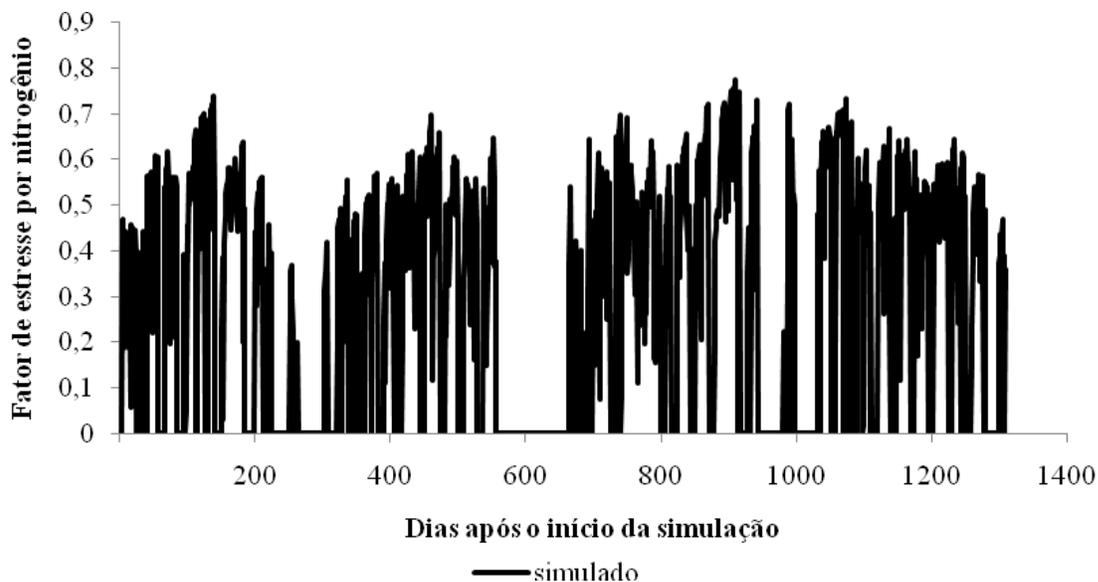


Figura 1 - Fator de efeito do estresse de nitrogênio simulado afetando o crescimento em função do tempo em pastos de capim Xaraés

b. Partição de matéria seca para folhas, colmos e raízes

Após as mudanças apresentadas acima nos Arquivos X e T, valores que caracterizavam o efeito de dormência precisaram ser modificados e sua partição mudada para garantir maior acúmulo de folhas e colmos, em detrimento a órgãos de reservas (Tabela 2 e Figura 2). De acordo com a literatura, *Brachiaria brizantha* não apresenta rizomas nem estolões, e suas reservas orgânicas como carboidratos totais não-estruturais e nitrogênio são armazenados na base dos colmos e raízes (ADJEI; MISLEVY; WEST, 1988; LUPINACCI, 2002; REIS et al., 1985), os quais são utilizados durante a rebrotação.

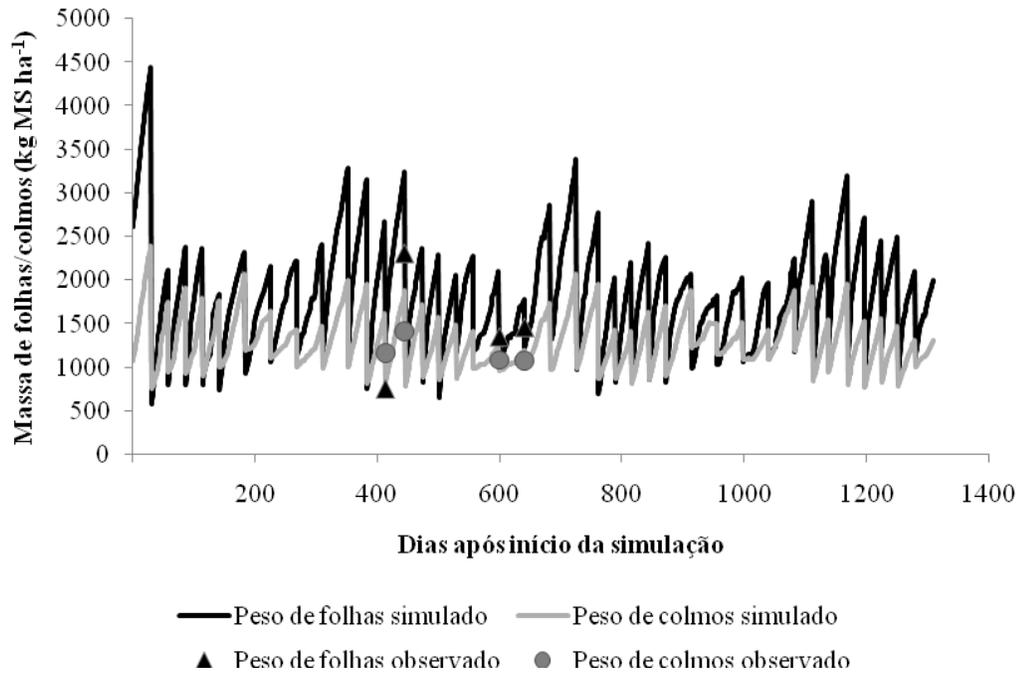


Figura 2 - Massa de folha e colmo simulado e observado em função do tempo em pastos de capim Xaraés

Se a desfolhação resulta em maior área foliar residual, a rebrotação é menos dependente de reservas, pois a área foliar remanescente fornece os fotoassimilados para a síntese de novos tecidos a partir da fotossíntese existente. Por outro lado, quando a colheita é severa e pouca ou nenhuma área foliar é deixada, o novo crescimento provavelmente se origina de reservas previamente armazenadas, com taxas iniciais de rebrotação mais lentas. Então, mudanças nos parâmetros de partição (Yvalues), efeito do comprimento do dia na mobilização e partição (FNPMD, FNPTD), e na sensibilidade da dormência relativa ao crescimento do dia para esta espécie afetando partição (RDMRT) (Tabela 3) foram feitas para a partição para tecidos de reservas. Assim, tecidos de rizomas/estolões (Figura 3) e raízes (Figura 4) simulados foram diminuídos, reduzindo a sensibilidade do modelo ao comprimento do dia.

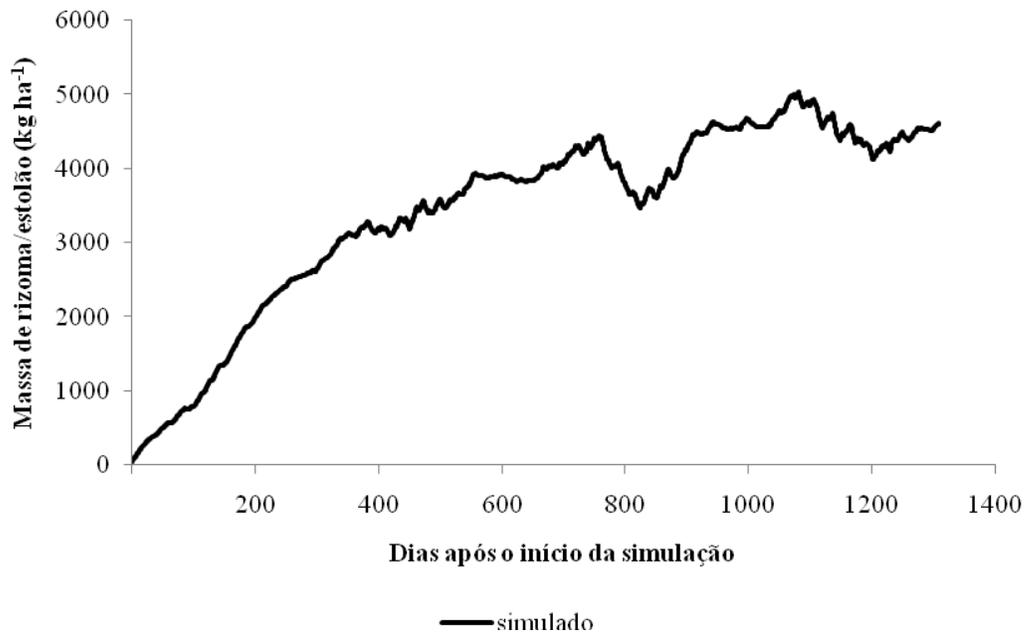


Figura 3 – Massa de estolões/rizomas simulado em função do tempo em pastos de capim Xaraés

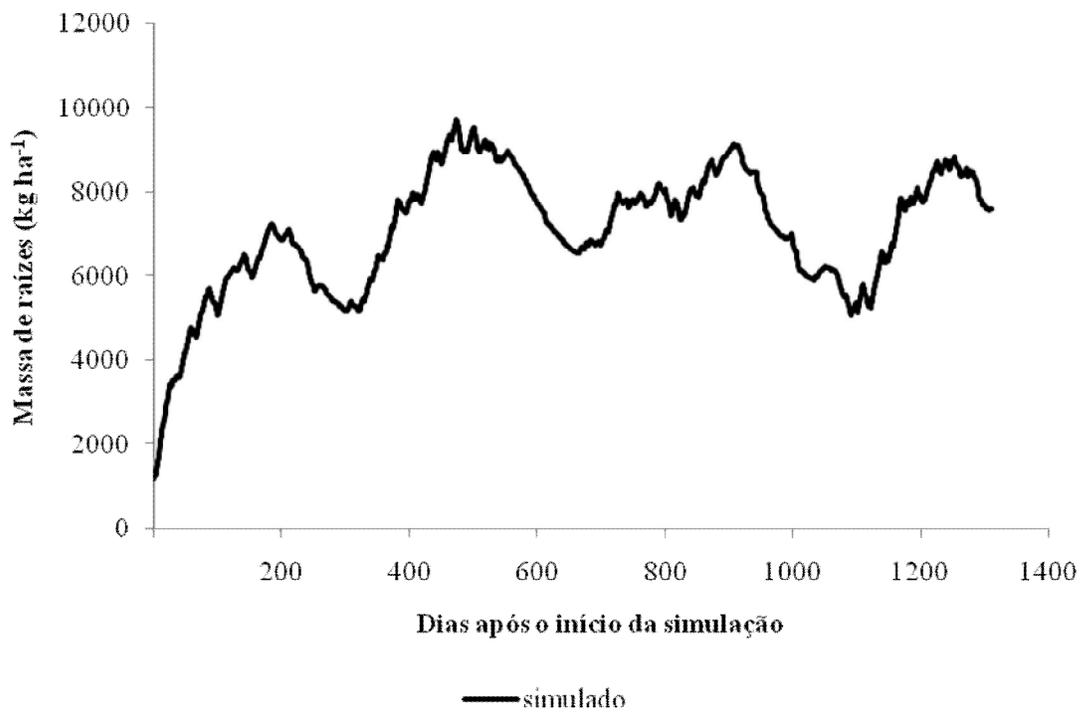


Figura 4 - Massa de raízes simulado em função do tempo em pastos de capim Xaraés

Tanto tecidos de raízes quanto rizomas/estolões simulados foram reduzidos para permitir melhor crescimento de folhas e colmos. O consumo de nitrogênio precisou ser aumentado para manter a taxa de crescimento e atenuar o estresse causado pela falta de nitrogênio. Mais do que isso, DSSAT tem outras espécies adaptadas e melhor calibradas que mostram maior capacidade de absorção por unidade de comprimento de raiz. Assim, os parâmetros relativos ao consumo máximos de NO_3 ou NH_4 por unidade de crescimento de raiz (RTNO3 e RTNO4) tiveram os valores aumentados (Tabela 3), baseados em valores existentes na literatura para outras culturas.

c. Predição de índice de área foliar e área foliar específica

O parâmetro relativo a área foliar específica (AFE) foi aumentado (Figura 5), o que é consistente com altos IAF, principalmente em condições pré-pastejo. *P. notatum* foi ajustado para $100 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$, enquanto os dados experimentais com *B. brizantha* apresentaram maiores AFEs. Tanto o valor relativo às condições normais de crescimento (SLAVR) quanto o valor padrão de referência do cultivar no pico da fase vegetativa, sob condições ótimas de temperatura, água e luz (SLAREF) foram aumentadas. A taxa de aparecimento de folhas (por tempo térmico, TRIFL) foi mantida, pois os valores correspondiam aos reportados na literatura (ALEXANDRINO et al., 2004; MARCELINO et al., 2006; RODRIGUES et al., 2008; SBRISSIA; DA SILVA, 2008).

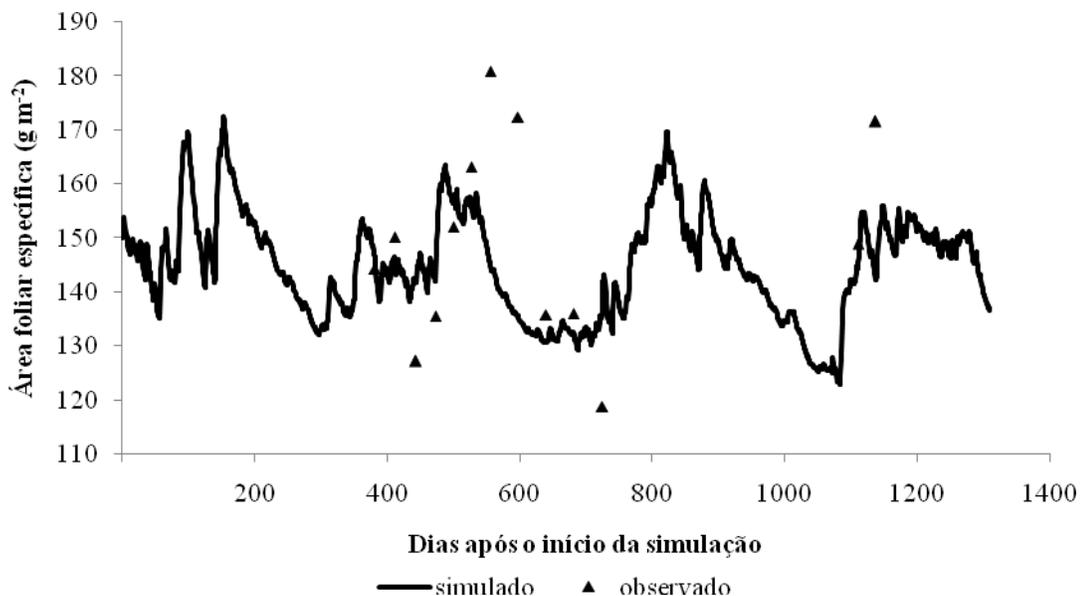


Figura 5 - Área foliar específica simulada e observada em função do tempo em pastos de capim Xaraés

Além disso, com o objetivo de reduzir a mortalidade de tecidos simulada que apresentavam elevada senescência e máxima taxa de abscisão foliar, fração de senescência por dia (SENDAY) foi reduzida. Assim, os valores simulados de taxa de crescimento foram aumentados e os valores de senescência diminuídos, melhorando os índices estatísticos, razão entre o simulado e o observado, e D-STAT (WILLMOTT, 1981). Após estas mudanças, o modelo simulou IAFs maiores que o observado e função MOW não colhia o necessário para ajustar a massa de folhas. Consequentemente, IAF residual foi superestimado. Isso foi resolvido, utilizando uma função adicional à colheita, na qual pode-se inferir sob a proporção de área foliar a serem colhidas (PLAI), quando a função MOW, não atinge a meta esperada. Mudanças nos códigos podem ajudar a definir melhor a quantidade e proporção de material a ser colhida pela função MOW, e melhorar o ajuste. Algumas tentativas foram feitas nesse sentido, mas os resultados não foram satisfatórios, os índices estatísticos ficaram piores. Assim, a função PLAI foi mantida, garantindo o ajuste do IAF (Figura 6). Os códigos da rotina de colheita devem ser melhorados para permitir uma parametrização mais fácil, com maior controle sob a composição morfológica do pós-pastejo simulado, permitindo mudanças nas proporções de tecidos colhidos.

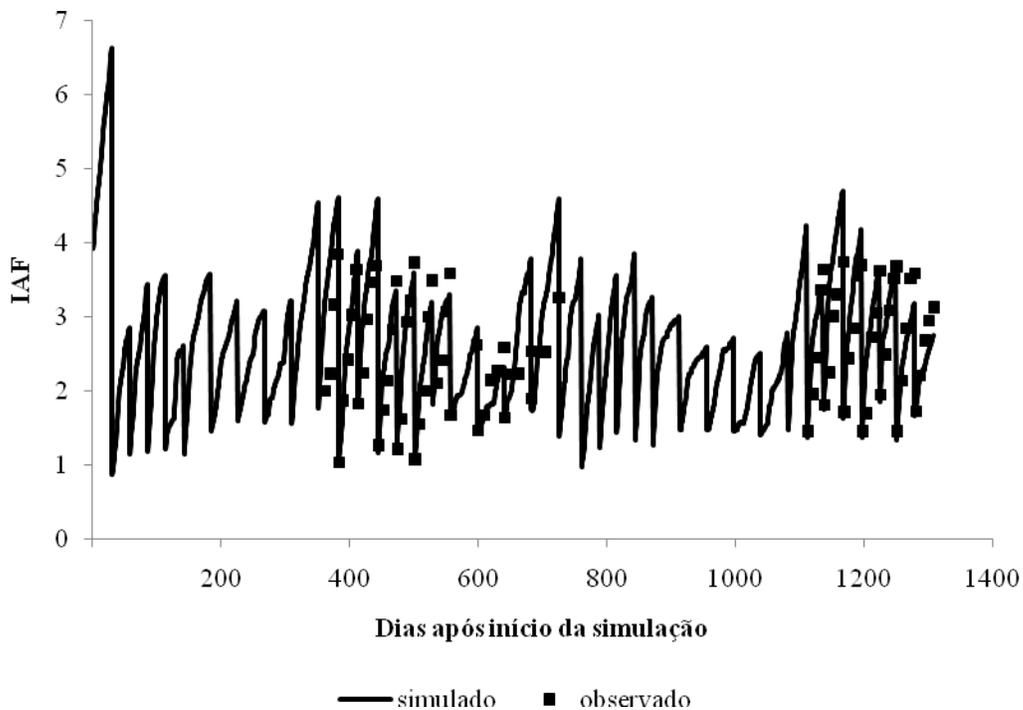


Figura 6 - Índice de área foliar simulado e observado em função do tempo em pastos de capim Xaraés

d. Acúmulo de biomassa

O modelo CROPGRO-FORRAGEM adaptado para *P. notatum* foi modificado para resultar em mais folhas e colmos, e menos raízes ao mesmo tempo em que AFE foi melhor ajustada, assim como a taxa de aparecimento, consumo de nitrogênio e senescência. Depois dessas alterações o acúmulo de biomassa foi simulado com mais exatidão (Figura 7) e com melhores índices estatísticos (Tabela 2).

É importante ressaltar que para garantir que a estacionalidade de produção fosse corretamente representada na simulação reconhecida em *Brachiaria brizantha* nessa latitude, devido à redução da temperatura e comprimento do dia durante o inverno, ajustes no efeito da temperatura mínima afetando fotossíntese foliar (FNPGL) se fizeram necessários, assim como ajustes em outros dois parâmetros: o efeito do comprimento do dia sob a taxa mínima de partição (FNPTD) e sob as taxas mínimas e máximas de mobilização (FNPMD) (Tabela 3).

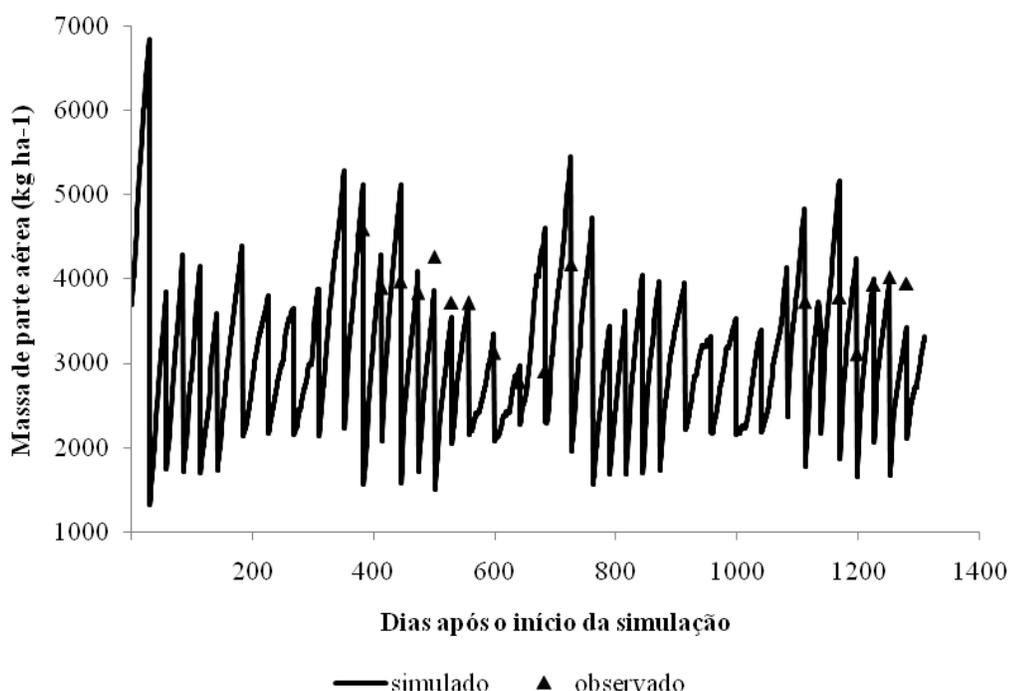


Figura 6 - Massa de parte aérea simulada e observada em função do tempo em pastos de capim Xaraés

Tabela 2 - Comparação dos parâmetros observados e simulados seguidos dos valores estatísticos, respectivamente

Parâmetro	Observado	Simulado	Razão	D-Stat
Peso de folhas (kg)	1472	1850	1,279	0,84
Peso de colmo (kg)	1186	1208	1,001	0,67
SLA (cm ² g ⁻¹)	149,1	142,7	0,969	0,541
IAF	2,55	2,75	1,082	0,906
Peso de parte aérea (kg)	3715	4173	1,131	0,579

Tabela 3 - Valores dos parâmetros para *Brachiaria brizantha* utilizados nos arquivos de espécie, cultivar e ecótipo do modelo CROPGRO-FORRAGEM

Sigla	Valores preliminares*	Valores otimizados#
PAGE	600	150
PLWT	2500	5000
MOW	2500	2178, 2208, 1789, 1901
MVS	2	3
TRIFL	0.15	0.15
RDRMT	1.000	0.180
SLAVR	100	170
FNPG(4)	7.0, 22.0, 45.0, 57.0	8.0, 22.0, 45.0, 57.0
SLWREF	0.010	0.007
CMOBMX	0.025	0.050
ALPHSR	0.30	0.15
YLEAF VALUES	0.6, 0.4, 0.3, 0.25, 0.2, 0.2, 0.2, 0.2	0.6, 0.58, 0.58, 0.58, 0.58, 0.58, 0.58, 0.58
YSTEM VALUES	0.1, 0.1, 0.1, 0.1, 0.05, 0.05, 0.05, 0.05	0.15, 0.25, 0.3, 0.3, 0.3, 0.3, 0.3, 0.3
YSTOR VALUES	0.15, 0.2, 0.3, 0.4, 0.45, 0.5, 0.5, 0.5	0.01, 0.01, 0.01, 0.01, 0.01, 0.01, 0.01, 0.01
SLAREF	100.0	170.0
SENDAY	0.06	0.02
RTNO3,RTNH4	0.005, 0.005	0.008, 0.008
TB, TO1, TO2, TM-1	9.0, 32.0, 40.0, 45.0	10.0, 32.0, 40.0, 45.0
TB, TO1, TO2, TM-2	10.0, 28.0, 33.0, 45.0	12.0, 28.0, 33.0, 45.0
TB, TO1, TO2, TM-3	10.0, 28.0, 32.0, 45.0	12.0, 28.0, 32.0, 45.0
FNPTD(4)	10.5, 12.5	11.0, 14.0
FNPM(4)	10.5, 12.5	11.0, 14.0

* Valores preliminares foram derivados do modelo adaptado para *P. notatum*.

Valores otimizados foram derivados das rodadas de otimização baseadas nos valores preliminares.

5.3.2 Teste do Modelo

Para testar o ajuste feito no modelo, foi utilizado o tratamento baseado em calendário, com período de descanso de 28 dias, pois este foi o único em que as medições foram feitas a intervalos de tempo uniformes. Dessa forma, foi possível agrupar os dados de cada repetição, calculando a média de cada evento, reduzindo a variabilidade amostral, e assim, melhorando o

poder do teste. Nas estratégias baseadas em interceptação de luz, cada repetição teria que ser inserida separadamente como uma série de dados, sem que pudesse considerar a média.

Como resultado do teste, o IAF simulado não atingiu os valores observados no campo (Figura 7). Essa menor magnitude é resultado da restrição hídrica (Figura 8), que reduz o turgor e consequentemente, a expansão da área foliar, embora continue havendo divisão celular. Isto fica mais evidente no primeiro ciclo de crescimento de ambos os anos, quando as plantas retomaram o crescimento logo após as primeiras chuvas em setembro/outubro, aliadas à adubação realizada no início de estação chuvosa.

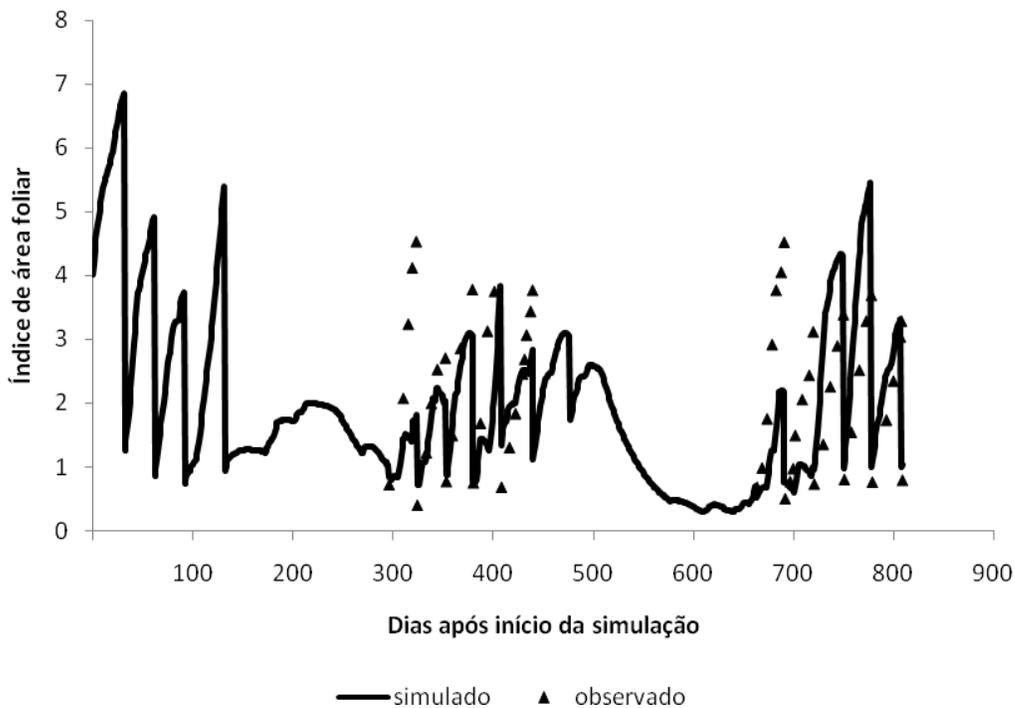


Figura 7 - Índice de área foliar simulado e observado em função do tempo em pastos de capim Xaraés

Provavelmente, o déficit hídrico calculado pelo modelo (Figura 8) esteja superestimando o efeito da falta de água, o que provoca pouco crescimento do IAF simulado. No segundo ciclo do segundo ano, quando houve restrição hídrica logo após as primeiras chuvas, o IAF simulado foi pouco maior do que o encontrado no pós-pastejo. Isso demonstra a intensidade com que o modelo usa o fator água para modular fotossíntese e crescimento. Seguindo o mesmo padrão de resposta encontrado para o IAF, a interceptação de luz pelo dossel (Figura 9) foi subestimada no

pré-pastejo e superestimada no pós-pastejo, flutuando entre os níveis mensurados no experimento.

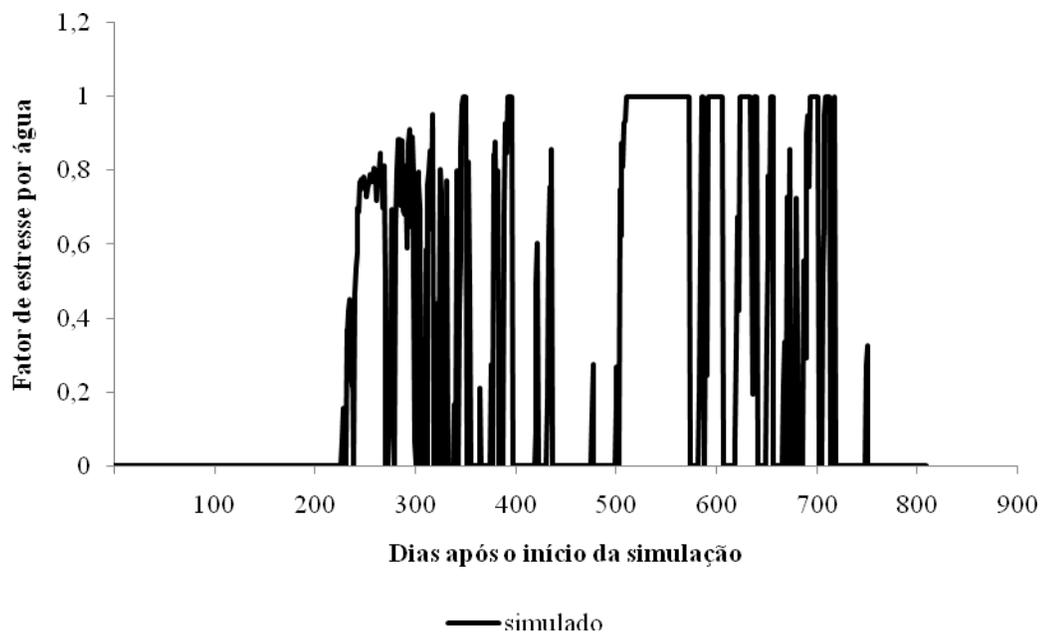


Figura 8 - Fator de estresse por água simulado afetando o crescimento em função do tempo em pastos de capim Xaraés

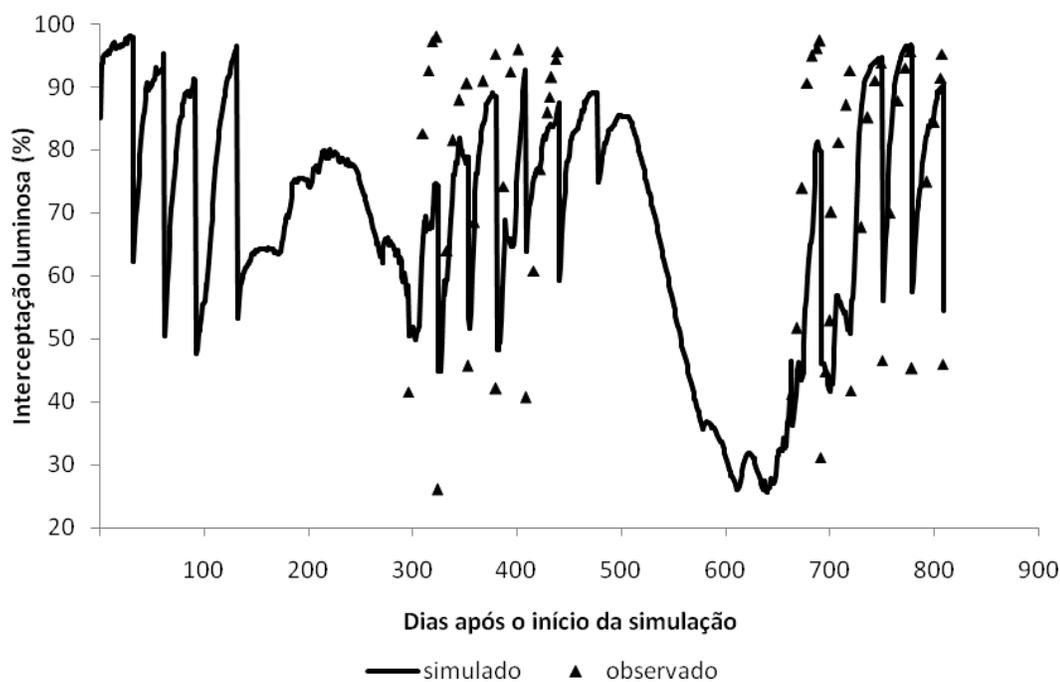


Figura 9 - Interceptação luminosa simulada e observada em função do tempo em pastos de capim Xaraés

Outro fator importante que orienta o crescimento da planta no modelo é o fator de estresse causado por falta de nitrogênio (Figura 10). Neste estudo, a adubação nitrogenada foi feita no início (22/Set) e no meio (15 a 20/Dez) de cada estação de crescimento com 60 kg N ha^{-1} . De acordo com a simulação do modelo essa dose foi limitante para a produção de capim Xaraés nas condições descritas. No experimento utilizado na parametrização do modelo, o qual foi irrigado e adubado ($20 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ corte}^{-1}$) na tentativa de buscar respostas próximas do potencial de crescimento do capim Xaraés, o fator de estresse causado por água foi controlado, mas o fator ligado ao nitrogênio também foi restritivo (Figura 1) ao desenvolvimento da cultura.

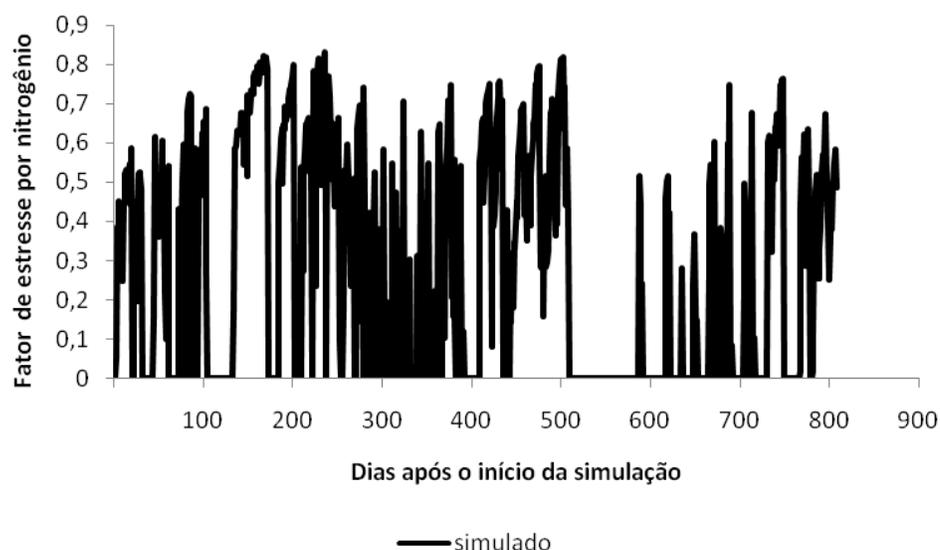


Figura 10 - Fator de estresse por falta de nitrogênio simulado afetando o crescimento em função do tempo em pastos de capim Xaraés

Essas, provavelmente, são algumas das razões pela qual a massa de parte aérea simulada (Figura 11) pelo modelo foi sub-estimada. Além disso, é preciso considerar aspectos intrínsecos de cada experimento e que podem influenciar os valores observados, como a maneira em que as amostras foram coletadas. No experimento de corte utilizado na parametrização as amostras de 1 m^2 , com auxílio de máquina moto-segadora, enquanto que no experimento de pastejo utilizado no teste do modelo as amostras provinham de $0,5 \text{ m}^2$, cortadas com tesouras.

Levando-se em consideração o hábito de crescimento cespitoso, com formação de touceiras, provavelmente, a coleta de dados provenientes do experimento com pastejo pode ter sido super-estimada. Em contrapartida, o experimento de corte, que consegue integrar melhor a

heterogeneidade espacial, cortada com máquina, pode ter maiores de perdas de material vegetal durante a coleta, o que poderia sub-estimar a massa de parte aérea coletada. Além disso, o experimento de corte (utilizado na parametrização do modelo) foi colhido por máquina, o que garante maior homogeneidade no corte e massa no resíduo, enquanto o de pastejo foi colhido por animais (pastejo), o que muda a dinâmica da rebrotação, pois mais folhas são colhidas em detrimento aos colmos devido à ação de preferência exercida pelos animais.

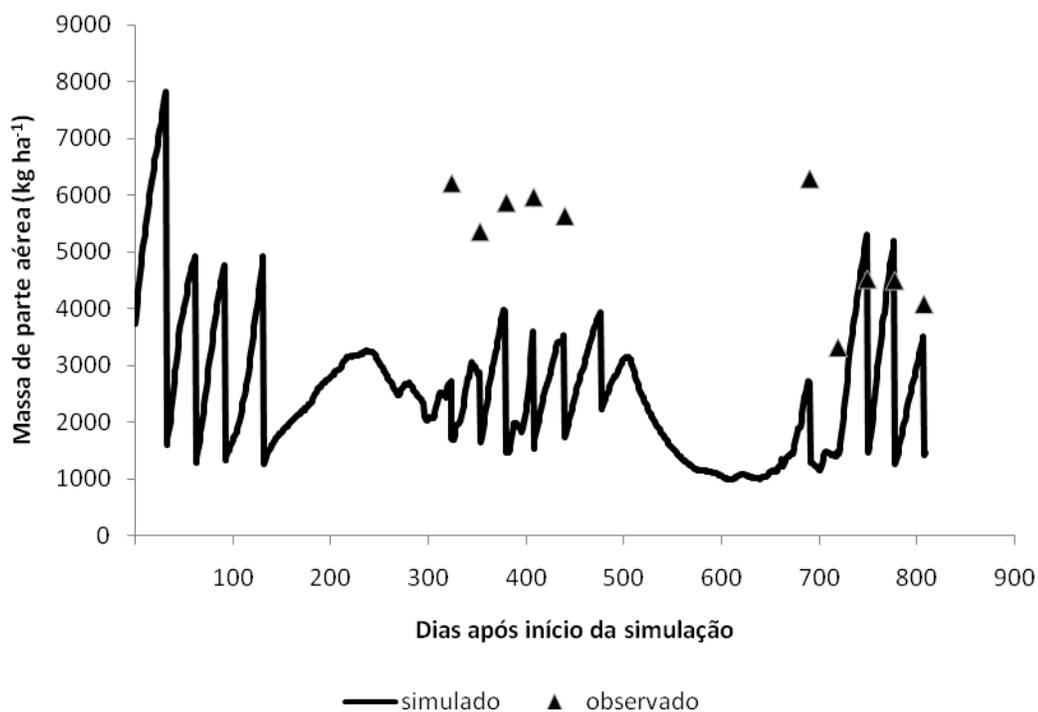


Figura 11 - Massa de parte aérea simulada e observada em função do tempo em pastos de capim Xaraés

5.3.3 Adaptação e teste: facilidades e dificuldades

Para melhor mimetizar as respostas agrônômicas de gramíneas forrageiras perenes, modificações devem ser feitas nos códigos do modelo. Situações como pequena quantidade de folhas após a colheita em conjunto com grandes quantidades de nitrogênio disponível nas raízes e base dos colmos não são geralmente encontradas nos ciclos de culturas graníferas anuais, mas são características comuns nos ciclos de crescimento/rebrotação de gramíneas perenes (RYMPH et al., 2004). Condições iniciais deviam ser mais fáceis de serem inseridas e ajustadas no modelo, pois produtores que trabalham com pastagens, geralmente iniciarão uma simulação

utilizando um estande de plantas já estabelecido e simularão o crescimento no DSSAT a partir desse ponto.

O banco de dados para modelagem deve se possível, excluir estresse por água e nitrogênio, permitindo maior confiabilidade nos dados, melhorando a acurácia e precisão permitindo adaptação mais rigorosa do modelo. Esta é uma questão que envolve cientistas que trabalham com pastagens e com modelagem, que precisam trabalhar em conjunto para garantir melhores resultados, iniciando por protocolos experimentais que sejam capazes de responder perguntas de ambas as áreas de conhecimento.

Uma das maiores dificuldades é conseguir transformar dados da literatura em dados aproveitáveis para as comparações com simulações dos modelos, pois a maneira com que os dados são gerados nem sempre é adequada ao processo com que o modelo simula. Além desta dificuldade, existem divergências conceituais, tais como, biomassa colhida que pode ou não incluir material senescido. O entendimento do funcionamento do modelo é de fundamental importância para a montagem de protocolos experimentais adequados.

5.4 Conclusões

Os resultados da adaptação sugerem que o modelo CROPGRO-FORRAGEM integra processos fisiológicos de maneira que pode ser usado para simular crescimento com exatidão aceitável com *B. brizantha*. A validação com mais experimentos deve ser feita para testar esses resultados, e assim permitir a incorporação de modificações ao DSSAT, tornando-o uma ferramenta útil para produtores, os quais poderiam usá-lo no suporte a decisões, simulando produção estacional de forragem, assim como os padrões de resposta a água e adubação, além disso, decidir se essa espécie deveria ser plantada na propriedade. Pesquisadores podem usar o modelo para simular experimentos antes de conduzi-los no campo, reduzindo custos e auxiliando na escolha de níveis e fatores a serem estudados.

Referências

ADJEI, M.B.; MISLEVY, P.; WEST, R.L. Effect of stocking rate on the location of storage carbohydrates in the stubble of tropical grasses. **Tropical Grasslands**, St. Lucia, v. 22, n. 2, p. 50-56, 1988.

ALEXANDRINO, E.; JUNIOR, D.D.; MOSQUIM, P.R.; REGAZZI, A.J.; ROCHA, F.C. Morphogenesis and structural characteristics of regrowth of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu assigned to three nitrogen levels. **Brazilian Journal of Animal Science**, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 1372-1379, 2004.

BOOTE, K.J.; JONES, J.W.; PICKERING, N.B. Potential uses and limitations of crop models. **Agronomy Journal**, Madison, v. 88, n. 5, p. 704-716, 1996.

BOOTE, K.J.; JONES, J.W.; HOOGENBOOM, G. Simulation of crop growth: CROPGRO model. In: PEART, R.M.; CURRY, R.B. (Ed.). **Agricultural systems modeling and simulation**. New York: Marcel Dekker, 1998. p.651-692.

BOOTE, K. J.; JONES, J. W.; HOOGENBOOM, G.; INGRAM, K. T. Modeling N-Fixation and Its Relationship to N Uptake in the CROPGRO Model. In: ASA-CSSA-SSSA Annual Meeting, Indianapolis, 2006. **Anais...** Indianapolis: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America and Soil Science Society of America, 2006. p. 352.

BOOTE, K. J.; MINGUEZ, M. I.; SAU, F. Adapting the CROPGRO legume model to simulate growth of faba bean. **Agronomy Journal**, Madison, v. 94, n. 4, p. 743-756. 2002.

BOOTE, K.J.; JONES, J.W.; HOOGENBOOM, G.; PICKERING, N.B. The CROPGRO model for grain legumes. In: TSUJI, G.Y.(Ed.). **Understanding options for agricultural production**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1998. p.99-128.

BOOTE, K. J.; PICKERING, N. B. Modeling photosynthesis of row crop canopies. **Hortscience**, St. Joseph, v. 29, n. 12, p. 1423-1434. 1994.

BOUMA, J.; JONES, J.W. An international collaborative network for agricultural systems applications (ICASA). **Agricultural Systems**, Barking Essex, v. 70, n. 2/3, p. 355-368, 2001.

GIJSMAN, A.J.; HOOGENBOOM, G.; PARTON, W.J.; KERRIDGE, P.C. Modifying DSSAT crop models for low-input agricultural systems using a soil organic matter-residue module from CENTURY. **Agronomy Journal**, Madison, v. 94, n. 3, p. 462-474, 2002.

GIRALDO, L.M.; LIZCANO, L.J.; GIJSMAN, A.J.; RIVERA, B.; FRANCO, L.H. Adapting the CROPGRO Model of DSSAT to Simulate the Growth of *Brachiaria decumbens*. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SYSTEMS APPROACHES FOR AGRICULTURAL DEVELOPMENT, 3, 2001. Lima, Peru, 2001. **Anais...** Lima, Peru: International Potato Center (CIP), 2001. p. 14-18.

GODWIN, D.C.; JONES, C.A. Nitrogen dynamics in the soil-plant systems. In: HANKS, J.; RITCHIE, J.T. (Ed.). **Modeling soil and plant systems**. Madison, WI: American Society of Agronomy, 1991. p. 289-321.

ICASA. Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT). Honolulu: ICASA: DSSAT, 1998.

JONES, J.W.; HOOGENBOOM, G.; PORTER, C.H.; BOOTE, K.J.; BATCHELOR, W.D.; HUNT, L.A.; WILKENS, P.W.; SINGH, U.; GIJSMAN, A.J.; RITCHIE, J.T. The DSSAT cropping system model. **European Journal of Agronomy**, Oxford, v. 18, n. 3/4, p. 235-265, 2003.

KELLY, T.C. **A bioeconomic system approach to sustainability analysis at the farm level**. 1995. 114 p. Thesis (Ph.D. in Agronomy) - University of Florida, Gainesville, 1995.

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

LUPINACCI, A.V. **Reservas orgânicas, índice de área foliar e produção de forragem em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a intensidades de pastejo por bovinos de corte**. 2002. 160 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

MARCELINO, K.R.A.; NASCIMENTO JR., D.; DA SILVA, S.C.; EUCLIDES, V.P.B.; FONSECA, D.M. Morphogenetic and structural traits and herbage production of marandugrass under intensities and frequencies of defoliation. **Brazilian Journal of Animal Science**, Viçosa, v. 35, n. 6, p. 2243-2252, 2006.

MARTUSCELLO, J.A.; FONSECA, D.M.; NASCIMENTO JR., D.; SANTOS, P.M.; RIBEIRO, J.I.; CUNHA, D.D.F.V.; MOREIRA, L.D. Morphogenetic and structural characteristics of Xaraesgrass submitted to nitrogen fertilization and defoliation. **Brazilian Journal of Animal Science**, Viçosa, v. 34, n. 5, p. 1475-1482, 2005.

PARTON, W.J.; STEWART, J.W.B.; COLE, C.V. Dynamics of C, N, P and S in grassland soils: a model. **Biogeochemistry**, San Diego, v. 5, n. 1, p. 109-131, 1988.

REIS, R.A.; GARCIA, R.; GOMIDE, J.A.; OBEID, J.A. Efeitos dos regimes de cortes nos níveis de carboidratos não-estruturais do capim-brachiária. **Brazilian Journal of Animal Science**, Viçosa, v. 14, n. 5, p. 522-528, 1985.

RODRIGUES, R.C.; MOURAO, G.B.; BRENNECKE, K.; LUZ, P.H.D.; HERLING, V.R. Dry matter production, leaf/stem ratio and growth indexes of palisade grass (*Brachiaria brizantha* cv. Xaraes), cultivated with different rate combinations of nitrogen and potassium. **Brazilian Journal of Animal Science**, Viçosa, v. 37, n. 3, p. 394-400, 2008.

RYMPH, S.J. **Modeling growth and composition of perennial tropical forage grass**. 2004. 316 p. Thesis (Ph.D. in Agronomy) - University of Florida, Gainesville, 2004.

RYMPH, S.J.; BOOTE, K.J.; IRMAK, A.; MISLEVY, P.; EVERS, G.W. Adapting the CROPGRO model to predict growth and composition of tropical grasses: Developing physiological parameters. **Soil and Crop Science Society of Florida Proceedings**, Gainesville, v. 63, p. 37-51, 2004.

SBRISSIA, A.F.; DA SILVA, S.C. Tiller size/density compensation in Marandu palisadegrass swards. **Brazilian Journal of Animal Science**, Viçosa, v. 37, n. 1, p. 35-47, 2008.

SCHOLBERG, J. M.S., K.J. BOOTE, J.W. JONES, AND B.L. MCNEAL. Adaptation of the CROPGRO model to simulate the growth of field-grown tomato. In: KROPFF, M. J. E. A. (Ed.). **Application of system approaches to the field level**. London: Kluwer Academic Publishers, v.2, 1997. p.131-151.

SELIGMAN, N.G.; VAN KEULEN, H. PAPRAN: a simulation model of annual pasture production limited by rainfall and nitrogen. In: FRISSEL, M. J.; VAN VEEN, J.A. (Ed.). **Simulation of nitrogen behaviour of soil plant systems**. Wageningen: Pudoc 1988. p.192-220.

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

WILLMOTT, C. J. On the validation of models. **Physical Geography**, Kelowna, v. 2, p. 184-194, 1981.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)