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

**Demografia do perfilhamento e produção de forragem em pastos de
capim-marandu submetidos a regimes de lotação intermitente por
bovinos de corte**

Alessandra Aparecida Giacomini

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

Piracicaba
2007

Alessandra Aparecida Giacomini

Zootecnista

Demografia do perfilhamento e produção de forragem em pastos de capim-marandu submetidos a regimes de lotação intermitente por bovinos de corte

Orientador:

Prof. Dr. SILA CARNEIRO DA SILVA

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

**Piracicaba
2007**

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

Giacomini, Alessandra Aparecida

Demografia do perfilhamento e produção de forragem em pastos de capim-marandu submetidos a regimes de lotação intermitente por bovinos de corte / Alessandra Aparecida Giacomini. - - Piracicaba, 2007.

175 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2008.
Bibliografia.

1. Capim marandu 2. Luz 3. Pastagens 4. Pastejo – Manejo 5. Perfilhamento
I. Título

CDD633.2

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

A **Deus**, pela vida, e a **Nossa Senhora**, por iluminar meu caminho.

AGRADEÇO

Aos meus pais, **José e Valéria**, como reconhecimento ao amor incondicional, aos alicerces de minha formação, e ao incentivo constante, que tornaram possível a realização dessa importante etapa de minha vida.

Ao meu irmão **Guilherme** pelo amor, união, amizade e apoio.

Ao meu esposo **Leonardo**, razão de minha vida, pelo amor, companheirismo, compreensão, cumplicidade, otimismo e apoio constante e imprescindível, em todos os momentos.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” e à coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens pela oportunidade de desenvolvimento do curso de Doutorado.

Ao Prof. Dr. Sila Carneiro da Silva meu reconhecimento pela oportunidade, excelente e primorosa orientação, valiosos ensinamentos que suscitaram minha curiosidade e interesse pela ecofisiologia de plantas forrageiras, e pelo grande exemplo de dedicação, profissionalismo e respeito à pesquisa.

Ao Prof. John Hodgson, pelas importantes sugestões e comentários no início do período experimental, que tanto contribuíram com o enriquecimento desse trabalho.

Aos membros do comitê Prof. Dr. André Fischer Sbrissia, Prof. Dr. Domício do Nascimento Júnior e Dra. Dora Duarte de Carvalho, pela atenção, dedicação, e imprescindíveis sugestões e comentários durante a elaboração da tese.

A todos os professores do Departamento de Zootecnia, especialmente ao Prof. Dr. Carlos Guilherme Silveira Pedreira, pelos valiosos conhecimentos transmitidos, que foram essenciais para minha formação.

Agradeço especialmente a Daniel Oliveira de Lucena Sarmiento e Cauê Varesqui Zeferino, pela amizade, dedicação, força e persistência, principalmente nos momentos mais difíceis durante a condução do experimento. Aos companheiros de trabalho do Grupo de Estudos de Plantas Forrageiras Júlio Kuhn da Trindade, Salim Jacaúna de Souza Júnior e Vítor Del’Álamo Guarda, pela amizade, dedicação, persistência e discussão constante, o que me permitiu grande aprendizado e proporcionou superação nos momentos mais difíceis. Sem essa grande equipe, de divergentes idéias e opiniões mas com muita determinação e força de vontade, seria impossível a realização desse trabalho.

Aos colegas do Laboratório de Plantas Forrageiras Bruno Carneiro e Pedreira, Felipe Tonato, Márcio André Stefanelli Lara, Marília Gabriela Faustino, Priscila de Mesquita e Renata La Guardia Nave, pela amizade, troca de idéias e experiências, e pelos momentos de descontração.

Aos estagiários do GEPEF Henrique, Igor e Lílian, pela valiosa ajuda durante o período pré-experimental.

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia Augusto, Benedito, Creide, Danilo, Elis, Émerson, Giovana, Juscelino e Tânia, e em especial ao “Seu” Laureano e família, pois sem seu apoio e presteza nosso trabalho se tornaria muito mais difícil.

À Eliana Maria Garcia, da biblioteca da ESALQ/USP, pela essencial ajuda na revisão bibliográfica e formatação da tese.

Ao Leonardo Kehdi Molan e ao Prof. Flavio Augusto Portela Santos pela concessão dos animais utilizados nas avaliações.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos, e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo financiamento do projeto.

À Elisabeth Santa Rosa, Mauro Humberto Pierre, Fabiana S. R. Pierre e Mônica S. R. Pierre, por terem me acolhido com amizade, amor e incentivo, proporcionando muita alegria e satisfação.

Às amigas Débora Ramos, Dora Duarte de Carvalho, Edna Maria Bonfim-da-Silva, Iolanda Bettencourt Fabre, Luciana Gerdes e Suzana Pereira de Melo, pela amizade verdadeira e apoio constante.

À toda minha família, pela atenção, amor e momentos felizes.

Aos cãopanheiros Bruce e Jodela, pela alegria e bom-humor contagiantes, em todos os momentos.

E também a todos os que não foram citados aqui, mas que de alguma forma colaboraram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO	11
ABSTRACT	13
1 INTRODUÇÃO	15
1.1 O capim-marandu	17
1.2 O manejo do pastejo	18
1.3 O perfilho	21
1.4 Perfilhamento	23
1.5 Fatores que influenciam o perfilhamento	25
Referências	29
2 DENSIDADE POPULACIONAL DE PERFILHOS E DINÂMICA DO PERFILHAMENTO EM PASTOS DE CAPIM-MARANDU SUBMETIDOS A ESTRATÉGIAS DE PASTEJO ROTATIVO	37
Resumo	37
Abstract	37
2.1 Introdução	38
2.2 Material e métodos	39
2.3 Resultados	44
2.3.1 Densidade populacional de perfilhos	44
2.3.2 Taxas de aparecimento e mortalidade de perfilhos	51
2.4 Discussão	55
2.5 Conclusões	66
Referências	67
3 SOBREVIVÊNCIA E ESTABILIDADE DE POPULAÇÕES DE PERFILHOS EM PASTOS DE CAPIM-MARANDU SUBMETIDOS A ESTRATÉGIAS DE PASTEJO ROTATIVO	73
Resumo	73
Abstract	74
3.1 Introdução	75
3.2 Material e métodos	77

3.3 Resultados	81
3.3.1 Taxas de sobrevivência de perfilhos	81
3.3.2 Probabilidade de sobrevivência de gerações de perfilhos	83
3.3.3 Balanço entre aparecimento e morte de perfilhos	87
3.3.4 Índice de estabilidade (P_f/P_i) das populações de perfilhos	88
3.4 Discussão	90
3.5 Conclusões	98
Referências	99
4 ÁREA FOLIAR E INTERCEPTAÇÃO DE LUZ EM PASTOS DE CAPIM-MARANDU SUBMETIDOS A ESTRATÉGIAS DE PASTEJO ROTATIVO	103
Resumo	103
Abstract	104
4.1 Introdução	105
4.2 Material e métodos	106
4.3 Resultados	111
4.3.1 Interceptação luminosa	111
4.3.2 Índice de área foliar	112
4.3.3 <i>Site filling</i>	114
4.3.4 Área foliar específica	116
4.3.5 Razão área foliar:volume (R)	117
4.4 Discussão	119
4.5 Conclusões	130
Referências	131
5 ANÁLISE DE CRESCIMENTO DE PASTOS DE CAPIM-MARANDU SUBMETIDOS A ESTRATÉGIAS DE PASTEJO ROTATIVO	137
Resumo	137
Abstract	138
5.1 Introdução	138
5.2 Material e métodos	140
5.3 Resultados	145
5.3.1 Taxa de crescimento da cultura	145

5.3.2 Taxa de crescimento relativo	146
5.3.3 Taxa de assimilação líquida	147
5.3.4 Razão de área foliar	148
5.3.5 Razão de peso foliar	149
5.4 Discussão	150
5.5 Conclusões	162
Referências	163
6 CONSIDERAÇÕES GERAIS	167
Referências	172
7 CONCLUSÕES	175

RESUMO

Demografia de perfilhos, dinâmica do perfilhamento e crescimento de pastos de capim-marandu submetidos a estratégias de pastejo rotativo

O perfilhamento possui papel central na recuperação da área foliar e na determinação de padrões de crescimento da planta forrageira responsáveis por sua longevidade e produtividade. Contudo, pouco se conhece acerca do perfilhamento em plantas forrageiras tropicais, particularmente a *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (capim-marandu), uma das espécies mais utilizadas em áreas de pastagens plantadas no país. O objetivo deste trabalho foi estudar os padrões de perfilhamento e as características de perfilhos individuais, visando compreender melhor a resposta dessa planta forrageira ao pastejo e favorecer o planejamento e idealização de práticas de manejo adequadas. O experimento foi realizado em Piracicaba, SP, de outubro de 2004 a janeiro de 2006. Os tratamentos corresponderam à combinação entre duas intensidades (altura pós-pastejo de 10 e 15 cm) e dois intervalos de pastejo (período de tempo necessário para se atingir 95 e 100% de interceptação luminosa pelo dossel durante a rebrotação - IL), e foram alocados às unidades experimentais (piquetes de 1200 m²) segundo um arranjo fatorial 2 x 2 e delineamento de blocos completos casualizados, com 4 repetições. As variáveis analisadas foram densidade populacional de perfilhos (DPP), taxas de aparecimento (TAP), mortalidade (TMP) e sobrevivência (TSP), índice de estabilidade das populações (IE), índice de área foliar (IAF), *site filing* (SF), área foliar específica (AFE), razão área foliar:volume (R), taxa de crescimento absoluto (TCA), taxa de crescimento relativo (TCR), taxa de assimilação líquida (TAL), razão de área foliar (RAF) e razão de peso foliar (RPF), para perfilhos basais e aéreos. De forma geral, pastos manejados com 95% de IL apresentaram maior DPP basais que aqueles com 100% de IL, especialmente no final de primavera e verão, assim como maiores TAP e TMP, tanto basais quanto aéreos. Para ambos os tratamentos de IL foi constatado um padrão sazonal semelhante de variação em sobrevivência de perfilhos ao longo do experimento, com maior sobrevivência durante o outono/inverno. Adicionalmente, pastos manejados com 95% de IL apresentaram maior SF e AFE no início de primavera que aqueles com 100% de IL, indicando que estariam aptos a reiniciar o ciclo produtivo mais cedo no início da nova estação de crescimento. Reduções em IAF de perfilhos basais estiveram associadas a aumento em AFE de perfilhos basais e em IAF de perfilhos aéreos em todas as épocas do ano. O tratamento 100/10 resultou nos maiores e o tratamento 95/15 nos menores valores de R em todas as épocas do ano, sugerindo plasticidade e adaptação da planta às estratégias de pastejo avaliadas. No início e final de primavera de 2004, o tratamento 95/15 foi o que resultou em maior TCA, resultado dos maiores valores de TAL, RAF e RPF. O início da primavera é uma época crítica para restabelecimento das taxas de crescimento e perfilhamento dos pastos. Pastos de capim-marandu devem ser pastejados quando o dossel intercepta 95% de IL (25 cm de altura) e rebaixados até uma altura pós-pastejo de 15 cm.

Palavras-chave: *Brachiaria brizantha*; Manejo do pastejo; Interceptação luminosa; Categorias de perfilhos

ABSTRACT

Tiller demography, tillering dynamics and growth of marandu palisadegrass swards subjected to strategies of rotational stocking

Tillering plays a central role in the recovery of sward leaf area and growth patterns of forage plants, influencing pasture longevity and productivity. However, little is known about the tillering process in tropical grasses, particularly *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (marandu palisadegrass), one of the most used species on cultivated grassland areas in Brazil. The objective of this study was to evaluate the patterns of tillering and the characteristics of individual tillers, seeking a better understanding of this forage plant to grazing in order to allow the efficient planning of sound management practices. The experiment was carried out in Piracicaba, SP, from October 2004 to January 2006. Treatments corresponded to combinations between two grazing intervals (time necessary for swards to intercept 95 or 100% light interception during regrowth – LI) and two grazing intensities (post-grazing heights of 10 and 15 cm), and were allocated to experimental units (1200m² paddocks) according to a 2x2 factorial arrangement and a complete randomised block design, with four replications. The response variables studied were tiller population density (TPD), rates of tiller appearance (TAR), death (TDR) and survival (TSR), tiller population stability index (SI), sward leaf area index (LAI), site filling (SF), specific leaf area (SLA), leaf area to volume ratio of individual tillers (R), rates of absolute growth (AGR), relative growth (RGR) and net assimilation (NAR), leaf area ratio (LAR) and leaf weight ratio (LWR), for basal and aerial tillers. In general, swards grazed at 95% LI had higher TPD of basal tillers than those grazed at 100% LI, particularly in late spring and summer, as well as higher TAR and TDR, both basal and aerial tillers. There was a common seasonal pattern of variation in tiller survival throughout the experimental for both LI treatments, with higher survival during autumn/winter. Further, swards grazed at 95% LI had higher SF and SLA in early spring than those grazed at 100% LI, indicating that they would be ready to re-establish fast growth early in the new pasture growing season. Reductions in LAI of basal tillers were associated with increases in SLA of basal tillers and in LAI of aerial tillers during all seasons of the year. Treatment 100/10 resulted in the highest and treatment 95/15 in the lowest R values throughout the experiment, suggesting plasticity and adaptation to the grazing strategies used. In early and late spring 2004 treatment 95/15 resulted in the highest AGR, a consequence of high values of NAR, LAR and LWR. Early spring is a critical time of the year for the re-establishment of pasture growth and tillering. Marandu palisadegrass should be grazed at 95% LI (25 cm pre-grazing height) down to a post-grazing height of 15 cm.

Keywords: *Brachiaria brizantha*; Pasture management; Light interception; Tiller class

1 INTRODUÇÃO

As pastagens cobrem cerca de dois terços de toda a área agricultável do globo terrestre. Seu potencial de produção é estimado em cerca de 40 bilhões de toneladas de massa seca, mas a produção atual não atinge um terço disso. Há, portanto, um grande potencial de crescimento e desenvolvimento das atividades pastoris que permanece inexplorado. Cerca de 50 milhões de toneladas de grãos (40% da produção mundial) são utilizadas para fins de alimentação animal. Esse fato ilustra o enorme potencial para elevação do suprimento de alimentos a partir da substituição de grãos pelo uso de pastagens (FAO, 2005). Contudo, para a realização dessa meta, se fazem necessárias melhorias das atuais técnicas de manejo do pastejo de forma a assegurar a otimização do uso das áreas de pastagens e sua produtividade sem o risco de gerar degradação ambiental.

No Brasil, as pastagens ocupam cerca de três quartos da área agrícola nacional (BRASIL, 2006), assumindo posição de destaque no cenário agrícola brasileiro. No entanto, apesar de sua representatividade, esse fato não reflete em excelência de produção. A partir da década de 70, houve incremento das áreas de pastagens plantadas no Brasil, passando de 30 para 100 milhões de hectares (JANK et al., 2005). Fatores como baixo custo, grande aptidão produtiva e fácil cultivo tornam os pastos a base da exploração pecuária no Brasil (EUCLIDES et al., 2000). Entretanto, a falta de estratégias de manejo do pastejo apropriadas tem resultado em grandes áreas de pastagens degradadas, pois não são respeitados os limites de utilização das plantas nem, tampouco, as necessidades dos animais. Isso é alarmante quando se considera que a maior parte da produção de ruminantes no Brasil (90%) é gerada sobre pastagens (EUCLIDES; MEDEIROS, 2005). O uso de pastagens tropicais tem sido enfatizado como o diferencial da agropecuária brasileira relativamente aos grandes produtores e exportadores de carne e leite. No entanto, enquanto o potencial produtivo dessas pastagens é bem conhecido e registrado, o uso do recurso forrageiro é freqüentemente ineficiente (PEDREIRA et al., 2005).

Atualmente, nos países tidos como de pecuária desenvolvida, tem havido aumento na pressão pela criação e condução de sistemas de produção animal sustentáveis e que tenham retorno econômico satisfatório, gerando benefícios

ambientais e sociais. As pastagens são particularmente importantes porque têm grande contribuição em muitas partes do mundo porque sua utilização possui conexão com os impactos ambientais de estratégias de uso da terra, com implicações para a estabilidade dos recursos bióticos e abióticos, da biodiversidade e de mudanças climáticas globais (LEMAIRE et al., 2005). Nesse contexto se encaixa o conceito de manejo sustentável das pastagens, que visa a exploração racional dos recursos existentes nos sistemas pastoris com o intuito de otimizar a produção e a conservação do meio ambiente, mas também o bem-estar animal e a saúde humana, além de ser economicamente viável. Não obstante, o manejo do pastejo é uma das principais estratégias para realização da produção animal sustentável, desde que leve em consideração a exploração racional dos processos de crescimento, utilização e conversão de forragem, respeitando os limites e as necessidades tanto de plantas como de animais.

Trabalhos de pesquisa têm sido realizados sem levar em consideração, do ponto de vista ecofisiológico, a natureza multidisciplinar da produção animal em pastagens, caracterizada pelas interações solo-planta-animal-ambiente. Esse fato explica, em parte, as inconsistências entre os resultados das pesquisas e sua aplicação no campo, e indica a necessidade de realização de trabalhos que associem pesquisa básica e aplicada na tentativa de integrar esses diversos fatores que, uma vez identificados, podem se tornar passíveis de melhoria, promovendo aumento da eficiência, qualidade e economicidade da produção animal. Nos últimos anos alguns grupos de pesquisa têm atentado para o fato, procurando identificar técnicas de manejo do pastejo que levem em consideração o sistema como um todo. Esse recente modelo conceitual de produção animal em pastagens, baseado em uma cadeia de respostas sistêmicas e interligadas em que a estrutura do dossel representa o núcleo, o ponto de origem das respostas tanto de plantas como de animais, passou a ser utilizado recentemente como referência para o planejamento e idealização de novas séries de experimentos e pesquisas com plantas forrageiras tropicais (DA SILVA; NASCIMENTO JR., 2007), fornecendo, assim, informações confiáveis e bem embasadas, e de fácil utilização pelo produtor.

Com base nesses argumentos, a geração de conhecimento sobre os princípios ecofisiológicos que definem as bases que norteiam o planejamento e o manejo de plantas forrageiras tropicais, em especial as plantas do gênero *Brachiaria*, pela sua representatividade no cenário agrícola brasileiro, assume importância expressiva. Sob essas circunstâncias, o objetivo deste trabalho foi estudar os padrões de perfilhamento e as características de perfilhos individuais em pastos de capim-marandu submetidos a estratégias de manejo do pastejo sob lotação intermitente, visando compreender melhor a resposta dessa planta forrageira ao pastejo e favorecer o planejamento e a manipulação do processo produtivo de forma eficiente, assegurando persistência e produtividade da pastagem.

1.1 O capim-marandu

A *Brachiaria brizantha* (Hochst. Ex A. Rich) cv. Marandu é tradicionalmente conhecida no Brasil como capim-marandu, mas possui diversas denominações regionais como: brizantão, brizantha, braquiarão, capim-ocinde e marandu (RENVOIZE et al., 1996). Neste trabalho, para maior facilidade e consistência de denominação, será referida como capim-marandu apenas. Essa planta foi originalmente coletada no Zimbábue (África) e estudada em parceria com a EMBRAPA Cerrados, e está disponível como opção de planta forrageira para formação de pastagens desde 1984. É cultivada em cerca de 70 milhões de hectares no Brasil. É uma planta cespitosa, com folhas pouco pilosas na face ventral e sem pilosidade na face dorsal, as bainhas foliares são pilosas, e as inflorescências medem até 40 cm de comprimento, possuindo de quatro a seis racemos. É uma das melhores alternativas de planta forrageira resistente às cigarrinhas típicas de pastagens, como *Notozulia entreriana* (Berg.), *Deois flavopicta* (Stal), *D. incompleta* (Walker), *D. schach* (Fabr.) e *Aeneolamia selecta* (Walker). Apresenta resistência por antibiose (secreção de substâncias que inibem ou impedem o desenvolvimento de indivíduos de populações de outras espécies), reduzindo a sobrevivência e prolongando a duração do período ninfal. Ultimamente, em algumas regiões do país, tem sofrido ataque por cigarrinhas do gênero *Mahanarva*, o que limita sua utilização extensiva em áreas com histórico de problemas com cigarrinhas desse

gênero. Apesar de tolerante a condições de baixa fertilidade do solo, é uma planta altamente responsiva a adubações (EMBRAPA, 2006).

O Brasil possui aproximadamente 25% de sua área territorial ocupada com pastagens, sendo que 20% dessa área correspondem a pastagens degradadas de plantas do gênero *Brachiaria*. Estima-se que as plantas desse gênero ocupem em torno de 7,6 milhões de hectares somente no Estado de São Paulo, e que aproximadamente 50% desse total já se encontram em algum estágio de degradação (FERREIRA et al., 1999; FNP, 2003).

1.2 O manejo do pastejo

O manejo do pastejo deve ser encarado como a maneira mais efetiva de se criar e manipular estruturas de pasto com o objetivo de otimizar os processos de crescimento da planta forrageira e de busca e apreensão de forragem pelo animal em pastejo (CARVALHO et al., 2001). Para tanto, deve ser baseado no entendimento das respostas de cada espécie forrageira a diferentes regimes de pastejo com o intuito de alcançar objetivos sustentáveis de produção e conservação. Sem entendimento do ambiente pastoril, as soluções propostas para a produção animal são potencialmente ineficientes e ineficazes, uma vez que não levam em consideração os aspectos dinâmicos e integrados da interface planta-animal em ambientes de pastagem (CARVALHO, 2005). O manejo do pastejo deve respeitar as relações solo-planta-animal-ambiente, conservando ou recuperando seu equilíbrio e evitando, assim, a degradação do sistema. Deve visar o uso eficiente do pasto, a manutenção das espécies forrageiras mais importantes por tempo indefinido, o aumento da produtividade animal, e a melhoria da fertilidade do solo, gerando manutenção do equilíbrio da água (PRIMAVESI, 2002; KEMP; MICHALK, 2005).

Práticas convencionais de manejo da pastagem e do pastejo baseadas no uso de uma escala temporal cronológica caracterizada por períodos de descanso fixos entre desfolhações sucessivas, desconsiderando a resposta da cultura forrageira aos fatores edafo-climáticos e às condições de crescimento disponíveis no meio, podem causar acúmulo excessivo de colmos e de material morto, baixo valor nutritivo e baixa eficiência de pastejo (DA SILVA; NASCIMENTO JR., 2007). Essas práticas

inadequadas de pastejo, que não consideram o ritmo de crescimento do capim, são também uma das principais causas da degradação das pastagens (DIAS-FILHO, 2005). Podem também proporcionar consequências ambientais graves, como redução da fertilidade do solo, diminuição da eficiência de uso da água, declínio da produção de biomassa vegetal, decréscimo da atividade biológica do solo, diminuição da cobertura do solo, encrostamento, compactação, erosão e degradação (SYERS et al., 1996). Há reconhecimento, emergindo da comunidade científica mundial, de que a intensificação e a especialização dos sistemas de produção ocorridos em um passado recente não se mostraram sustentáveis em longo prazo (LEMAIRE et al., 2005). Dessa maneira, o uso de práticas de manejo do pastejo inadequadas pode prejudicar a produtividade e a sustentabilidade do sistema no médio e longo prazo.

Estratégias de desfolhação baseadas no uso de lotação intermitente podem ser definidas com base em três variáveis básicas: frequência, intensidade e época de pastejo. O padrão de desfolhação, que resulta da combinação dessas três variáveis, determina a habilidade dos capins em tolerar o pastejo assim como sua produtividade e persistência. Os efeitos da desfolhação podem ser mensurados em termos de acúmulo total de forragem, composição morfológica e química da forragem acumulada, distribuição sazonal da produção e mudanças na composição botânica das pastagens. De uma maneira geral, desfolhações mais intensas e frequentes reduzem o crescimento do pasto, mas nem sempre reduzem o acúmulo de forragem. Reduções em crescimento por meio de desfolhações mais frequentes e intensas podem ser compensadas parcial ou totalmente por melhorias na eficiência de utilização e, portanto, redução das perdas de forragem (KORTE; HARRIS, 1987). Intensidade e frequência de pastejo são, portanto, ferramentas básicas de manejo que podem controlar o processo de pastejo. Conseqüentemente, são fundamentais para a definição e preparo de ambientes pastoris adequados (CARVALHO, 2005). Combinações entre frequência e intensidade de desfolhação influenciam a produção e a qualidade da forragem, assim como a eficiência de colheita pelos animais. A diminuição da frequência de pastejo pode resultar em queda na produção animal, resultado da redução associada em valor nutritivo e alterações estruturais da planta que afetam negativamente o consumo de forragem no pasto (DA SILVA; PEDREIRA, 1997). Também podem ser estudadas

combinações entre frequência e intensidade de pastejo que possam favorecer o acúmulo de carbono, sendo, portanto, o manejo do pastejo uma estratégia essencial para aumentar o seqüestro de carbono nos solos (FOLLET; SCHUMAN, 2005).

Para que haja utilização eficiente da forragem produzida, o processo de pastejo deve respeitar o ritmo de crescimento e recuperação da área foliar da comunidade de plantas forrageiras. Parsons et al. (1988) demonstraram, para azevém-perene, que a condição ideal para interrupção do processo de rebrotação seria aquela em que o dossel atingisse 95% de interceptação da luz incidente, uma vez que nessa condição ocorre balanço ótimo entre os processos de fotossíntese, respiração, crescimento e senescência. Essa seria a condição na qual o IAF do dossel corresponderia ao $IAF_{crítico}$ (PARSONS et al., 1983), valor esse que possui relação direta com variáveis como o acúmulo de forragem, especialmente de folhas, composição morfológica e eficiência de utilização da forragem produzida. Em plantas forrageiras de clima tropical, em que a fração colmo representa porção significativa do crescimento das plantas (DA SILVA, 2004), o acúmulo de colmo e de material morto só começa a ser incrementado de maneira significativa a partir da condição em que o dossel intercepta 95% da luz incidente, ou seja, atinge seu $IAF_{crítico}$ (DA SILVA; NASCIMENTO JR., 2006). Vários trabalhos realizados recentemente com os capins xaraés (PEDREIRA, 2006), mombaça (CARNEVALLI, 2003; MONTAGNER, 2007), tanzânia (BARBOSA, 2004; DIFANTE, 2005; ZANINE, 2007), tobiatã, massai, atlas (MORENO, 2004) e cameroon (VOLTOLINI, 2006) demonstraram que o uso do critério para interrupção da rebrotação quando 95% da luz incidente são interceptados também é válido para gramíneas tropicais, pois corresponde à condição em que maior taxa de acúmulo de folhas é obtida. Além disso, esse critério tem alta correlação com a altura do dossel forrageiro na condição pré-pastejo, o que favorece e facilita sua identificação em condições de campo de maneira simples e direta (DA SILVA; NASCIMENTO JR., 2006). Também, é de extrema importância o ajuste da intensidade de pastejo (resíduo pós-pastejo) como forma de regular o nível de desempenho animal almejado, ajustar a eficiência de colheita da forragem produzida e gerar flexibilidade de manejo no sistema de produção, uma vez que a frequência de pastejo, após definida de forma adequada, assegura produção de forragem de bom valor nutritivo (DA SILVA; NASCIMENTO JR., 2006).

Nesse contexto, as respostas de plantas e animais podem ser compreendidas e um ponto de equilíbrio ótimo entre ambos encontrado, se práticas ou estratégias de manejo forem planejadas e idealizadas tomando por base como plantas e animais respondem a variações em estrutura do dossel (e.g., altura, massa de forragem etc.). A compreensão dos efeitos do pastejo sobre a planta requer conhecimento e análise das alterações morfológicas, fisiológicas, na biomassa radicular e na distribuição vertical das raízes. Esses efeitos são conseqüências da intensidade e freqüência de desfolhação, do tempo de rebrotação (no caso de pastejo rotativo) e da interação entre desfolhação e fatores ambientais, ou seja, disponibilidade hídrica e de nutrientes, intensidade luminosa e estágio fenológico das plantas. As práticas de manejo adotadas alteram de forma marcante e diferenciada cada espécie forrageira e plantas individuais, afetando dessa maneira a população de plantas na área e a capacidade produtiva do pasto (DA SILVA, 2004; DA SILVA; NASCIMENTO JR., 2006).

O perfilhamento é uma dessas respostas, e exerce papel central na determinação do tamanho e qualidade do aparato fotossintético das plantas em pastagens (MATTHEW et al., 2000). Dessa maneira, a manipulação da dinâmica do perfilhamento deve ser um dos objetivos do manejo do pastejo, principalmente em situações onde a densidade populacional tende para um mínimo necessário para garantir a perenização da pastagem (LEMAIRE; CHAPMAN, 1996). Aplicações e conhecimento dessa natureza existem para gramíneas de clima temperado, porém, para gramíneas de clima tropical, esse conhecimento é escasso e, quando disponível, possui restrições na forma segundo a qual foi gerado, conseqüência da limitação dos protocolos experimentais utilizados (DA SILVA, 2004). Esse fato sugere a importância e o potencial que estudos dessa natureza têm para a melhoria e ajustes finos das atuais práticas de manejo utilizadas para gramíneas tropicais, especialmente para o capim-marandu, dada sua importância e representatividade nas áreas de pastagens plantadas no Brasil.

1.3 O perfilho

O perfilho é a unidade básica de produção das gramíneas forrageiras. Este pode desenvolver seu próprio sistema radicular, e possui a capacidade de produzir novas

gerações de perfilhos a partir de suas gemas axilares. Após a germinação, cada planta corresponde efetivamente a um único perfilho, mas com o desenvolvimento esta se torna complexa e composta por muitas gerações de perfilhos (HODGSON, 1990).

Cada perfilho é formado por uma cadeia de unidades de crescimento, denominadas fitômeros, que compreendem uma folha (bainha e lâmina foliar), entrenó, nó, gema axilar, e uma ou mais raízes adventícias. Esses fitômeros são provenientes do meristema apical (ou ponto de crescimento), e são originados segundo uma sucessão linear. Cada fitômero individual é responsável pela formação de diferentes órgãos em diferentes estádios de seu próprio ciclo de vida, razão pela qual cada perfilho pode ser considerado uma cadeia coordenada de fitômeros em diferentes estádios de desenvolvimento (MATTHEW et al., 2001).

Uma gema axilar individual (meristema apical rudimentar) é diferenciada como um componente de cada fitômero para formar a unidade estrutural básica do perfilho. As células na segunda camada mais externa do meristema apical se dividem para formar o primórdio foliar (folhas rudimentares), enquanto que a divisão celular na terceira camada, mais profunda, no lado oposto de cada primórdio foliar, dá origem às gemas axilares. Embora as gemas axilares sejam diferenciadas do meristema apical, são subordinadas a ele em termos de posição e época de desenvolvimento. Uma vez que a diferenciação da gema axilar esteja completa, seu crescimento pode continuar, dando origem a um novo perfilho, ou ser interrompido (MURPHY; BRISKE, 1992).

Enquanto o crescimento de folhas em fitômeros sucessivos é contínuo, o desenvolvimento de gemas é regulado independentemente. Todo fitômero forma um primórdio de folha e uma gema de perfilho, e todo primórdio de folha pode se desenvolver em uma folha. Mas o mesmo não acontece com a gema, que nem sempre se desenvolve em perfilho, pois a probabilidade de gemas em fitômeros sucessivos se desenvolverem em perfilhos é muito variável (NELSON, 2000) e controlada por vários sinais e estímulos internos e externos que, entretanto, ainda não são bem entendidos (MURPHY; BRISKE, 1992). O controle do desenvolvimento de gemas é um dos principais meios de regulação do índice de área foliar (IAF) de populações de plantas forrageiras em pastagens, uma vez que a produção de perfilhos e de folhas é que

estabelece a superfície responsável pela interceptação da luz incidente (SIMON; LEMAIRE, 1987; MATTHEW et al., 2000).

1.4 Perfilhamento

O perfilhamento é a principal via de perenização das gramíneas forrageiras. A planta é formada por uma população de perfilhos, que aparecem e morrem durante todos os meses do ano (LANGER, 1956). Isso assegura às gramíneas forrageiras um mecanismo de plasticidade fenotípica, caracterizado por alterações sazonais na estrutura do dossel forrageiro como forma de permitir às plantas adaptação às condições correntes de crescimento (CHAPMAN; LEMAIRE, 1993).

O estudo das estratégias de perenização das gramíneas forrageiras pode permitir a identificação de práticas de manejo do pastejo que aumentem a produtividade dos pastos simplesmente por meio do favorecimento do ciclo natural de reposição e renovação de perfilhos, assegurando que a população de plantas possa se ajustar rapidamente aos regimes de desfolhação impostos e restaurar seu IAF “ideal” para determinada localidade e época do ano (VALENTINE; MATTHEW, 1999).

A perenização e a produção dos capins e das pastagens são dependentes da iniciação e desenvolvimento de sucessivos perfilhos a partir de gemas axilares de gerações prévias de perfilhos. A densidade populacional de perfilhos (DPP) é resultante de um processo dinâmico, caracterizado pelo balanço entre o aparecimento e a morte de perfilhos ao longo do ano, os quais ocorrem em taxas diferentes e variáveis (BULLOCK, 1996). Esse balanço estabelece a base determinante do potencial biológico de produtividade das plantas em uma determinada área, uma vez que representa o *pool* de tecidos meristemáticos onde o crescimento é realizado (MURPHY; BRISKE, 1992). Por sua vez, em cada perfilho existe uma dinâmica de renovação de folhas, cujo ciclo de vida é limitado, o que faz com que o crescimento e a produtividade dos pastos dependam da contínua emissão de folhas e perfilhos para repor as estruturas mortas e, ou, removidas pelo pastejo (MARSHALL, 1987).

O aumento do IAF causa alteração na qualidade do ambiente luminoso dentro do dossel, e contribui para a modificação da taxa de aparecimento de folhas e de novos perfilhos, alterando características estruturais dos pastos como a DPP e o tamanho de

perfilhos individuais (DEREGIBUS et al., 1983). O número de folhas formadas determina a taxa potencial de aparecimento de perfilhos, uma vez que existe uma gema na axila de cada nova folha surgida (NELSON, 2000). Desse modo, a taxa de aparecimento de folhas influencia diretamente a DPP por meio da determinação do número potencial de gemas axilares e da relação entre o aparecimento de perfilhos e o aparecimento de folhas (“site filling”), que juntos determinam a taxa de aparecimento de perfilhos (DAVIES, 1974). Com isso, a diminuição progressiva da taxa de aparecimento de folhas à medida que o pasto cresce ou o período de rebrotação avança é a principal causa da redução na taxa de perfilhamento (CASAL et al., 1987).

Geralmente, a contribuição do número de perfilhos para a rebrotação varia com a época do ano, e mantém certa relação com a estratégia de desfolhação empregada (LIU et al., 2002; WANG et al., 2003; BARBOSA, 2004; CARNEVALLI, 2003). Nesse contexto, Korte (1986), trabalhando com azevém perene, registrou aumento na DPP no final do inverno, resultado de diminuição na mortalidade de perfilhos durante os meses de junho, julho e agosto na Nova Zelândia. No final da primavera, em dezembro, o aparecimento foi de duas a quatro vezes superior àquele registrado no final do inverno, mas houve pequena alteração na DPP dos pastos, uma vez que as taxas de mortalidade também foram elevadas nesse período. Padrões similares de aparecimento e morte de perfilhos em azevém perene foram relatados também por L’Huillier (1987), indicando a ocorrência simultânea de elevadas taxas de aparecimento e morte de perfilhos, fato que sugere renovação intensa de perfilhos em determinadas épocas do ano. Estudos sobre demografia do perfilhamento permitem prever essas variações estacionais em DPP, auxiliando na idealização de estratégias de manejo do pastejo de forma a garantir o processo de renovação, favorecendo a produção de forragem e assegurando a persistência da planta forrageira na pastagem (LEMAIRE; CHAPMAN, 1996). Nesse contexto, a DPP influencia a produção de massa seca por meio de seu efeito na rebrotação após desfolhação, especialmente quando a quantidade de área foliar remanescente é muito pequena. Há pelo menos duas maneiras pelas quais o número de perfilhos pode afetar a rebrotação. A primeira é que a parte não desfolhada do perfilho pode funcionar como um *pool* de substrato cujo material pode ser utilizado durante a rebrotação e a quantidade de substrato disponível pode, portanto, depender

do número de perfilhos. Nesse caso a quantidade de substrato determina a velocidade e o vigor da rebrotação. A segunda, é que a DPP determina a expansão da área foliar do dossel e, portanto, a taxa de uso do substrato de reserva (VAN LOO, 1993). A recuperação da planta forrageira após pastejo depende da produção de novos perfilhos provenientes de perfilhos vegetativos a partir do crescimento de gemas que estavam dormentes. Qualquer fator que estimule a produção de perfilhos aumenta o crescimento do pasto, principalmente após o florescimento (MARSHALL, 1987). Os efeitos do manejo na densidade populacional de perfilhos foram revistos por Arosteguy et al. (1982), que notaram que a DPP dos pastos era reduzida quando desfolhações muito severas ou muito lenientes eram utilizadas em relação a desfolhações de níveis intermediários de severidade.

Para entender o perfilhamento, podem ser considerados três níveis de complexidade (MATTHEW, 2002). Um primeiro corresponderia ao estudo da dinâmica de perfilhamento considerando-se a morfologia da planta e o número de locais disponíveis para produção de novos perfilhos (DAVIES, 1974). Um segundo nível corresponderia à identificação de fatores ambientais e fisiológicos das plantas que controlariam o aparecimento de novos perfilhos (LANGER, 1963). Um terceiro nível corresponderia a uma abordagem feita por meio da determinação da longevidade dos perfilhos e de seus padrões sazonais de aparecimento e morte, com o intuito de identificar vias em que o ciclo natural de aparecimento de perfilhos pudesse ser estimulado. A compreensão do processo de perfilhamento das gramíneas forrageiras é fundamental para o melhor entendimento da ecologia das pastagens e para o desenvolvimento de estratégias efetivas e eficazes de manejo (MURPHY; BRISKE, 1992).

1.5 Fatores que influenciam o perfilhamento

É difícil interpretar os padrões de produção de perfilhos porque os fatores que influenciam seu aparecimento e morte não podem ser facilmente considerados de maneira isolada. Esses fatores têm papel crítico no estabelecimento e manutenção do potencial de crescimento da pastagem (MARSHALL, 1987). Os fatores ambientais que influenciam o perfilhamento são quantidade e qualidade da luz incidente, fotoperíodo,

disponibilidade de água, temperatura e nutrição mineral, os quais podem agir isoladamente ou em conjunto. Em geral, a iniciação de perfilhos aumenta quando as variáveis ambientais tornam-se mais favoráveis ao crescimento da planta como um todo. Estas, por sua vez, podem ter papel tão importante quanto os mecanismos fisiológicos reguladores do perfilhamento, estabelecendo a época e a magnitude do perfilhamento ao longo do ano. De uma forma geral, o perfilhamento aumenta com o aumento dos fatores abióticos. Os fatores bióticos, incluindo o pastejo e a competição intra e inter-específica, também exercem influência substancial no perfilhamento. A grande variação espacial e temporal dos fatores ambientais e da distribuição de recursos tróficos em áreas de pastagens aumenta a importância desses fatores na regulação do perfilhamento, modulando a ação e a importância relativa dos mecanismos fisiológicos relacionados com a dominância apical (MURPHY; BRISKE, 1992).

Segundo Matthew (1992), diferentes fatores podem operar para aumentar ou diminuir o aparecimento e a mortalidade de perfilhos, sendo os mais importantes (1) o estímulo ao aparecimento de perfilhos quando a luz alcança a base do dossel, processo que parece ser mediado por fitocromos (CASAL et al., 1985); (2) a redução na taxa de aparecimento e aumento na mortalidade de perfilhos com o sombreamento excessivo quando em situações de elevada massa de forragem nos pastos; (3) a inibição do perfilhamento após desfolhação severa, consequência do baixo nível de reservas orgânicas na planta; (4) a variação em número de perfilhos fisicamente removidos pelos animais durante o pastejo, sendo essa remoção maior em situações de lotação intermitente relativamente àquelas de lotação contínua, e maior também sob condições de pastejo severo.

A radiação solar é a fonte de energia para a fotossíntese e atua como um fator ambiental que regula o crescimento e o desenvolvimento das plantas (WEI; DENG, 1996). O aumento da quantidade de luz incidente na base do dossel favorece o perfilhamento, sendo que não somente a quantidade, mas também alterações na qualidade da luz nas partes mais baixas do dossel podem causar alterações do processo de perfilhamento. Em comunidades de plantas forrageiras a qualidade da luz modifica-se intensamente, já que o aumento de área foliar das plantas determina maior

absorção de luz no comprimento de onda do vermelho (V), enquanto que a luz no comprimento de onda do vermelho distante (Vd) é pouco absorvida. A absorção da luz vermelho (640nm) (V) e a não absorção da luz vermelho distante (740nm) (Vd) pela clorofila modificam intensamente a disponibilidade de radiação nessas faixas do espectro nos diferentes estratos verticais do dossel, o que é detectado por mecanismos específicos das plantas. Em comunidades formadas por plantas da mesma espécie, algumas alterações morfológicas como, por exemplo, o alongamento de colmos, são atribuídas à proximidade com outras plantas (BALLARÉ et al., 1987). Deregibus et al. (1983) demonstraram que redução na relação V/Vd no dossel provocava redução do perfilhamento em *Lolium* spp. Gautier et al. (1999) demonstraram que tanto a redução na quantidade quanto na qualidade da luz (redução na relação V/Vd) podem ter efeito no perfilhamento de *Lolium perenne*.

A luz também pode alterar a concentração de reguladores de crescimento e de carboidratos e afetar o transporte dos mesmos dentro da planta (MARTIN, 1987). Essas relações entre fitocromo e reguladores vegetais que afetam o crescimento do caule podem influenciar o aparecimento e manutenção dos perfilhos, pois alteram a dominância apical (BALLARÉ et al., 1990; 1992). Entretanto, a remoção do meristema apical nem sempre promove iniciação de novos perfilhos em gramíneas, sendo que o perfilhamento ocorre em plantas com meristema apical intacto. Inúmeras variáveis ambientais, incluindo disponibilidade de nutrientes, qualidade e quantidade de radiação e competição com outras plantas podem exercer forte influência na iniciação de perfilhos. Explicações fisiológicas sobre dominância apical são freqüentemente inconclusivas e as respostas do perfilhamento à remoção do meristema apical são inconsistentes. Assim, interpretações alternativas da regulação do perfilhamento devem compreender, também, variáveis ambientais, na tentativa de se explicar efetivamente a magnitude e a coordenação do perfilhamento em gramíneas forrageiras (MURPHY; BRISKE, 1992).

Em condições favoráveis, em plantas bem espaçadas, a taxa de produção de perfilhos tende a ser inicialmente exponencial, mas declina com o auto-sombreamento e sombreamento mútuo. Corte ou pastejo também afetam o perfilhamento. Fatores ambientais como temperatura, comprimento do dia e disponibilidade de água também

influenciam o perfilhamento, mas principalmente por sua influência na taxa de aparecimento de folhas. O perfilhamento também é muito afetado pelo desenvolvimento reprodutivo, pois durante o início da fase de alongamento de colmos e desenvolvimento da inflorescência o crescimento das gemas de perfilhos é suprimido, podendo ser retomado após a emergência da inflorescência (MARSHALL, 1987).

O IAF parece ser a principal característica do dossel que determina a intensidade de competição por luz entre plantas individuais, sendo o perfilhamento regulado pelo aumento do IAF. Alterações na temperatura ou qualidade da luz produzem alterações no IAF, no número máximo de folhas por perfilho e na DPP (LEMAIRE; AGNUSDEI, 2000). O primeiro efeito do sombreamento em plantas individuais é a redução na taxa de assimilação de carbono. Uma estratégia desenvolvida pelas plantas para adaptação ao sombreamento é o aumento na área foliar específica por meio da alocação preferencial de fotoassimilados para o crescimento da parte aérea em detrimento do sistema radicular. Essa alocação preferencial de assimilados para a parte aérea pode ser interpretada como uma resposta adaptativa da planta que permite que plantas sombreadas desenvolvam rapidamente sua área foliar e colmos para melhorar a captação de luz. Assim, quando a competição por luz aumenta dentro do dossel e a relação V/V_d diminui, o tamanho da lâmina foliar aumenta. O resultado dessas alterações é que a superfície de folhas é posicionada na parte melhor iluminada do dossel. Essas adaptações morfogênicas e estruturais permitem que a planta otimize seu suprimento de carbono (LEMAIRE, 2001).

Além da quantidade e qualidade de luz, a remoção de área foliar por meio da desfolhação altera simultaneamente a temperatura, as relações de água na planta, e outras variáveis microambientais e fisiológicas importantes para o seu crescimento. Qualquer dessas variáveis, sozinha ou associada, pode ser tão importante quanto a luz disponível afetando o perfilhamento após desfolhação (MURPHY; BRISKE, 1992). Por influenciarem o suprimento de carbono para o crescimento, os fatores ambientais atuam por meio da regulação dos processos de divisão e alongamento celular. A temperatura, particularmente, afeta significativamente a taxa dos processos de desenvolvimento nos tecidos meristemáticos (MARSHALL, 1987). Outros fatores que interferem no perfilhamento são o suprimento de nutrientes e o nível interno de reservas orgânicas

das plantas (LANGER, 1963; ONG; MARSHALL, 1979). Competição intra e inter-específica entre plantas também influencia a iniciação de perfilhos pois afeta a disponibilidade de recursos. Interações competitivas também exercem efeito substancial na iniciação de perfilhos em plantas desfolhadas (MURPHY; BRISKE, 1992).

O maior desafio para o manejo de pastagens é conciliar necessidades conflitantes de suprimento de forragem em quantidade e qualidade e manutenção da estrutura do pasto dentro de limites aceitáveis de controle, de forma a favorecer o consumo pelo animal em pastejo e assegurar a sua perenização mantendo uma área foliar suficiente para interceptação e uso eficiente da luz. Essa não é uma meta simples e, para que isso ocorra, é necessário entender e quantificar cada componente do processo de acúmulo de forragem e suas variações sazonais relativamente a variações em estrutura do dossel, geralmente implementadas por meio de combinações entre frequência e intensidades de desfolhação.

O objetivo deste estudo foi avaliar os padrões demográficos de perfilhamento, aéreo e basal, e suas implicações sobre a DPP, o processo de perfilhamento e a estabilidade da população de plantas em pastos de capim-marandu submetidos a estratégias de pastejo rotativo caracterizadas por controle estrito da interceptação luminosa pelo dossel forrageiro durante a rebrotação.

Referências

AROSTEGUY J.C.; HODGSON, J.; SOUTER, W.G.; BARTHRAM, G.T. Herbage growth and utilization on swards grazed by cattle and sheep . In: GENERAL MEETING OF THE EUROPEAN GRASSLAND FEDERATION, 9., 1982, Hurley. **Proceedings ...** Hurley: British Grassland Society, 1982. p. 155–158.

BALLARÉ, C.L.; SCOPEL, A.L.; SÁNCHEZ. R.A. Far-red radiation reflected from adjacent leaves: an early signal of competition in plant canopies. **Science**, Washington, v. 247, p. 329-332, 1990.

BALLARÉ, C.L.; SCOPEL, A.L.; SÁNCHEZ. R.A.; RADOSEVICH, S.R. Photomorphogenic processes in the agricultural environment. **Photochemistry and Photobiology**, Oxford, v. 56, p. 777-788, 1992.

BALLARÉ, C.L.; SÁNCHEZ, R.A.; SCOPEL, A.L.; CASAL, J.J.; GHERSA, M. Early detection of neighbour plants by phytochrome perception of spectral changes in reflected sunlight. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v. 10, p. 551-557, 1987.

BARBOSA, R.A. **Características morfofisiológicas e acúmulo de forragem em capim-tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia) submetido a frequências e intensidades de pastejo**. 2004. 119 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

BULLOCK, J.M. Plant competition and population dynamics. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. (Ed.) **The ecology and management of grazing systems**. Wallingford: CAB International, 1996. p. 69-100.

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

CARVALHO, P.C.F. O manejo da pastagem como gerador de ambientes pastoris adequados à produção animal. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 22., 2005, Piracicaba. **Anais ...** Piracicaba: FEALQ, 2005. p. 7-31.

CARVALHO, P.C.F.; RIBEIRO FILHO, H.M.N.; POLI, C.H.E.C.; MORAES, A.; DELAGARDE, R. Importância da estrutura da pastagem na ingestão e seleção de dietas pelo animal em pastejo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais ...** Piracicaba: SBZ, 2001. p. 853-871.

CASAL, J.J.; DEREGIBUS, V.A.; SANCHEZ, R.A. Variations in tiller dynamics and morphology in *Lolium-multiflorum* lam vegetative and reproductive plants as affected by differences in red far-red irradiation. **Annals of Botany**, Oxford, v. 56, n. 4, p. 553-559, 1985.

CASAL, J.J.; SÁNCHEZ, R.A.; DEREGIBUS, V.A. Tillering responses of *L. Multiflorum* plants to changes of red/far-red ratios typical of sparse canopies. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 38, p. 1432-1439, 1987.

CHAPMAN, D.F.; LEMAIRE, G. Morphogenic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: BAKER, M.J. (Ed.). **Grasslands for our world**. Wellington: SIR, 1993, chap. 3, p. 55-64.

DA SILVA, S.C. Fundamentos para o manejo de pastagens de plantas forrageiras dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2., 2004, Viçosa. **Anais ...** Viçosa: Editora Suprema, 2004. p. 347-685.

DA SILVA, S.C.; NASCIMENTO JR., D. Ecofisiologia de plantas forrageiras. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 3., 2006, Viçosa. **Anais ...** Viçosa: Ed. Suprema, 2006. p. 1-42.

_____. Ecofisiologia da produção animal em pastagens e suas implicações sobre o desempenho e a produtividade de sistemas pastoris. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO

ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 4., 2007, Viçosa. **Anais ...** Viçosa: Ed. Suprema, 2007. p 1-48.

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

DAVIES, A. Leaf tissue remaining after cutting and regrowth in perennial ryegrass. **Journal of Agricultural Science**, New York, v. 82, p. 165-172, 1974.

DEREGIBUS, V.A.; SANCHEZ, R.A.; CASAL, J.J. Effects of light quality on tiller production in *Lolium* spp. **Plant Physiology**, New York, v. 72, p. 900-902, 1983.

DIAS-FILHO, M.B. **Degradação de pastagens**: processos, causas e estratégias de recuperação. 2. ed. Belém: EMBRAPA Amazônia Oriental, 2005. 173 p.

DIFANTE, G.S. **Desempenho de novilhos, comportamento ingestivo e consumo voluntário em pastagem de *Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia**. 2005. 74 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

EMBRAPA. **Marandu – cultivar de *Brachiaria brizantha***. Disponível em: <<http://www.cnpqc.embrapa.br/produtoseservicos/capimmarandu.html>>. Acesso em: 20 ago. 2006.

EUCLIDES, V.P.B.; MEDEIROS, S.R. Suplementação animal em pastagens e seu impacto na utilização da pastagem. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 22., 2005, Piracicaba. **Anais ...** Piracicaba: FEALQ, 2005. p. 33-70.

EUCLIDES, V.P.B.; CEZAR, I.M.; EUCLIDES FILHO, K. Sistema intensivo de produção de carne bovina. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 21, p. 85-95, 2000.

FAO. **Grassland Group Document**. FAO Grassland and Fodder Crops Program. Disponível em: <<http://www.fao.org/ag/agp/agpc/doc/publicat/grasslan/3.pdf>> Acesso em: 29 mar. 2006.

FERREIRA, C.R.R.P.T.; VEGRO, D.D.R.; BORTOLETO, E.E.; FRANCISCO, V.L.F.S. Caracterização de pecuária bovina no Estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 29, p. 7-30, 1999.

FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO. Pastagens garantem o futuro da pecuária leiteira. In: _____. **Anualpec 2003**: anuário da pecuária brasileira. São Paulo, 2003. p. 55-56.

FOLLET, R.F.; SCHUMAN, G.E. Grazing land contribution to carbon sequestration. In: MCGILLOWAY, D.A. (Ed.). **Grassland**: a global resource. Wageningen: Wageningen Academic, 2005. p. 265-278.

GAUTIER, H.; VARLET-GRANCHER, C.; HAZARD, L. Tillering response to the light environment and to defoliation in population of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) selected for contrasting leaf length. **Annals of Botany**, Oxford, v. 83, p. 423-429, 1999.

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

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário de 1995-1996. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>> Acesso em: 15 dez. 2006.

JANK, L.; VALLE, C.B.; RESENDE, R.M.S. Grass and forage improvement in the tropics and sub-tropics. In: MCGILLOWAY, D.A. (Ed.). **Grassland**: a global resource. Wageningen: Wageningen Academic, 2005. p. 69-80.

KEMP, D.R.; MICHALK, D.L. Grasslands for production and the environment. In: MCGILLOWAY, D.A. (Ed.). **Grassland**: a global resource. Wageningen: Wageningen Academic, 2005. p. 193-208.

KORTE, C.J. Tillering in "Grassland Nui" perennial ryegrass swards. 2. Seasonal pattern of tillering and age of flowering tillers with two mowing frequencies. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, Wellington, v. 29, p. 629-638, 1986.

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

LANGER, R.H.M. Growth and nutrition of Timothy (*Phleum pratense*). I. Life story of individual tillers. **Annals of Applied Biology**, Cambridge, v. 44, p. 166-187. 1956.

_____. Tillering in herbage grasses. **Herbage Abstracts**, Farm Royal, v. 33, p. 141-148, 1963.

LEMAIRE, G. Understanding root and shoot development. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001, Piracicaba. **Proceedings ...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 29-37.

LEMAIRE, G.; AGNUSDEI, M. Leaf tissue turn-over and efficiency of herbage utilization. In: GRASSLAND ECOPHYSIOLOGY AND ECOLOGY, 1., 1999, Curitiba. **Anais ...** Curitiba: UFPR, 1999. p. 165-183.

LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plant communities. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. (Ed.). **The ecology and management of grazing systems**. London: CAB International, 1996. chap. 1, p. 3-36.

LEMAIRE, G.; WILKINS, R.; HODGSON, J. Challenges for grassland science: managing research priorities. **Agriculture, Systems and Environment**, Wageningen, v. 108, n. 2, p. 99-108, 2005.

L'HUILIER, P.J. Tiller appearance and death of *Lolium perenne* in mixed swards grazed by dairy cattle at two stocking rates. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, Wellington, v. 30, p. 15-22, 1987.

LIU, Y.; WANG, D.; WANG, X.; BA, L.; SUN, W. Comparison of leaf turnover for *Leymuns chinensis* and *Phragmites communis* after grazing. **Chinese Journal of Applied Ecology**, Beijing, v. 13, n. 5, p. 573-576, 2002.

MARSHALL, C. Physiological aspects of pasture growth. In: SNAYDON, R.W. (Ed.). **Managed grasslands analytical studies**. Amsterdam: Science Publ., 1987. chap. 4, p. 29-46.

MARTIN, G.C. Apical dominance. **HortScience**, Alexandria, v. 22, n. 5, p. 824-833, 1987.

MATTHEW, C. **A study of seasonal root and tiller dynamics in swards of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.)**. 1992. 210 p. Thesis (Doctor of Philosophy in Plant Science) – Institute of Natural Resources, Massey University, Palmerston North, 1992.

MATTHEW, C. Translocation from flowering to daughter tillers in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 53, n. 1, p. 21-28, 2002.

MATTHEW, C.; ASSUERO, S.G.; BLACK, C.K.; SACKVILLE-HAMILTON, N.R. Tiller dynamics of grazed swards. In: LEMAIRE, G.; HODGSON, J.; MORAES, A.; CARVALHO, P.C.F.; NABINGER, C. (Ed.). **Grassland ecophysiology and grazing ecology**. Wallingford: CABI Publ., 2000. chap. 7, p. 127-150.

MATTHEW, C.; VAN LOO, E.N.; THOM, E.R.; DAWSON, L.A.; CARE, D.A. Understanding shoot and root development. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001, Piracicaba. **Proceedings ...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 19-27.

MONTAGNER, D.B. **Morfogênese e acúmulo de forragem em pastos de capim-mombaça submetido a intensidade de pastejo rotativo**. 2007. 163 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

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

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

NELSON, C.J. Shoot morphological plasticity of grasses: Leaf growth vs. tillering. In: LEMAIRE, G.; HODGSON, J.; MORAES, A.; CARVALHO, P.C.F.; NABINGER, C. (Ed.). **Grassland ecophysiology and grazing ecology**. Wallingford: CABI Publ., 2000, chap. 6, p. 101-126.

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

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

PEDREIRA, B.C. **Interceptação de luz, arquitetura e assimilação de carbono em dosséis de capim-xaraés [*Brachiaria brizantha* (A. Rich.) Stapf. cv. Xaraés] submetidos a estratégias de pastejo rotacionado**. 2006. 86 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

PEDREIRA, C.G.S.; PEDREIRA, B.C.; TONATO, F. Quantificação da massa e da produção de forragem em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DA PASTAGEM, 22., 2005, Piracicaba. **Anais ...** Piracicaba: FEALQ, 2005. p. 195-216.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 2002. 549 p.

RENVOIZE, S.A.; CLAYTON, W.D.; KABUYE, C.H.S. Morphology, taxonomy and natural distribution of *Brachiaria* (Trin.) Griseb. In: MILES, J.W.; MASS, B.L.; VALLE, C.B. (Ed.) ***Brachiaria*: biology, agronomy and improvement**. Cali: CIAT; 1996. chap. 1, p. 1-15.

SIMON, J.C.; LEMAIRE, G. Tillering and leaf area index in grasses in the vegetative phase. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 42, p. 373-380, 1987.

SYERS, J.K.; LINGARD, J.; PIERI, C.; EZCURRA, E.; FAURE, G. Sustainable land management for the semiarid and sub-humid tropics. **Ambio**, Stockholm, v. 25, p. 484-491, 1996.

VALENTINE, I.; MATTHEW, C. Plant growth, development and yield. In: WHITE, J.; HODGSON, J. (Ed.). **New Zealand pasture and crop science**. Auckland: Oxford University Press, 1999. p. 11-27.

VAN LOO, E.N. **On the relation between tillering, leaf area dynamics and growth of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.)**. 1993. 102 p. Thesis (Doctor of Philosophy in Plant Science) – Wageningen Agricultural University, Wageningen, 1993.

VOLTOLINI, T.V. **Adequação protéica em rações com pastagens ou com cana-de-açúcar e efeito de diferentes intervalos entre desfolhas da pastagem de capim Elefante sobre o desempenho lactacional de vacas leiteiras**. 2006. 167 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

WANG, S.; WANG, Y.; CHEN, Z. **Management for grazing ecological systems**. Beijing: Science Press, 2003. 138 p.

WEI, N.; DENG, S.W. The role of COP/DET/FUS genes in light control of Arabidopsis seedling development. **Plant Physiology**, New York, v. 112, n. 3, p. 871-878, 1996.

ZANINE, A.M. **Características morfogênicas, estruturais, acúmulo de forragem e valor nutricional do *Panicum maximum* cv. Tanzânia submetido a diferentes intensidades de frequências de pastejo**. 2007. 115 p. (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

2 DENSIDADE POPULACIONAL DE PERFILHOS E DINÂMICA DO PERFILHAMENTO EM PASTOS DE CAPIM-MARANDU SUBMETIDOS A ESTRATÉGIAS DE PASTEJO ROTATIVO

Resumo

O perfilhamento é essencial para o ajuste e adaptação das plantas forrageiras ao pastejo, e seu conhecimento importante para o planejamento e idealização de práticas de manejo. Este experimento teve por objetivo avaliar os padrões demográficos de perfilhamento, de perfilhos basais e aéreos, do capim-marandu submetido a estratégias de pastejo rotativo de outubro de 2004 a março de 2006. Os tratamentos corresponderam a combinações entre dois intervalos (tempo necessário para o dossel atingir 95 ou 100% de interceptação de luz durante a rebrotação – IL) e duas intensidades de pastejo (alturas pós-pastejo de 10 e 15 cm), e foram alocados às unidades experimentais (piquetes de 1200 m²) segundo um arranjo fatorial 2x2 e delineamento de blocos completos casualizados, com quatro repetições. A densidade populacional de perfilhos foi avaliada em três etapas de cada ciclo de pastejo: no pré-pastejo, no pós-pastejo e durante a rebrotação (a cada incremento de 5 cm em altura no dossel forrageiro). Foram também avaliados os padrões demográficos de perfilhamento e as respectivas taxas de aparecimento e mortalidade de perfilhos. De forma geral, pastos manejados com 95% de IL apresentaram maior densidade populacional de perfilhos basais que aqueles com 100% de IL (1000 e 896 perfilhos.m⁻²), especialmente no final de primavera e verão. Pastos manejados com 95% de IL apresentaram maiores taxas de aparecimento de perfilhos, tanto basais quanto aéreos, mas também maior mortalidade, caracterizando uma elevada renovação e um perfil mais jovem da população de perfilhos. No geral, os perfilhos aéreos contribuíram com 22 a 26% da densidade populacional de perfilhos no final de primavera e verão. O início da primavera é uma época crítica para restabelecimento de elevadas taxas de perfilhamento e crescimento dos pastos. A estratégia de pastejo mais adequada para o capim-marandu submetido a pastejo rotativo seria aquela com pastejos realizados aos 95% de IL durante a rebrotação (25 cm de altura) até uma altura de resíduo de 15 cm.

Palavras-chave: Altura do dossel; *Brachiaria brizantha*; Interceptação luminosa; Perfilhos aéreos; Perfilhos basais

Tiller population density and tillering dynamics in marandu palisadegrass swards subjected to strategies of rotational stocking

Abstract

Tillering is essential for the adjustment and adaptation of forage plants to grazing, and its knowledge important for planning and idealising management practices. The objective of this experiment was to evaluate the demographic patterns of tillering (basal

and aerial tillers) in marandu palisadegrass subjected to strategies of rotational stocking from October 2004 to March 2006. Treatments corresponded to combinations between two grazing intervals (time necessary for swards to intercept 95 or 100% light interception during regrowth – LI) and two grazing intensities (post-grazing heights of 10 and 15 cm), and were allocated to experimental units (1200m² paddocks) according to a 2x2 factorial arrangement and a complete randomised block design, with four replications. Tiller population density was measured in three opportunities during every regrowth cycle: at pre and post-grazing and during regrowth (at every 5 cm increase in sward height). Other measurements involved demographic patterns of tillering and their corresponding rates of tiller appearance and death. In general, swards grazed at 95% LI had higher tiller population density of basal tillers than those grazed at 100% LI (1000 and 896 tillers.m⁻²), particularly at the end of spring and summer. Tiller appearance (basal and aerial) and death rates were higher for swards grazed at 95% than at 100% LI, characterising a high turnover and a younger profile of the tiller population under the more frequent defoliation. Overall, aerial tillers contributed with 22 to 26% of total sward tiller population density at the end of spring and summer. The beginning of spring is a critical time of the year for re-establishing high rates of tillering and growth on swards. The most suitable grazing management strategy for marandu palisadegrass subjected to rotational stocking would be grazing at 95% LI during regrowth (equivalent to a pre-grazing height of 25 cm) to a post-grazing height of 15 cm.

Keywords: Sward height; *Brachiaria brizantha*; Sward light interception; Aerial tillers; Basal tillers

2.1 Introdução

Pastagens ocupam cerca de 25% do território brasileiro e são indiretamente responsáveis pelo suprimento da demanda de alimento de uma porção substancial da população. Por outro lado, são a modalidade de uso da terra que recebe menor atenção por parte de técnicos e produtores. Um dos motivos é a falta de conhecimento sobre a natureza complexa das inter-relações entre solo, planta e animal e da grande variedade de práticas de manejo utilizadas sem embasamento científico e, ou, técnico para plantas forrageiras tropicais. Para a compreensão desse complexo sistema de interações, típico do ecossistema pastagens, é importante entender como plantas e animais respondem às variações de meio ambiente ocasionadas pelas práticas de manejo empregadas, ou seja, a ecofisiologia da produção animal em pastagens (DA SILVA; NASCIMENTO JR., 2007). Parte importante desse conhecimento diz respeito à dinâmica da população e, conseqüentemente, da variação em densidade populacional de perfilhos no pasto.

Trabalhos recentes com plantas forrageiras tropicais têm demonstrado a importância de se controlar e de se definir o manejo do pastejo com base em metas de condição do pasto e não com base em uma escala cronológica arbitrária, definida com base no calendário juliano (dias) (DA SILVA, 2004). Em condições de pastejo rotativo, o momento ideal de se interromper a rebrotação parece ser quando o dossel intercepta 95% da luz incidente. Isso é o que ficou evidente a partir dos resultados de Carnevalli et al. (2006) e Barbosa et al. (2007) para os capins mombaça e tanzânia (cultivares de *Panicum maximum*), respectivamente, e de Pedreira et al. (2007) para o capim-xaraés (cultivar de *Brachiaria brizantha*). O capim-marandu (*Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich) cv. Marandu) é uma das espécies forrageiras mais utilizadas nas áreas de pastagens plantadas do país, mas só recentemente é que estudos relativos à sua ecofisiologia e ecologia do pastejo começaram a ser feitos (MARCELINO et al., 2006; MOLAN, 2004; SARMENTO, 2003; SARMENTO, 2007; SBRISSIA, 2004; SOUZA JR., 2007; TRINDADE, 2007; ZEFERINO, 2006).

Os padrões demográficos de perfilhamento constituem informação muito importante para o conhecimento sobre o “funcionamento” das plantas forrageiras, aspecto essencial para o planejamento de práticas de manejo eficientes. Eles determinam a densidade populacional de perfilhos (DPP) e o tamanho e a qualidade do índice de área foliar do dossel (IAF), este último considerado variável-chave para a composição das respostas das plantas forrageiras submetidas a regimes de desfolhação (LEMAIRE; CHAPMAN, 1996; MATTHEW et al., 2000). Com base no exposto, o objetivo deste experimento foi avaliar a demografia e a dinâmica do perfilhamento, tanto de perfilhos basais como de perfilhos aéreos, do capim-marandu submetido a estratégias de pastejo rotativo.

2.2 Material e métodos

O experimento foi realizado na Unidade Experimental de Plantas Forrageiras (UEPF), Departamento de Zootecnia, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP, cujas coordenadas geográficas aproximadas são: 22°42' de latitude sul, 47°37' de longitude oeste e 550 m de altitude (OMETTO, 1989). O relevo da área experimental classifica-se entre suave a moderadamente ondulado e o solo é um

Nitossolo Vermelho eutroférico, com horizonte A moderado e textura variando de argilosa a muito argilosa (EMBRAPA, 1999), de elevada fertilidade. As características químicas da camada 0-20 cm do solo antes do início do experimento eram: pH CaCl_2 : 5,6; MO (dg.dm^{-3}): 41; P (resina) (mg.dm^{-3}): 67; Ca ($\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$): 74; Mg ($\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$): 19; K ($\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$): 6,5; H + Al ($\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$): 36; S ($\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$): 99; T ($\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$): 134,8; V (%): 74.

A área com capim-marandu foi estabelecida em janeiro de 2001 e mantida sob lotação contínua até fevereiro de 2003, época em que passou a ser manejada sob pastejo rotativo até fevereiro de 2004, quando foi roçada a uma altura média de 8 cm em preparação para o experimento. Os tratamentos corresponderam à combinação entre duas intensidades (alturas pós-pastejo de 10 e 15 cm) e dois intervalos de pastejo (período de tempo necessário para o dossel atingir 95 e 100% de interceptação de luz durante a rebrotação – IL), e foram alocados às unidades experimentais (piquetes de 1200 m^2) segundo um delineamento de blocos completos casualizados em arranjo fatorial 2×2 , com 4 repetições, a partir de março de 2004. O período experimental, contudo, foi iniciado somente em outubro de 2004, e as avaliações foram realizadas até março de 2006. Os pastejos foram realizados por novilhas e vacas das raças Nelore e Canchim utilizando-se um número de animais a cada pastejo dimensionado de forma que o rebaixamento dos pastos acontecesse em período não superior a um dia (“mob grazing”; GILDERSLEEVE et al., 1987).

Foram realizadas adubações com nitrogênio, potássio e enxofre utilizando-se fertilizante comercial de formulação 30-00-20 contendo 6% de enxofre na forma de sulfato de amônio, equivalentes a um total de 190 kg.ha^{-1} de N aplicados de forma parcelada após os pastejos. Foram aplicados 30 kg.ha^{-1} entre novembro e dezembro/04; 30 kg.ha^{-1} entre janeiro e fevereiro/05; 50 kg.ha^{-1} em abril/05; 50 kg.ha^{-1} entre novembro e dezembro/05, e 30 kg.ha^{-1} entre dezembro/05 e janeiro/06.

Os dados climáticos durante o período em que foi realizado o experimento são mostrados na Figura 1. O extrato do balanço hídrico mensal (Figura 2) foi calculado considerando-se uma capacidade de armazenamento de água no solo (CAD) de 50 mm.

Figura 1 - Médias mensais e históricas de precipitação e temperatura de Março de 2004 a Março de 2006

Figura 2 - Extrato do balanço hídrico mensal de Outubro de 2004 a Março de 2006 (As setas indicam as épocas em que foram feitas as aplicações de nitrogênio nos pastos)

O monitoramento da interceptação luminosa pelo dossel foi feito no pós-pastejo, a cada incremento de 5 cm na altura do dossel durante a rebrotação, e a cada dois dias a partir da medição de 90% de IL até que as metas de 95 e 100% de IL fossem atingidas. O equipamento utilizado foi um aparelho analisador de dossel marca LI-COR modelo LAI 2000 (*LI-COR, Lincoln, Nebraska, EUA*), e as medições foram realizadas em dez estações de leitura por unidade experimental (locais onde a altura representava a condição média dos pastos no momento da amostragem). Em cada estação, foram tomadas cinco leituras no nível do solo e uma leitura acima do dossel, totalizando 50 leituras no nível do solo e dez acima do dossel por piquete. A altura do dossel foi determinada com a mesma frequência das avaliações de IL utilizando-se régua e folha de transparência (FAGUNDES et al., 1999), sendo tomadas 20 leituras ao longo de trajetórias definida *a priori* e utilizadas de forma consistente durante todo o período experimental para cada piquete.

A densidade populacional de perfilhos (DPP) foi determinada por meio da contagem do total de perfilhos existentes no interior de quatro armações metálicas de 0,25 m² (25 x 100 cm), posicionadas em pontos representativos da condição média do piquete no momento da avaliação. Essas contagens foram realizadas sistematicamente nas condições de pré e de pós-pastejo e a cada incremento de 5 cm na altura do dossel durante a rebrotação a partir da condição de pós-pastejo. Durante cada procedimento de contagem foram contabilizados de maneira separada os perfilhos com inflorescência visível. Os dados foram utilizados para o cálculo dos valores médios de DPP em três fases da rebrotação: início (imediatamente após a saída dos animais dos piquetes), intermediária (condição em que o dossel apresentava altura igual à média aritmética simples entre as condições de pré e de pós-pastejo – valor calculado após o encerramento do experimento e conhecidas as condições de pré e pós-pastejo) e final (imediatamente antes da entrada dos animais nos piquetes).

Para a avaliação dos padrões demográficos de perfilhamento, assim como das respectivas taxas de aparecimento e morte de perfilhos, foram utilizados quatro anéis de PVC de 30 cm de diâmetro, os quais foram fixados ao solo por meio de grampos metálicos em locais representativos da altura média do piquete por ocasião do início das avaliações. Em uma primeira avaliação todos os perfilhos existentes dentro de cada

anel foram marcados com arame revestido de plástico de uma determinada cor, contados e classificados em basais ou aéreos. A cada nova avaliação, realizada consistentemente no pós-pastejo, todos os perfilhos marcados existentes eram recontados, novos perfilhos marcados com uma cor diferente da utilizada nas marcações anteriores, e os arames dos perfilhos mortos recolhidos. Foram considerados mortos os perfilhos desaparecidos e aqueles secos ou em estágio avançado de senescência. Com base nas contagens foram calculadas as taxas de aparecimento (TAP) e morte (TMP) de perfilhos (CARVALHO et al., 2000). Como o intervalo de pastejo foi variável para os tratamentos, os valores das taxas foram calculados e ajustados para um período padrão de 30 dias (BAHMANI et al., 2003).

Em função dos intervalos variáveis de pastejo para cada tratamento e repetição, consequência da forma como os tratamentos foram definidos, os dados foram agrupados em épocas do ano dentro das quais o comportamento das variáveis estudadas era relativamente uniforme, mas que, entre si, representavam mudanças potencialmente importantes em padrão de resposta ao longo do período experimental: início de primavera de 2004 (IP 2004) = outubro e novembro de 2004; final de primavera de 2004 (FP 2004) = dezembro de 2004; verão de 2005 (V 2005) = janeiro a março de 2005; outono/inverno de 2005 (O/I 2005) = abril a setembro de 2005; início de primavera de 2005 (IP 2005) = outubro e novembro de 2005; final de primavera de 2005 (FP 2005) = dezembro de 2005; verão de 2006 (V 2006) = janeiro a março de 2006. Como as avaliações de incrementos em altura do dossel a cada 5 cm foram encerradas em novembro de 2005, os resultados relativos às fases de rebrotação foram agrupados em cinco épocas apenas (IP 2004, FP 2004, V 2005, O/I 2005 e IP 2005).

A análise estatística dos dados foi realizada utilizando-se o *PROC MIXED* do pacote estatístico SAS® (*Statistical Analysis System*), versão 8.2 para Windows®, (SAS INSTITUTE, 2006). Na escolha da matriz de variância e covariância foi utilizado o Critério de Informação de Akaike (WOLFINGER, 1993). Os efeitos de altura pós-pastejo, IL, época do ano e fase de rebrotação e suas interações foram considerados fixos e o efeito de blocos foi considerado aleatório (LITTEL et al., 2000). Todo o conjunto de dados foi testado de forma a assegurar que as prerrogativas básicas da análise de variância fossem atendidas utilizando-se o *SAS LAB* e, quando necessário,

os dados foram transformados antes de serem analisados. As médias dos tratamentos foram estimadas utilizando-se o *LSMEANS* e a comparação entre elas foi realizada por meio da probabilidade da diferença (*PDIFF*), usando o teste “t” de “Student” e um nível de significância de 10%.

2.3 Resultados

2.3.1 Densidade populacional de perfilhos

Os tratamentos de 95% de IL foram os que apresentaram menores valores de densidade populacional de perfilhos basais (DPPb) no início da primavera (2004 e 2005), enquanto que para os tratamentos de 100% de IL os menores valores foram registrados apenas no final da primavera de 2004 (Figura 3; $P=0,0285$). Não houve diferença entre os tratamentos de 95 e 100% de IL durante as épocas de início de primavera de 2004, verão e início de primavera de 2005. De maneira geral, valores crescentes de DPPb foram registrados do final da primavera de 2004 até o verão de 2005, os quais se mantiveram estáveis durante o outono/inverno de 2005, e diminuíram no início de primavera de 2005, voltando a aumentar novamente no final dessa estação, quando se mantiveram estáveis novamente até o verão de 2006 (Figura 3; $P<0,0001$).

IP = início de primavera (outubro e novembro); FP = final de primavera (dezembro); V = verão (janeiro a março) e OI = outono/inverno (abril a setembro)

Letras minúsculas comparam médias de época do ano dentro de níveis de IL

Letras maiúsculas comparam médias de IL dentro de épocas do ano

Figura 3 - Densidade populacional de perfilhos basais (perfilhos.m⁻²) no pré-pastejo de pastos de capim-marandu submetidos a estratégias de pastejo rotativo de outubro de 2004 a março de 2006

A DPPb variou com a fase da rebrotação para todos os tratamentos avaliados ($P < 0,0001$; Figura 4), sendo que os valores de DPPb foram menores no início, aumentaram na fase intermediária e tiveram mais um aumento até a fase final da rebrotação (834, 889 e 966 perfilhos.m⁻², respectivamente). Na fase intermediária do período de rebrotação o tratamento 95/10 apresentou maior valor de DPPb que os demais. Já na fase final da rebrotação (novo pré-pastejo) os tratamentos de 95% apresentaram maior DPP que os de 100% de IL ($P = 0,0243$).

Letras maiúsculas comparam médias das fases de rebrotação

Letras minúsculas comparam médias de tratamentos dentro de fases da rebrotação

Figura 4 - Densidade populacional de perfilhos basais (perfilhos.m^{-2}) nas fases de rebrotação de pastos de capim-marandu submetidos a estratégias de pastejo rotativo de outubro de 2004 a março de 2006

A densidade populacional de perfilhos aéreos (DPPa) apresentou variação sazonal ($P=0,0010$), seguindo padrão de variação análogo àquele descrito para a DPPb ao longo do ano (Figura 5).

IP = início de primavera (outubro e novembro); FP = final de primavera (dezembro); V = verão (janeiro a março) e OI = outono/inverno (abril a setembro)

Letras minúsculas comparam médias de época do ano dentro de tipos de perfilhos

Figura 5 - Densidade populacional de perfilhos basais e aéreos (perfilhos.m⁻²) no pré-pastejo de pastos de capim-marandu submetidos a estratégias de pastejo rotativo de outubro de 2004 a março de 2006

Os perfilhos aéreos corresponderam a 13 e 14% do total de perfilhos no início das primaveras de 2004 e 2005, respectivamente, participação essa que aumentou para 22 e 26% nas épocas de final de primavera e verão de 2004 e 2005 (Figura 6).

IP = início de primavera (outubro e novembro); FP = final de primavera (dezembro); V = verão (janeiro a março) e OI = outono/inverno (abril a setembro)

Figura 6 - Proporção (%) de perfilhos basais e aéreos no pré-pastejo de pastos de capim-marandu submetidos a estratégias de pastejo rotativo de outubro de 2004 a março de 2006

A DPPa foi menor na fase inicial e maior nas fases intermediária e final da rebrotação (137, 278 e 263 perfilhos.m⁻², respectivamente; $P=0,0010$), independentemente do nível de IL pré-pastejo (Figura 7). Houve diferença entre os tratamentos de IL somente na fase inicial da rebrotação ($P=0,0957$), com os tratamentos de 95% apresentando maiores valores de DPPa que os de 100% de IL (175 e 98 perfilhos.m⁻², respectivamente). A DPPa aumentou da fase inicial para a fase intermediária da rebrotação, mantendo um valor relativamente estável a partir da segunda metade da rebrotação, exceto no outono/inverno de 2005, época em que a DPPa diminuiu durante a segunda metade da rebrotação ($P=0,0010$).

Letras minúsculas comparam médias das fases de rebrotação dentro de níveis de IL

Figura 7 - Densidade populacional de perfilhos aéreos (perfilhos.m⁻²) nas fases inicial, intermediária e final de rebrotação de pastos de capim-marandu submetidos a estratégias de pastejo rotativo de outubro de 2004 a março de 2006

A proporção de perfilhos florescidos foi menor para os tratamentos de 95% em relação àqueles de 100% de IL (0,16 e 0,51%, respectivamente; $P=0,0002$). Os tratamentos 100/10 e 95/10 propiciaram a maior e a menor porcentagem de perfilhos florescidos, respectivamente ($P=0,0006$; Figura 8).

Letras minúsculas comparam médias de tratamentos

Figura 8 - Proporção de perfilhos florescidos (%) na densidade populacional de perfilhos pré-pastejo de pastos de capim-marandu submetidos a estratégias de pastejo rotativo de outubro de 2004 a março de 2006

O início de primavera de 2004 e o final de primavera de 2005 foram épocas do ano em que as proporções de perfilhos florescidos foram as mais elevadas ($P < 0,0001$; Figura 9). No final de primavera de 2004 os tratamentos que resultaram em maior e menor porcentagem de perfilhos florescidos foram o 100/10 e o 95/15, respectivamente ($P < 0,0001$). No final de primavera de 2005 o tratamento 100/10 apresentou a maior porcentagem de perfilhos florescidos.

IP = início de primavera (outubro e novembro); FP = final de primavera (dezembro); V = verão (janeiro a março) e OI = outono/inverno (abril a setembro)

Letras maiúsculas comparam médias de épocas do ano

Letras minúsculas comparam médias de tratamentos dentro de épocas do ano

Figura 9 - Proporção de perfilhos florescidos (%) na densidade populacional de perfilhos pré-pastejo de pastos de capim-marandu submetidos a estratégias de pastejo rotativo de outubro de 2004 a março de 2006

2.3.2 Taxas de aparecimento e mortalidade de perfilhos

No início de primavera de 2004 e 2005 o tratamento 95/15 apresentou maior TAPb, o tratamento 95/10 um valor intermediário e os tratamentos 100/15 e 100/10 os menores valores. Os menores valores de TAPb no verão de 2005, outono/inverno de 2005 e final de primavera de 2005 foram registrados para os tratamentos 95/10, 95/15 e 100/10, respectivamente (Figura 10a; $P=0,0848$). Com relação aos perfilhos aéreos, a maior TAPa foi registrada para o tratamento 95/15 em quase todas as épocas do ano, com exceção apenas da época de outono/inverno de 2005 (Figura 10b; $P=0,0881$).

IP = início de primavera (outubro e novembro); FP = final de primavera (dezembro); V = verão (janeiro a março) e OI = outono/inverno (abril a setembro)

Letras minúsculas comparam médias de tratamentos dentro de épocas do ano

Figura 10 - Taxa de aparecimento de perfilhos basais (a)* e aéreos (b)* de pastos de capim-marandu submetidos a estratégias de pastejo rotativo de outubro de 2004 a janeiro de 2006

*Análise realizada em dados transformados ($\log_{10}$)

Tanto para os tratamentos de 95% quanto para os de 100% de IL foram constatados os maiores valores de TMPb no final de primavera e verão de 2005, e o menor valor no outono/inverno de 2005. No início e final de primavera de 2004 não foi constatada diferença entre os tratamentos de IL. No verão e outono/inverno de 2005, pastos manejados com 95% de IL apresentaram menor TMPb que pastos manejados com 100% de IL. Já no início e final de primavera de 2005 e verão de 2006 ocorreu o oposto, ou seja, pastos manejados com 95% de IL apresentaram maiores valores de TMPb que pastos manejados com 100% de IL (Figura 11a; $P < 0,0001$).

IP = início de primavera (outubro e novembro); FP = final de primavera (dezembro); V = verão (janeiro a março) e OI = outono/inverno (abril a setembro)

Letras minúsculas comparam médias de época do ano dentro de IL

Figura 11 - Taxa de mortalidade de perfilhos basais (a)* e aéreos (b)* de pastos de capim-marandu submetidos a estratégias de pastejo rotativo de outubro de 2004 a janeiro de 2006

*Análise realizada em dados transformados ($\log_{10}$)

Com relação à taxa de mortalidade de perfilhos aéreos (TMPa), o menor valor foi registrado para os tratamentos de 95% de IL no início de primavera de 2004 o qual aumentou até atingir um pico no verão de 2005. Na estação seguinte (outono/inverno de 2005) a TMPa diminuiu e, voltou a aumentar a partir do final de primavera de 2005, atingindo pico no verão de 2006. Para os tratamentos de 100% de IL foi observado comportamento semelhante, exceção ao período de outono/inverno de 2005, época em que não houve redução da TMPa (Figura 11b; $P=0,0816$). O maior valor de TMPa foi registrado para o tratamento 100/15 (Figura 12; $P<0,0001$).

Letras minúsculas comparam médias de tratamentos

Figura 12 - Taxa de mortalidade de perfilhos aéreos* de pastos de capim-marandu submetidos a estratégias de pastejo rotativo de outubro de 2004 a janeiro de 2006

*Análise realizada em dados transformados ($\log_{10}$)

Ao longo de todo o período experimental foram registrados os maiores valores de TMPa para o tratamento 100/15, e os menores para os tratamentos 100/10 e 95/10, com o 95/15 apresentando valores intermediários (Figura 13; $P=0,0271$).

IP = início de primavera (outubro e novembro); FP = final de primavera (dezembro); V = verão (janeiro a março) e OI = outono/inverno (abril a setembro)
 Letras minúsculas comparam médias de tratamentos dentro de épocas do ano

Figura 13 - Taxa de mortalidade de perfilhos aéreos* de pastos de capim-marandu submetidos a estratégias de pastejo rotativo de outubro de 2004 a janeiro de 2006

*Análise realizada em dados transformados ($\log_{10}$)

2.4 Discussão

A densidade populacional de perfilhos (DPP) é o componente do IAF que permite maior flexibilidade de ajuste por parte da planta a diferentes regimes de desfolhação (SBRISSIA; DA SILVA, 2001). Alterações na DPP ocorrem quando o aparecimento excede ou não a mortalidade (BRISKE, 1991), definindo padrões temporais de variação na população de perfilhos ao longo de um determinado período de tempo (BAHMANI et al., 2003). Assim, a DPP é resultante de um processo dinâmico de aparecimento e morte de perfilhos que ocorre ao longo do ano segundo taxas variáveis (BULLOCK, 1996) e dependentes das ações de manejo (MATTHEW et al., 2000). Essas afirmações foram avaliadas no presente experimento, pois se constatou que as variações em DPP foram determinadas pelas oscilações sazonais nas taxas de aparecimento e morte de

perfilhos. A origem dos perfilhos, especificados e tratados separadamente como basais e aéreos, também pode exercer influência sobre as taxas de crescimento e acúmulo de forragem dos pastos, apresentando variações sazonais.

O intervalo de pastejo (níveis de IL pré-pastejo) foi o principal responsável pelas diferenças em DPP de perfilhos basais ao longo de todo o período experimental, apesar de não ter influenciado diretamente a TAPb. A manipulação freqüente dos anéis de perfilhamento pode ter gerado superestimativas das TAPb, principalmente nos pastos manejados segundo os maiores intervalos de pastejo (100% de IL) e, conseqüentemente, com maior altura do dossel (SOUZA JR., 2007). Essa manipulação pode ter permitido a entrada de luz adicional no interior do dossel, que normalmente não chegaria à sua base, contribuindo para um aumento no aparecimento de perfilhos e diminuindo a diferença entre os tratamentos de 95 e 100% de IL. Fato semelhante foi relatado por Sbrissia (2004) também para o capim-marandu quando submetido a intensidades de pastejo por meio de lotação contínua.

Em média, a DPP de perfilhos basais foi 11,6% maior nos pastos manejados com 95% em relação àqueles manejados com 100% de IL, e a TAPb, apesar da ausência de diferença significativa, foi 9% superior nos pastos manejados com 95% em relação àqueles com 100% de IL. Esse padrão de resposta corrobora os resultados de Barbosa (2004), obtidos em experimento análogo com capim-tanzânia, e de Marcelino et al. (2006), estudando intensidades e freqüências de corte em capim-marandu.

Para os tratamentos de 95% de IL observou-se que no início de primavera dos dois anos de avaliação a DPPb foi mais baixa do que nas outras épocas do ano (Figura 3), com mesmo padrão de comportamento registrado para as TAPb nessas mesmas épocas (Figura 10a). Sbrissia (2004) também registrou valores mais baixos de DPP durante o período de início de primavera, com elevação durante o final de primavera e pico no verão, comportamento semelhante ao registrado neste trabalho. Uebele (2002) e Barbosa (2004), trabalhando com os capins mombaça e tanzânia, respectivamente, de forma análoga a este experimento, também verificaram alta DPP durante o verão, enquanto Paciullo et al. (2002) e Carvalho et al. (2006) descreveram maior desenvolvimento de perfilhos basais do capim-elefante durante a primavera e o verão.

A partir do final de primavera de 2004, a DPPb aumentou até atingir seu valor máximo no verão, mantendo-se estável durante o outono/inverno de 2005, e diminuindo no início de primavera de 2005, quando voltou a aumentar no final de primavera de 2005 e verão de 2006 (Figura 3). Novamente, as TAPb apresentaram comportamento similar às variações em DPPb (Figura 10a), fato que sugere que durante o final da primavera o desenvolvimento da planta se dá a partir da produção de novos perfilhos, corroborando os resultados de Zeferino (2006), que avaliou os padrões morfogênicos e a dinâmica do acúmulo de forragem em experimento concomitante na mesma área experimental. Esse aumento na DPPb e TAPb a partir do início de primavera é coincidente com a melhoria das condições ambientais a partir dessa época do ano (Figuras 1 e 2), pois, como descrito por Mazzanti et al. (1994), os processos de formação, desenvolvimento, crescimento e senescência de perfilhos são influenciados por condições climáticas. Maiores valores de taxa de aparecimento de folhas (TApF) foram registrados por Zeferino (2006) durante o verão e final de primavera, fato que sustenta a constatação de Lemaire e Chapman (1996), Skinner e Nelson (1992) e Zarroug et al. (1984) de que a característica morfogênica que determina a DPP é a taxa de aparecimento de folhas. Outro fator que pode ter promovido maiores valores de DPPb e de TAPb a partir do início de primavera foi a aplicação das adubações nitrogenadas entre o início e final de primavera de 2004 e 2005, e no verão de 2005 e 2006 (Figura 2). De acordo com Davies (1971), Langer (1979) e Whitehead (1995), o nitrogênio estimula o perfilhamento. Contudo, a TMPb também foi crescente do início ao final de primavera e verão de ambos os anos (Figura 11a), caracterizando um padrão intenso de renovação e uma população de perfilhos com um perfil mais novo, o que poderia afetar o crescimento e o acúmulo de forragem dos pastos (CARVALHO, 2002; BARBOSA, 2004).

No outono/inverno, os valores de DPPb se mantiveram altos (Figura 3) apesar da baixa TAPb e baixa TApF (ZEFERINO, 2006), fato explicado pelos baixos valores de TMPb, o que contribuiu para que os perfilhos sobrevivessem por mais tempo (Figura 11a). Esse padrão de comportamento corrobora os resultados de Hirata e Pakiding (2001), que relataram que baixas TMP estão normalmente associadas com maior longevidade de perfilhos. Assim, a TMPb assumiu importância relativa maior que a

TAPb na determinação da DPP nessa época do ano. Esse padrão de resposta foi também relatado por Bahmani et al. (2003) para azevém perene durante a primavera.

Os tratamentos 95/15, apesar de terem resultado em menor TAPb no outono/inverno de 2005, propiciaram maior TAPb na estação seguinte, o início de primavera de 2005 (Figura 10a), o que sugere que essa condição foi efetiva em assegurar produção nesse período crítico de transição, quando os pastos estão saindo de uma situação de acúmulo negativo de forragem durante o inverno (SARMENTO, 2007) e iniciando um novo ciclo produtivo. Além disso, Zeferino (2006) também reportou que piquetes nesta condição, por terem maior área foliar residual, poderiam promover restabelecimento mais rápido do pasto, o que também foi constatado por Sarmento (2007), pois segundo Van Loo (1992), a parte não desfolhada do perfilho pode funcionar como um *pool* de substrato cujo material pode ser usado prontamente durante a rebrotação. Os tratamentos 95/15 foram efetivos em manter altas TAPb durante quase todas as épocas do ano, com exceção apenas do outono/inverno de 2005, quando as condições de temperatura e precipitação não foram favoráveis ao crescimento (Figuras 1 e 2). Os tratamentos 95/10 também contribuíram com altas TAPb durante todas as épocas do ano, com exceção do verão de 2005 (Figura 10a), mas de forma menos acentuada do que o ocorrido com os tratamentos 95/15.

Isso ratifica a afirmação de Sackville Hamilton et al. (1995) de que baixa intensidade luminosa na base do dossel interfere na atividade do perfilhamento em pastos com alturas elevadas e, também, a de Westoby (1984), de que folhas crescendo em ambientes sombreados podem apresentar balanço negativo de carbono, favorecendo o processo de senescência e morte dessas folhas e, conseqüentemente, dos perfilhos que as sustentam. Nesse sentido, Korte (1986) mencionou que maiores valores de DPP são esperados em pastos sujeitos a desfolhações mais freqüentes, uma vez que o efeito de sombreamento é diminuído e a planta otimiza seu IAF por meio do aumento no número de perfilhos por unidade de área. Além disso, há prioridade de alocação de assimilados para o crescimento dos perfilhos já existentes em detrimento à formação de novos perfilhos em condições de plantas submetidas a sombreamento (DAVIES et al., 1983).

Outro fator importante que interfere no perfilhamento é a qualidade da luz incidente. Segundo Bahmani et al. (2000), a competição por luz é um importante fator na regulação do perfilhamento, que se dá por meio da modificação da qualidade da luz no interior do dossel, enquanto o suprimento de carbono é o fator mais importante que afeta a sobrevivência dos perfilhos existentes. De acordo com Ballaré et al. (1987), a absorção da luz vermelha (650-680 nm) (V) e a não absorção da luz vermelho-distante (710-740nm) (Vd) (TAIZ; ZEIGER, 2004) pela clorofila modificam intensamente a disponibilidade e a qualidade da radiação luminosa nos diferentes estratos verticais do dossel, e a baixa relação vermelho:vermelho-distante (V:Vd) é relacionada com redução no perfilhamento por meio de atraso no desenvolvimento das gemas axilares dos perfilhos (BARNES; BUGBEE, 1992; CASAL et al., 1986; GAUTIER et al., 1999). Assim, a qualidade da luz incidente pode ter sido um dos fatores que promoveu maior DPP de perfilhos basais nos pastos submetidos aos tratamentos de 95% em relação àqueles de 100% de IL no presente experimento.

Zeferino (2006), em experimento concomitante a este na mesma área experimental avaliando a morfogênese do capim-marandu, reportou que os tratamentos de 95% de IL resultaram em elevados valores de TApF, o que é coerente e fator predisponente da maior DPP registrada, como já citado anteriormente. Assim, os maiores valores de TApF, juntamente com a maior incidência de luz na base do dossel, devem ter estimulado o perfilhamento.

A taxa de mortalidade de perfilhos basais (TMPb) foi 15% maior para os tratamentos de 95% comparativamente aos de 100% de IL, confirmando os resultados de diversos estudos que relataram maiores taxas de mortalidade associadas com pastejos mais frequentes (HERNÁNDEZ GARAY et al., 1999; MATTHEW, 1992). Esse fato reafirma o comportamento já citado anteriormente, de que os tratamentos 95/15 induziram uma maior renovação de perfilhos, o que resultou em uma população mais jovem, principalmente nas épocas mais favoráveis ao crescimento. Além disso, como havia maior área foliar residual (SARMENTO, 2007), a planta pôde investir mais em perfilhamento em uma época em que as gerações que sobreviveram durante todo o inverno estavam desaparecendo. Esse fato é determinante e sugestivo de uma menor longevidade e maior renovação de perfilhos, promovendo um padrão mais jovem da

população de plantas no pasto na época em que as condições ambientais são mais favoráveis ao crescimento. A idade dos perfilhos pode interferir no ritmo morfogênico e de crescimento das plantas forrageiras tropicais, fato esse atestado pelos trabalhos de Carvalho (2002) e Barbosa (2004) com *P. maximum* em que foram relatadas maiores taxas de aparecimento e alongamento de folhas em perfilhos jovens (0 a 2 meses de idade) em relação aos velhos (mais de 4 meses de idade). Adicionalmente, foi relatado também que quanto menor a frequência de desfolhação maiores eram as diferenças entre perfilhos novos e velhos, caracterizando progressiva perda de vigor com o avanço da idade dos perfilhos. Esse fato sugere que o manejo da desfolhação poderia atuar como atenuador desse processo por meio de práticas de manejo (frequência e intensidade de desfolhação e adubação nitrogenada) que favorecessem uma rápida renovação de perfilhos. Nesse contexto, o intervalo de pastejo seria particularmente importante na determinação e nas variações de densidade populacional de perfilhos, uma vez que teria efeito direto sobre os padrões de aparecimento e morte de perfilhos.

No outono/inverno de 2005 os tratamentos que proporcionaram maior TAPb foram aqueles de altura pós-pastejo 10 cm (Figura 10a), e essa foi a única época avaliada em que esse comportamento foi observado. Contudo, não foi constatada maior taxa de crescimento ou de acúmulo de forragem nesse período e nem nos períodos subsequentes (início e final de primavera de 2005) com esses tratamentos (ZEFERINO, 2006). Entretanto, essa maior TAPb nessa época do ano deve ter alguma importância biológica que não foi esclarecida no presente estudo, e provavelmente pode ser uma adaptação estrutural para prover uma condição inicial de rebrotação mais favorável logo no início da nova estação de crescimento.

Com relação aos tratamentos de 100% de IL, as variações entre épocas do ano foram menores (Figura 3). Nos pastos submetidos a esses tratamentos houve maior taxa de alongamento (ZEFERINO, 2006) e maior proporção de colmos na massa de forragem pré-pastejo (SARMENTO, 2007), resultando, conseqüentemente, em maior altura pré-pastejo do dossel forrageiro (SOUZA JR., 2007). Nessa condição, a disponibilidade de luz no interior do dossel provavelmente foi melhor, o que pode ter contribuído para atenuar maiores variações em DPP de perfilhos basais ao longo do período avaliado. Esses resultados estão de acordo com resultados da literatura que

indicam redução da população de perfilhos com aumento na altura do dossel (BARBOSA, 2004; BIRCHAM; HODGSON, 1983; MATTHEW et al., 1995; SBRISSIA, 2004). A maior proporção de perfilhos florescidos no início e final de primavera de 2004 para os tratamentos 100/10 e 100/15 (Figura 9), indicativa de um florescimento mais intenso, pode ter resultado em menor DPPb nos tratamentos de 100% de IL nessa época do ano (Figura 3), com subsequente aumento na estação seguinte (verão de 2005). Esse padrão de resposta é compatível com aquele descrito por Marshall (1987), em que o perfilhamento também é afetado pelo desenvolvimento reprodutivo das plantas, uma vez que os fotoassimilados são diretamente direcionados para o desenvolvimento da inflorescência e não investidos na formação de novos perfilhos, podendo o crescimento das gemas ser retomado após a emergência da inflorescência.

A DPPa foi influenciada apenas pela época do ano, não tendo sido afetada pelos tratamentos estudados. Apesar da ausência de diferença entre tratamentos na DPPa, de forma geral a TAPa foi 23% maior e a TMPa 71% menor para os tratamentos de 95% relativamente àqueles de 100% de IL, mas o comportamento ao longo das estações do ano seguiu padrão semelhante para ambos os níveis de IL avaliados (Figura 11b). Essa alta TMPa para os tratamentos de 100% de IL foi decorrente principalmente da alta TMPa resultante do tratamento 100/15, uma vez que o tratamento 100/10 foi o que apresentou menor TMPa (Figura 12). Considerando-se que, como as avaliações de aparecimento e morte de perfilhos eram feitas sempre no pós-pastejo, e que com resíduo mais alto os colmos ocuparam estratos mais elevados do dossel (SOUZA JR., 2007), adicionado à constatação visual de que a maioria dos perfilhos aéreos se localizava na parte superior do dossel, sua remoção durante o pastejo deve ter sido facilitada, o que provavelmente resultou nessa maior mortalidade com o resíduo pós-pastejo de 15 cm. Evidência disso é que, no geral, os valores de TMPa dos tratamentos de altura pós-pastejo 15 cm foram cerca de 80% superiores àqueles dos tratamentos de altura pós-pastejo 10 cm.

A variação em DPPa apresentou comportamento semelhante àquele descrito para DPPb ao longo dos períodos avaliados (Figura 5), ou seja, valores crescentes de DPPa foram registrados do final da primavera de 2004 até o verão de 2005, os quais se mantiveram estáveis durante o outono/inverno de 2005, e diminuiram no início de

primavera de 2005, voltando a aumentar durante o final da primavera de 2005, quando se mantiveram estáveis novamente até o verão de 2006. Esses resultados corroboram aqueles relatados por Paciullo et al. (2002) e Carvalho et al. (2006), que também reportaram maior DPPa nas estações do ano que favoreceram o crescimento das plantas. Zeferino (2006) descreveu padrão de variação sazonal da TApF de perfilhos aéreos semelhante ao de perfilhos basais, o que pode ter refletido nessa variação sazonal de perfilhamento aéreo, com padrão semelhante à do perfilhamento basal. Os valores de TApF de perfilhos aéreos foram mais altos durante os períodos de verão, início e final de primavera (ZEFERINO, 2006). Nesse caso, as maiores TApF registradas por esse autor no início de primavera podem ter contribuído para o aumento na DPPa na estação seguinte, ou seja, no final de primavera. No período de outono/inverno Zeferino (2006) registrou as menores TApF de perfilhos aéreos. Assim, pode-se verificar que houve estreita ligação entre essas variáveis e as condições ambientais, principalmente disponibilidade de água e temperatura (Figuras 1 e 2) (PEARSON; ISON, 1997). De uma maneira consistente, as TAPa também foram crescentes do final de primavera de 2004 até o verão de 2005, mas foram menores no outono/inverno de 2005, voltando a aumentar a partir do início de primavera de 2005, atingindo valor máximo no final de primavera de 2005 e verão de 2006. As TMPa acompanharam o padrão das TAPa, com exceção do outono/inverno de 2005, quando as TMPa foram superiores às TAPa, explicando a redução em DPPa nessa época do ano. Comportamento semelhante foi registrado na estação seguinte (início de primavera de 2005) (Figura 14b).

De forma análoga ao ocorrido para a população de perfilhos basais, no início de primavera de ambos os anos foram registrados os menores valores de DPPa. Apesar disso, Zeferino (2006) registrou as maiores TApF dessa categoria de perfilhos no início e final da primavera e durante o verão. Mas no início da primavera, apesar de altas TApF, foram também registradas as maiores taxas de senescência para essa categoria de perfilhos (ZEFERINO, 2006), o que pode ter contribuído para a menor DPPa registrada.

Os perfilhos aéreos representaram uma contribuição importante para a DPP total dos pastos no final de primavera e verão de ambos os anos, uma vez que contribuíram

com 22 a 26% do total de perfilhos (Figura 6) e foram responsáveis por cerca de 40% do acúmulo líquido de forragem dos pastos, constituído em sua grande maioria por folhas (ZEFERINO, 2006). Esse fato sugere que a produção de perfilhos aéreos poderia corresponder a um mecanismo para rápido aumento temporário do IAF dos pastos, quando as condições ambientais são apropriadas, com menor investimento em colmos, padrão de resposta que está de acordo com o postulado por Carvalho (2002) para o capim-tanzânia. Essa significativa participação no acúmulo líquido de forragem pode ser advinda de um perfil mais jovem da população desses perfilhos, que tiveram alta TAPa e TMPa, o que fez com que se tornassem menos longevos. Por esse motivo, da mesma maneira que para os perfilhos basais, pode-se supor que os perfilhos aéreos mais jovens também possuem altas taxas de aparecimento e alongamento de folhas, como registrado para perfilhos basais por Carvalho (2002) e Barbosa (2004). Já no início de primavera de ambos os anos sua contribuição relativa para a DPP foi menor, variando de 13 a 14% do total (Figura 6), sendo sua contribuição para o acúmulo de forragem pouco significativa (Zeferino, 2006).

Os tratamentos 95/15 proporcionaram alta TAPa em todas as épocas do ano (Figura 10b), mas também alta TMPa (Figura 13), contribuindo com uma grande renovação de perfilhos aéreos no dossel e resultando, assim, em perfilhos aéreos mais jovens em relação aos demais tratamentos. Isso confere com a afirmação feita por Zeferino (2006), de que maior intensidade e frequência de pastejo podem ter resultado em maior relação V:Vd no interior do dossel, favorecendo a ativação de gemas laterais e, conseqüentemente, estimulando o perfilhamento aéreo, de forma análoga ao já explicado anteriormente para os perfilhos basais.

Assim, pode-se presumir que os fatores que regem as TAP de perfilhos basais e aéreos são praticamente os mesmos (Figuras 14 a e b), pois os padrões de comportamento das TAPb e TAPa ao longo do ano foram semelhantes. De maneira geral, o período de final de primavera (outubro e novembro) é crítico para o restabelecimento dos pastos após o período de seca, pois é nessa época que as taxas de aparecimento de perfilhos começam a aumentar, garantindo assim a persistência dos pastos durante o final de primavera e verão, épocas em que os fatores climáticos são favoráveis ao crescimento.

Letras minúsculas comparam médias de épocas do ano

Figura 14 - Taxas de aparecimento* e mortalidade* de perfilhos basais (a) e aéreos (b) de pastos de capim-marandu submetidos a estratégias de pastejo rotativo de outubro de 2004 a janeiro de 2006

*Análise realizada em dados transformados (log10)

Quanto às fases de avaliação ao longo da rebrotação, a DPPb foi crescente (Figura 4). A partir disso pode-se supor que não ocorreu estabilização do número de perfilhos durante o período de rebrotação para nenhum dos tratamentos estudados, especialmente quando se compara esse resultado com os valores de IAF total dos pastos (Capítulo 4), que também foram crescentes ao longo das fases de avaliação (0,65, 3,00 e 5,80 para as fases inicial, intermediária e final de rebrotação, respectivamente). Lemaire e Chapman (1996) relataram que, sob pastejo rotativo, a DPP aumenta após a retirada dos animais até o IAF atingir um valor relativamente constante, quando então começa a diminuir devido à mortalidade de perfilhos menores, o que não foi constatado neste trabalho para essa categoria de perfilhos, pois DPPb e IAFb aumentaram consistentemente ao longo da rebrotação. Nesse sentido, Carnevalli (2003) descreveu estabilização no número de perfilhos em pastos de capim-mombaça manejados com 100% de IL a partir da metade do período de rebrotação durante o verão, e Barbosa et al. (2001) registraram maior número de perfilhos de capim-tanzânia

no início do período de rebrotação, com decréscimo linear após o pastejo mas incrementos concomitantes nos valores de IAF do dossel.

Entretanto, quanto à DPPa, somente no início da fase de rebrotação os tratamentos de 100% apresentaram valores menores que os de 95% de IL (Figura 7). Essa menor DPPa na fase inicial de rebrotação pode ser resultante de maior arranquio de perfilhos aéreos durante o pastejo, e, além disso, pastos manejados com 100% de IL apresentaram altura superior aos de 95% de IL (SARMENTO, 2007), o que pode ter favorecido ainda mais seu arranquio. Diferentemente do que ocorreu com os perfilhos basais, a DPPa aumentou na fase intermediária de rebrotação no outono/inverno de 2005, diminuindo na fase final (condição pré-pastejo) (Figura 7). Concomitantemente, a contribuição dos perfilhos aéreos para o IAF dos pastos nesse mesmo período aumentou do início até a fase intermediária do período de rebrotação, diminuindo depois até a fase final (8, 13 e 10% para as fases inicial, intermediária e final do período de rebrotação, respectivamente). Nesse caso, pode-se inferir que houve um mecanismo de compensação baseado na teoria de Matthew et al. (1995), de que a produção de perfilhos cessa quando o IAF ótimo é alcançado e começa um processo de competição por luz e morte de perfilhos.

A altura pós-pastejo não influenciou a DPP de perfilhos basais e aéreos, resultado esse que corrobora aqueles de Barbosa (2004), Carvalho et al. (2006), Lopes (2006), Santos (2002), e Uebele (2002). Essa ausência de resposta pode ser um indicativo de que a amplitude entre as intensidades de pastejo utilizadas não foi suficientemente grande para gerar diferenças.

Os tratamentos de 100% de IL floresceram mais que aqueles de 95% de IL (0,51 e 0,16% de perfilhos florescidos, respectivamente), e também apresentaram maior taxa de alongamento de colmos (TAIC) (ZEFERINO, 2006). Assim, pode-se inferir que o florescimento foi afetado pelos tratamentos, sendo observado principalmente o efeito de intervalo de pastejo. O maior intervalo, resultante dos tratamentos 100/10, proporcionou maior florescimento (Figura 9), fato que também foi observado por Carnevalli (2003), e Barbosa (2004). Assim, pode-se inferir que o controle do florescimento por meio do manejo do pastejo foi efetivo com a maior frequência de desfolhação, no caso os tratamentos 95/15, para os quais foi registrado menor florescimento em praticamente

todas as épocas do ano, com exceção do início de primavera de 2004. Nesse contexto, essa diferença em florescimento nos dois anos de avaliação, principalmente entre o início de primavera de 2004 e 2005, pode ser explicada pelo manejo dos pastos durante o período que antecedeu o início das avaliações de campo (SARMENTO, 2007). No início do experimento a estrutura do dossel ainda estaria em fase de adaptação aos novos regimes de desfolhação sendo impostos pelos tratamentos experimentais aplicados no final do verão/início do outono, em março de 2004. Além disso, no início de primavera de 2004 o balanço hídrico foi mais favorável ao crescimento do que no início de primavera de 2005 (Figura 2), iniciando-se, portanto, o florescimento no final de primavera de 2005.

Nota-se que no final de primavera de 2005 o maior florescimento foi proporcionado quase que exclusivamente pelos tratamentos 100/10 (Figura 10), fato condizente com o maior alongamento de colmos registrado para os tratamentos de 100% de IL nessa época do ano (ZEFERINO, 2006), assim como com a ausência de aumento em DPPb para esses mesmos tratamentos (Figura 3) e com as maiores TMPb nesse período (Figura 11a), isso porque o perfilhamento é significativamente reduzido em dosséis em estágio reprodutivo (MARSHALL, 1987).

2.5 Conclusões

O capim-marandu apresenta elevado grau de flexibilidade e plasticidade que lhe permite se adaptar a uma ampla gama de condições de crescimento e de estratégias de manejo.

Os perfilhos aéreos podem prover potencial para rápida regeneração da área foliar, particularmente no final da primavera, pois a partir deles são emitidas folhas na área superior do dossel, com menor investimento em alongamento de colmos. Entretanto, a contribuição para a biomassa total, assim como a significância fisiológica desses perfilhos ainda necessita ser melhor compreendida.

Pastos de capim-marandu devem ser pastejados quando o dossel atinge uma interceptação de 95% de IL durante a rebrotação e rebaixados a uma altura de resíduo de 15 cm, com exceção do período de outono/inverno, época em que poderia haver algum benefício de se reduzir o resíduo para 10 cm. Entretanto, essa alteração de

resíduo pós-pastejo no outono/inverno ainda necessita ser estudada em detalhes para avaliação de sua eficácia em melhorar a produção de forragem e o desempenho dos pastos.

Referências

- BAHMANI, I.; THOM, E.R.; MATTHEW, C.; HOOPER, R.J.; LEMAIRE, G. Tiller dynamics of perennial ryegrass cultivars derived from different New Zealand ecotypes: effects of cultivar, season, nitrogen fertilizer, and irrigation. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 54, n. 8, p. 803-817, 2003.
- BAHMANI, I.; HAZARD, L.; VARLET-GRANCHER, C.; MATTHEW, C.; LANGLAIST, A.; LEMAIRE, G.; THOM, E.R. Differences in tillering of long and short-leaved perennial ryegrass genotypes under full light and shade treatments. **Crop Science**, Madison, v. 40, p. 1095-1102, 2000.
- BALLARÉ, C.L.; SÁNCHEZ, R.A.; SCOPEL, A.L.; CASAL, J.J.; GHERSA, C.M. Early detection of neighbor plants by phytochrome perception of changes in reflected sunlight. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v. 10, p. 551-557, 1987.
- BARBOSA, R.A. **Características morfofisiológicas e acúmulo de forragem em capim-tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia) submetido a frequências e intensidades de pastejo**. 2004. 119 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.
- BARBOSA, R.A.; NASCIMENTO JR., D.; EUCLIDES, V.P.B.; REGAZZI, A.J.; FONSECA, D.M. Tiller dynamics of *Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia-1 after grazing. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001, São Pedro. **Proceedings ...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 40-41.
- BARBOSA, R.A.; NASCIMENTO JR., D.; EUCLIDES, V.P.B.; DA SILVA, S.C.; ZIMMER, A.H.; TORRES JR., R.A.A. Capim-tanzânia submetido a combinações entre intensidade e frequência de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 3, p. 329-340, 2007.
- BARNES, C.; BUGBEE, B. Morphological responses of wheat to blue light. **Journal of Plant Physiology**, Oxford, v. 139, p. 339-342, 1992.
- BIRCHAM, J.S.; HODGSON, J. The influence of sward condition on rates of herbage growth and senescence in mixed swards under continuous stocking management. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 38, n. 4, p. 323-331, 1983.
- BRISKE, D.D. Developmental morphology and physiology of grasses. In: HEITSCHMIDT, R.K.; STUTH, J.W. (Ed.). **Grazing management**. Portland: Timber, 1991. chap. 4, p. 85-108.

BULLOCK, J.M. Plant competition and community dynamics. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. (Ed.). **The ecology and management of grazing systems**, Wallingford: CAB International, 1996. chap. 3, p. 69-100.

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

CARNEVALLI, R.A.; DA SILVA, S.C.; BUENO, A.A.O.; UEBELE, M.C.; BUENO, F.O.; SILVA, G.N.; MORAES, J.P. Herbage production and grazing losses in *Panicum maximum* cv. Mombaça under four grazing managements. **Tropical Grasslands**, Brisbane, v. 40, p. 156-176, 2006.

CARVALHO, C.A.B.; PACIULLO, D.S.C.; ROSSIELLO, R.O.P.; DERESZ, F. Dinâmica do perfilhamento em capim-elefante sob influência da altura do resíduo pós-pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 1, p. 145-152, 2006.

CARVALHO, C.A.B.; DA SILVA, S.C.; SBRISSIA, A.F.; PINTO, L.F.M.; CARNEVALLI, R.A.; FAGUNDES, J.L.; PEDREIRA, C.G.S. Demografia do perfilhamento e acúmulo de matéria seca em capim Tifton-85 submetido a pastejo. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 4, p. 591-600, 2000.

CARVALHO, D.D. **Leaf morphogenesis and tillering behaviour in single plants and simulated swards of Guinea grass (*Panicum maximum* Jacq.) cultivars**. 2002. 186p. Thesis (Doctor of Philosophy in Plant Science) – Institute of Natural Resources, Massey University, Palmerston North, 2002.

CASAL, J.J.; SANCHEZ, R.A.; DEREGIBUS, V.A. The effect of plant density on tillering: the involvement of R/FR ratio and the proportion of radiation intercepted per plant. **Environmental and Experimental Botany**, Oxford, v. 26, p. 365-371, 1986.

DA SILVA, S.C. Fundamentos para o manejo do pastejo de plantas forrageiras dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2., 2004, Viçosa. **Anais ... Viçosa**: Ed. Suprema, 2004. p. 347-385.

DA SILVA, S.C.; NASCIMENTO JR., D. Ecofisiologia da produção animal em pastagens e suas implicações sobre o desempenho e a produtividade de sistemas pastoris. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 4., 2007, Viçosa. **Anais ... Viçosa**: Editora Suprema, 2007. p. 1-48.

DAVIES, A. Changes in growth rate and morphology of perennial ryegrass swards at high and low nitrogen levels. **Journal of Agricultural Science**, New York, v. 77, p. 123-134, 1971.

DAVIES, A.; EVANS, M.E.; EXLEY, J.K. Regrowth of perennial ryegrass as affected by simulated leaf sheaths. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 101, p. 131-137, 1983.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA Produção de Informação, 1999. 412 p.

FAGUNDES, J.L.; DA SILVA, S.C.; PEDREIRA, C.G.S; SBRISSIA, A.F.; CARNEVALLI, R.A.; CARVALHO, C.A.B.; PINTO, L.F.M. Índice de área foliar, interceptação luminosa e acúmulo de forragem em pastagens de cynodon spp. sob diferentes intensidades de pastejo. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 1141-1150, 1999.

GAUTIER, H.; VARLET-GRANCHER, C.; HAZARD, L. Tillering responses to the light environment and to defoliation in populations of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) selected for contrasting leaf length. **Annals of Botany**, Oxford, v. 83, p. 423-429, 1999.

GILDERSLEEVE, R.R.; OCUMPAUGH, W.R.; QUESENBERRY, K.H.; MOORE, J.E.; Mob-grazing morphologically different *Aeschynomene* species. **Tropical Grasslands**, Brisbane, v. 21, n. 3, p. 123-132, 1987.

HERNÁNDEZ-GARAY, A.H.; MATTHEW, C.; HODGSON, J. Tiller size/density compensation in perennial ryegrass miniature swards subject to differing defoliation heights and a proposed productivity index. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 54, n. 4, p. 347-356, 1999.

HIRATA, M.; PAKIDING, W. Tiller dynamics in a bahia grass (*Paspalum notatum*) pasture under cattle grazing. **Tropical Grasslands**, Brisbane, v. 35, n. 3, p. 151-160, 2001.

KORTE, C.J. Tillering in "Grasslands Nui" perennial ryegrass swards. 2. Seasonal pattern of tillering and age of flowering tillers with two mowing frequencies. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, Wellington, v. 29, p. 629-638, 1986.

LANGER, R.H.M. Tillering. In: LANGER, R.H.M. (Ed.). **How grasses grow**. London: Edward Arnold, 1979. chap. 5, p. 19-25.

LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plant communities. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. (Ed.) **The ecology and management of grazing systems**. London: CAB International, 1996. chap. 1, p. 3-36.

LITTEL, R.C.; PENDERGAST, J.; NATARAJAN, R. Modelling covariance structure in the analysis of repeated measures data. **Statistics in Medicine**, Boston, v. 19, p. 1793-1819, 2000.

LOPES, B.A. **Características morfofisiológicas e o acúmulo de forragem em capim-mombaça submetido a regimes de desfolhação**. 2006. 228 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

MARCELINO, K.R.A.; NASCIMENTO JR., D.; DA SILVA, S.C.; EUCLIDES, V.P.B.; FONSECA, D.M. Características morfológicas e estruturais e produção de forragem do capim-marandu submetido a intensidades de frequências de desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 6, p. 2243-2252, 2006.

MARSHALL, C. Physiological aspects of pasture growth. In: SNAYDON, R.W. (Ed.). **Managed grasslands: analytical studies ecosystems of the world**. Amsterdam: Elsevier Science, 1987. p. 29-46.

MATTHEW, C. **A study of seasonal root and tiller dynamics in swards of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L)**. 1992. 210 p. Thesis (Doctor of Philosophy in Plant Science) – Institute of Natural Resources, Massey University, Palmerston North, 1992.

MATTHEW, C.; ASSUERO, S.G.; BLACK, C.K.; SACKVILLE-HAMILTON, N.R. Tiller dynamics of grazed swards. In: LEMAIRE, G.; HODGSON, J.; MORAES, A.; CARVALHO, P.C.F.; NABINGER, C. (Ed.). **Grassland ecophysiology and grazing ecology**. Wallingford: CABI Publ., 2000. chap.7, p.127-150.

MATTHEW, C.; LEMAIRE, G.; SACKVILLE HAMILTON, N.R.; HERNANDEZ GARAY, A. A modified self-thinning equation to describe size/density relationships for defoliated swards. **Annals of Botany**, Oxford, v. 76, p. 579-587, 1995.

MAZZANTI, A.; LEMAIRE, G.; GASTAL, F. The effect of nitrogen fertilization upon the herbage production of tall fescue swards continuously grazed with sheep. 1. Herbage growth dynamics. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 49, n. 3, p. 352-359, 1994.

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

OMETTO, J.C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 425 p.

PACIULLO, D.S.C.; DERESZ, F.; COELHO, A.D.F. Características morfológicas e estruturais e acúmulo de forragem em pastagem de capim-elefante manejado sob pastejo rotativo em diferentes estações do ano. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais ...** Recife: SBZ, 2002. 1 CD-ROM.

PEARSON, C.J.; ISON, R.L. **Agronomy of grassland systems**. Cambridge: Cambridge University Press, 1997. 218 p.

PEDREIRA, B.C.; PEDREIRA, C.G.S.; SILVA, S.C. Estrutura do dossel e acúmulo de forragem de *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés em resposta a estratégias de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, p. 281-287, 2007.

SACKVILLE HAMILTON, N.R.; MATTHEW, C.; LEMAIRE, G. In defence of the - 3/2 boundary rule: a re-evaluation of self thinning concepts and status. **Annals of Botany**, Oxford, v. 76, p. 569-577, 1995.

SANTOS, P.M. **Controle do desenvolvimento de hastes do capim-tanzânia: um desafio**. 2002. 98 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

SARMENTO, D.O.L. **Comportamento ingestivo de bovinos em pastos de capim-marandu submetidos a regimes de lotação contínua**. 2003. 76 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

_____. **Produção, composição morfológica e valor nutritivo da forragem em pastos de *Brachiaria brizantha* (Hochst ex A. Rich) Stapf. cv Marandu submetidos a estratégias de pastejo rotativo por bovinos de corte**. 2007. 144 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

SAS INSTITUTE. Disponível em: <<http://sasdocs.ucdavis.edu>>. Acesso em: 10 ago. 2006.

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

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

SKINNER, R.H.; NELSON, C.J. Estimation of potential tiller production and site usage during tall fescue canopy development. **Annals of Botany**, Oxford, v. 70, p. 493-499, 1992.

SOUZA JR., S.J. **Estrutura do dossel, interceptação de luz e acúmulo de forragem em pastos de capim-marandu submetidos a estratégias de pastejo por bovinos de corte**. 2007. 122p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2003. 719 p.

TRINDADE, J.K. **Modificações na estrutura do pasto e no comportamento ingestivo de bovinos durante o rebaixamento do capim-marandu submetido a estratégias de pastejo rotacionado**. 2007. 162 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

UEBELE, M.C. **Padrões demográficos de perfilhamento e produção de forragem em pastos de capim-mombaça submetidos a regimes de lotação intermitente**. 2002. 79 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

VAN LOO, E.N. Tillering, leaf expansion and growth of plants of two cultivars of perennial ryegrass grown using hydroponics at two water potentials. **Annals of Botany**, Oxford, v. 70, p. 511-518, 1992.

WESTOBY, M. The self-thinning rule. **Advances in Ecological Research**, Oxford, v. 14, p. 41-76, 1984.

WHITEHEAD, D.C. **Grassland nitrogen**. Wallingford : CAB International, 1995. 397 p.

WOLFINGER, R.D. Covariance structure selection in general mixed models. **Communications in Statistics Simulation and Computation**, Philadelphia, v. 22, n. 4, p. 1079-1106, 1993.

ZARROUGH, K.M.; NELSON, C.J.; SLEPER, D.A. Interrelationships between rates of appearance and tillering in selected tall fescue populations. **Crop Science**, Madison, v. 24, p. 565-569, 1984.

ZEFERINO, C.V. **Morfogênese e dinâmica do acúmulo de forragem em pastos de capim-marandu [*Brachiaria bruzantha* (Hochst. Ex A. Rich) cv. Marandu] submetidos a regimes de lotação intermitente por bovinos de corte**. 2006. 193 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

3 SOBREVIVÊNCIA E ESTABILIDADE DE POPULAÇÕES DE PERFILHOS EM PASTOS DE CAPIM-MARANDU SUBMETIDOS A ESTRATÉGIAS DE PASTEJO ROTATIVO

Resumo

Práticas de manejo do pastejo interferem no equilíbrio dinâmico de populações de plantas em pastagens, podendo afetar a longevidade, persistência e produtividade dos pastos. O objetivo deste experimento foi avaliar a sobrevivência e a estabilidade de populações de perfilhos em pastos de capim-marandu submetidos a estratégias de pastejo rotativo de outubro de 2004 a março de 2006. Os tratamentos corresponderam a combinações entre dois intervalos (tempo necessário para o dossel atingir 95 ou 100% de interceptação de luz durante a rebrotação – IL) e duas intensidades de pastejo (alturas pós-pastejo de 10 e 15 cm). Estes foram alocados às unidades experimentais (piquetes de 1200 m²) segundo um arranjo fatorial 2 x 2 e delineamento de blocos completos casualizados, com quatro repetições. A partir de avaliações de demografia do perfilhamento, foram determinadas as taxas de aparecimento, mortalidade e sobrevivência, as quais foram utilizadas para calcular o índice de estabilidade das populações de perfilhos. Tanto para os tratamentos de 95 quanto para os de 100% de IL foi constatado um padrão sazonal semelhante de variação em sobrevivência de perfilhos basais e aéreos ao longo do experimento, com maior sobrevivência no período frio e seco do ano (outono/inverno), e subsequente redução no início de primavera, mantendo-se estável até o final dessa estação. Os perfilhos que apareceram no outono/inverno, tanto basais quanto aéreos, foram os que permaneceram vivos por mais tempo relativamente àqueles que surgiram no início de primavera, final de primavera e verão. O outono/inverno foi a única época do ano em que todos os tratamentos apresentaram índices de estabilidade da população de perfilhos (IE) inferiores ou próximos a 1,0. Entretanto, no início de primavera de 2005, nenhum tratamento apresentou IE inferior a 1,0 e, por esse motivo, pode-se presumir que os tratamentos utilizados não foram drásticos o suficiente para comprometer a produção de perfilhos pelas plantas. Os perfilhos aéreos possuem papel importante para a rebrotação dos pastos no início da estação de crescimento, assim como para a plasticidade do capim-marandu em termos de adaptação às práticas de manejo utilizadas. Contudo, para que se possa conhecer melhor sua função e importância, estudos adicionais, mais específicos, são necessários.

Palavras-chave: Altura do dossel; *Brachiaria brizantha*; Interceptação luminosa; Perfilhos aéreos; Perfilhos basais; Probabilidade de sobrevivência de perfilhos

Tiller population survival and stability in marandu palisadegrass swards subjected to strategies of rotational stocking

Abstract

Grazing management practices affect the dynamic equilibrium of forage plants in pastures, interfering with their persistence, longevity and productivity. The objective of this experiment was to evaluate the survival and the stability of tiller populations in marandu palisadegrass swards subjected to strategies of rotational stocking from October 2004 to March 2006. Treatments corresponded to combinations between two grazing intervals (time necessary for swards to intercept 95 or 100% light interception during regrowth – LI) and two grazing intensities (post-grazing heights of 10 and 15 cm), and were allocated to experimental units (1200m² paddocks) according to a 2x2 factorial arrangement and a complete randomised block design, with four replications. From measurements of tiller demography, the rates of tiller appearance, death and survival were determined and used to calculate the tiller population stability index. There was a common pattern of variation in tiller survival for aerial and basal tillers throughout the experimental period for both the 95 and 100% LI treatments, characterised by a higher survival during autumn/winter and a subsequent reduction and stabilisation in spring. Tillers produced during autumn/winter, basal and aerial, remained alive for longer in relation to those produced in early and late spring and summer. Autumn/winter was the only season of the year when all treatments showed tiller population stability index (SI) lower than or equal to 1.0, an indicative that the grazing treatments used were not severe enough to compromise tiller production. Aerial tillers played an important role during regrowth at the beginning of the pasture growing season (spring) as well as for the plasticity of marandu palisadegrass in adapting to grazing management practices. However, in order to better understand the function and importance of aerial tillers to plant responses to grazing, further research is necessary.

Keywords: Sward height; *Brachiaria brizantha*; Sward light interception; Aerial tillers; Basal tillers; Tiller survival probability

3.1 Introdução

O capim-marandu (*Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich) cv. Marandu) é cultivado em cerca de 70 milhões de hectares no Brasil e calcula-se que, em 2006, os benefícios econômicos gerados com a utilização desse capim foram superiores a 3,9 bilhões de reais (EMBRAPA, 2006). Entretanto, estima-se que a degradação atinja cerca de 50% da área de pastagens formadas na Amazônia (DIAS-FILHO, 2005) e 80% no Brasil Central, representando entre 25 a 40 milhões de hectares (BARCELLOS, 1996). Estima-se, ainda, que as plantas desse gênero ocupem em torno de 7,6 milhões de hectares somente no Estado de São Paulo, e que aproximadamente 50% desse total

já se encontram em algum estágio de degradação (FNP, 2003; FERREIRA et al., 1999).

O manejo inadequado da pastagem é um dos principais fatores que contribuem para torná-la susceptível à degradação, sendo que as práticas inadequadas de manejo do pastejo, que não levam em conta o ritmo de crescimento do capim, constituem a mais importante causa de degradação (DA SILVA; NASCIMENTO JR., 2007; DIAS-FILHO, 2005). Assim, a persistência das pastagens é um fator crucial para a sustentabilidade de sistemas pastoris de produção animal.

Em pastagens, a unidade de crescimento primário é o fitômero, formador dos perfilhos, sendo estes responsáveis pelo acúmulo da biomassa aérea em uma pastagem (HODGSON, 1990). A densidade populacional de perfilhos é resultante de um processo dinâmico de aparecimento e morte (BULLOCK, 1996), e corresponde a um *pool* de tecidos meristemáticos responsáveis pelo crescimento e recomposição da área foliar pós-pastejo. Assim, o entendimento dos processos que interferem no perfilhamento é essencial para melhor compreensão da ecologia das pastagens, premissa básica para o planejamento e desenvolvimento de estratégias de manejo eficientes e eficazes (MURPHY; BRISKE, 1992). O equilíbrio entre aparecimento e morte de perfilhos e, por conseqüência, seu padrão de sobrevivência, depende do regime de desfolhação utilizado, o que determina a evolução do índice de área foliar (IAF) do pasto que, por sua vez, é fator-chave no controle tanto do aparecimento quanto da morte de perfilhos (VALENTINE; MATTHEW, 1999).

A persistência das pastagens é dependente da habilidade que as plantas têm de substituir e, ou, manter perfilhos vivos e produtivos. Esta, por sua vez, é determinada pela disponibilidade de fatores climáticos de crescimento e fortemente influenciada pelas estratégias de desfolhação empregadas (MATTHEW et al., 2000). Todavia, muitas vezes variações significativas em densidade populacional podem ser detectadas sem que variações significativas correspondentes em aparecimento e morte de perfilhos tenham sido registradas quando da análise individual desses componentes da dinâmica do processo de perfilhamento. Esse fato sugere a necessidade de uma avaliação integrada das taxas de aparecimento e morte de perfilhos, uma vez que variações não significativas em aparecimento e morte podem, quando associadas, gerar variações significativas em número de perfilhos. Como forma de permitir esse tipo de análise,

diagramas de estabilidade de populações de perfilhos foram utilizados por Bahmani et al. (2003) para avaliação de cultivares de azevém perene. Esses diagramas levam em consideração um índice baseado na relação entre as taxas de sobrevivência e de aparecimento de perfilhos. Quando o índice é igual a 1 significa que a população de perfilhos está em equilíbrio e permanece estável. Valores inferiores a 1 significam que os pastos têm sua estabilidade comprometida, indicando que a população de perfilhos tende a diminuir uma vez que o aparecimento de novos perfilhos não seria suficientemente grande relativamente à sobrevivência de perfilhos para manter a densidade populacional. Por outro lado, valores superiores a 1 indicam que a população tende a aumentar (BAHMANI, et al., 2003). O balanço entre aparecimento e morte de perfilhos também é uma informação importante para o entendimento dos mecanismos de persistência das plantas forrageiras em ambientes de pastagem, uma vez que é determinante da sustentabilidade da população de plantas (HIRATA; PAKIDING, 2001).

Estudos dessa natureza com plantas forrageiras tropicais, em que a ecofisiologia e a ecologia do pastejo são avaliados de forma detalhada, particularmente para o capim-marandu, são recentes (MARCELINO et al., 2006; MOLAN, 2004; SARMENTO, 2003; SARMENTO, 2007; SBRISSIA, 2004; SOUZA JR., 2007; TRINDADE, 2007; ZEFERINO, 2006), mas têm contribuído para o entendimento das estratégias de resistência e resposta das plantas ao pastejo. O conhecimento mais detalhado acerca do processo de perfilhamento e de sua relação com a dinâmica da população de perfilhos poderia assegurar condições para melhor compreensão das respostas de plantas forrageiras sob pastejo, premissa básica para a definição de práticas de manejo que respeitem os requerimentos e os limites de resistência das plantas, favorecendo a persistência e produtividade da pastagem. Com base no exposto, o objetivo deste experimento foi avaliar os efeitos de estratégias de pastejo rotativo sobre a sobrevivência e a estabilidade de populações de perfilhos basais e aéreos em pastos de capim-marandu.

3.2 Material e métodos

O experimento foi realizado na Unidade Experimental de Plantas Forrageiras (UEPF), Departamento de Zootecnia, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP, cujas coordenadas geográficas aproximadas são 22°42' de latitude sul, 47°37' de longitude oeste e 550 m de altitude (OMETTO, 1989). O relevo da área experimental classifica-se entre suave a moderadamente ondulado e o solo é um Nitossolo Vermelho eutroférico, com horizonte A moderado e textura variando de argilosa a muito argilosa (EMBRAPA, 1999), de elevada fertilidade. As características químicas da camada 0-20 cm do solo antes do início do experimento foram: pH CaCl_2 : 5,6; MO (dg.dm^{-3}): 41; P (resina) (mg.dm^{-3}): 67; Ca ($\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$): 74; Mg ($\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$): 19; K ($\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$): 6,5; H + Al ($\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$): 36; S ($\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$): 99; T ($\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$): 134,8; V (%): 74.

Os pastos de capim-marandu foram estabelecidos em janeiro de 2001 e mantidos sob lotação contínua até fevereiro de 2003, época em que passaram a ser manejados sob pastejo rotativo até fevereiro de 2004, quando foram roçados a uma altura média de 8 cm em preparação para o experimento. Os tratamentos corresponderam à combinação entre duas intensidades (alturas pós-pastejo de 10 e 15 cm) e dois intervalos de pastejo (período de tempo necessário para o dossel atingir 95 e 100% de interceptação de luz durante a rebrotação – IL). Estes foram alocados às unidades experimentais (piquetes de 1200 m²) segundo um arranjo fatorial 2x2 e delineamento de blocos completos casualizados, com 4 repetições, a partir de outubro de 2004. As avaliações foram efetuadas até março de 2006. Os pastejos foram realizados por novilhas e vacas das raças Nelore e Canchim sendo o número de animais utilizados a cada pastejo dimensionado de forma que o rebaixamento dos pastos acontecesse em período não superior a um dia (“mob grazing” ; GILDERSLEEVE et al., 1987).

Foram realizadas adubações utilizando-se fertilizante comercial de formulação 30-00-20 contendo 6% de enxofre na forma de sulfato de amônio, equivalentes a um total de 190 kg.ha⁻¹ de N aplicados de forma parcelada após os pastejos. As quantidades de nitrogênio aplicadas e suas respectivas épocas de aplicação durante o período experimental foram: 30 kg.ha⁻¹ entre novembro e dezembro/04; 30 kg.ha⁻¹ entre janeiro

e fevereiro/05; 50 kg.ha⁻¹ em abril/05; 50 kg.ha⁻¹ entre novembro e dezembro/05; 30 kg.ha⁻¹ entre dezembro/05 e janeiro/06.

Os dados climáticos durante o período em que foi realizado o experimento são mostrados na Figura 1. O extrato do balanço hídrico mensal (Figura 2) foi calculado considerando-se uma capacidade de armazenamento de água no solo (CAD) de 50 mm.

Figura 1 - Médias mensais e históricas de precipitação e temperatura de outubro de 2004 a Março de 2006

Figura 2 - Extrato do balanço hídrico mensal de Outubro de 2004 a Março de 2006 (As setas indicam as épocas em que foram feitas as aplicações de nitrogênio nos pastos)

O monitoramento da interceptação luminosa pelo dossel foi feito no pós-pastejo, a cada incremento de 5 cm na altura do dossel durante a rebrotação e a cada dois dias a partir da constatação de 90% de IL até que as metas de 95 e 100% de IL fossem atingidas. O equipamento utilizado foi um aparelho analisador de dossel marca LI-COR modelo LAI 2000 (LI-COR, Lincoln, Nebraska, EUA). As medições foram realizadas em dez estações de leitura por unidade experimental (loais onde a altura representava a condição média dos pastos no momento da amostragem). Foram tomadas cinco leituras no nível do solo e uma leitura acima do dossel em cada estação, totalizando 50 leituras no nível do solo e dez acima do dossel por piquete. A altura do dossel foi determinada com a mesma freqüência das avaliações de IL utilizando-se régua e folha de transparência como referência horizontal (FAGUNDES et al., 1999), sendo tomadas 20 leituras ao longo de trajetórias definida *a priori* e utilizadas de forma consistente durante todo o período experimental para cada piquete.

Para a avaliação dos padrões demográficos de perfilhamento foram utilizados quatro anéis de PVC de 30 cm de diâmetro, fixados ao solo por meio de grampos metálicos em locais representativos da altura média do pasto por ocasião do início das avaliações. Um total de seis a nove gerações de perfilhos foi identificado em avaliações

sucessivas após cada pastejo (gerações “a” a “h”). Para proporcionar uma visão geral da sobrevivência de cada geração durante o período experimental, foi calculada a probabilidade de sobrevivência a partir da proporção de perfilhos remanescentes em cada geração, expressa como porcentagem do número de perfilhos inicialmente marcados (BAHMANI et al., 2003). Foram calculadas as taxas de aparecimento (TAP), morte (TMP) e sobrevivência (TSP) de perfilhos (CARVALHO et al., 2000). Como o intervalo de pastejo foi variável para os tratamentos, os valores das taxas foram calculados e ajustados para um período padrão de 30 dias, e utilizados para o cálculo do índice de estabilidade da população de perfilhos (BAHMANI et al., 2003) a partir da equação $P_f/P_i = TSP (1+TAP)$. Nesta equação, P_f/P_i corresponde à população atual ou final de perfilhos (P_f) expressa como proporção da população original ou inicial de perfilhos em um determinado período de avaliação qualquer (P_i), e TSP e TAP correspondem, respectivamente, às taxas de sobrevivência e aparecimento de perfilhos durante esse mesmo período. Foi também calculado o balanço entre as taxas de aparecimento e morte de perfilhos (PAKIDING; HIRATA, 1999).

Como os intervalos de pastejo foram variáveis tanto para tratamentos como para repetições, consequência da maneira pela qual os tratamentos foram definidos, os dados foram agrupados em épocas do ano dentro das quais o comportamento das variáveis estudadas era relativamente uniforme, mas que, entre si, representavam mudanças potencialmente importantes em padrão de resposta ao longo do período experimental: início de primavera de 2004 (IP 2004) = outubro e novembro de 2004; final de primavera de 2004 (FP 2004) = dezembro de 2004; verão de 2005 (V 2005) = janeiro a março de 2005; outono/inverno de 2005 (O/I 2005) = abril a setembro de 2005; início de primavera de 2005 (IP 2005) = outubro e novembro de 2005; final de primavera de 2005 (FP 2005) = dezembro de 2005; verão de 2006 (V 2006) = janeiro a março de 2006.

A análise estatística dos dados foi realizada utilizando-se o PROC MIXED do pacote estatístico SAS® (*Statistical Analysis System*), versão 8.2 para Windows®, (SAS INSTITUTE, 2007). Na escolha da matriz de variância e covariância foi utilizado o Critério de Informação de Akaike (WOLFINGER, 1993). Assim, foi possível detectar os efeitos das causas de variação principais (altura pós-pastejo, IL e época do ano) bem

como da interação entre elas. Os efeitos de altura pós-pastejo, IL, e época do ano e suas interações foram considerados fixos e o efeito de blocos foi considerado aleatório (LITTEL et al., 2000). Todo o conjunto de dados foi testado de forma a assegurar que as prerrogativas básicas da análise de variância fossem atendidas utilizando-se o SAS LAB e, quando necessário, os dados foram transformados antes de serem analisados. As médias dos tratamentos foram estimadas utilizando-se o “LSMEANS” e a comparação entre elas foi realizada por meio da probabilidade da diferença (“PDIFF”), usando o teste “t” de “Student” e um nível de significância de 10%.

3.3 Resultados

3.3.1 Taxas de sobrevivência de perfilhos

Os tratamentos de altura pós-pastejo 15 cm resultaram em maior taxa de sobrevivência de perfilhos basais (TSPb) que aqueles de altura pós-pastejo 10 cm (81,5 e 80,1 perfilhos.100 perfilhos⁻¹.30 dias⁻¹, respectivamente; P=0,0956). No início de primavera de 2004 e 2005, final de primavera de 2005 e verão de 2006 os tratamentos de 95% resultaram em menor taxa de sobrevivência de perfilhos basais (TSPb) que aqueles de 100% de IL (Figura 3a; P=0,0001). Os maiores valores de TSPb foram registrados no outono/inverno de 2005 e os menores no final de primavera e verão de ambos os anos de avaliação.

IP = início de primavera (outubro e novembro); FP = final de primavera (dezembro); V = verão (janeiro a março) e OI = outono/inverno (abril a setembro)

Letras minúsculas comparam médias de época do ano dentro de níveis de IL

Figura 3 - Taxa de sobrevivência de perfilhos basais (a)* e aéreos (b)* em pastos de capim-marandu submetidos a estratégias de pastejo rotativo de outubro de 2004 a janeiro de 2006

* Análise realizada em dados transformados ($\exp^2$)

Menor taxa de sobrevivência de perfilhos aéreos (TSPa) foi registrada para o tratamento 100/15 no início e final de primavera de 2004 e início de primavera de 2005. No verão e final de primavera de 2005 e verão de 2006 os maiores valores de TSPa foram registrados para os tratamentos 95/10 e 100/10, os menores para o tratamento 100/15, com valores intermediários para o tratamento 95/15. O tratamento 95/10 apresentou maior TSPa no outono/inverno de 2005, enquanto que o tratamento 100/15 apresentou o menor valor, sendo que os tratamentos 95/15 e 100/10 apresentaram valores intermediários (Figura 4; $P < 0,0001$).

IP = início de primavera (outubro e novembro); FP = final de primavera (dezembro); V = verão (janeiro a março) e OI = outono/inverno (abril a setembro)

Letras minúsculas comparam médias de tratamentos dentro de épocas do ano

Figura 4 - Taxa de sobrevivência de perfilhos aéreos* em pastos de capim-marandu submetidos a estratégias de pastejo rotativo de outubro de 2004 a janeiro de 2006

* Análise realizada em dados transformados ($\exp^2$)

3.3.2 Probabilidade de sobrevivência de gerações de perfilhos

Nas Tabelas 1 a 4 são apresentadas as probabilidades de sobrevivência das gerações de perfilhos basais e aéreos (a até h) observadas entre outubro de 2004 e janeiro de 2006. As gerações “a” foram inicialmente marcadas em março de 2004, mas optou-se por apresentar os dados a partir de outubro de 2004, seguindo o mesmo padrão das outras variáveis analisadas.

De uma maneira geral, o período total de vida dos perfilhos variou bastante, mas, independentemente do tratamento avaliado e do tipo de perfilho considerado, basal ou aéreo, houve redução rápida em sobrevivência durante os 2 ou 3 primeiros meses de vida (Tabelas 1, 2, 3 e 4). Nos pastos submetidos ao tratamento 95/15, a geração de perfilhos basais que apareceu em outubro de 2004 (início de primavera de 2004) durou

6 meses, enquanto que aquelas surgidas em outras épocas do ano sobreviveram por pelo menos 10 meses. A geração de perfilhos aéreos que surgiu nesse mesmo mês sobreviveu por 3 meses. Já a que apareceu em dezembro de 2004 (final de primavera de 2004) durou quatro meses, enquanto que aquelas surgidas em outras épocas do ano sobreviveram por pelo menos 8 meses (Tabela 1).

Tabela 1 - Probabilidade de sobrevivência de gerações (a até h) de perfilhos basais e aéreos em pastos de capim-marandu submetidos a pastejo rotativo com 95% de IL pré-pastejo e 15 cm de altura pós-pastejo de outubro de 2004 a janeiro de 2006

	Basais								Aéreos							
	Gerações								Gerações							
	a*	b	c	d	e	f	g	h	a*	b	c	d	e	f	g	H
out/04	0,25	1,00							0,10	1,00						
nov/04	0,11	0,67							0,01	0,60						
dez/04	0,08	0,54	1,00							0,60	1,00					
jan/05	0,01	0,26	0,61							0,40	0,52					
fev/05	0,02	0,12	0,40	1,00							0,24	1,00				
mar/05	0,01	0,08	0,32	0,87	1,00	1,00					0,14	0,71	1,00	1,00		
abr/05		0,03	0,11	0,41	0,59	0,60	1,00				0,04	0,25	0,31	0,37	1,00	
mai/05			0,01	0,12	0,35	0,38	0,74					0,04	0,04	0,05	0,22	
jun/05			0,01	0,12	0,35	0,38	0,74					0,04	0,04	0,05	0,22	
jul/05			0,01	0,12	0,35	0,38	0,74					0,04	0,04	0,05	0,22	
ago/05			0,01	0,12	0,35	0,38	0,74					0,04	0,04	0,05	0,22	
set/05			0,01	0,12	0,35	0,38	0,74					0,04	0,04	0,03	0,22	
out/05			0,01	0,12	0,35	0,38	0,74					0,04	0,04	0,03	0,22	
nov/05			0,01	0,04	0,14	0,18	0,72					0,02	0,02	0,02	0,07	
dez/05				0,01	0,05	0,09	0,68								0,04	1,00
jan/06					0,03	0,04	0,48	0,85							0,02	0,60
Sobr	13	6	11	10	10	10	#	#	8	3	4	9	8	8	9	#

* Geração originalmente marcada em março de 2004, durante período pré-experimental.

Sobr. = número de meses que a população inicialmente marcada permaneceu viva, obtida pela contagem dos meses entre a marcação inicial e o completo desaparecimento da geração.

Geração não acompanhada durante todo o seu tempo de vida.

A geração de perfilhos basais do tratamento 100/15 que surgiu em agosto de 2004 (outono/inverno de 2004) apresentou menor longevidade (8 meses de vida) que aquelas surgidas em outras épocas, que sobreviveram por mais de dez meses. A geração de perfilhos aéreos surgida em janeiro de 2005 (verão de 2005) foi a que apresentou menor período de vida (2 meses de vida), enquanto as que surgiram em outras épocas do ano apresentaram longevidade superior a 7 meses (Tabela 2).

Tabela 2 - Probabilidade de sobrevivência de gerações (a até f) de perfilhos basais e aéreos em pastos de capim-marandu submetidos a pastejo rotativo com 100% de IL pré-pastejo e 15 cm de altura pós-pastejo de outubro de 2004 a janeiro de 2006

	Basais						Aéreos					
			Gerações						Gerações			
	a*	b**	c	d	e	f	a*	b**	c	d	e	F
out/04	0,15	0,82					0,06	0,15				
nov/04	0,10	0,82					0,04	0,10				
dez/04	0,05	0,61					0,01	0,05				
jan/05	0,01	0,24	1,00						1,00			
fev/05		0,10	0,82	1,00					0,71			
mar/05		0,06	0,40	0,79					0,29			
abr/05		0,02	0,06	0,59	1,00					1,00	1,00	
mai/05			0,06	0,23	0,31					0,32	0,11	
jun/05			0,06	0,23	0,31					0,32	0,11	
jul/05			0,06	0,23	0,31					0,32	0,11	
ago/05			0,06	0,23	0,31					0,32	0,11	
set/05			0,06	0,23	0,31					0,32	0,11	
out/05			0,04	0,23	0,31					0,32	0,11	
nov/05			0,02	0,09	0,21	1,00				0,14	0,06	1,00
dez/05			0,01	0,03	0,07	0,66					0,02	0,60
jan/06				0,03	0,05	0,62						0,43
Sobr.	10	8	11	11	#	#	9	9	2	7	8	#

* Geração originalmente marcada em março de 2004, durante período pré-experimental.

** Geração originalmente marcada em agosto de 2004, durante período pré-experimental.

Sobr. = número de meses que em a população inicialmente marcada permaneceu viva, obtida pela contagem dos meses entre a marcação inicial e o completo desaparecimento da geração.

Geração não acompanhada durante todo o seu tempo de vida.

Para o tratamento 95/10 não houve muita diferença entre o tempo de vida das gerações de perfilhos basais, que variou de 8 a 13 meses, independentemente da época do ano avaliada. As gerações de perfilhos aéreos que surgiram em setembro de 2004 (final do outono/inverno de 2004) e janeiro de 2005 (verão de 2005) sobreviveram por 3 meses, enquanto que aquelas que surgiram nas outras épocas do ano sobreviveram por 8 a 9 meses (Tabela 3).

Tabela 3 - Probabilidade de sobrevivência de gerações (a até f) de perfilhos basais e aéreos em pastos de capim-marandu submetidos a pastejo rotativo com 95% de IL pré-pastejo e 10 cm de altura pós-pastejo de outubro de 2004 a janeiro de 2006

	Basais						Aéreos					
	Gerações						Gerações					
	a *	b **	c	d	e	f	a *	b **	c	d	e	F
out/04	0,13	0,88	1,00					1,00				
nov/04	0,05	0,69	0,66					0,33				
dez/04	0,02	0,36	0,55	1,00				0,17				
jan/05		0,09	0,20	0,53					1,00			
fev/05		0,08	0,18	0,44					0,27	1,00		
mar/05		0,03	0,07	0,35	1,00				0,20	0,51	1,00	
abr/05		0,01	0,02	0,16	0,55				0,07	0,19	0,20	
mai/05		0,01	0,02	0,16	0,55					0,03	0,20	
jun/05		0,01	0,02	0,16	0,55					0,03	0,20	
jul/05		0,01	0,02	0,16	0,55					0,03	0,20	
ago/05		0,01	0,02	0,16	0,55					0,03	0,20	
set/05		0,01	0,02	0,16	0,55					0,03	0,20	
out/05		0,01	0,01	0,09	0,29	1,00				0,03	0,13	
nov/05				0,03	0,08	0,91				0,03	0,07	
dez/05				0,01		0,70						1,00
jan/06												0,73
Sobr.	9	13	12	12	8	#		3	3	9	8	#

* Geração originalmente marcada em março de 2004, durante período pré-experimental.

** Geração originalmente marcada em setembro de 2004, durante período pré-experimental.

Sobr. = número de meses que em a população inicialmente marcada permaneceu viva, obtida pela contagem dos meses entre a marcação inicial e o completo desaparecimento da geração.

Geração não acompanhada durante todo o seu tempo de vida.

De forma análoga ao descrito para o tratamento 95/10, não houve diferença significativa entre o tempo de vida das gerações de perfilhos basais para o tratamento 100/10, que variou de 9 a 13 meses. As gerações de perfilhos aéreos que apareceram em julho de 2004 (final do outono/inverno de 2004), novembro de 2004 (início de primavera de 2004) e março de 2005 (final do verão de 2005) sobreviveram por 3 meses, com exceção daquela que apareceu no início do outono/inverno de 2004 (abril de 2004), que sobreviveu por 8 meses, à semelhança daquela que apareceu em junho de 2005 (outono/inverno de 2005), com sobrevivência superior a 7 meses (Tabela 4).

Tabela 4 - Probabilidade de sobrevivência de gerações (a até f) de perfilhos basais e aéreos em pastos de capim-marandu submetidos a pastejo rotativo com 100% de IL pré-pastejo e 10 cm de altura pós-pastejo de outubro de 2004 a janeiro de 2006

	Basais						Aéreos					
			Gerações						Gerações			
	a*	b**	c	d	e	f	a*	b**	c	d	e	F
out/04	0,17	0,79					0,01	0,33				
nov/04	0,11	0,56	1,00				0,01		1,00			
dez/04	0,02	0,13	0,71						0,80			
jan/05		0,06	0,41	1,00					0,30			
fev/05		0,04	0,29	0,88					0,20			
mar/05		0,01	0,13	0,58	1,00					1,00		
abr/05		0,01	0,04	0,26	0,49					0,29		
mai/05			0,03	0,21	0,48					0,18		
jun/05			0,01	0,07	0,35					0,12	1,00	
jul/05			0,01	0,07	0,35						0,31	
ago/05			0,01	0,07	0,35						0,31	
set/05			0,01	0,07	0,35						0,31	
out/05			0,01	0,05	0,26	1,00					0,31	1,00
nov/05			0,01	0,01	0,11	0,72					0,23	0,30
dez/05			0,01	0,01	0,11	0,72					0,08	0,30
jan/06											0,08	
Sobr.	9	9	13	11	#	#	8	3	3	3	#	#

* Geração originalmente marcada em março de 2004, durante período pré-experimental.

** Geração originalmente marcada em julho de 2004, durante período pré-experimental.

Sobr. = número de meses que em a população inicialmente marcada permaneceu viva, obtida pela contagem dos meses entre a marcação inicial e o completo desaparecimento da geração.

Geração não acompanhada durante todo o seu tempo de vida.

3.3.3 Balanço entre aparecimento e morte de perfilhos

O balanço entre as taxas de aparecimento e morte de perfilhos basais para o tratamento 95/10 foi negativo no início e final de primavera de 2004 e verão de 2005 e, para perfilhos aéreos, foi negativo no final de primavera de 2004 e outono/inverno de 2005. Para o tratamento 95/15 o balanço para perfilhos basais foi negativo no início de primavera de 2004 e outono/inverno de 2005 e para perfilhos aéreos apenas no outono/inverno de 2005. O tratamento 100/10 resultou em balanço negativo de perfilhos basais apenas no início de primavera de 2004, sendo que para perfilhos aéreos o balanço negativo aconteceu no outono/inverno de 2005. O tratamento 100/15 apresentou balanço negativo para perfilhos basais no início de primavera de 2004, e durante todas as épocas avaliadas para perfilhos aéreos (Figura 5).

IP = início de primavera (outubro e novembro); FP = final de primavera (dezembro); V = verão (janeiro a março) e OI = outono/inverno (abril a setembro)

Figura 5 - Balanço entre as taxas de aparecimento e morte de perfilhos basais (a) e aéreos (b) em pastos de capim-marandu submetidos a estratégias de pastejo rotativo de outubro de 2004 a janeiro de 2006

3.3.4 Índice de estabilidade (P_t/P_i) das populações de perfilhos

Pastos manejados com 100% de IL apresentaram maior índice de estabilidade de perfilhos basais (IEb) que pastos manejados com 95% de IL apenas no final de primavera de 2005 e verão de 2006. Nos pastos manejados com 100% IL o IEb aumentou do início de primavera de 2005 ao verão de 2006 e, nos pastos manejados com 95% de IL, diminuiu do final de primavera de 2005 ao verão de 2006 (Figura 6a; $P=0,0362$). O IEb em pastos manejados com altura pós-pastejo 10 cm foi menor que aquele de pastos manejados com 15 cm apenas no verão de 2005 e maior no início de primavera de 2005. Para ambas as alturas pós-pastejo o comportamento registrado ao longo das estações do ano foi semelhante, com valores inferiores a 1,0 até o verão de 2005 e crescentes a partir do outono/inverno de 2005 (Figura 6b; $P=0,0921$).

IP = início de primavera (outubro e novembro); FP = final de primavera (dezembro); V = verão (janeiro a março) e OI = outono/inverno (abril a setembro)

Letras minúsculas comparam médias de época do ano dentro de IL ou altura pós-pastejo

Figura 6 - Variação do índice de estabilidade da população (P_t/P_i) de perfilhos basais em pastos de capim-marandu submetidos a estratégias de pastejo rotativo caracterizadas por pastejo aos 95 e 100% de IL durante a rebrotação (a) e alturas pós-pastejo de 10 e 15 cm (b) de outubro de 2004 a janeiro de 2006

O tratamento 100/15 resultou no menor índice de estabilidade de perfilhos aéreos (IEa) no início de primavera de 2004, final de primavera de 2005 e verão de 2006. Para o tratamento 100/10 foram registrados altos IEa em todas as épocas do ano. O tratamento 95/15 apresentou menor IEa no final de primavera de 2004 e verão de 2005, enquanto que o tratamento 95/10 apresentou menor IEa no outono/inverno de 2005 (Figura 7; $P=0,0122$). De forma geral, o IEa foi crescente a partir do início de primavera de 2004 e 2005, enquanto que o menor valor foi registrado no outono/inverno de 2005 ($P<0,0001$).

IP = início de primavera (outubro e novembro); FP = final de primavera (dezembro); V = verão (janeiro a março) e OI = outono/inverno (abril a setembro)

Letras minúsculas comparam médias de tratamentos dentro de épocas do ano

Letras maiúsculas comparam médias de épocas do ano

Figura 7 - Variação do índice de estabilidade da população (P_f/P_i) de perfilhos aéreos* em pastos de capim-marandu submetidos a estratégias de pastejo rotativo de outubro de 2004 a janeiro de 2006

* Análise realizada em dados transformados ($\exp^2$)

3.4 Discussão

Tanto para os tratamentos de 95 quanto para os de 100% de IL foi constatado um padrão sazonal semelhante de variação em sobrevivência de perfilhos ao longo do experimento, ou seja, foi registrada maior TSPb no período frio e seco do ano (outono/inverno), com subsequente redução no início de primavera e, depois, no final de primavera (Figura 3a). Esse fato corrobora os relatos de Sbrissia (2004) para esse mesmo capim sob lotação contínua, de que tal ocorrência corresponde a uma forma de compensar as menores taxas de aparecimento de perfilhos no outono/inverno por meio de uma maior sobrevivência dos perfilhos existentes no pasto, com a finalidade de manter estável a população de plantas e garantir sua persistência na área na época de

falta de água e baixas temperaturas (Figuras 1 e 2). Corrobora também os resultados de Hirata e Pakiding (2001), que relataram tendência de aumento de longevidade de perfilhos durante o período frio e seco do ano. Assim como relatado para os perfilhos basais, os perfilhos aéreos apresentaram variação sazonal semelhante para os tratamentos de 95 e 100% de IL ao longo do período experimental, ou seja, foi registrada maior TSPa no período frio e seco do ano (outono/inverno), com subsequente queda no início de primavera e, depois, no final de primavera (Figura 3b). Considerando-se que, de maneira geral, o evento de pastejo deve ter sido responsável por grande perda de perfilhos por arranquio e pisoteio, ele também pode ser considerado como uma importante causa de mortalidade de perfilhos. Como não foram realizados pastejos no período de outono/inverno (SOUZA JR., 2007) devido ao acúmulo de forragem negativo (ZEFERINO, 2006), pode-se considerar que essa ausência de pastejos foi um fator que contribuiu para maior sobrevivência dos perfilhos nessa época. Seguindo essa mesma lógica, no início e final de primavera de 2005 foram registrados os menores intervalos de pastejo (SOUZA JR., 2007), o que deve ter contribuído para menor sobrevivência dos perfilhos nessa época do ano.

Coincidentemente, os perfilhos que apareceram no outono/inverno, tanto basais quanto aéreos, foram os que persistiram por mais tempo (Tabelas 1 a 4) relativamente àqueles que surgiram no início de primavera, final de primavera e verão. Esse padrão de comportamento está de conformidade com a afirmação de Langer (1956), de que há evidências muito fortes de que a época de origem dos perfilhos é crucial à sua sobrevivência. Portanto, essa pode ser uma estratégia de perenização do capim-marandu na época fria e seca do ano, o que pode ser observado na Figura 5a, onde, independentemente do tratamento considerado, no outono/inverno o balanço entre aparecimento e morte de perfilhos basais foi próximo a zero. Isso significa que o menor aparecimento foi compensado pela menor mortalidade e, conseqüentemente, maior sobrevivência (Figura 3a). Esse comportamento pode ser uma maneira de compensar a redução nas taxas de aparecimento por meio da maior sobrevivência dos perfilhos existentes com o intuito de manter a população de plantas estável, assegurando a persistência do pasto. Esse padrão de resposta é importante para a planta como forma de favorecer competição e utilização de recursos do meio nessa época do ano em que

as condições climáticas não são favoráveis ao crescimento e em que as taxas de acúmulo líquido de forragem foram negativas (ZEFERINO, 2006), condições essas que poderiam comprometer a estabilidade da população de plantas na área. Nesse sentido, o IEb no outono/inverno foi inferior, mas muito próximo a 1,0 (0,99) (Figura 6a), podendo-se inferir que os pastos não tiveram sua estabilidade comprometida nessa época. A partir do início de primavera de 2005 foi registrado aumento no IEb (Figura 6a), o que indica alta capacidade de recuperação dos pastos de capim-marandu quando as condições favoráveis ao crescimento foram retomadas (alta temperatura e precipitação), independentemente do manejo utilizado. Isso pode ser um indicativo de que as intensidades e frequências de desfolhação estudadas não foram severas ou lenientes o bastante para comprometer a estabilidade da população de plantas nos pastos, e que o capim-marandu possui grande plasticidade fenotípica, haja vista que a planta foi capaz de se adaptar às diferentes intensidades e frequências de desfolhação estudadas, uma vez que o índice de estabilidade da população de perfilhos, tanto basais quanto aéreos, foi sempre próximo ou superior a 1,0.

Entretanto, pastos manejados com 100% de IL apresentaram tendência de recuperação mais lenta que pastos manejados com 95% de IL após o outono/inverno, pois o balanço entre aparecimento e morte de perfilhos foi muito próximo de zero no início de primavera de 2005, mas aumentou no final de primavera de 2005 (Figura 5a), contribuindo para a ocorrência de índice de estabilidade superior a 1,0 apenas a partir do final de primavera de 2005. Dessa maneira, pode-se supor que pastos manejados com 100% de IL podem, potencialmente, ter sua estabilidade comprometida na transição entre inverno e primavera. Na prática isso significa que os pastos manejados com 100% de IL apresentaram instabilidade da população de plantas na transição entre o final da estação seca e o início da estação chuvosa, o que é perigoso para a ocorrência de degradação dos pastos nessa época.

No final da primavera de 2005 foi registrada a menor TSPb, que esteve associada a um pico no balanço entre as taxas de aparecimento e morte de perfilhos (Figura 5a) e IEb superior a 1,0, indicando uma renovação elevada de perfilhos nessa época do ano. Zeferino (2006), em experimento concomitante na mesma área experimental, reportou os maiores valores de taxa de acúmulo líquido total e de folhas

nessa época do ano, o que ratifica os resultados de Carvalho (2002) e Barbosa (2004) e sustenta os dados de que perfilhos mais jovens seriam mais produtivos que perfilhos mais velhos. Esse pico no balanço entre aparecimento e morte de perfilhos no final de primavera de 2005 também pode estar associado ao fato de que nessa época o intervalo de pastejo foi pequeno, em média 29 dias para pastos manejados com 95% de IL e 47 dias para os manejados com 100% de IL (SOUZA JR., 2007), o que deve ter proporcionado menor sobrevivência de perfilhos, pois o evento de pastejo deve contribuir com maior mortalidade de perfilhos por arranquio e pisoteio.

O maior intervalo de pastejo para os pastos manejados com 100% de IL é um dos motivos pelos quais tanto as TSPb (Figura 3a) quanto o IEb (Figura 6a) foram superiores relativamente aos pastos manejados com 95% de IL. Entretanto, no verão de 2006 foi registrada menor TSPb para os tratamentos de 95% em relação aos de 100% de IL (Figura 3a), fato que esteve associado a um menor balanço entre aparecimento e morte de perfilhos (Figura 5a), mas esse comportamento não chegou a comprometer a estabilidade dos pastos (Figura 6a), uma vez que o IEb foi muito próximo a 1,0 (0,96). Isso porque as taxas de aparecimento foram altas o suficiente para repor os perfilhos que morreram (balanço positivo entre aparecimento e morte de perfilhos) e, conseqüentemente, não houve alteração na densidade populacional, que permaneceu estável em relação ao final de primavera de 2005 (Capítulo 2). Por esse motivo, a densidade populacional de perfilhos não deve ser considerada isoladamente como um reflexo de perda do potencial produtivo ou de redução em persistência da planta forrageira, pois, em concordância com o relatado por Sbrissia (2004), os pastos podem manter-se estáveis mesmo com valores baixos de densidade populacional, o que neste trabalho foi relatado para os tratamentos de 95% de IL que, no início de primavera de 2005, apresentava baixa densidade populacional de perfilhos (Capítulo 2) sem, contudo, ter a estabilidade da população afetada (IEb próximo de 1,0), e também para os tratamentos 100% de IL, pois não foi observada diferença em densidade populacional de perfilhos do verão de 2005 ao verão de 2006 (Capítulo 2), quando houve variação simultânea no IEb, cujos valores aumentaram ao longo desse período (Figura 6a). Levando-se em consideração o comportamento observado no ano anterior, quando houve aumento no IEb nos pastos manejados com 95% de IL do verão de 2005

ao outono/inverno de 2005 (Figura 6a), pode-se presumir que, sob condições climáticas semelhantes, a estabilidade dos pastos manejados com 95% de IL não deve ser comprometida a longo prazo, mesmo com valores de IEb ligeiramente abaixo de 1,0 no verão de 2006.

Quanto aos perfilhos aéreos, no outono/inverno os tratamentos que apresentaram menor TSPa foram o 100/15 e o 95/15 (Figura 4), além de balanço negativo entre aparecimento e morte de perfilhos (Figura 5b). Esse fato foi mais acentuado para os tratamentos 100/15, devido às altas taxas de mortalidade registradas (Capítulo 2). Isso resultou em menor IEa para os tratamentos 95/15 (0,97; Figura 7), mas que não foi suficientemente baixo para comprometer sua produtividade, uma vez que foi o tratamento que resultou no maior acúmulo líquido de folhas (ZEFERINO, 2006). O outono/inverno foi a única época do ano em que todos os tratamentos apresentaram IEa inferiores ou próximos a 1,0 (Figura 7). Entretanto, no início de primavera de 2005, nenhum tratamento apresentou IEa inferior a 1,0 (Figura 7a) e, por esse motivo, pode-se presumir que os tratamentos utilizados não foram drásticos o suficiente para comprometer a produção de perfilhos aéreos pelas plantas. De maneira geral, quando o balanço é negativo ou o IE é menor que 1,0 para uma dada categoria de perfilhos, o inverso parece ocorrer com a outra categoria, de forma que a população total de perfilhos do pasto (basais e aéreos) permanece estável, mas respeitando-se o valor de densidade populacional de perfilhos inerente ao regime de desfolhação correspondente a cada tratamento, sendo as flutuações ao longo do ano consequência de variações climáticas em disponibilidade de fatores de crescimento. Isso indica que os perfilhos aéreos possuem papel importante para a rebrotação dos pastos no início da estação de crescimento, assim como para a plasticidade do capim-marandu em termos de adaptação às práticas de manejo utilizadas.

A TSPb foi superior para os tratamentos de 100% comparativamente àqueles de 95% de IL no início de primavera de 2004 e 2005, final de primavera de 2005 e verão de 2006. Nesse sentido, pode-se inferir que menor frequência de desfolhação (100% de IL) nas épocas do ano em que temperatura e precipitação são favoráveis ao crescimento das plantas (Figuras 1 e 2) pode contribuir para maior sobrevivência dos perfilhos. Contudo, isso não pode ser considerado como vantajoso, uma vez que como

a sobrevivência é maior, os perfilhos existentes são mais velhos resultando em menor produção de forragem de valor nutritivo mais baixo (CARVALHO, 2002; BARBOSA, 2004; SANTOS et al., 2006). Esse padrão de resposta foi endossado pelos dados de acúmulo líquido total do dossel, que foi 90% superior para os tratamentos 95/15 em relação aos tratamentos 100/15 no início de primavera de 2004 (ZEFERINO, 2006). Esses resultados corroboram aqueles de D'Angelo et al. (2005), em que desfolhações menos freqüentes estiveram associadas a aumento em sobrevivência de perfilhos relativamente a desfolhações mais freqüentes. Assim, os tratamentos de 95% de IL promoveram menor TSPb devido a maiores TMPb, contribuindo para um perfil mais jovem da população sem comprometer a estabilidade dos pastos.

A TSPa também foi influenciada pelos tratamentos. Pastos manejados com os tratamentos 100/15 apresentaram menor TSPa em todas as épocas do ano (Figura 4), o que ocorreu porque suas taxas de mortalidade foram as mais altas (Capítulo 2), resultando em balanço negativo entre aparecimento e morte de perfilhos durante todo o período avaliado (Figura 5b). Entretanto, foi registrado IEa inferior a 1,0 no início de primavera de 2004 (0,98), outono/inverno de 2005 (0,99), final de primavera de 2005 (0,99) e verão de 2006 (0,99) (Figura 7), mas com valores muito próximos a 1,0, o que não comprometeu a estabilidade da população de perfilhos aéreos. Essa menor TSPa pode ter ocorrido porque esse tratamento promoveu alta taxa de alongamento de colmos (ZEFERINO, 2006), o que deve ter causado o posicionamento dessa categoria de perfilhos em estrato superior do dossel e, como o resíduo pós-pastejo foi alto (15 cm) e conseqüentemente a freqüência de desfolhação maior, isso pode ter contribuído para que esses tratamentos tenham resultado em maior TMPa que os 100/10. Também para os tratamentos 95/10 foram registrados valores de IEa inferiores a 1,0 no final de primavera de 2004, verão de 2005 e outono/inverno de 2005, o que pode ter sido conseqüência de uma fase de adaptação da estrutura dos pastos à mudança de manejo correspondente à fase pré-experimental (SARMENTO, 2007), pois no ano seguinte o IEa nessas mesmas épocas não foi comprometido (Figura 7). Para todos os outros tratamentos foram registrados valores de IEa próximos ou superiores a 1,0 em todas as épocas avaliadas (Figura 7), com exceção do outono/inverno de 2005, como já comentado.

Apesar de terem sido registradas menores TSPa para os tratamentos 95/15 relativamente aos tratamentos 95/10 e 100/10 no verão de 2005, final de primavera de 2005 e verão de 2006 (Figura 4), o balanço entre aparecimento e morte de perfilhos foi consistentemente positivo (Figura 5b), e o IEa superior a 1,0 (Figura 7), o que indica que esse tratamento promoveu maior renovação de perfilhos aéreos, com conseqüente perfil mais jovem da população, sem comprometer a estabilidade da mesma. Além disso, Zeferino (2006) relatou que durante o verão de 2004, início do outono e final da primavera de 2005 a contribuição dessa categoria de perfilhos para o acúmulo de forragem foi, em média, cerca de 40%, e ocorreu basicamente na forma de folhas. Por esse motivo pode-se considerar que, como a planta de capim-marandu investe na produção e manutenção de perfilhos aéreos durante o ano todo, os mesmos possuem importância estrutural e fisiológica para a persistência da planta forrageira.

A redução da TSPb e TSPa a partir do início de primavera de 2004 e 2005, com a melhoria das condições de temperatura, luminosidade e pluviosidade, foi devida a maiores taxas de mortalidade dos perfilhos (Capítulo 2), o que pode ser reforçado pela visualização das probabilidades de sobrevivência dos perfilhos (Tabelas 1 a 4), pois os perfilhos basais que apareceram no início e final de primavera sobreviveram por tempo mais curto (aproximadamente 6 meses) e sua probabilidade de sobrevivência apresentou reduções mais rápidas e acentuadas que aqueles que surgiram no outono/inverno (mínimo de 8 meses). Os perfilhos aéreos tiveram duração de vida menor do que os perfilhos basais em todas as épocas avaliadas, o que pode ser observado nas Tabelas 1 a 4. Da mesma forma que para os perfilhos basais, os aéreos que sobreviveram por mais tempo (mínimo de 7 meses) foram aqueles que surgiram no outono/inverno. Os que sobreviveram por menos tempo foram aqueles que apareceram no início de primavera, final de primavera e verão (por volta de 3 a 4 meses de vida), com redução rápida e acentuada na probabilidade de sobrevivência durante essas épocas do ano. Uma explicação para essa menor sobrevivência dos perfilhos, tanto basais quanto aéreos, que apareceram com a melhoria das condições ambientais (a partir do início de primavera) pode ser baseada no fato que nessa época o intervalo médio de pastejo foi pequeno (SOUZA JR., 2007) e, com isso, a frequência de desfolhação maior, contribuindo para uma maior mortalidade de perfilhos. A maior

freqüência de pastejo deve ter resultado em maior decapitação de meristemas que, por sua vez, contribuiu para o aparecimento de mais perfilhos aéreos (Capítulo 2), não comprometendo a estabilidade da população de perfilhos como um todo.

O balanço entre aparecimento e morte de perfilhos basais foi positivo para todos os tratamentos no início de primavera de 2005 (Figura 5a), e foi registrado aumento dos índices de estabilidade a partir dessa época (Figura 6a), o que evidencia a capacidade de perfilhamento e recuperação do capim-marandu quando as condições de temperatura, luminosidade e pluviosidade são restabelecidas, fato também constatado por Sbrissia (2004). No final de primavera de 2005 houve queda na TSPb para ambos os tratamentos de IL (Figura 3a), com tendência de aumento no balanço de aparecimento e morte de perfilhos basais (Figura 5a), e também maior IEb. Entretanto, pastos manejados com 100% de IL apresentaram maior TSPb e maior IEb do que pastos manejados com 95% de IL, o que ocorreu porque o intervalo de pastejo foi maior, causando menor mortalidade de perfilhos pelo evento de pastejo. Durante o verão de 2005 os pastos manejados com 95% tiveram taxa de mortalidade de perfilhos basais 33% superior em relação aos pastos manejados com 100% de IL (Capítulo 2), o que contribuiu para redução no balanço aparecimento/morte, mas que não foi suficientemente grande para torná-lo negativo (Figura 5a). Esse padrão de resposta deve ser consequência do fato de que desfolhações mais freqüentes, impostas pelos tratamentos de 95% de IL, favoreceram maior decapitação de perfilhos reprodutivos mais cedo no período de florescimento relativamente a desfolhações menos freqüentes, impostas pelos tratamentos de 100% de IL, o que gerou o gradiente em variação nos valores de TSP e IE. Apesar da menor TSP, o IEb de pastos manejados com 95% de IL foi próximo de 1,0 (0,96), indicando que sua estabilidade não foi comprometida, fato esse corroborado pela taxa de crescimento ($\text{kg de MS.ha}^{-1}.\text{dia}^{-1}$) nessa época 16% superior para os pastos manejados com 95% comparativamente àqueles manejados com 100% de IL, e pelas taxas de acúmulo líquido total e de folhas semelhantes (ZEFERINO, 2006).

Os baixos valores de IEb observados do início de primavera de 2004 ao verão de 2005 (Figura 6a) podem ser explicados pelo manejo dos pastos anteriormente ao período de avaliação dos mesmos nesse experimento (SARMENTO, 2007), pois no

início do experimento a estrutura do dossel ainda estaria em fase de adaptação aos novos regimes de desfolhação impostos pelos tratamentos experimentais aplicados no final do verão/início do outono, em março de 2004. Contudo, o comportamento sazonal observado foi semelhante ao do segundo ano de avaliação (Figura 3a).

Os tratamentos de altura pós-pastejo 15 cm resultaram em TSPb superior aos tratamentos de altura pós-pastejo 10 cm, comportamento que corrobora os resultados de Barbosa (2004) em experimento análogo com capim-tanzânia. Assim, pode-se supor que maior intensidade de pastejo promove menor sobrevivência de perfilhos basais, e que nesse caso isso pode ter ocorrido porque é provável que tenha havido maior remoção de meristemas apicais que, segundo Lemaire e Chapman (1996), seria uma das principais causas de morte de perfilhos e, conseqüentemente, menor sobrevivência.

3.5 Conclusões

O capim-marandu é uma planta de grande plasticidade fenotípica, sendo capaz de se adaptar a uma amplitude significativa de regimes de desfolhação caracterizadas pelos tratamentos experimentais avaliados.

De uma forma geral, existe uma renovação intensa de perfilhos, tanto aéreos como basais, o que faz com que o perfil de idade de uma população estável possa ser manipulado, com implicações em termos de produção e valor nutritivo da forragem produzida.

Perfilhos aéreos parecem possuir papel importante na composição das respostas à desfolhação e recuperação da área foliar dos pastos de capim-marandu ao longo do ano, porém sua significância precisa ser esclarecida por meio de estudos especificamente planejados para essa finalidade.

A rebrotação de pastos de capim-marandu deve ser interrompida quando a interceptação de luz pelo dossel for de 95%, e rebaixados até uma altura de 15 cm, com exceção do período de outono/inverno e início de primavera, época em que se pressupõe que possa haver algum benefício na redução do resíduo para 10 cm de altura. Entretanto, são necessários mais estudos para comprovar essa hipótese.

Referências

- BAHMANI, I.; THOM, E.R.; MATTHEW, C.; HOOPER, R.J.; LEMAIRE, G. Tiller dynamics of perennial ryegrass cultivars derived from different New Zealand ecotypes: effects of cultivar, season, nitrogen fertilizer, and irrigation. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 54, n. 8, p. 803-817, 2003.
- BARBOSA, R.A. **Características morfofisiológicas e acúmulo de forragem em capim-tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia) submetido a frequências e intensidades de pastejo**. 2004. 119 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.
- BARCELLOS, A. O. Sistemas extensivos e semi-intensivos de produção: pecuária bovina e de corte nos Cerrados. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 8., 1996, Brasília. **Anais ...** Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1996. p. 130-136.
- BULLOCK, J.M. Plant competition and population dynamics. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. (Ed.). **The ecology and management of grazing systems**. Wallingford: CAB International, 1996. p. 69-100.
- CARVALHO, C.A.B.; DA SILVA, S.C.; SBRISSIA, A.F.; PINTO, L.F.M.; CARNEVALLI, R.A.; FAGUNDES, J.L.; PEDREIRA, C.G.S. Demografia do perfilhamento e acúmulo de matéria seca em capim Tifton-85 submetido a pastejo. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 4, p. 591-600, 2000.
- CARVALHO, D.D. **Leaf morphogenesis and tillering behaviour in single plants and simulated swards of Guinea grass (*Panicum maximum* Jacq.) cultivars**. 2002. 186 p. Thesis (Doctor of Philosophy in Plant Science) – Institute of Natural Resources, Massey University, Palmerston North, 2002.
- D'ANGELO, G.H.; POSTULKA, E.B.; FERRARI, L. Infrequent and intense defoliation benefits dry-matter accumulation and persistence of clipped *Arrhenatherum elatius*. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 60, p. 17-24, 2005.
- DA SILVA, S.C.; NASCIMENTO JR., D. Ecofisiologia da produção animal em pastagens e suas implicações sobre o desempenho e a produtividade de sistemas pastoris. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 4., 2007, Viçosa. **Anais ...** Viçosa: Ed. Suprema, 2007. p. 1-48.
- DIAS-FILHO, M.B. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação**. 2. ed. Belém: EMBRAPA Amazônia Oriental, 2005. 173 p.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA Produção de Informação, 1999. 412 p.

_____. **Marandu – cultivar de *Brachiaria brizantha***. Disponível em: <http://www.cnpqg.embrapa.br/produtoseservicos/capimmarandu.html>>. Acesso em: 20 ago. 2006.

FAGUNDES, J.L.; DA SILVA, S.C.; PEDREIRA, C.G.S; SBRISIA, A.F.; CARNEVALLI, R.A.; CARVALHO, C.A.B.; PINTO, L.F.M. Índice de área foliar, interceptação luminosa e acúmulo de forragem em pastagens de cynodon spp. sob diferentes intensidades de pastejo. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 1141-1150, 1999.

FERREIRA, C.R.R.P.T.; VEGRO, D.D.R.; BORTOLETO, E.E.; FRANCISCO, V.L.F.S. Caracterização de pecuária bovina no Estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 29, p. 7-30, 1999.

FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO. Pastagens garantem o futuro da pecuária leiteira. In: _____. **Anualpec 2003**: anuário da pecuária brasileira. São Paulo, 2003. p. 55-56.

GILDERSLEEVE, R.R.; OCUMPAUGH, W.R.; QUESENBERRY, K.H.; MOORE, J.E.; Mob-grazing morphologically different *Aeschynomene* species. **Tropical Grasslands**, Brisbane, v. 21, n. 3, p. 123-132, 1987.

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

HIRATA, M.; PAKIDING, W. Tiller dynamics in a bahia grass (*Paspalum notatum*) pasture under cattle grazing. **Tropical Grasslands**, Brisbane, v. 35, n. 3, p. 151-160, 2001.

LANGER, R.H.M. Growth and nutrition of Timothy (*Phleum pratense*). I. Life story of individual tillers. **Annals of Applied Biology**, Cambridge, v. 44, p. 166-187. 1956.

LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plant communities. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. (Ed.). **The ecology and management of grazing systems**. London: CAB International, 1996. chap. 1, p. 3-36.

LITTEL, R.C.; PENDERGAST, J.; NATARAJAN, R. Modelling covariance structure in the analysis of repeated measures data. **Statistics in Medicine**, Boston, v. 19, p. 1793-1819, 2000.

MARCELINO, K.R.A.; NASCIMENTO JR., D.; DA SILVA, S.C.; EUCLIDES, V.P.B.; FONSECA, D.M. Características morfogênicas e estruturais e produção de forragem do capim-marandu submetido a intensidades de frequências de desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 6, p. 2243-2252, 2006.

MATTHEW, C.; ASSUERO, S.G.; BLACK, C.K.; SACKVILLE-HAMILTON, N.R. Tiller dynamics of grazed swards. In: LEMIRE, G.; HODGSON, J.; MORAES, A.; CARVALHO, P.C.F.; NABINGER, C. (Ed.). **Grassland ecophysiology and grazing ecology**. Wallingford: CABI Publ., 2000. chap. 7, p. 127-150.

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

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

OMETTO, J.C. **Bioclimatologia vegetal.** São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 425 p.

PAKIDING, W.; HIRATA, M. Tillering in a bahia grass (*Paspalum notatum*) pasture under cattle grazing: results from the first two years. **Tropical Grasslands**, Brisbane, v. 33, p. 170-176, 1999.

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

SARMENTO, D.O.L. **Comportamento ingestivo de bovinos em pastos de capim-marandu submetidos a regimes de lotação contínua.** 2003. 76 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

_____. **Produção, composição morfológica e valor nutritivo da forragem em pastos de *Brachiaria brizantha* (Hochst ex A. Rich) Stapf. cv Marandu submetidos a estratégias de pastejo rotativo por bovinos de corte.** 2007. 144 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

SAS INSTITUTE. Disponível em: <<http://sasdocs.ucdavis.edu>>. Acesso em: 10 ago. 2006.

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

SOUZA JR., S.J. **Estrutura do dossel, interceptação de luz e acúmulo de forragem em pastos de capim-marandu submetidos a estratégias de pastejo por bovinos de corte.** 2007. 122 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

TRINDADE, J.K. **Modificações na estrutura do pasto e no comportamento ingestivo de bovinos durante o rebaixamento do capim-marandu submetido a**

estratégias de pastejo rotacionado. 2007. 162 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

VALENTINE, I.; MATTHEW, C. Plant growth, development and yield. In: WHITE, J.; HODGSON, J. (Ed.). **New Zealand pasture and crop science.** Auckland: Oxford University Press, 1999. p. 11-27.

WOLFINGER, R.D. Covariance structure selection in general mixed models. **Communications in Statistics Simulation and Computation**, Philadelphia, v. 22, n. 4, p. 1079-1106, 1993.

ZEFERINO, C.V. **Morfogênese e dinâmica do acúmulo de forragem em pastos de capim-marandu [*Brachiaria bruzantha* (Hochst. Ex A. Rich) cv. Marandu] submetidos a regimes de lotação intermitente por bovinos de corte.** 2006. 193 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

4 ÁREA FOLIAR E INTERCEPTAÇÃO DE LUZ EM PASTOS DE CAPIM-MARANDU SUBMETIDOS A ESTRATÉGIAS DE PASTEJO ROTATIVO

Resumo

O índice de área foliar é a principal característica do dossel relacionada com os processos de interceptação e competição por luz em comunidades de plantas. O objetivo deste experimento foi quantificar e avaliar a composição da área foliar dos perfilhos em pastos de capim-marandu submetidos a estratégias de pastejo rotativo de outubro de 2004 a dezembro de 2005. Os tratamentos corresponderam a combinações entre dois intervalos (tempo necessário para o dossel atingir 95 ou 100% de interceptação de luz durante a rebrotação – IL) e duas intensidades de pastejo (alturas pós-pastejo de 10 e 15 cm). Estes foram alocados às unidades experimentais (piquetes de 1200 m²) segundo um arranjo fatorial 2 x 2 e delineamento de blocos completos casualizados, com quatro repetições. Foram avaliados o índice de área foliar (IAF), o *site filling* (SF), a área foliar específica (AFE) e a relação adimensional entre área foliar e volume dos perfilhos (R), além da participação relativa de perfilhos basais (b) e aéreos (a) na composição dessas variáveis. No início de primavera, os valores de IAFb e AFEb foram baixos. Pastos manejados com 95% de IL apresentaram, nessa época, maior SF e AFE que pastos manejados com 100% de IL, indicando que estariam aptos a reiniciar o ciclo produtivo mais cedo e voltar a receber animais logo no início da nova estação de crescimento. Ao final da primavera, pastos manejados com 95% de IL também apresentaram vantagem em relação aqueles de 100% de IL, uma vez que apresentaram maior perfilhamento e aumento no IAF, condição desejável para rápido restabelecimento de crescimento vigoroso e produção de forragem. Reduções em IAFb estiveram associadas a aumentos em AFEb e em IAFa em todas as épocas do ano, sugerindo um papel compensatório entre perfilhos basais e aéreos na formação e composição da área foliar dos pastos. Os perfilhos aéreos, com alta AFE, correspondem a uma importante adaptação morfológica do capim-marandu para aumentar sua habilidade competitiva. Épocas do ano de temperaturas mais altas e maior disponibilidade de energia luminosa estiveram associadas com maiores valores de SF, sendo que maior frequência de pastejo (95% de IL) promoveu maior SF, com valores de SFb que variaram de 0,113 a 0,249 perfilho.folha⁻¹. O tratamento 100/10 promoveu os maiores e o 95/15 os menores valores de R em todas as épocas do ano, sugerindo um padrão alométrico de crescimento dos perfilhos durante a rebrotação de forma a compensar baixa densidade populacional e otimizar o IAF dos pastos. A época de primavera é um período crítico para o restabelecimento de condições de dossel para produção de forragem, uma vez que corresponde à transição entre os períodos seco e chuvoso que requer das plantas respostas plásticas para formação eficiente e rápida do IAF para utilização da luz incidente e demais fatores produtivos. Práticas de manejo do pastejo podem se beneficiar desse conhecimento no sentido de propiciar condições ideais de estrutura do dossel para maximização e aceleração de crescimento.

Palavras-chave: Altura do dossel; Área foliar específica; *Brachiaria brizantha*; Interceptação luminosa; Perfilhos aéreos; Perfilhos basais; *Site filling*

Leaf area and light interception in marandu palisadegrass swards subjected to strategies of rotational stocking

Abstract

Leaf area index is the main sward characteristic related to the processes of light interception and competition in plant communities. The objective of this experiment was to quantify and evaluate the composition of the leaf area of tillers on marandu palisadegrass swards subjected to strategies of rotational stocking from October 2004 to December 2005. Treatments corresponded to combinations between two grazing intervals (time necessary for swards to intercept 95 or 100% light interception during regrowth – LI) and two grazing intensities (post-grazing heights of 10 and 15 cm), and were allocated to experimental units (1200m² paddocks) according to a 2x2 factorial arrangement and a complete randomised block design, with four replications. The response variables studied were sward leaf area index (LAI), site filling (SF), specific leaf area (SLA) and the dimensionless ratio between tiller leaf area and volume (R), as well as the relative contribution of basal (b) and aerial (a) tillers to these variables. In early spring, values of LAI_b and SLA_b were low, and swards grazed at 95% LI showed higher SF and SLA than those grazed at 100% LI, indicating that they would be able to restart their productive cycle earlier and receive animals right at the outset of the new pasture growing season. In late spring, swards grazed at 95% LI also had an advantage in relation to those grazed at 100% LI, since they showed a higher tillering and increase in LAI, necessary condition for re-establishing vigorous growth and herbage accumulation. Reductions in LAI_b were associated with increases in SLA_b and LAI_a throughout the experimental period, suggesting a complementary role between basal and aerial tillers in the formation and composition of sward leaf area. Aerial tillers, with high LSA, correspond to an important morphological adaptation of marandu palisadegrass to increase its competitive ability. Seasons of the year characterised by high temperatures and availability of light were associated with higher SF. More frequent (95% LI) grazings resulted in higher SF than less frequent grazings (100% LI), with values of SF_b ranging from 0.113 to 0.249 tiller.leaf⁻¹. Treatment 100/10 resulted in the highest and the 95/15 in the lowest R values throughout the experiment, suggesting an allometric pattern of growth of tillers during regrowth in order to compensate low tiller population density and optimise LAI. Spring is a critical time of the year for the reestablishment of sward conditions for growth, since it corresponds to a transition phase between the dry and rainy periods of the year that requires plastic responses from plants for rapid and efficient formation of LAI and adequate utilisation of the incident light and other productive factors. Grazing management practices can benefit from this knowledge by promoting ideal sward conditions to maximise and accelerate growth.

Keywords: Aerial tillers; Basal tillers; *Brachiaria brizantha*; Site filling, Specific leaf area; Sward light interception; Sward height

4.1 Introdução

A luz é um recurso crítico para o crescimento das plantas forrageiras, pois sua produção é determinada pela interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (RFA - 400-700 nm) e sua distribuição dentro da comunidade vegetal, o que, por sua vez, depende do índice de área foliar, da área foliar específica, do arranjo das folhas no dossel e do conteúdo de clorofila das folhas (PEARSON; ISON, 1997).

O índice de área foliar (IAF) foi definido por Watson (1947) como sendo a relação entre a área de folhas e a área de solo ocupada por essas folhas, e é o principal fator que influencia a interceptação de luz e a dinâmica de rebrotação de pastos submetidos a pastejo rotativo (CHAPMAN; LEMAIRE, 1993). Como o IAF determina a captura de luz pelo dossel, deriva dele a fotossíntese e, portanto, os processos de crescimento e acúmulo de forragem. Por esse motivo possui importante papel na produtividade da pastagem e é uma variável útil para descrever a interação entre as plantas forrageiras e seu ambiente (BAHMANI, 1999), pois é o principal componente estrutural do dossel sensível a diferentes condições e intensidades de desfolhação (LEMAIRE; CHAPMAN, 1996). Além disso, possui alta correlação com as respostas tanto de plantas quanto de animais em ambiente de pastagens (SBRISSIA; DA SILVA, 2001), o que lhe confere alto poder explicativo e preditivo para fins de planejamento de estratégias de manejo do pastejo (DA SILVA; NASCIMENTO JR., 2007).

O ajuste e otimização do IAF do dossel decorre principalmente do aumento ou decréscimo na densidade populacional de perfilhos (MATTHEW et al., 2001). A densidade populacional de perfilhos, por sua vez, é controlada pela taxa de aparecimento de folhas, que determina o número de gemas axilares que podem potencialmente resultar em novos perfilhos (NELSON, 2000). Esse é o conceito de *site filling*, ou seja, a proporção das gemas formadas que acabam dando origem a novos perfilhos, calculada a partir da razão entre a taxa de aparecimento de folhas e a taxa de aparecimento de perfilhos (DAVIES, 1974).

A interceptação de luz também pode ser otimizada por meio de mudanças na área foliar específica (AFE), que resultam em alteração da quantidade de luz que pode ser interceptada por unidade de massa seca de folhas (POORTER; PEREZ-SOBA, 2001). A AFE corresponde à relação entre a área e a massa de folhas ($\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$), sendo

que variações nessa característica permitem o melhor uso e aproveitamento de fatores de crescimento em um dado ambiente (LEMAIRE, 2001). Pode variar consideravelmente entre espécies, e é normalmente utilizada como um indicador de respostas e adaptação das plantas ao meio-ambiente, sensível a alterações no regime de luz e intensidades de desfolhação (LAMBERS; POORTER, 1992).

O IAF dos pastos é resultado de respostas morfogenéticas das plantas ao meio ambiente em que vivem e às estratégias de manejo empregadas (LEMAIRE; CHAPMAN, 1996). Essas respostas conferem às plantas plasticidade e habilidade adaptativa, que podem ser avaliadas por meio de um índice, a razão área foliar^{3/2}:volume, denominada R ($\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$), definida por Sackville Hamilton et al. (1995) com o intuito de avaliar as variações morfogenéticas de perfilhos à medida que estes se ajustam ao manejo da pastagem e às variações climáticas sazonais (MATTHEW et al., 1995).

Contudo, apesar de sua importância e valor para definição de práticas de manejo, essas informações acerca do IAF, AFE, *site filling* e R são praticamente inexistentes para plantas forrageiras tropicais. O capim-marandu é uma planta bastante utilizada nas áreas de pastagens plantadas no país. Todavia, existem poucas informações acerca de como seu IAF é formado e qual a contribuição de perfilhos aéreos e basais nesse processo. O objetivo deste experimento foi avaliar a área foliar, tanto de perfilhos basais quanto de aéreos, em pastos de capim-marandu submetidos a estratégias de pastejo rotativo caracterizadas por controle estrito da estrutura do dossel forrageiro.

4.2 Material e métodos

O experimento foi realizado na Unidade Experimental de Plantas Forrageiras (UEPF) do Departamento de Zootecnia, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP, cujas coordenadas geográficas aproximadas são 22°42' de latitude sul, 47°37' de longitude oeste e 550 metros de altitude (OMETTO, 1989). O relevo da área experimental classifica-se entre suave a moderadamente ondulado e o solo é um Nitossolo Vermelho eutrófico, com horizonte A moderado e textura variando de argilosa a muito argilosa (EMBRAPA, 1999), de elevada fertilidade. As

características químicas da camada 0-20 cm do solo antes do início do experimento foram: pH CaCl_2 : 5,6; MO (dg.dm^{-3}): 41; P (resina) (mg.dm^{-3}): 67; Ca ($\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$): 74; Mg ($\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$): 19; K ($\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$): 6,5; H + Al ($\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$): 36; S ($\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$): 99; T ($\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$): 134,8; V (%): 74.

Os pastos de capim-marandu foram estabelecidos em janeiro de 2001 e mantidos sob lotação contínua até fevereiro de 2003, época em que passaram a ser manejados sob pastejo rotativo até fevereiro de 2004, quando foram roçados a uma altura média de 8 cm em preparação para o experimento. Os tratamentos corresponderam à combinação entre duas intensidades (alturas pós-pastejo de 10 e 15 cm) e dois intervalos de pastejo (período de tempo necessário para o dossel atingir 95 e 100% de interceptação de luz durante a rebrotação – IL). Estes foram alocados às unidades experimentais (piquetes de 1200 m^2) segundo um arranjo fatorial 2×2 e delineamento de blocos completos casualizados, com 4 repetições, a partir de março de 2004, e as avaliações foram efetuadas de outubro de 2004 até dezembro de 2005. Os pastejos foram realizados por novilhas e vacas das raças Nelore e Canchim, utilizando-se o método “mob grazing” (GILDERSLEEVE et al., 1987). O número de animais utilizados a cada pastejo foi dimensionado de forma que o rebaixamento dos pastos acontecesse em período não superior a um dia.

Foram realizadas adubações com nitrogênio, potássio e enxofre utilizando-se fertilizante comercial de formulação 30-00-20 contendo 6% de enxofre na forma de sulfato de amônio, equivalentes a um total de 190 kg.ha^{-1} de N aplicados de forma parcelada após o pastejo. As quantidades de nitrogênio aplicadas e suas respectivas épocas de aplicação durante o período experimental foram: 30 kg.ha^{-1} entre novembro e dezembro/04; 30 kg.ha^{-1} entre janeiro e fevereiro/05; 50 kg.ha^{-1} em abril/05; 50 kg.ha^{-1} entre novembro de dezembro/05; 30 kg.ha^{-1} em dezembro/05.

Os dados climáticos durante o período em que foi realizado o experimento são mostrados na Figura 1. O extrato do balanço hídrico mensal (Figura 2) foi calculado considerando-se uma capacidade de armazenamento de água no solo (CAD) de 50 mm.

Figura 1 - Médias mensais e históricas de precipitação e temperatura de outubro de 2004 a dezembro de 2005

Figura 2 - Extrato do balanço hídrico mensal de outubro de 2004 a novembro de 2005
(As setas indicam as épocas em que foram feitas as aplicações de nitrogênio nos pastos)

O monitoramento da interceptação luminosa pelo dossel foi feito no pós-pastejo, a cada incremento de 5 cm na altura do dossel durante a rebrotação e a cada dois dias a partir da constatação de 90% de IL até que as metas de 95 e 100% de IL fossem atingidas utilizando-se um aparelho analisador de dossel marca LI-COR modelo LAI 2000 (LI-COR, Lincoln, Nebraska, EUA). As medições foram realizadas em dez estações de leitura por unidade experimental (locais onde a altura representava a condição média dos pastos no momento da amostragem). Foram tomadas cinco leituras no nível do solo e uma leitura acima do dossel em cada estação, totalizando 50 leituras no nível do solo e dez acima do dossel por piquete. A altura do dossel foi determinada com a mesma frequência das avaliações de IL utilizando-se régua e folha de transparência (FAGUNDES et al., 1999), sendo tomadas 20 leituras ao longo de trajetórias definida *a priori* e utilizadas de forma consistente durante todo o período experimental para cada piquete.

Foram coletados 60 perfilhos por unidade experimental em pontos onde a altura correspondia à altura média do dossel forrageiro. A coleta foi realizada em seis pontos por parcela, sendo coletados 10 perfilhos basais por ponto (contendo todos os aéreos deles provenientes), os quais foram cortados com tesoura rente ao solo, identificados, acondicionados em sacos plásticos e imediatamente levados ao laboratório para realização das avaliações. As coletas foram realizadas no pré-pastejo, pós-pastejo e a cada incremento de 5 cm a partir da altura de resíduo durante a rebrotação. Neste último caso, após encerrado o experimento e em função do número variável de incrementos entre tratamentos, os dados foram utilizados para o cálculo de um valor correspondente ao ponto médio do intervalo de pastejo (fase intermediária - condição em que o dossel apresentava altura igual à média aritmética simples entre as condições de pré e de pós-pastejo), de outubro de 2004 a novembro de 2005. Os 60 perfilhos basais assim colhidos foram colocados sobre um balcão e aleatoriamente escolhidos um a um. Quando o perfilho escolhido possuía um ou mais perfilhos aéreos a ele ligados, estes eram separados, classificados como aéreos e contados. Isso foi feito até que se atingisse o número de 60 perfilhos no total, incluindo, portanto, basais e aéreos. Após essa separação em categorias, os componentes dos perfilhos (folhas (lâminas

foliares), colmos (colmos + bainhas) e material morto) foram pesados separadamente em balança digital para obtenção da massa verde (MV) de cada componente, sendo as lâminas foliares passadas em aparelho integrador de área foliar marca LI-COR, modelo LI-3100, para obtenção da área foliar média por perfilho (AF) (cm^2). Após esse procedimento foi realizada a estimativa do volume médio por componente dos perfilhos (V) (cm^3), com equipamento baseado no princípio de vasos comunicantes, segundo metodologia de Sbrissia et al. (2004). Posteriormente, cada componente foi acondicionado em sacos de papel e levado à estufa a 65°C por 48h, e então pesado em balança digital. A massa seca média de folhas (MSF) foi obtida a partir dos valores desses 60 perfilhos classificados em basais ou aéreos, tanto do material fresco quanto seco, sendo o valor da pesagem dividido pelo número de perfilhos de cada categoria. O índice de área foliar (IAF) foi obtido a partir da equação $\text{IAF} = \text{DPP} \times \text{AF}$, onde DPP é a densidade populacional de perfilhos (perfilhos.m^{-2}) (Capítulo 2), e AF a área foliar média por perfilho (m^2). A área foliar específica (AFE) ($\text{cm}^2.\text{g}^{-1}$) foi calculada a partir do quociente entre a AF e MSF. A razão área foliar:volume por perfilho (R) foi calculada através da equação $R = \text{AF}^{3/2} / V$, onde AF é a área foliar média por perfilho (m^2) e V o volume médio por perfilho (m^3), como proposto por Sackville-Hamilton et al. (1995). O *site filling* foi calculado como a relação entre a taxa de aparecimento de perfilhos e a taxa de aparecimento de folhas (DAVIES; THOMAS, 1983), utilizando os resultados do Capítulo 2 e de Zeferino (2006), respectivamente.

Em função dos intervalos variáveis de pastejo para cada tratamento e repetição, consequência da forma como os tratamentos foram definidos, os dados foram agrupados em épocas do ano dentro das quais o comportamento das variáveis estudadas era relativamente uniforme, mas que, entre si, representavam mudanças potencialmente importantes em padrão de resposta ao longo do período experimental: início de primavera de 2004 (IP 2004) = outubro e novembro de 2004; final de primavera de 2004 (FP 2004) = dezembro de 2004; verão de 2005 (V 2005) = janeiro a março de 2005; outono/inverno de 2005 (O/I 2005) = abril a setembro de 2005; início de primavera de 2005 (IP 2005) = outubro e novembro de 2005; e final de primavera de 2005 (FP 2005) = dezembro de 2005.

A análise estatística dos dados foi realizada utilizando-se o PROC MIXED do pacote estatístico SAS[®] (*Statistical Analysis System*), versão 8.2 para Windows[®], (SAS INSTITUTE, 2007). Na escolha da matriz de variância e covariância foi utilizado o Critério de Informação de Akaike (WOLFINGER, 1993). Assim, foi possível detectar os efeitos das causas de variação principais (altura pós-pastejo, IL, época do ano e fase de rebrotação) bem como da interação entre elas. Os efeitos de altura pós-pastejo, IL, época do ano e fase de rebrotação e suas interações foram considerados fixos e o efeito de blocos foi considerado aleatório (LITTEL et al., 2000). Todo o conjunto de dados foi testado de forma a assegurar que as prerrogativas básicas da análise de variância fossem atendidas utilizando-se o SAS LAB e, quando necessário, quando necessário, os dados foram transformados antes de serem analisados. As médias dos tratamentos foram estimadas utilizando-se o “LSMEANS” e a comparação entre elas foi realizada por meio da probabilidade da diferença (“PDIFF”), usando o teste “t” de “Student” e um nível de significância de 10%.

4.3 Resultados

4.3.1 Interceptação luminosa

A interceptação de luz pelo dossel forrageiro durante a rebrotação foi utilizada como determinante da condição de entrada dos animais nos pastos para a realização do pastejo (metas pré-pastejo de 95 e 100% de IL). Por se tratar de variável controlada, os valores de interceptação luminosa (%) do dossel não foram submetidos a análise de variância, sendo apresentados na forma de médias apenas. Os valores nominais para os tratamentos de 95% de IL ficaram próximos da meta estipulada ao longo de todo o período experimental. Contudo, para os tratamentos de 100% de IL os valores efetivos variaram entre 97,4 e 98,2% dependendo da época do ano (Tabela 1).

Tabela 1 - Interceptação de luz (%) pré-pastejo pelo dossel em pastos de capim-marandu submetidos a estratégias de pastejo rotativo de outubro de 2004 a dezembro de 2005

Época do ano	Interceptação luminosa (%)	
	95	100
IP 2004	95,0	97,8
FP 2004	94,7	98,2
V 2005	94,9	98,1
O/I 2005	95,0	97,4
IP 2005	95,0	97,8
FP 2005	95,1	97,9
Média IL	94,9	97,9

IP 2004 = outubro e novembro de 2004; FP 2004 o dezembro de 2004; V 2005 = janeiro a março de 2005; O/I 2005 = abril a setembro de 2005; IP 2005 = outubro e novembro de 2005; FP 2005 = dezembro de 2005.

4.3.2 Índice de área foliar

Os tratamentos de altura pós-pastejo 10 cm resultaram em maior índice de área foliar de perfilhos basais (IAFb) que aqueles de 15 cm (5,6 e 4,6, respectivamente; $P = 0,0045$). No início de primavera de 2004 e verão de 2005 os tratamentos de 95% de IL resultaram em menor IAFb que os de 100% de IL. Somente no final de primavera de 2004 os tratamentos de 95% de IL promoveram maior IAFb que os de 100% de IL (Figura 3a; $P = 0,0195$). O menor valor de IAFb foi registrado no verão de 2005 ($P = 0,0302$). Os tratamentos de 100% de IL promoveram maior IAFb no início de primavera 2005, diferentemente do ocorrido com os tratamentos de 95% de IL, que resultaram em maior IAFb no final de primavera de 2004. Entretanto, os menores valores de IAFb para ambos os tratamentos de IL foram registrados no verão de 2005 (Figura 3a; $P = 0,0195$). Com relação aos perfilhos aéreos, pastos manejados com 95% de IL apresentaram maior índice de área foliar de perfilhos aéreos (IAFa) no início de primavera de 2004 e menor no final de primavera de 2004 que pastos manejados com 100% de IL, não tendo sido registradas diferenças durante as demais épocas do ano (Figura 3b; $P = 0,0881$).

IP = início de primavera (outubro e novembro); FP = final de primavera (dezembro); V = verão (janeiro a março) e OI = outono/inverno (abril a setembro)

Letras minúsculas comparam médias de épocas do ano dentro de IL

Letras maiúsculas comparam médias de IL dentro de épocas do ano

Figura 3 - Índice de área foliar de perfilhos basais (a) e aéreos (b) em pastos de capim-marandu submetidos a estratégias de pastejo rotativo de outubro de 2004 a novembro de 2005

De uma forma geral, o IAFb aumentou ao longo da rebrotação (0,6, 2,6 e 5,2 para as fases pós-pastejo, intermediária e pré-pastejo, respectivamente; $P < 0,0001$), assim como o IAFa (0,05, 0,4 e 0,6 para as fases pós-pastejo, intermediária e pré-pastejo, respectivamente; $P < 0,0001$). No pós-pastejo não houve diferença entre tratamentos em IAFb. Já na fase intermediária da rebrotação os tratamentos que resultaram em maior IAFb foram o 100/15 e o 95/10, enquanto que no pré-pastejo o 95/10 e o 100/10 foram os que contribuíram com maior IAFb. Tanto na fase intermediária como no pré-pastejo, o tratamento 95/15 foi o que resultou em menor IAFb (Figura 4a; $P = 0,0298$). Quanto aos valores de IAFa, não foi detectada diferença entre tratamentos de IL nas fases pós-pastejo e intermediária do período de rebrotação, sendo que apenas no pré-pastejo os tratamentos de 95% de IL resultaram em menor IAFa que os de 100% de IL (Figura 4b; $P = 0,0917$).

Letras minúsculas comparam médias de tratamentos dentro de fases de rebrotação

Figura 4 - Índice de área foliar de perfilhos basais (a) e aéreos (b) durante a rebrotação em pastos de capim-marandu submetidos a estratégias de pastejo rotativo de outubro de 2004 a novembro de 2005

4.3.3 Site filling

De uma maneira geral, o *site filling* de perfilhos basais (SFb) foi maior nos pastos manejados com 95% que nos pastos manejados com 100% de IL (0,185 e 0,152 perfilho.folha⁻¹, respectivamente; $P = 0,0594$). O tratamento 95/10 foi o que resultou no maior valor (0,210 perfilho.folha⁻¹), não havendo diferença entre os demais tratamentos (0,160, 0,145 e 0,159 perfilho.folha⁻¹ para os tratamentos 95/15, 100/10 e 100/15, respectivamente; $P = 0,0624$). Pastos manejados com 95% de IL apresentaram maior SFb que aqueles manejados com 100% de IL no final de primavera de 2004 e início de primavera de 2005 (Figura 5a; $P = 0,0614$). Para os tratamentos de 95% de IL, o SFb foi maior no final de primavera de 2004, diminuiu até o outono/inverno de 2005, época em que apresentou seu valor mínimo, e voltou a aumentar no início de primavera de 2005, atingindo, no final de primavera de 2005, valor semelhante àquele registrado no final de primavera de 2004 (Figura 5a). Já para os tratamentos de 100% de IL, os

maiores valores de SFb foram registrados no verão e final de primavera de 2005, e o menor no início de primavera de 2005 (Figura 5a).

IP = início de primavera (outubro e novembro); FP = final de primavera (dezembro); V = verão (janeiro a março) e OI = outono/inverno (abril a setembro)
 Letras minúsculas comparam médias de épocas do ano dentro de IL
 Letras maiúsculas comparam médias de IL dentro de épocas do ano

Figura 5 - *Site filling* de perfilhos basais (a)* e aéreos (b) no pré-pastejo em pastos de capim-marandu submetidos a estratégias de pastejo rotativo de outubro de 2004 a novembro de 2005

* Análise realizada em dados transformados (log10)

O *site filling* de perfilhos aéreos (SFa) nos pastos manejados com 95% de IL se manteve estável do final de primavera de 2004 até o início de primavera de 2005, aumentando significativamente apenas no final de primavera de 2005. Já nos pastos manejados com 100% de IL, o SFa foi crescente a partir do final de primavera de 2004, atingindo valor máximo no final de primavera de 2005 (Figura 5b; $P = 0,0001$). Do final de primavera de 2004 até o outono/inverno de 2005 não foi detectada diferença em SFa entre os tratamentos. No início de primavera de 2005 os tratamentos que resultaram em maior e menor SFa foram o 100/10 e o 100/15, respectivamente. Já no final de primavera de 2005 o tratamento 95/15 resultou em maior SFa, enquanto que o 100/10 e o 100/15 resultaram em valores menores (Figura 6; $P = 0,0319$).

IP = início de primavera (outubro e novembro); FP = final de primavera (dezembro); V = verão (janeiro a março) e OI = outono/inverno (abril a setembro)

Letras minúsculas comparam médias de tratamentos dentro de épocas do ano

Figura 6 - *Site filling* de perfilhos aéreos no pré-pastejo em pastos de capim-marandu submetidos a estratégias de pastejo rotativo de outubro de 2004 a novembro de 2005

4.3.4 Área foliar específica

A área foliar específica de perfilhos basais (AFEb) foi maior nos pastos manejados com 95% em relação àqueles manejados com 100% de IL somente no início de primavera de 2005, e menor somente no verão de 2005. Para os tratamentos de 95% de IL, a AFEb foi mais baixa no início e final de primavera de 2004, aumentando no verão de 2005 e permanecendo estável até o início de primavera de 2005. Já para os tratamentos de 100% de IL também houve aumento da AFEb no verão de 2005, mas ocorreu redução no outono/inverno e início de primavera de 2005 (Figura 7a; $P = 0,0924$).

IP = início de primavera (outubro e novembro); FP = final de primavera (dezembro); V = verão (janeiro a março) e OI = outono/inverno (abril a setembro)

Letras minúsculas comparam médias de épocas do ano dentro de IL

Letras maiúsculas comparam médias de IL dentro de épocas do ano

Figura 7 - Área foliar específica de perfilhos basais (a) e aéreos (b) no pré-pastejo em pastos de capim-marandu submetidos a estratégias de pastejo rotativo de outubro de 2004 a novembro de 2005

Os tratamentos de altura pós-pastejo 15 cm resultaram em maior área foliar específica de perfilhos aéreos (AFEa) que aqueles de 10 cm (136,7 e 108,7 cm².g⁻¹, respectivamente; $P = 0,0284$). A AFEa foi maior para os tratamentos de 95% de IL no início de primavera e maior para os de 100% de IL no final de primavera de 2004, não diferindo entre tratamentos a partir do verão de 2005 (Figura 7b; $P < 0,0001$).

4.3.5 Razão área foliar: volume (R)

De forma geral, nos pastos manejados com 100% de IL o valor de R para os perfilhos basais (Rb) foi superior àquele de pastos manejados com 95% de IL (200 e 149, respectivamente; $P = 0,0024$). O menor valor de Rb foi registrado para o tratamento 95/15, não tendo sido detectada diferença entre os demais tratamentos (145, 153, 226 e 173 para os tratamentos 95/10, 95/15, 100/10 e 100/15, respectivamente; $P = 0,0312$).

Pastos submetidos ao tratamento 100/10 apresentaram baixo valor de Rb somente no outono/inverno de 2005, enquanto que aqueles submetidos ao tratamento 95/15 apresentaram alto valor de Rb apenas no final de primavera de 2004. Valor baixo de Rb foi registrado para o tratamento 95/10 apenas no início de primavera de 2004 e, para o tratamento 100/15 no final de primavera de 2004 (Figura 8a; $P = 0,0006$).

O valor de R de perfilhos aéreos (Ra) foi baixo somente no final de primavera de 2004 relativamente às outras épocas do ano, as quais não diferiram entre si ($P = 0,0122$). A partir do verão de 2005 foi constatado alto valor de Ra para o tratamento 95/10. No início de primavera de 2004 o valor mais alto de Ra foi registrado para o tratamento 100/15, da mesma forma que para o tratamento 100/10 no final de primavera de 2004 (Figura 8b; $P = 0,0013$).

IP = início de primavera (outubro e novembro); FP = final de primavera (dezembro); V = verão (janeiro a março) e OI = outono/inverno (abril a setembro)

Letras minúsculas comparam médias de tratamentos dentro de épocas do ano

Figura 8 - Razão área foliar:volume de perfilhos basais (a)* e aéreos (b) de pastos de capim-marandu submetidos a estratégias de pastejo rotativo de outubro de 2004 a novembro de 2005

*Análise realizada em dados transformados (inverso)

4.4 Discussão

De maneira geral, pastos manejados com 95% de IL apresentaram, relativamente àqueles manejados com 100% de IL, IAFb 25% menor no início de primavera de 2004, 23% maior no final de primavera de 2004 e 20% menor no verão de 2005 (Figura 3a). Esse parece ser um padrão de resposta comum, mas que varia ao longo do tempo com os tratamentos, pois pastos manejados com 95% de IL começaram a ser pastejados mais cedo que aqueles manejados com 100% de IL e, também, com maior frequência (SOUZA JR., 2007), o que contribuiu para que os mesmos iniciassem a estação de crescimento com menor IAFb relativamente aos de 100% de IL. No início da primavera a disponibilidade de água ainda era crítica para o crescimento dos pastos, de forma que uma vez desfolhados permaneciam com baixo IAF durante um tempo mais longo.

No início de primavera 2004 o IAFb dos pastos manejados com 95% de IL foi baixo (Figura 3a), assim como a AFEb (Figura 7a) e a densidade populacional de perfilhos basais (DPPb) (Capítulo 2), o que pode ter ocorrido porque esse foi um período de transição, quando as condições de temperatura e pluviosidade estavam começando a melhorar após o inverno, e porque ainda havia grande proporção de material morto nos pastos (SARMENTO, 2007). O IAF total ($IAF_t = IAF_b + IAF_a$) também foi baixo (4,7), sendo que 13% desse valor foi devido ao IAF proveniente de perfilhos aéreos (Figura 9a), que tiveram AFE apenas 25% inferior àquela de perfilhos basais (Figura 8b). Essa baixa DPPb de pastos manejados com 95% de IL no início da primavera de 2004 (Capítulo 2) pode ter sido consequência das altas taxas de senescência registradas nessa época do ano (ZEFERINO, 2006) e no período de inverno anterior, gerando maior acúmulo de material morto e baixo perfilhamento.

No final de primavera de 2004, com a melhoria das condições de temperatura, precipitação (Figura 1) e luz, os tratamentos de 95% de IL foram os que apresentaram maior IAFb (Figura 3a), provavelmente por causa da maior taxa de aparecimento de folhas (TApF) (ZEFERINO, 2006) e do alto SFb (Figura 5a), que contribuíram para o aumento de 17% na DPPb (Capítulo 2), e para a maior proporção de folhas e menor proporção de colmos na massa de forragem pré-pastejo dos pastos nessa época do ano (SARMENTO, 2007). Esse padrão de resposta está de conformidade com a

afirmação de Hume (1991), de que o aumento em temperatura e energia luminosa resulta em elevada TApF, SF e perfilhamento, e indica que o aumento em DPP mostrou-se uma forma efetiva para propiciar aumento de IAF dos pastos, como sugerido por Lemaire (2001) e Matthew et al. (2001). Assim, pode-se considerar que os tratamentos de 95% de IL apresentaram vantagem em relação àqueles de 100% de IL nessa época do ano, pois favoreceram o perfilhamento e aumento no IAF dos pastos, condição desejável para o rápido restabelecimento de condições de crescimento vigoroso e produção de forragem. Nessa época, os perfilhos aéreos contribuíram com apenas 5% do IAFt (Figura 9a) e com a menor AFE do período experimental (Figura 7b), 62% inferior àquela de perfilhos basais (Figura 9b).

IP = início de primavera (outubro e novembro); FP = final de primavera (dezembro); V = verão (janeiro a março) e OI = outono/inverno (abril a setembro)

Figura 9 - Índice de área foliar (a) e área foliar específica (b) de perfilhos basais e aéreos com os tratamentos de 95 e 100% de IL no pré-pastejo de pastos de capim-marandu submetidos a estratégias de pastejo rotativo de outubro de 2004 a novembro de 2005

Entretanto, no final de primavera de 2004 os perfilhos de pastos manejados com 95% de IL foram decapitados com maior frequência (menor intervalo médio de pastejo) do que os de pastos manejados com 100% de IL (SOUZA JR., 2007), e o perfilhamento aéreo iniciado mais cedo sob essas condições (Capítulo 2), o que pode ter contribuído para a redução do IAFb para os tratamentos de 95% de IL no verão de 2005. Além disso, foi constatada alta taxa de senescência no verão de 2005 (ZEFERINO, 2006), que pode ter sido resultado da elevada renovação de perfilhos causada pelos pastejos mais frequentes nos pastos manejados com 95% de IL nessa época do ano. Esse fato

pode ter resultado em redução do SFb, que foi semelhante ao de pastos manejados com 100% de IL, assim como a proporção de folhas na massa de forragem pré-pastejo (SARMENTO, 2007), a taxa de aparecimento de folhas e o comprimento final das folhas (ZEFERINO, 2006). Contudo, apesar dessa redução no IAFb e SFb no verão de 2005 nos pastos manejados com 95% de IL, foi registrado aumento na DPPb (Capítulo 2). Esse comportamento pode estar relacionado com o alto SFb e a alta DPPb estabelecida rapidamente no final de primavera de 2004, o que deve ter gerado aumento na competição por luz entre os perfilhos no verão de 2005 que, por sua vez, contribuiu para redução dos valores de SFb. Mas essa redução em IAFb parece ter sido compensada pelo aumento de 13% em AFEb (Figura 7a) e, também, por um aumento de 50% no IAFa, apesar de não ter sido detectada diferença estatística (Figura 3b). Esse aumento no IAFa deve ter sido importante, pois a proporção de folhas na massa de forragem pré-pastejo foi semelhante para os tratamentos de IL (SARMENTO, 2007). Além disso, a AFEa foi superior à AFEb (Figura 9b). Esses aumentos de AFE, tanto de perfilhos basais quanto de perfilhos aéreos, são interessantes, pois sugerem adaptações morfológicas que permitiriam à planta formação de área foliar mais eficiente (CARVALHO, 2002), com menor investimento em parede celular (lignina, hemicelulose e celulose) e maior proporção de elementos citoplasmáticos como proteínas, por exemplo, resultando em forragem de maior digestibilidade e valor nutritivo (BJORKMAN, 1981; PONTES et al., 2007; AL HAJ KHALED et al., 2006). Como valores elevados de AFE estão associados com a habilidade competitiva das plantas (LAMBERS; POORTER, 1992), pode-se supor que os perfilhos aéreos seriam uma importante adaptação morfofisiológica do capim-marandu para aumentar sua habilidade competitiva nessa época de altas temperaturas e precipitação (Figura 1) e, conseqüentemente, alta taxa de acúmulo líquido total (ZEFERINO, 2006). Esse aumento na AFE é útil, pois alta AFE é resultado de folhas mais finas, porém com maior taxa de fotossíntese por unidade de peso das folhas, revelando folhas mais eficientes sem a necessidade de maiores investimentos em massa seca, principalmente em parede celular (LAMBERS; POORTER, 1992; PEARSON; ISON, 1997).

No outono/inverno de 2005 foi observado aumento no IAFb em pastos manejados com 95% de IL, apesar do baixo SFb, o que ocorreu porque a taxa de

sobrevivência dos perfilhos basais foi alta (Capítulo 3), assim como a longevidade das folhas (ZEFERINO, 2006) e a AFEb (Figura 7a). Nessa época, os perfilhos aéreos também mantiveram elevada AFE, semelhante à de perfilhos basais (Figura 9b). Com a melhoria das condições climáticas no início de primavera de 2005, o IAFb praticamente não sofreu alteração (Figura 3a), apesar do aumento do SFb (Figura 5a) e da taxa de aparecimento de folhas (ZEFERINO, 2006), respostas esperadas em função da baixa DPPb dos pastos naquela época do ano (Capítulo 2). Em compensação, a AFEb aumentou 12% (Figura 7a). Nessa época, os perfilhos aéreos contribuíram menos com o IAFt do que na estação anterior (7% - Figura 9a). O IAFb foi alto, apesar de sua AFEa ter permanecido alta, semelhante ao ocorrido no verão de 2005 (Figura 7b).

Já no início de primavera de 2005 o IAFb dos pastos manejados com 95% de IL se manteve semelhante àquele do outono/inverno de 2005 (Figura 3a), mas, no entanto, a DPPb foi 21% menor (Capítulo 2), o que deve ter tornado os pastos mais abertos, com menor competição entre os perfilhos por luz, condição essa que favorece o perfilhamento e pode ter contribuído para aumento dos valores de SFb (Figura 5a), assim como os de AFEb (Figura 7a), os quais foram superiores àqueles de pastos manejados com 100% de IL. Esse fato reafirma a hipótese de que o início de primavera é um período crítico de transição entre o período seco e o período chuvoso, quando os pastos estão se recuperando e se adaptando morfológicamente para a estação quente e chuvosa do ano.

No início de primavera de 2005 o SFb e o IAFb de pastos manejados com 95% e 100% de IL foram semelhantes (Figuras 3a e 5a), mas a AFEb foi 17% superior para os tratamentos de 95% de IL relativamente aos 100% de IL (Figura 7a), pois essa é uma maneira de alocar menor quantidade de MS para aumentar a área foliar, o que é essencial quando se considera que o intervalo médio de pastejo foi 62% inferior para os tratamentos de 95% de IL. Essa foi uma forma de eficiente investimento em área foliar. Dessa forma, pastos manejados com 95% de IL, por apresentarem maior SFb e AFEb, provavelmente estariam mais aptos a reiniciar o ciclo produtivo e voltar a receber animais mais cedo no início da nova estação de crescimento que pastos manejados com 100% de IL, uma vez que alta AFE corresponde a uma vantagem competitiva para

a planta (LAMBERS; POORTER, 1992), além de favorecer resistência ao pastejo (BRISKE, 1996) por meio do aumento na velocidade de rebrotação (WESTOBY, 1984).

O IAFa não variou para os tratamentos de 95% de IL ao longo do ano (Figura 3b), embora tenha sido registrada uma diferença da ordem de 50% do início para o final de primavera de 2004, assim como do final de primavera de 2004 para o verão de 2005. O IAFa tendeu a variar de forma contrária ao IAFb, o que sugere um tipo de ação complementar, pois quando foi registrado aumento no IAFb, houve redução no IAFa e vice-versa. Por exemplo, no final de primavera de 2004 foi registrado o maior IAFb do período experimental (6,1), assim como o menor IAFa (0,30). Esse padrão de comportamento foi semelhante para os tratamentos de 100% de IL.

Em pastos manejados com 100% de IL o IAFb sofreu redução de 15% do início ao final de primavera de 2004, se manteve estável no verão de 2005, aumentando no outono/inverno até atingir seu valor máximo no início de primavera de 2005 (Figura 3a). O comportamento do IAFb seguiu padrão semelhante ao observado em pastos com 95% de IL, com a diferença de que pastos manejados com 100% de IL, devido ao maior intervalo médio de pastejo, começaram a ser pastejados mais tarde relativamente aos de 95% de IL no início da estação de crescimento, conseqüentemente perfilhando, produzindo e alongando folhas mais tarde, o que alterou as respostas ao longo das estações do ano, no sentido de retardar os processos. Por exemplo, no início de primavera de 2004, como os pastos manejados com 95% de IL apresentaram menor intervalo médio de pastejo, foram os primeiros a serem pastejados e ter a massa de forragem acumulada durante o outono/inverno removida numa época em que ainda não havia disponibilidade adequada de fatores de crescimento, razão pela qual o IAFb foi menor relativamente àquele de pastos manejados com 100% de IL, que foram pastejados somente no final de primavera de 2004. Por esse motivo, com a melhoria das condições de temperatura e luz no início de primavera de 2004, o IAFb de pastos manejados com 100% de IL foi alto (5,5), assim como a DPPb (Capítulo 2), o que pode ter contribuído para aumento da competição por luz, causando decréscimo no IAFb e SFb no final de primavera de 2004. Essa redução do IAFb no final de primavera de 2004 foi a principal diferença em relação aos tratamentos de 95% de IL, e pode ser justificada pelo menor SFb (Figura 5a), assim como pela menor taxa de aparecimento

de folhas (ZEFERINO, 2006), determinantes da menor DPPb nessa época do ano (Capítulo 2). Entretanto, os perfilhos aéreos contribuíram com 16% do IAFt dos pastos nessa época do ano (Figura 9), que aumentou apenas 7% do final de primavera de 2004 até outono/inverno de 2005 (Figura 9). Nessas épocas do ano pôde-se notar, também, aumento dos valores de IAFb e diminuição concomitante dos valores de IAFa. À semelhança do ocorrido com os tratamentos de 95% de IL, os perfilhos aéreos aumentaram sua participação no IAFt quando houve queda no IAFb, e vice-versa. Esse padrão de comportamento é consistente entre os tipos de perfilhos, tratamentos e épocas do ano, o que conduz à hipótese de que os perfilhos aéreos possuem um importante papel funcional, atuando de maneira complementar aos basais. O IAFb aumentou do final de primavera de 2004 ao verão de 2005 (Figura 3a), o que coincidiu com uma diminuição de 31% na proporção de material morto na massa de forragem pós-pastejo dos pastos (SARMENTO, 2007) e pode ter favorecido a chegada de luz na base do dossel e, portanto, aumento no SFb (Figura 5a) e na DPPb (Capítulo 2). No verão de 2005 foi registrada AFEb 13% superior para os tratamentos de 100% de IL relativamente aos de 95% de IL (Figura 7a), que deve ter sido uma maneira de aumentar a área foliar numa época que favorece rápido crescimento com menor investimento de MS como forma de compensar o maior intervalo médio de pastejo.

Os valores de AFEb de pastos manejados com 100% de IL não variaram do início de primavera de 2004 ao final de primavera de 2004, foram crescentes do final de primavera de 2004 ao verão de 2005 e decrescentes do verão de 2005 ao início de primavera de 2005 (Figura 5a), padrão de resposta oposto ao observado para a longevidade de folhas, que aumentou do verão de 2005 ao inverno de 2005 (ZEFERINO, 2006). Esse padrão de resposta está de acordo com aquele relatado por diversos autores, que apontam a existência de relação inversa entre AFE e longevidade de folhas (RYSER; URBAS, 2000, CASPER et al., 2001). Esse mesmo padrão de resposta, caracterizado por comportamento oposto entre AFE e longevidade de folhas, também foi observado nos pastos manejados com 95% de IL, e entre os tipos de perfilhos, indicando que os perfilhos aéreos funcionam de maneira semelhante aos basais. Nesse sentido, Sbrissia (2004), estudando o capim-marandu sob lotação contínua, relatou correlação negativa significativa entre AFE e longevidade de folhas e

reportou, também, diminuição da AFE a partir do verão até o início de primavera. No início de primavera de 2004, os tratamentos de 95% de IL resultaram em valores de AFEa 52% e IAFa 60% superiores à dos tratamentos de 100% de IL. Já na estação seguinte, o final de primavera de 2004, a situação se inverteu, pois com os tratamentos de 100% de IL foram registrados valores de AFEa 59% e de IAFa 70% superiores aos dos tratamentos de 95% de IL. Esse fato indica o mesmo processo ocorrendo defasado no tempo, defasagem essa causada pelo efeito dos tratamentos de pastejo avaliados. Como pastos manejados com 95% de IL, devido ao menor intervalo de pastejo, foram pastejados antes do que os manejados com 100% de IL, pode-se presumir que existe um padrão único geral de desenvolvimento e ajuste em área foliar dos pastos, cuja expressão ao longo do ano (*timing* e velocidade dos processos) é alterada pela frequência e intensidade de pastejo. Pastos manejados com 95% de IL apresentaram alta AFEb e AFEa no outono/inverno de 2005, sugerindo que, com redução da disponibilidade de fatores de crescimento, as folhas se tornaram mais finas, com menor investimento em parede celular, como forma de aproveitar e aumentar a conservação de nutrientes, uma vez que a absorção de nutrientes do solo poderia estar comprometida em função da redução na disponibilidade de água (Figura 2).

A afirmação de Sbrissia e Da Silva (2001), de que o IAF parece ser o fator chave determinando tanto o aparecimento como a morte de perfilhos, foi ratificada neste experimento, pois o comportamento de aumento do IAF de pastos manejados com 95% de IL no final de primavera de 2004, seguido de queda no verão de 2005 e novamente aumento a partir do outono/inverno de 2005 (Figura 3a) também foi observado no balanço entre aparecimento e morte de perfilhos (Capítulo 3, Figura 5). Esse mesmo padrão de variação e relação entre IAF e balanço entre aparecimento e morte de perfilhos ao longo do período avaliado também foi verificado para os tratamentos de 100% de IL e para ambas as categorias de perfilhos avaliadas (basais e aéreos).

Os valores de IAFb e IAFa aumentaram de maneira consistente durante o período de rebrotação (Figura 4), comportamento também constatado por Carnevalli (2003) com capim-mombaça e por Mello (2002) com capim-tanzânia submetidos a estratégias de pastejo rotativo. No pós-pastejo, apesar de a proporção de folhas ter variado com os tratamentos (SARMENTO, 2007), não foi detectada diferença quanto ao

IAFb (Figura 4a). O IAFb de pastos manejados com o tratamento 95/15 foi baixo no período intermediário de rebrotação, apesar desse tratamento ter sido o que contribuiu com maior proporção de folhas no pós-pastejo (SARMENTO, 2007). Isso porque folhas formadas em condições de baixa luminosidade, nos estratos inferiores do dossel, como é o caso das folhas do resíduo pós-pastejo 15 cm, apresentam menor eficiência fotossintética e têm baixa capacidade de readaptarem-se a níveis mais altos de luminosidade (NABINGER, 1997), o que pode ter interferido no processo de rebrotação. Além disso, esse foi o tratamento que resultou no menor intervalo médio de pastejo e, conseqüentemente, menor IAF por ciclo de pastejo, mas com maior número de ciclos de pastejo durante o período experimental (SOUZA JR., 2007). Os outros tratamentos resultaram em menor proporção de folhas no resíduo pós-pastejo (SARMENTO, 2007), entretanto a recuperação do IAF ao longo do período de rebrotação foi eficiente e até superior à de pastos manejados com os tratamentos 95/15. Essa observação pode levar à suposição de que os tratamentos utilizados não foram severos o suficiente para comprometer a rebrotação e a recuperação do IAF de pastos de capim-marandu, pois provavelmente houve aporte suficiente de reservas para a produção de novas folhas, que são fotossinteticamente mais eficientes. Entretanto, essa afirmação não pode ser extrapolada para o futuro, pois sintomas de comprometimento dos estoques de reservas orgânicas somente podem ser detectados em um prazo mais longo. Por outro lado, pode-se presumir que não houve indicativo de tendência de degeneração dos pastos, uma vez que as populações de perfilhos nos diferentes tratamentos se mostraram estáveis ao longo de todo o ano (Capítulo 3).

Em pastos manejados com 95% de IL o SFb e o SFa foram 22% e 25% superior àquele de pastos manejados com 100% de IL, indicando que maior frequência de pastejo promoveu maior SF e também maior DPP (Capítulo 2). Todavia, não foi observada diferença em DPPa entre os tratamentos de IL, provavelmente devido à pequena duração de vida dos mesmos (Capítulo 3). No início de primavera de 2005 o tratamento 100/10 resultou em maior SFa, e esse alto valor pode ser explicado pelo fato de que esse tratamento resultou em um intervalo médio de pastejo de 41 dias (SOUZA JR., 2007), comparado com 34 dias para o tratamento 95/15, mas, devido à baixa altura de resíduo, foi o que provavelmente teve maior remoção de forragem em termos

relativos, o que sugere que isso compensou o efeito do longo descanso. No final de primavera de 2005 foi registrado maior SFa para o tratamento 95/15, que teve o menor intervalo de pastejo (27 dias) dentre todos os tratamentos avaliados, o que deve ter promovido decapitação mais rápida dos meristemas apicais e início mais rápido de competição entre os perfilhos por luz, o que contribuiu para que a planta iniciasse rapidamente a produção de perfilhos aéreos.

O valor teórico máximo de SF, determinado para azevém perene (*Lolium perenne* L.), pode ser 0,41 (DAVIES, 1974) ou 0,69 (NEUTEBOOM; LANTINGA, 1989) dependendo se o perfilho é ou não formado na primeira folha formada na base da planta. Esses valores máximos assumem que perfilhos em sucessivos fitômeros na base do perfilho são formados em sucessão estrita (MATTHEW et al., 1998). Os valores de SFb variaram de 0,113 a 0,249 perfilho.folha⁻¹ (Figura 5a), muito inferiores ao máximo teórico de 0,69 (NEUTEBOOM; LANTINGA, 1989). Essa inferioridade foi mais acentuada nos perfilhos aéreos, cujo SFa variou de 0,011 a 0,157 perfilho.folha⁻¹. Porém, os altos valores de SF citados por Davies (1974) e Neuteboom e Lantinga (1989) são provenientes de pastos em estabelecimento, e também podem ser observados na fase de recuperação de pastos com dossel muito aberto. Entretanto, os valores de SFb reportados neste experimento foram próximos aos reportados para o capim-tanzânia por Carvalho et al. (1999) (0,186 a 0,281).

A razão área foliar:volume (R), proposta por Sackville Hamilton et al. (1995), é uma medida adimensional que define a geometria do perfilho (HERNANDEZ GARAY et al., 1999). Para análises do crescimento e adaptações morfológicas das plantas a estratégias de manejo é preferível sua utilização em relação a relações simples baseadas em massa, como a relação lâmina:colmo (L:C), pois esta não leva em consideração que esses componentes da planta possuem dimensões diferentes (a lâmina pode ser considerada bidimensional e o colmo tridimensional). Além disso, o aumento no tamanho do perfilho com o aumento na altura de desfolhação reduz a relação L:C, mas, ao mesmo tempo, aumenta o comprimento da folha. Assim, a relação L:C representa o efeito líquido desses ajustes e reflete o maior deles (nesse caso o efeito da altura), motivo pelo qual essa relação é inapropriada para avaliar a geometria do perfilho, sendo preferível a utilização do R, que é independente do tamanho do

perfilho, uma vez que isola o componente de geometria do perfilho do componente tamanho do perfilho (HERNANDEZ GARAY et al., 1999). Segundo Niklas (1994), para suportar o peso de um órgão (folhas) o diâmetro das estruturas de suporte (colmos) se altera em proporção direta à força requerida para suportá-lo e não isometricamente com seu peso e, por esse motivo, aumentos na altura do dossel geralmente causam redução concomitante na relação lâmina:colmo por perfilho, mas aumento no valor de R porque os perfilhos individuais mudam sua forma, com aumento maior em área foliar relativamente ao comprimento do colmo (HERNANDEZ GARAY et al., 1999).

A variação ocorrida em R ao longo das épocas do ano e entre os tratamentos avaliados (Figura 8) denota que os perfilhos mudaram sua forma para se adaptarem às variações sazonais de temperatura e precipitação, assim como aos manejos utilizados. Essa é mais uma indicação de que o capim-marandu possui grande plasticidade fenotípica. Os tratamentos 100/10 resultaram nos maiores valores de altura pré-pastejo durante o período experimental, com exceção do outono/inverno de 2005 (SARMENTO, 2007). Concomitantemente, foi registrado maior valor de Rb para esses tratamentos (Figura 8a), concordando com o relato de Hernández-Garay et al. (1999) e Matthew et al. (1995) de que maior altura proporciona aumento no valor de R. Isso significa que esses tratamentos promoveram aumento maior de área foliar em relação a colmo (determinante do volume do perfilho) à medida que os perfilhos aumentaram de tamanho durante a rebrotação, indicando um maior alongamento de folhas por unidade de volume. Esse padrão de resposta pode ser considerado uma adaptação do capim-marandu quando manejado com 100% de IL e uma forma de compensar, parcialmente, os efeitos do maior intervalo médio de pastejo, que promoveu menor DPP de perfilhos grandes (Capítulo 2), como forma de otimizar o IAF dos pastos (Figura 3).

De maneira contrária, os tratamentos 95/15, que apresentaram os menores valores de altura pré-pastejo durante todo o período experimental (SOUZA JR., 2007), foram também aqueles que resultaram nos menores valores de Ra e Rb durante quase todo o período (Figura 8a e b), assim como em menor taxa de alongamento de colmos (ZEFERINO, 2006). Isso aconteceu porque, em decorrência do menor intervalo médio de pastejo (SOUZA JR., 2007) foram os primeiros pastos a serem pastejados, perfilhando mais cedo e alongando folhas mais cedo, e seu meristema apical

possivelmente foi decapitado com maior frequência, o que promoveu maior DPP (Capítulo 2), com menor investimento em colmos e, portanto, perfilhos menores. Conseqüentemente, a menor área foliar por perfilho foi compensada pelo maior SF e DPP (Capítulo 2), otimizando assim o IAF (Figura 3a), não sendo necessário aumento em R. Com relação aos perfilhos aéreos, assim como para os perfilhos basais, com os tratamentos 95/15 foram relatados baixos valores de R_a durante todo o período experimental (Figura 8b), fato que pode ser explicado a partir das mesmas justificativas utilizadas para os perfilhos basais, o que denota similaridade e consistência no funcionamento de ambas as categorias de perfilhos.

De forma geral, os menores valores de R_b foram registrados no início de primavera de 2004 e 2005, que é um período de transição entre a estação seca e fria e a estação quente e úmida do ano, e é crítica em termos de manejo do pastejo, pois erros de manejo nessa época podem comprometer a estabilidade e produtividade dos pastos na estação seguinte. O mesmo padrão de comportamento foi descrito para o capim-marandu em lotação contínua por Sbrissia (2004), que explicou que esse baixo valor de R encontrado no início de primavera pode ser um indicativo de que existem variações intra-específicas em R como resposta às modificações de ambiente. No caso do capim-marandu, os perfilhos, provavelmente na tentativa de reduzir a perda de água, reduziram sua área foliar relativamente ao seu volume, indicando uma capacidade adaptativa plástica muito interessante do ponto de vista de estratégia de perenização e sobrevivência, aumentando sua resistência ao estresse térmico e hídrico.

Os valores de R registrados neste experimento (de 145 a 226 para perfilhos basais, e de 89 a 120 para perfilhos aéreos) foram altos quando comparados aos obtidos por Sbrissia (2004) com o mesmo capim sob lotação contínua, quando o R variou de 46 a 124. Da mesma forma, Carvalho e Giacomini (2005), comparando alta frequência de desfolhação (simulando lotação contínua) e baixa frequência de desfolhação (simulando lotação rotativa) sobre o capim-arua, reportaram valores de R variando de 20 a 37 para perfilhos basais e de 29 a 47 para perfilhos aéreos sob lotação contínua, mas bem superiores para a lotação rotativa, quando o R variou de 93 a 173 para perfilhos basais e de 149 a 165 para perfilhos aéreos. Isso pode ser explicado pelo fato de que em lotação contínua a frequência de desfolhação é ainda

mais alta do que em lotação rotativa, o que contribui para DPP mais alta, não havendo necessidade de uma maior relação área:volume para maximizar o IAF, pois ajustes em DPP são a maneira mais eficiente para otimizar o IAF dos pastos (MATTHEW et al., 2001). Por outro lado, sob lotação rotativa, situação em que os pastos permanecem em crescimento por um período de tempo sem a presença dos animais especialmente na fase final de rebrotação, particularmente no caso de períodos longos de descanso, como para os tratamentos de 100% de IL neste experimento, a DPP de perfilhos é mais baixa e o perfilhamento reduzido. Nesse caso, a maneira mais efetiva para se otimizar o IAF dos pastos seria por meio de aumento em área relativamente ao volume do perfilho, condição essa atendida pelo aumento em valor de R.

Os valores de R registrados neste experimento são também muito mais altos que aqueles citados por Matthew et al. (1995) para azevém perene (43 a 47) e por Sbrissia (2000) para *Cynodon* spp. (10 a 20). Esse fato é indicativo de maior habilidade competitiva do capim-marandu, uma vez que maior R significa maior investimento no componente morfológico folha, especificamente área foliar, determinante da fotossíntese e do crescimento das plantas.

4.5 Conclusões

O capim-marandu possui grande plasticidade fenotípica, uma vez que foi capaz de ajustar seu IAF por meio de respostas plásticas rápidas envolvendo ajustes em densidade populacional de perfilhos, área foliar por perfilho, área foliar específica e *site filling* à amplitude de estratégias de manejo representadas pelos tratamentos avaliados.

Os perfilhos aéreos possuem papel importante na formação e composição do índice de área foliar de pastos, pois, de maneira geral, apresentam comportamento inverso e complementar aos perfilhos basais em termos de contribuição para a área foliar dos pastos, sugerindo ser essa uma possível estratégia do capim-marandu para otimizar o uso da luz incidente e demais recursos produtivos de maneira rápida e eficiente, principalmente em períodos em que as condições de temperatura e precipitação são favoráveis ao crescimento.

O início de primavera é crítico em termos de manejo do pastejo, uma vez que é nessa época que se torna importante o rápido restabelecimento do IAF dos pastos e

que as respostas plásticas mais intensas acontecem, podendo, por vezes, demandar reservas orgânicas das plantas e, por isso, gerar riscos potenciais de degradação dos pastos. Nessa época, pastejos realizados com 95% de IL resultaram em melhor condição geral para rápido restabelecimento do IAF e, conseqüentemente, da habilidade competitiva das plantas que pastejos realizados com 100% de IL.

Referências

AL HAJ KHALED, R.; DURU, M.; DECRUYENAERE, V.; JOUANY, C.; CRUZ, P. Using leaf traits to rank native grasses according to their nutritive value. **Rangeland Ecology Management**, Wheat Ridge, v. 59, p. 648-654, 2006.

BAHMANI, I. **Tiller dynamics and leaf growth processes of the perennial ryegrass cultivars “Ellet” and “Grasslands Ruanui” as influenced by enviromental factors**. 1999. 198 p. Thesis (Doctor of Philosophy in Plant Science) – Institute of Natural Resources, Massey University, Palmerston North, 1999.

BJORKMAN, O. Responses to different quantum flux densities. In: LANGE, O.L.; NOBEL, P.S.; OSMOND, C.B.; ZIEGLER, H. (Ed.). **Physiological plant ecology**. I. Responses to the physical environment. Berlin: Springer-Verlag, 1981. p. 57-107. (Encyclopedia of Plant Physiology, 12A).

BRISKE, D.D. Strategies of plant survival in grazed systems: a functional interpretation. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. (Ed.). **The ecology and management of grazing systems**. London: CAB International, 1996. chap. 2, p. 37-67.

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

CARVALHO, D.D. **Leaf morphogenesis and tillering behaviour in single plants and simulated swards of Guinea grass (*Panicum maximum* Jacq.) cultivars**. 2002. 186 p. Thesis (Doctor of Philosophy in Plant Science) – Institute of Natural Resources, Massey University, Palmerston North, 2002.

CARVALHO, D.D.; GIACOMINI, A.A. Morphogenetic characteristics of *Panicum maximum* cv. Aruana subjected to five defoliation stubble heights and two frequencies. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS: OFFERED PAPERS, 20., 2005, Dublin. **Proceedings** ... Wageningen: Wageningen Academic, 2005. p. 204.

CARVALHO, D.D.; MATTHEW, C.; HODGSON, J. Leaf morphogenesis and site filling in the establishment period in three Guinea grass (*Panicum maximum*) cultivars. **Agronomy New Zealand Journal**, Palmerston North, v. 29, p. 107-114, 1999.

CASPER, B.B.; FORSETH, I.N.; KEMPENICH, H.; SELTZER, S.; XAVIER, K. Drought prolongs leaf life span in the herbaceous desert perennial *Cryptantha flava*. **Functional Ecology**, London, v. 15, n. 6, p. 740-747, 2001.

CHAPMAN, D.F.; LEMAIRE, G. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: BAKER, M.J. (Ed.). **Grasslands for our world**. Wellington: SIR, 1993. chap. 3, p. 55-64.

DA SILVA, S.C.; NASCIMENTO JR., D. Ecofisiologia da produção animal em pastagens e suas implicações sobre o desempenho e a produtividade de sistemas pastoris. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 4., 2007, Viçosa. **Anais ...** Viçosa: Ed. Suprema, 2007. p. 1-48.

DAVIES, A. Leaf tissue remaining after cutting and regrowth in perennial ryegrass. **Journal of Agricultural Science**, New York, v. 82, p. 165-172, 1974.

DAVIES, A.; THOMAS, H. Rates of leaf and tiller production in Young spaced perennial ryegrass plants in relation to soil temperature and solar radiation. **Annals of Botany**, Oxford, v. 57, p. 591-597, 1983.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA Produção de Informação, 1999. 412 p.

FAGUNDES, J.L.; DA SILVA, S.C.; PEDREIRA, C.G.S; SBRISSIA, A.F.; CARNEVALLI, R.A.; CARVALHO, C.A.B.; PINTO, L.F.M. Índice de área foliar, interceptação luminosa e acúmulo de forragem em pastagens de cynodon spp. sob diferentes intensidades de pastejo. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 1141-1150, 1999.

GILDERSLEEVE, R.R.; OCUMPAUGH, W.R.; QUESENBERRY, K.H.; MOORE, J.E.; Mob-grazing morphologically different *Aeschynomene* species. **Tropical Grasslands**, Brisbane, v. 21, n. 3, p. 123-132, 1987.

HERNÁNDEZ-GARAY, A.H.; MATTHEW, C.; HODGSON, J. Tiller size/density compensation in perennial ryegrass miniature swards subject to differing defoliation heights and a proposed productivity index. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 54, n. 4, p. 347-356, 1999.

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

HUME, D.E. Effect of cutting on production and tillering in Prairie Grass (*Bromus willdenowii* Kunth) compared with two Ryegrass (*Lolium*) species. 1. Vegetative plants. **Annals of Botany**, Oxford, v. 67, p. 533-541, 1991.

LAMBERS, H.; POORTER, H. Inherent variation in growth rate between higher plants: a search for physiological causes and ecological consequences. **Advances in Ecological Research**, Oxford, v. 23, p. 187-361, 1992.

LEMAIRE, G. Understanding root and shoot development. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., Piracicaba, 2001. **Proceedings ...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 29-37.

LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plant communities. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. (Ed.) **The ecology and management of grazing systems**. London: CAB International, 1996. chap. 1, p. 3-36.

LITTEL, R.C.; PENDERGAST, J.; NATARAJAN, R. Modelling covariance structure in the analysis of repeated measures data. **Statistics in Medicine**, Boston, v. 19, p. 1793-1819, 2000.

MATTHEW, C.; YANG, J.Z.; POTTER, J.F. Determination of tiller and root appearance in perennial ryegrass (*Lolium perenne*) swards by observation of the tiller axis, and potential application in mechanistic modeling. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, Wellington, v. 41, p. 1-10, 1998.

MATTHEW, C.; VAN LOO, E.N.; THOM, E.R.; DAWSON, L.A.; CARE, D.A. Understanding shoot and root development. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001, Piracicaba. **Proceedings ...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 19-27.

MATTHEW, C.; LEMAIER, G.; SACKVILLE HAMILTON, N.R.; HERNANDEZ GARAY, A. A modified self-thinning equation to describe size/density relationships for defoliated swards. **Annals of Botany**, Oxford, v. 76, p. 579-587, 1995.

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

NABINGER, C. Eficiência do uso de pastagens: disponibilidade e perdas de forragem. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 14., 1997, Piracicaba. **Anais ...** Piracicaba: FEALQ, 1997. p. 213-251.

NELSON, C.J. Shoot morphological plasticity of grasses: Leaf growth vs. tillering. In: LEMAIER, G.; HODGSON, J.; MORAES, A.; CARVALHO, P.C.F.; NABINGER, C. (Ed.). **Grassland ecophysiology and grazing ecology**. Wallingford: CABI Publ., 2000. chap. 6, p. 101-126.

NEUTEBOOM, J.H.; LANTINGA, E.A. Tillering potential and relationship between leaf and tiller production in perennial ryegrass. **Annals of Botany**, Oxford, v. 63, p. 265-270, 1989.

NIKLAS, K.J.; ENQUIST, B.J. Invariant scaling relationships for interspecific plant biomass production rates and body size. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 98, n. 5, p. 2922-2927, 2001.

OMETTO, J.C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 425 p.

PEARSON, C.J.; ISON, R.L. **Agronomy of grassland systems**. Cambridge: Cambridge University Press, 1997. 218 p.

PONTES, L.S.; SOUSSANA, J.F.; LOUAULT, F.; ANDUEZA, D.; CARRÈRE, P. Leaf traits affect the above-ground productivity and quality of pasture grasses. **Functional Ecology**, London, v. 21, p. 844-853, 2007.

POORTER, H.; PEREZ-SOBA, M. The growth response of plants to elevated CO₂ under non-optimal environmental conditions. **Oecologia**, Berlin, v. 129, p. 1-20, 2001.

RYSER, P.; URBAS, P. Ecological significance of leaf life span among Central European grass species. **Oikos**, Kobenhaun, v. 91, p. 41-50, 2000.

SACKVILLE-HAMILTON, N.R.; MATTHEW, C.; LEMAIRE, G. In defence of the -3/2 boundary rule: a re-evaluation of self thinning concepts and status. **Annals of Botany**, Oxford, v. 76, p. 569-577, 1995.

SARMENTO, D.O.L. **Produção, composição morfológica e valor nutritivo da forragem em pastos de *Brachiaria brizantha* (Hochst ex A. Rich) Stapf. cv Marandu submetidos a estratégias de pastejo rotativo por bovinos de corte**. 2007. 144 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

SAS INSTITUTE. Disponível em: <<http://sasdocs.ucdavis.edu>>. Acesso em: 10 ago. 2006.

SBRISSIA, A.F. **Compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos em pastagens de *Cynodon* spp.** 2000. 80 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

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

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

SBRISSIA, A.F.; DA SILVA, S.C.; MOLAN, L.K.; SARMENTO, D.O.L.; ANDRADE, F.M.E.; LUPINACCI, A.V.; GONÇALVES, A.C. A simple method for measuring tiler volume of grasses. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 59, n. 4, p. 406-410, 2004.

SOUZA JR., S.J. **Estrutura do dossel, interceptação de luz e acúmulo de forragem em pastos de capim-marandu submetidos a estratégias de pastejo por bovinos de corte**. 2007. 122 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

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

WESTOBY, M. The self-thinning rule. **Advances in Ecological Research**, Oxford, v. 14, p. 41-76, 1984.

WOLFINGER, R.D. Covariance structure selection in general mixed models. **Communications in Statistics Simulation and Computation**, Philadelphia, v. 22, n. 4, p. 1079-1106, 1993.

ZEFERINO, C.V. **Morfogênese e dinâmica do acúmulo de forragem em pastos de capim-marandu [*Brachiaria bruzantha* (Hochst. Ex A. Rich) cv. Marandu] submetidos a regimes de lotação intermitente por bovinos de corte**. 2006. 193 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

5 ANÁLISE DE CRESCIMENTO DE PASTOS DE CAPIM-MARANDU SUBMETIDOS A ESTRATÉGIAS DE PASTEJO ROTATIVO

Resumo

Estratégias de pastejo alteram a área foliar dos pastos, interferindo em seus padrões de crescimento e afetando o acúmulo e a utilização da forragem. O objetivo deste experimento foi avaliar o crescimento de pastos de capim-marandu submetidos a estratégias de pastejo rotativo de outubro de 2004 a setembro de 2005. Os tratamentos corresponderam a combinações entre dois intervalos (tempo necessário para o dossel atingir 95 ou 100% de interceptação de luz durante a rebrotação – IL) e duas intensidades de pastejo (alturas pós-pastejo de 10 e 15 cm). Estes foram alocados às unidades experimentais (piquetes de 1200 m²) segundo um arranjo fatorial 2 x 2 e delineamento de blocos completos casualizados, com quatro repetições. As variáveis avaliadas foram taxa de crescimento da cultura (TCC), taxa de crescimento relativo (TCR), taxa de assimilação líquida (TAL), razão de área foliar (RAF) e razão de peso foliar (RPF). No início e final de primavera de 2004, o tratamento 95/15 foi o que proporcionou maior TCC relativamente aos demais tratamentos, resultado dos maiores valores de TAL, RAF e RPF, sendo que perfilhos basais foram os principais contribuintes desse resultado. Foi registrada redução de 41% em TCC e 56% em TAL do final de primavera de 2004 ao verão de 2005. De forma geral, para compensar reduções em TAL, a planta se ajustou fisiológica e morfológicamente aumentando a RAF e seus componentes, área foliar específica e RPF. A TCR e a TAL foram, respectivamente, 26% e 50% superiores nos pastos manejados com 95% relativamente àqueles manejados com 100% de IL. Quando a TAL foi baixa, foi observado aumento na RAF, sugerindo uma ação complementar entre TAL e RAF. Os baixos valores de TAL dos perfilhos basais parecem ter sido compensados pelos elevados valores de TAL dos perfilhos aéreos nas épocas de maior crescimento. No início de primavera de 2004 foi registrada maior TCR para os tratamentos 100/10 e 95/15, proporcionada principalmente pelos perfilhos aéreos. Foram registrados maiores valores de TCR para os tratamentos 95/10 e 100/10 no final de primavera de 2004 e verão de 2005, o que resultou em TCR 41% maior para a altura pós-pastejo 10 cm em relação a 15 cm. Os efeitos negativos das condições de ambiente no outono/inverno foram refletidos nos menores valores de TCC, TCR e TAL nessa época do ano. Aparentemente, perfilhos aéreos possuem papel importante e complementar àquele de perfilhos basais na determinação dos padrões de crescimento do capim-marandu. O tratamento 95/15 resultou no padrão mais favorável de crescimento dos pastos, particularmente durante o período de transição entre o inverno e primavera.

Palavras-chave: *Brachiaria brizantha*; Interceptação luminosa; Manejo do pastejo; Rebrotção

Growth analysis of marandu palisadegrass swards subjected to strategies of rotational stocking

Abstract

Grazing strategies alter sward leaf area, interfering with their patterns of growth and affecting herbage accumulation and utilisation. The objective of this experiment was to evaluate the growth of marandu palisadegrass swards subjected to strategies of rotational stocking from October 2004 to September 2005. Treatments corresponded to combinations between two grazing intervals (time necessary for swards to intercept 95 or 100% light interception during regrowth – LI) and two grazing intensities (post-grazing heights of 10 and 15 cm), and were allocated to experimental units (1200m² paddocks) according to a 2x2 factorial arrangement and a complete randomised block design, with four replications. The response variables studied were rates of crop (CGR) and relative growth (RGR), net assimilation rate (NAR), leaf area ratio (LAR) and leaf weight ratio (LWR). In early and late spring 2004, the highest CGR was recorded for treatment 95/15, consequence of the higher values of NAR, LAR and LWR in relation to other treatments, with basal tillers being the major contributors. There was a 41% decrease in CGR and a 56% decrease in NAR from late spring 2004 to summer 2005. In general, reductions in NAR were compensated for by physiological and morphological adjustments expressed as increases in LAR and its components, specific leaf area and LWR. RGR and NAR were 26 and 50% higher, respectively, on swards grazed at 95% than at 100% LI. When NAR was low, there was a corresponding increase in LAR, suggesting a complementary role between NAR and LAR. Low values of NAR for basal tillers seemed to be compensated for by high values of NAR for aerial tillers during seasons of high pasture growth. In early spring 2004 treatments 100/10 and 95/15 resulted in the highest RGR, particularly because of aerial tillers. In late spring 2004 and summer 2005 highest RGR was recorded for treatments 95/10 and 100/10, ensuring a 41% higher RGR for the 10 cm post-grazing height treatments in relation to the 15 cm. The negative effects of environmental conditions during autumn/winter were reflected in the low values of CGR, RGR and NAR at that time of the year. Apparently, aerial tillers play an important complementary role in relation to basal tillers in determining the patterns of growth of marandu palisadegrass. Treatment 95/15 resulted in the most favourable pattern of growth, particularly in the transition period between winter and spring.

Keywords: *Brachiaria brizantha*; Canopy light interception; Regrowth; Grazing management

5.1 Introdução

A análise de crescimento é uma ferramenta analítica amplamente utilizada para caracterizar o crescimento de plantas e inferir sobre a contribuição de diferentes processos fisiológicos sobre seu comportamento. É eficiente para avaliar a produção

líquida das plantas derivada do processo fotossintético, e mostra o resultado do desempenho do sistema assimilatório em determinadas condições de ambiente e manejo. Pode ser utilizada para auxiliar na interpretação das adaptações morfofisiológicas da planta forrageira em resposta ao manejo, permitindo maior compreensão dos mecanismos que interferem no processo de acúmulo de forragem (BEADLE, 1993; HUNT, 2002).

As variáveis utilizadas na análise de crescimento variam com as condições ambientais, com as características genéticas de cada planta forrageira e com as práticas de manejo empregadas. Esse tipo de análise utiliza dados simples como massa seca de forragem por unidade de área e tamanho do aparato fotossintético das plantas para investigar processos internos, permitindo avaliar o crescimento final como um todo e a contribuição dos diferentes órgãos para o crescimento total (BEADLE, 1993; BENINCASA, 1988; HUNT, 2002; RADFORD, 1967).

Radford (1967) apresentou uma série de fórmulas para calcular alguns atributos fisiológicos, discutindo as condições necessárias para seu uso correto. Também propôs um método alternativo para a análise de crescimento, envolvendo uma descrição matemática que se baseia na massa seca (MS) e área foliar em função do tempo, acompanhada de cálculo das estimativas instantâneas dos diferentes atributos da análise de crescimento. Segundo esse autor, as variáveis que descrevem a análise de crescimento são: taxa de crescimento da cultura (TCC), definida como o aumento em MS de planta por unidade de tempo, que corresponde a um indicador de produtividade; taxa de crescimento relativo (TCR), definida como o aumento de MS de planta por unidade de MS presente, que corresponde a um indicador de eficiência de conversão da massa de forragem existente no pasto e possui dois componentes principais, a taxa de assimilação líquida (TAL) e a razão de área foliar (RAF). A TAL é definida como o aumento de MS de planta por unidade de material assimilatório (área foliar) por unidade de tempo, e reflete a eficiência do sistema fotossintético. Já a razão de área foliar (RAF) representa a área foliar útil para crescimento e fotossíntese, sendo considerada um componente morfofisiológico, pois corresponde à razão entre a área foliar (responsável pela captação de energia luminosa e CO_2) e a MS total de forragem, e reflete, de certo modo, a partição dos carboidratos assimilados. A RAF, por sua vez, pode ser

desmembrada em dois componentes: a área foliar específica (AFE), que relaciona a superfície com a massa seca de folhas; e a razão de peso foliar (RPF), que é a razão entre a massa seca de folhas e a massa seca total da planta.

O estudo dessas variáveis é interessante porque, enquanto o acúmulo líquido mostra somente o resultado do balanço entre os processos de crescimento e senescência (HODGSON, 1990; LEMAIRE; CHAPMAN, 1996) e a composição morfológica o efeito da partição de fotoassimilados, a análise de crescimento mostra o resultado de um processo fisiológico que envolve os efeitos de vários outros processos (fotossíntese, respiração, alocação etc.) (Mc GRAW; GARBUTT, 1990) a partir da estimativa dos índices fisiológicos TCC, TCR, TAL, RAF e RPF, que indicam diferenças de potencial de crescimento entre plantas, épocas do ano e práticas de manejo (GOMIDE, 1997).

Partindo da hipótese de que o manejo da pastagem e as variações sazonais afetam a velocidade de crescimento e os processos de fotossíntese, respiração e alocação de fotoassimilados das plantas forrageiras, o objetivo deste experimento foi analisar o crescimento de pastos de capim-marandu submetidos a estratégias de pastejo rotativo utilizando as premissas da análise clássica de crescimento.

5.2 Material e métodos

O experimento foi realizado na Unidade Experimental de Plantas Forrageiras (UEPF) do Departamento de Zootecnia, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP, cujas coordenadas geográficas aproximadas são 22°42’ de latitude sul, 47°37’ de longitude oeste e 550 metros de altitude (OMETTO, 1989). O relevo da área experimental classifica-se entre suave a moderadamente ondulado e o solo é um Nitossolo Vermelho eutrófico, com horizonte A moderado e textura variando de argilosa a muito argilosa (EMBRAPA, 1999), de elevada fertilidade. As características químicas da camada 0-20 cm do solo antes do início do experimento foram: pH CaCl₂: 5,6; MO (dg.dm⁻³): 41; P (resina) (mg.dm⁻³): 67; Ca (mmol_c.dm⁻³): 74; Mg (mmol_c.dm⁻³): 19; K (mmol_c.dm⁻³): 6,5; H + Al (mmol_c.dm⁻³): 36; S (mmol_c.dm⁻³): 99; T (mmol_c.dm⁻³): 134,8; V (%): 74.

Os pastos de capim-marandu foram estabelecidos em janeiro de 2001 e mantidos sob lotação contínua até fevereiro de 2003, época em que passaram a ser manejados sob pastejo rotativo até fevereiro de 2004, quando foram roçados a uma altura média de 8 cm em preparação para o experimento. Os tratamentos corresponderam à combinação entre duas intensidades (alturas pós-pastejo de 10 e 15 cm) e dois intervalos de pastejo (período de tempo necessário para o dossel atingir 95 e 100% de interceptação de luz durante a rebrotação – IL). Estes foram alocados às unidades experimentais (piquetes de 1200 m²) segundo um arranjo fatorial 2x2 e delineamento de blocos completos casualizados, com 4 repetições, a partir de março de 2004, e as avaliações foram efetuadas de outubro de 2004 até setembro de 2005. Os pastejos foram realizados por novilhas e vacas das raças Nelore e Canchim, utilizando-se um número de animais a cada pastejo dimensionado de forma que o rebaixamento dos pastos acontecesse em período não superior a um dia (“mob grazing”, GILDERSLEEVE et al., 1987).

Foram realizadas adubações com nitrogênio, potássio e enxofre utilizando-se fertilizante comercial de formulação 30-00-20 contendo 6% de enxofre na forma de sulfato de amônio, equivalentes a um total de 110 kg.ha⁻¹ de N aplicados de forma parcelada após o pastejo. As quantidades de nitrogênio aplicadas e suas respectivas épocas de aplicação durante o período experimental foram: 30 kg.ha⁻¹ entre novembro e dezembro/04; 30 kg.ha⁻¹ entre janeiro e fevereiro/05 e 50 kg.ha⁻¹ em abril/05.

Os dados climáticos durante o período em que foi realizado o experimento são mostrados na Figura 1. O extrato do balanço hídrico mensal (Figura 2) foi calculado considerando-se uma capacidade de armazenamento de água no solo (CAD) de 50 mm.

Figura 1 - Médias mensais e históricas de precipitação e temperatura de outubro de 2004 a setembro de 2005

Figura 2 - Extrato do balanço hídrico mensal de outubro de 2004 a setembro de 2005
(As setas indicam as épocas em que foram feitas as aplicações de nitrogênio nos pastos)

O monitoramento da interceptação luminosa pelo dossel foi feito no pós-pastejo, a cada incremento de 5 cm na altura do dossel durante a rebrotação e a cada dois dias a partir da constatação de 90% de IL até que as metas de 95 e 100% de IL fossem atingidas utilizando-se um aparelho analisador de dossel marca LI-COR modelo LAI 2000 (LI-COR, Lincoln, Nebraska, EUA). As medições foram realizadas em dez estações de leitura por unidade experimental (locais onde a altura representava a condição média dos pastos no momento da amostragem). Foram tomadas cinco leituras no nível do solo e uma leitura acima do dossel em cada estação, totalizando 50 leituras no nível do solo e dez acima do dossel por piquete. A altura do dossel foi determinada com a mesma frequência das avaliações de IL utilizando-se régua e folha de transparência (FAGUNDES et al., 1999), sendo tomadas 20 leituras ao longo de trajetórias definida *a priori* e utilizadas de forma consistente durante todo o período experimental para cada piquete.

Foram coletados 60 perfilhos por unidade experimental em pontos onde a altura correspondia à altura média do dossel forrageiro. A coleta foi realizada em seis pontos por parcela, sendo coletados 10 perfilhos basais por ponto (contendo todos os perfilhos aéreos deles provenientes), os quais foram cortados com tesoura rente ao solo, identificados, acondicionados em sacos plásticos e imediatamente levados ao laboratório para realização das avaliações. As coletas foram realizadas no pré-pastejo, pós-pastejo e a cada incremento de 5 cm a partir da altura de resíduo durante a rebrotação. Neste último caso, depois de encerrado o experimento e em função do número variável de incrementos entre tratamentos, os dados foram utilizados para o cálculo de um valor correspondente ao ponto médio do intervalo de pastejo (fase intermediária - condição em que o dossel apresentava altura igual à média aritmética simples entre as condições de pré e de pós-pastejo), de outubro de 2004 a setembro de 2005. Os 60 perfilhos basais coletados foram colocados sobre um balcão e, aleatoriamente, foram sendo escolhidos um a um. Quando o perfilho escolhido possuía um ou mais perfilhos aéreos, estes eram separados dos basais, classificados como aéreos e contados. Isso foi feito até que se atingisse o número de 60 perfilhos no total, incluindo, portanto, basais e aéreos. Após essa separação em categorias, os componentes dos perfilhos (folhas (lâminas foliares), colmos (colmos + bainhas) e

material morto) foram pesados separadamente em balança digital para obtenção da massa verde (MV) de cada componente, sendo as lâminas foliares passadas em aparelho integrador de área foliar marca LI-COR, modelo LI-3100, para obtenção da área foliar média por perfilho (AF) (cm^2). Posteriormente, cada componente foi acondicionado em sacos de papel e levado à estufa a 65°C por 48h, e então pesado em balança digital. A massa seca média de folhas (MSF) e de colmos (MSC) por perfilho foi obtida a partir dos valores obtidos pela pesagem dos 60 perfilhos, tanto do material fresco quanto seco, sendo o valor da pesagem de folhas e colmos dividido por 60. O valor do peso seco dos componentes folhas e colmos de perfilhos individuais foi multiplicado pela densidade populacional de perfilhos (DPP; perfilhos.m^{-2}) (Capítulo 2), obtendo-se assim a massa seca da parte aérea por metro quadrado (MSPA; g.m^{-2}). O índice de área foliar (IAF) foi obtido a partir da equação $\text{IAF} = \text{DPP} \times \text{AF}$. As variáveis taxa de crescimento da cultura (TCC; $\text{g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$), taxa de crescimento relativo (TCR; $\text{g.g}^{-1}.\text{dia}^{-1}$), taxa de assimilação líquida (TAL; $\text{g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$) e razão de área foliar (RAF; $\text{m}^2.\text{g}^{-1}$) foram calculadas a partir dos valores de MSPA e IAF, conforme Radford (1967), e a razão de peso foliar (RPF; g.g^{-1}) segundo Benincasa (1988). Antes da realização dos cálculos, os dados de MSPA e IAF foram plotados em relação aos dias de avaliação ao longo de cada período de rebrotação, constatando-se uma relação linear positiva, indicativa de que a premissa básica da análise de crescimento descrita por Radford (1967), de que ao longo do período t_1 (pós-pastejo anterior) a t_2 (pré-pastejo atual) tanto a área foliar como a massa seca aumentam de forma contínua segundo uma relação linear, estava sendo respeitada. As fórmulas utilizadas para o cálculo das variáveis da análise de crescimento (TCC, TCR, TAL, RAF e RPF) foram:

$$\text{TCC} = (P_2 - P_1) / (t_2 - t_1)$$

$$\text{TCR} = (\log P_2 - \log P_1) / (t_2 - t_1)$$

$$\text{TAL} = ((P_2 - P_1) / (\text{IAF}_2 - \text{IAF}_1)) * ((\log \text{IAF}_2 - \log \text{IAF}_1) / (t_2 - t_1))$$

$$\text{RAF} = \frac{1}{2} ((\text{IAF}_1 / P_1) + (\text{IAF}_2 / P_2))$$

$$\text{RPF} = \text{MSF} / \text{MSPA}$$

Onde: P_1 e P_2 são os valores de massa seca total da parte aérea (MSPA) nos tempos t_1 (pós-pastejo anterior) e t_2 (pré-pastejo atual), respectivamente; IAF_1 e IAF_2

são os valores de índice de área foliar nos tempos t_1 e t_2 , respectivamente; MSF é a massa seca de folhas; e MSPA é a massa seca total da parte aérea.

Em função dos intervalos variáveis de pastejo para cada tratamento e repetição, consequência da forma como os tratamentos foram definidos, os dados foram agrupados em épocas do ano dentro das quais o comportamento das variáveis estudadas era relativamente uniforme, mas que, entre si, representavam mudanças potencialmente importantes em padrão de resposta ao longo do período experimental: início de primavera de 2004 (IP 2004) = outubro e novembro de 2004; final de primavera de 2004 (FP 2004) = dezembro de 2004; verão de 2005 (V 2005) = janeiro a março de 2005, e outono/inverno de 2005 (O/I 2005) = abril a setembro de 2005.

A análise estatística dos dados foi realizada utilizando-se o PROC MIXED do pacote estatístico SAS[®] (*Statistical Analysis System*), versão 8.2 para Windows[®], (SAS INSTITUTE, 2006). Na escolha da matriz de variância e covariância foi utilizado o Critério de Informação de Akaike (WOLFINGER, 1993). Assim, foi possível detectar os efeitos das causas de variação principais (altura pós-pastejo, IL e época do ano) bem como da interação entre elas. Os efeitos de altura pós-pastejo, IL, época do ano e fase de rebrotação e suas interações foram considerados fixos e o efeito de blocos foi considerado aleatório (LITTEL et al., 2000). Todo o conjunto de dados foi testado de forma a assegurar que as prerrogativas básicas da análise de variância fossem atendidas utilizando-se o SAS LAB e, quando necessário, os dados foram transformados antes de serem analisados. As médias dos tratamentos foram estimadas utilizando-se o “LSMEANS” e a comparação entre elas foi realizada por meio da probabilidade da diferença (“PDIFF”), usando o teste “t” de “Student” e um nível de significância de 10%.

5.3 Resultados

5.3.1 Taxa de crescimento da cultura

De maneira geral, pastos manejados com 95% de IL apresentaram maior taxa de crescimento da cultura (TCC) que aqueles manejados com 100% de IL (7,08 e 5,23 g.m⁻².dia⁻¹; P = 0,0301). As menores TCC foram registradas no outono/inverno de 2005 (P = 0,0011). No início e final de primavera de 2004 o tratamento 95/15 foi o que

resultou na maior TCC relativamente aos demais tratamentos. Já no verão de 2005 a maior TCC foi registrada nos pastos submetidos ao tratamento 95/10 (Figura 2; $P = 0,0841$).

IP = início de primavera (outubro e novembro); FP = final de primavera (dezembro); V = verão (janeiro a março) e OI = outono/inverno (abril a setembro)
 Letras minúsculas comparam médias de tratamentos dentro de épocas do ano

Figura 3 - Taxa de crescimento da cultura de pastos de capim-marandu submetidos a estratégias de pastejo rotativo de outubro de 2004 a setembro de 2005

5.3.2 Taxa de crescimento relativo

De forma geral, a taxa de crescimento relativo (TCR) foi maior para os tratamentos de altura pós-pastejo 10 cm que para aqueles de 15 cm ($0,061$ e $0,036 \text{ g.g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, respectivamente; $P = 0,0193$). No final de primavera de 2004 foi registrado o maior valor de TCR ($0,097 \text{ g.g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) e, no outono/inverno de 2004, o menor valor ($0,013 \text{ g.g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) ($P < 0,0001$). Pastos manejados com o tratamento 95/10 tiveram maior TCR no final de primavera de 2004 e verão de 2005. No início de primavera de 2004 os tratamentos 100/10 e 95/15 foram os que resultaram nos maiores valores de TCR (Figura 4, $P = 0,0712$).

IP = início de primavera (outubro e novembro); FP = final de primavera (dezembro); V = verão (janeiro a março) e OI = outono/inverno (abril a setembro)
 Letras minúsculas comparam médias de tratamentos dentro de épocas do ano

Figura 4 - Taxa de crescimento relativo de pastos de capim-marandu submetidos a estratégias de pastejo rotativo de outubro de 2004 a setembro de 2005

5.3.3 Taxa de assimilação líquida

Pastos manejados com 95% de IL apresentaram maior taxa de assimilação líquida (TAL) que pastos manejados com 100% de IL ($4,58$ e $2,27 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$; $P = 0,0183$). Quanto às épocas do ano, somente no outono/inverno de 2005 a TAL foi mais baixa quando comparada às demais épocas do ano ($4,16$, $3,93$, $5,10$ e $0,51 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ para o início e final de primavera de 2004, verão e outono/inverno de 2005, respectivamente; $P = 0,0027$). O maior valor de TAL no final de primavera de 2004 foi registrado para o tratamento 95/15 e, no verão de 2005, para o tratamento 95/10 (Figura 5; $P = 0,0435$).

IP = início de primavera (outubro e novembro); FP = final de primavera (dezembro); V = verão (janeiro a março) e OI = outono/inverno (abril a setembro)

Letras minúsculas comparam médias de tratamentos dentro de épocas do ano

Figura 5 - Taxa de assimilação líquida de pastos de capim-marandu submetidos a estratégias de pastejo rotativo de outubro de 2004 a setembro de 2005

5.3.4 Razão de área foliar

Os tratamentos de altura pós-pastejo 10 cm resultaram em menor razão de área foliar (RAF) que aqueles de 15 cm ($0,009$ e $0,011 \text{ m}^2.\text{g}^{-1}$, respectivamente; $P = 0,0198$). De modo geral, foi registrado valor de RAF mais baixo no início de primavera de 2004 ($0,007 \text{ m}^2.\text{g}^{-1}$), que aumentou no final de primavera de 2004 ($0,009 \text{ m}^2.\text{g}^{-1}$) e teve outro aumento no verão de 2005 ($0,012 \text{ m}^2.\text{g}^{-1}$), diminuindo durante o outono/inverno de 2005 ($0,010 \text{ m}^2.\text{g}^{-1}$) ($P < 0,0001$). O tratamento 95/15 resultou em valores altos de RAF relativamente aos demais tratamentos durante todas as épocas do ano e, no início de primavera de 2004, o tratamento 100/10 também resultou em valores elevados de RAF (Figura 6, $P = 0,0016$).

IP = início de primavera (outubro e novembro); FP = final de primavera (dezembro); V = verão (janeiro a março) e OI = outono/inverno (abril a setembro)
 Letras minúsculas comparam médias de tratamentos dentro de épocas do ano

Figura 6 - Razão de área foliar de pastos de capim-marandu submetidos a estratégias de pastejo rotativo de outubro de 2004 a setembro de 2005

5.3.5 Razão de peso foliar

Os tratamentos de altura pós-pastejo 10 cm resultaram em maior RPF que aqueles de 15 cm (0,579 e 0,543, respectivamente; $P = 0,0005$). No verão e outono/inverno de 2005 foram registrados os maiores valores de RPF (0,583 e 0,574, respectivamente; $P < 0,0001$) relativamente ao início e final de primavera de 2004 (0,550 e 0,537, respectivamente). Apenas no final de primavera de 2004 os tratamentos de 95% de IL resultaram em maior RPF que os de 100% de IL. O maior valor de RPF de pastos manejados com 95% de IL foi constatado no verão de 2005, e o menor no início de primavera de 2004. Já para os pastos manejados com 100% de IL os maiores valores de RPF foram registrados no verão e outono/inverno de 2005, e o menor no final de primavera de 2004 (Figura 7; $P = 0,0046$).

IP = início de primavera (outubro e novembro); FP = final de primavera (dezembro); V = verão (janeiro a março) e OI = outono/inverno (abril a setembro)

Letras maiúsculas comparam tratamentos dentro de épocas do ano

Letras minúsculas comparam médias de épocas do ano dentro de IL

Figura 7 - Razão de peso foliar de pastos de capim-marandu submetidos a estratégias de pastejo rotativo de outubro de 2004 a setembro de 2005

5.4 Discussão

Por corresponder à variação em massa de forragem entre duas amostragens sucessivas, a TCC serve como indicadora da velocidade média de crescimento das plantas ao longo de um dado período de observação (BENINCASA, 1988). Assim, no início e final de primavera de 2004 o tratamento 95/15 o que proporcionou maior velocidade média de crescimento (Figura 3). Isso pode ter sido resultado da maior proporção de folhas na massa de forragem pós-pastejo (SARMENTO, 2007). A TAL e o IAF são considerados componentes da TCC (BENINCASA, 1988). Como no início e final de primavera de 2004 foram registrados maiores valores de TAL para o tratamento 95/15 (Figura 5), mas menor IAF ($P = 0,0479$; Figura 8) no início de primavera de 2004, e IAF semelhante ao tratamento 100/10 no final de primavera de 2004, pode-se inferir que a TAL teve maior influência sobre a TCC do que o IAF. Do final de primavera de 2004 ao verão de 2005 foi registrada redução de 41% em TCC para o tratamento 95/15, que pode ter sido influenciada pela redução de 56% em TAL e de 29% em IAF. A maior

proporção de material morto (SARMENTO, 2007) e o maior número de pastejos realizados (SOUZA JR., 2007) durante o início e final de primavera de 2004 nos pastos submetidos ao tratamento 95/15 relativamente aos demais podem ter contribuído para essa redução em TCC.

IP = início de primavera (outubro e novembro); FP = final de primavera (dezembro); V = verão (janeiro a março) e OI = outono/inverno (abril a setembro)

Letras maiúsculas comparam tratamentos dentro de épocas do ano

Letras minúsculas comparam médias de épocas do ano dentro de IL

Figura 8 - Índice de área foliar de pastos de capim-marandu submetidos a estratégias de pastejo rotativo de outubro de 2004 a setembro de 2005

No verão de 2005 o maior valor de TAL parece ter sido o responsável pelo maior valor de TCC registrado para o tratamento 95/10. Pode-se presumir que a TAL foi mais importante na determinação desse alto valor de TCC para o tratamento 95/10 do que o IAF, que apresentou valor intermediário entre os tratamentos de 100% de IL (100/10 e 100/15) e o tratamento 95/15. Essa mesma relação de importância entre TAL e IAF na determinação da TCC foi detectada para os tratamentos 100/10 e 100/15, uma vez que apresentaram os maiores valores de IAF (Figura 8), mas, contudo, baixos valores de TCC e de TAL. Esse fato revela que o tamanho do aparato fotossintético é pouco efetivo e sugere a importância que a TAL tem na determinação da velocidade de

crescimento dos pastos, indicando que práticas de manejo que favoreçam a produção de tecidos novos e fotossinteticamente mais eficientes, particularmente frequência adequada de pastejo, podem otimizar o aproveitamento da luz incidente pelas plantas.

Para o tratamento 95/10 foi registrada menor quantidade de material morto no início e final de primavera de 2004 e verão de 2005 (SARMENTO, 2007). Essa menor quantidade de material morto teoricamente permite que mais luz seja interceptada por folhas no dossel, favorecendo maior TAL e TCC. Porém, como esse tratamento promoveu maior intervalo médio de pastejo relativamente ao 95/15 (SOUZA JR., 2007), resultado da menor altura pós-pastejo, a velocidade média de crescimento (TCC) foi prejudicada e contribuiu para o registro de maior TCC e TAL apenas na estação seguinte, o verão de 2005. No verão de 2005 o tratamento 95/10 resultou em massa de forragem com maior proporção de folhas e menor proporção de colmos (SARMENTO, 2007) relativamente aos demais tratamentos. Essa maior quantidade de folhas verdes sugere maior atividade fotossintética e, conseqüentemente, maior TAL, que parece ter sido importante para aumentar a TCC, comportamento que corrobora os resultados de Ferreira (2001) para a mesma planta forrageira.

No início e final de primavera de 2004 a maior proporção da TCC para o tratamento 95/15 foi gerada a partir dos perfilhos basais (Figura 9). Contudo, no verão de 2005, essa contribuição diminuiu, mas, por outro lado, aumentou para o tratamento 95/10, o que deve ter favorecido a maior TCC dos tratamentos de 95% de IL nessa época do ano. Quando a TCC de perfilhos basais foi baixa, como no caso do tratamento 95/10 no final de primavera de 2004 (Figura 9), a TCC de perfilhos aéreos foi alta, sugerindo uma ação complementar entre perfilhos aéreos e basais, comportamento que foi mais evidente para a altura pós-pastejo 10 cm em relação a 15 cm nas épocas do ano favoráveis ao crescimento das plantas.

Figura 9 - Contribuição de perfilhos basais e aéreos para a taxa de crescimento da cultura de pastos de capim-marandu submetidos a estratégias de pastejo rotativo de outubro de 2004 a setembro de 2005

Os resultados deste experimento corroboram a afirmação de Watson (1958) de que aos 95% de IL há interceptação de quase toda a luz incidente, com um mínimo de auto-sombreamento, o que proporciona alto valor de TCC com melhor balanço entre os processos de fotossíntese e respiração, ou seja, maior TAL (LAMBERS, 1987), que foi 50% superior nos pastos manejados com 95% relativamente àqueles manejados com 100% de IL. A alta TAL para o tratamento 95/15 no final de primavera de 2004 foi proporcionada, principalmente, pela TAL dos perfilhos basais, enquanto que para o tratamento 95/10 houve grande influência da TAL dos perfilhos aéreos, que, no verão de 2005, foi 13% superior em relação àquela dos perfilhos basais (Figura 10).

Figura 10 - Contribuição de perfilhos basais e aéreos para a taxa de assimilação líquida de pastos de capim-marandu submetidos a estratégias de pastejo rotativo de outubro de 2004 a setembro de 2005

Quando os pastos foram manejados com 100% de IL houve redução da TCC, que pode ter sido causada pelo aumento das perdas respiratórias, consequência de sombreamento excessivo, e que pode ter resultado em balanço negativo de carbono (HAY; WALKER, 1989), causando os baixos valores de TAL registrados para esses tratamentos (Figura 5), principalmente nos períodos mais favoráveis ao crescimento com maior temperatura e precipitação (final de primavera de 2004 e verão de 2005). Assim, a diminuição da TAL para os tratamentos de 100% de IL pode ser atribuída à

redução da capacidade fotossintética líquida do dossel, causada pelo avanço na idade média de suas folhas, pelo sombreamento mútuo das mesmas e pelo aumento da carga respiratória da planta, fatores que comprometem a fotossíntese líquida do dossel (WOLEDGE, 1977). Além disso, com esses tratamentos foi registrado também maior acúmulo de colmos, material morto (SARMENTO, 2007) e senescência (ZEFERINO, 2007) relativamente aos tratamentos de 95% de IL, o que possivelmente esteve associado a maiores perdas por respiração, contribuindo para valores mais baixos de TAL no final de primavera de 2004 e verão de 2005.

A TCR consiste na taxa instantânea de aumento na biomassa da planta, e seus componentes são TAL e RAF. A TCR considera toda a biomassa aérea da planta como igualmente produtiva, mas sabe-se que as folhas são as que mais contribuem para o crescimento e acúmulo de MS. Por isso, a RAF, que é a área foliar existente por kg de MS, é um bom meio para se avaliar a importância das folhas na TCR (BENINCASA, 1988). No início de primavera de 2004 o tratamento que apresentou o maior valor de TCR foi o 100/10 (Figura 4), resultado, provavelmente, do alto valor de RAF (Figura 6). Nessa época, também foi registrada alta TCR para o tratamento 95/15, que, da mesma maneira como relatado para o tratamento 100/10, deve ter sido promovida pelo elevado valor de RAF. Assim, pode-se inferir que nessas épocas a TCR foi mais influenciada pelos valores de RAF do que pelos valores de TAL. Nesse sentido, Poorter (1989) relatou que o principal determinante da TCR é a RAF, o que também está de acordo com o registrado por Santos Jr. et al. (2004), que estudaram o crescimento do capim-marandu, e também por Oliveira et al. (2000), que trabalharam com o capim-tifton 85. Os altos valores de TCR para esses tratamentos foram provenientes principalmente dos perfilhos aéreos (Figura 11) que, por sua vez, também apresentaram elevados valores de RAF (Figura 12). Assim, foi essa categoria de perfilhos que contribuiu com os maiores valores de TCR para os tratamentos 100/10 e 95/15, o que pode ser comprovado pelos valores de RAF de perfilhos aéreos, que foram muito baixos para os tratamentos 95/10 e 100/15, coincidindo com os menores valores de TCR para esses tratamentos. Portanto, pode-se afirmar que no início de primavera de 2004 a RAF influenciou a TCR, e que os perfilhos aéreos foram determinantes do crescimento dos pastos. Com base nos altos valores de TCC e TCR registrados no início de primavera

de 2004, pode-se inferir que o restabelecimento de crescimento rápido nessa época do ano é fortemente influenciado pelo manejo do pastejo, sendo que foi otimizado pelo tratamento 95/15.

Figura 11 - Contribuição de perfilhos basais e aéreos para a taxa de crescimento relativo de pastos de capim-marandu submetidos a estratégias de pastejo rotativo de outubro de 2004 a setembro de 2005

No final de primavera de 2004 os valores de TCR de todos os tratamentos foram superiores em relação àqueles registrados durante o início de primavera de 2004. Entretanto, foram registrados valores mais altos de TCR para os tratamentos 95/10 e 100/10, assim como no verão de 2005 (Figura 4), o que contribuiu para que a altura pós-pastejo 10 cm resultasse em TCR 41% maior relativamente à altura pós-pastejo 15

cm. Como a TCR é um índice de eficiência, que representa a capacidade da planta em produzir material novo, a altura pós-pastejo de 10 cm proporcionou condições de crescimento mais eficiente das plantas, principalmente no caso de perfilhos aéreos. Essa alta TCR de perfilhos aéreos (Figura 11) foi registrada porque, provavelmente, houve maior perda de perfilhos pelo evento de pastejo, resultado da menor altura pós-pastejo, o que também pode ter causado decapitação precoce dos meristemas apicais, favorecendo o rápido crescimento dessa categoria de perfilhos. Associado a isso, foi registrada menor proporção de material morto nos pastos manejados com altura pós-pastejo 10 cm (SARMENTO, 2007), o que deve ter resultado em maior quantidade e qualidade de luz no interior do dossel, favorecendo o aparecimento de perfilhos aéreos pela ativação das gemas laterais. Assim, pode-se considerar que nessas condições o crescimento dos pastos recebeu contribuição significativa dos recém formados perfilhos aéreos, órgãos novos e mais eficientes fotossinteticamente, o que contribuiu para aumento na TCR sem que fossem necessários maiores empreendimentos em RAF no final de primavera de 2004.

A RAF aumentou para todos os tratamentos do início ao final de primavera de 2004 (Figura 6). Entretanto, no final de primavera de 2004, nos pastos manejados com os tratamentos 95/15 e 100/15, foi registrada maior RAF, o que não contribuiu para que esses tratamentos apresentassem maior valor de TCR, que foi superior nos pastos manejados com os tratamentos 95/10 e 100/10, com grande expressão dos perfilhos aéreos na TCR (Figura 11). Contudo, a RAF e a TAL foram mais baixas nos pastos manejados a 10 que nos pastos manejados a 15 cm de altura pós-pastejo, sugerindo que os maiores valores de TCR devam ter sido consequência do elevado perfilhamento aéreo ocorrido sob pastejo mais intenso nessa época do ano (Capítulo 2), o que explicaria a maior produção de tecidos por unidade de massa seca existente (TCR) nos pastos manejados com os tratamentos 95/10 e 100/10. O resultado desse perfilhamento intenso foi percebido na estação seguinte, o verão de 2005, época em que foram registrados os maiores valores de RAF e TAL para o tratamento 95/10.

Figura 12 - Contribuição de perfilhos basais e aéreos para a razão de área foliar de pastos de capim-marandu submetidos a estratégias de pastejo rotativo de outubro de 2004 a setembro de 2005

Do final de primavera de 2004 ao verão de 2005 foi registrado aumento de 21% da RAF para o tratamento 95/15, provavelmente para compensar a menor TAL, o que, entretanto, não foi suficiente para aumentar a TCC e a TCR. Como os componentes da RAF são AFE e RPF (BENINCASA, 1988), pode-se considerar que o aumento na RAF ocorreu porque houve aumento na AFE (Capítulo 4) e RPF. Isso é um indicativo de que deve ter havido maior investimento em folhas mais finas, porém com maior taxa de fotossíntese por unidade de peso, contribuindo para que uma maior fração da MS produzida permanecesse nas folhas e não fosse exportada para outras partes da planta. A partir disso, pode-se supor que, na tentativa de compensar a redução em TAL,

a planta se ajustou fisiológica e morfológicamente aumentando a RAF. Possivelmente, os menores valores de TCC e TAL do verão de 2005 em relação ao final de primavera de 2004 também estejam associados ao balanço hídrico negativo registrado durante o verão de 2005 (Figura 2).

À semelhança do descrito para os tratamentos de 95% de IL, do final de primavera de 2004 ao verão de 2005 foi registrado aumento na RAF de pastos manejados com 100% de IL, que se tornou semelhante aos tratamentos de 95% de IL no verão de 2005 (Figura 6). Como pastos manejados com 100% de IL tiveram maior altura do que os manejados com 95% de IL, pode ter ocorrido maior sombreamento mútuo. Menor luminosidade no interior do dossel implica em maior necessidade de área foliar por kg de MS, fato coerente e consistente com o aumento registrado em RAF. No verão de 2005 houve aumento 13% superior em AFE para os tratamentos de 100% em relação aos de 95% de IL (Capítulo 4) e, também, em RPF (Figura 7), o que contribuiu para o aumento da RAF dos pastos submetidos a pastejos menos freqüentes.

O aumento em RAF como consequência do aumento em AFE e RPF, independentemente do tratamento avaliado, sugere que a planta de capim-marandu prioriza a alocação de fotoassimilados para a formação de área foliar para interceptar a maior quantidade de luz possível. De forma geral, quando a TAL foi baixa, houve aumento na RAF e, segundo Robson (1973), maior RAF sinaliza lucro para a economia de carbono das plantas, pois reflete progressivo aumento do aparelho fotossintético relativamente ao peso da planta, representando menor custo de respiração e manutenção. Portanto, parece haver um mecanismo compensatório entre TAL e RAF, o que está de acordo com a afirmação de Poorter (1989), que relatou forte correlação negativa entre TAL e RAF. Assim, pode-se inferir que mudanças na TAL resultam em ajustes morfológicos e fisiológicos nas plantas, fato esse corroborado pelos resultados deste experimento.

Novamente, parece ter havido uma ação complementar entre o crescimento de perfilhos aéreos e basais, pois, no caso do tratamento 95/10, por exemplo, os baixos valores de TAL dos perfilhos basais parecem ter sido compensados pelos elevados valores de TAL dos perfilhos aéreos nas épocas de maior crescimento (Figura 11). O oposto ocorreu para o tratamento 95/15, cujos valores de TAL dos perfilhos basais

foram elevados e maiores que os do tratamento 95/10. Padrão semelhante de variação foi registrado também para os tratamentos 100/10 e 100/15 (Figura 11).

A RPF é a razão entre o peso de MS retida nas folhas e o peso de MS acumulada na parte aérea da planta toda. Considerando-se que as folhas são os principais órgãos responsáveis pela produção de MS (fotossíntese), e que o restante da biomassa da planta depende da exportação de material das folhas, a RPF expressa a fração da MS não exportada das folhas para o restante da planta. Assim, reduções em RPF refletem maior alocação de assimilados para o desenvolvimento de colmos e raízes (órgãos não assimilativos) em detrimento da produção de folhas. No final de primavera de 2004 os tratamentos de 100% de IL resultaram em maior exportação do material produzido nas folhas para o restante da planta, uma vez que a RPF dos pastos manejados com 100% de IL foi 10% inferior àquela dos pastos manejados com 95% de IL (Figura 7), e essa foi a única época em que foi registrada diferença entre os tratamentos. Nesse caso, o destino preferencial dos assimilados deve ter sido o desenvolvimento de colmos, uma vez que foram os tratamentos em que foram registradas as maiores taxas de alongamento desse componente morfológico (ZEFERINO, 2006). A partição de carbono para outras partes da planta que não folhas, refletida na redução nos valores de RAF, proporciona acúmulo de MS em outros órgãos vegetais não-fotossintetizantes como raízes e colmos, concorrendo para aumento de perdas respiratórias e redução da fotossíntese líquida do dossel. Isso pode ser constatado observando-se as variações nos valores de TAL, que foram 50% maiores nos pastos manejados com 95% de IL relativamente àqueles manejados com 100% de IL. Esse fato indica que os tratamentos de 100% de IL proporcionaram maiores perdas respiratórias que aqueles de 95% de IL, provavelmente resultado do maior investimento em órgãos não fotossintetizantes. Assim, no final de primavera de 2004, época em que foram registradas as condições mais favoráveis ao crescimento, com altas temperaturas e balanço hídrico positivo (Figuras 1 e 2), houve exportação de MS das folhas para os colmos à medida que o intervalo de pastejo aumentou e a competição por luz tornou-se acirrada no interior do dossel (100% de IL). Essa observação ratifica a importância da frequência de pastejo como forma de controlar a eficiência de pastejo (TRINDADE,

2007) e o valor nutritivo da forragem produzida (SARMENTO, 2007), além de determinar a eficiência do processo de crescimento das plantas.

Nas demais épocas do ano não houve diferença entre os tratamentos de 95 e 100% de IL quanto aos valores de RPF, o que significa que a partição de assimilados para os diferentes órgãos das plantas não diferiu entre os manejos usados. Em pastos manejados com 95% de IL a RPF aumentou do início de primavera de 2004 ao verão de 2005, sugerindo que esse tratamento favoreceu a alocação de assimilados preferencialmente para a produção de folhas. Em pastagens esse é um padrão interessante de direcionamento da partição de assimilados, uma vez que são as estruturas mais eficientes para a realização da fotossíntese e de maior valor nutritivo e seleção pelos animais em pastejo.

Tanto em pastos manejados com 100% quanto naqueles manejados com 95% de IL, com exceção do início de primavera de 2004, quando os pastos estavam iniciando a nova estação de crescimento e apresentavam-se, portanto, com baixa DPP de perfilhos aéreos (Capítulo 2), a RPF de perfilhos aéreos foi alta (Figura 13). Esse fato é sugestivo de que o padrão de “funcionamento” dos perfilhos aéreos e basais é o mesmo, e revela a importância da contribuição dos perfilhos aéreos na formação do IAF dos pastos (Capítulo 4), que variou de forma análoga à RPF.

Os efeitos negativos das condições de ambiente no outono/inverno, com baixas temperaturas e déficit hídrico acentuado (Figuras 1 e 2), foram claramente demonstrados por meio dos menores valores de TCC, TCR e TAL registrados nessa época do ano, os quais não diferiram entre os tratamentos avaliados, indicativo de um forte efeito climático sobre o crescimento das plantas.

Figura 13 - Razão de peso foliar de perfilhos basais e aéreos de pastos de capim-marandu submetidos a estratégias de pastejo rotativo de outubro de 2004 a setembro de 2005

2.5 Conclusões

Perfilhos aéreos parecem possuir papel importante e complementar àquele de perfilhos basais na determinação dos padrões de crescimento do capim-marandu. Entretanto, estudos adicionais e específicos são necessários para o entendimento de seu funcionamento fisiológico e de sua real contribuição para o crescimento das plantas.

Pastos de capim-marandu submetidos a pastejo rotativo devem ter sua rebrotação interrompida quando a interceptação de luz pelo dossel durante a rebrotação atingir 95%, condição em que devem ser rebaixados até uma altura de 15 cm de resíduo, exceção feita ao período de outono/inverno, época em que se pressupõe que possa haver algum benefício na redução do resíduo para 10 cm de altura. Entretanto, são necessários mais estudos para comprovar essa hipótese.

Referências

- BEADLE, D.L. Growth analysis. In: HALL, D.O.; BOLHARNORDENKAMPF, H.R.; LEEGOOD, R.C.; LONG, S.P. **Photosynthesis and production in a changing environment: a field and a laboratory manual**. London: Pergamon Press, 1993. p. 36-46.
- BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: FUNEP, 1998. 41 p.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA Produção de Informação, 1999. 412 p.
- FAGUNDES, J.L.; DA SILVA, S.C.; PEDREIRA, C.G.S; SBRISSIA, A.F.; CARNEVALLI, R.A.; CARVALHO, C.A.B.; PINTO, L.F.M. Índice de área foliar, interceptação luminosa e acúmulo de forragem em pastagens de *cynodon* spp. sob diferentes intensidades de pastejo. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 1141-1150, 1999.
- FERREIRA, A.M. **Emergência, crescimento e senescência de uma cultivar de *Brachiaria* em condições de cerrado**. 2001. 36 p. Dissertação (Mestrado em Biologia) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2001.
- GILDERSLEEVE, R.R.; OCUMPAUGH, W.R.; QUESENBERRY, K.H.; MOORE, J.E.; Mob-grazing morphologically different *Aeschynomene* species. **Tropical Grasslands**, Brisbane, v. 21, n. 3, p. 123-132, 1987.
- GOMIDE, C.A.M. **Morfogênese e análise de crescimento de cultivares de *Panicum maximum* (Jacq.)**. 1997. 53 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.
- HAY, R.K.M.; WALKER, A.J. **An introduction on the physiology of crop yield**. Essex: Longman Scientific and Technical, 1989. 292 p.
- HODGSON, J. **Grazing management: science into practice**. New York: John Wiley; Longman Scientific and Technical, 1990. 203 p.
- LAMBERS, H. Does variation in photosynthetic rate explain variation in growth rate? **Netherlands Journal of Agricultural Science**, Wageningen, v. 35, p. 505-519, 1987.
- LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plant communities. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. (Ed.). **The ecology and management of grazing systems**. London: CAB International, 1996. chap. 1, p. 3-36.
- LITTEL, R.C.; PENDERGAST, J.; NATARAJAN, R. Modelling covariance structure in the analysis of repeated measures data. **Statistics in Medicine**, Boston, v. 19, p. 1793-1819, 2000.

McGRAW, J.B.; GARBUTT, K. The analysis of plant growth in ecological and evolutionary studies. **Trends in Ecology and Evolution**, Oxford, v. 5, p. 251-254, 1990.

OLIVEIRA, M.A.; PEREIRA, O.G.; GOMIDE, J.A. Análise de crescimento do capim bermuda "Tifton 85" (*Cynodon* spp.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 6, p.1930-1938, 2000.

OMETTO, J.C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 425 p.

POORTER, H. Interspecific variation in relative growth rate: on ecological causes and physiological consequences. In: LAMBERS, H.; CAMBRIDGE, M.L.; KONINGS, H.; PONS, T.L. (Ed.). **Causes and consequences of variation in growth rate and productivity of higher plants**. The Hage: SPB Academic Publ., 1989. p. 45-68.

RADFORD, P.J. Growth analysis formulae – their use and abuse. **Crop Science**, Madison, v. 7, n. 3, p. 171-175, 1967.

ROBSON, M.J. The growth and development of simulated swards of perennial ryegrass. I – Leaf growth and dry weight change as related to the ceiling yield of a seedling sward. **Annals of Botany**, Oxford, v. 37, n. 4, p. 487-500, 1973.

SANTOS JR., J.D.; MONTEIRO, F.A.; LAVRES JR., J. Análise de crescimento do capim-marandu submetido a doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 1985-1991, 2004.

SARMENTO, D.O.L. **Produção, composição morfológica e valor nutritivo da forragem em pastos de *Brachiaria brizantha* (Hochst ex A. Rich) Stapf. cv Marandu submetidos a estratégias de pastejo rotativo por bovinos de corte**. 2007. 144 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

SAS INSTITUTE. Disponível em: <<http://sasdocs.ucdavis.edu>>. Acesso em: 10 ago. 2006.

SOUZA JR., S.J. **Estrutura do dossel, interceptação de luz e acúmulo de forragem em pastos de capim-marandu submetidos a estratégias de pastejo por bovinos de corte**. 2007. 122 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

TRINDADE, J.K. **Modificações na estrutura do pasto e no comportamento ingestivo de bovinos durante o rebaixamento do capim-marandu submetido a estratégias de pastejo rotacionado**. 2007. 162 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

WATSON, D.J. The dependence of net assimilation rate on leaf area index. **Annals of Botany**, Oxford, v. 22, p. 37-54, 1958.

WOLEDGE, J. The effects of shading and cutting treatments on the photosynthetic rate of ryegrass leaves. **Annals of Botany**, Oxford, v. 41, n. 176, p. 1279-1286, 1977.

WOLFINGER, R.D. Covariance structure selection in general mixed models. **Communications in Statistics Simulation and Computation**, Philadelphia, v. 22, n. 4, p. 1079-1106, 1993.

ZEFERINO, C.V. **Morfogênese e dinâmica do acúmulo de forragem em pastos de capim-marandu [*Brachiaria brizantha* (Hochst. Ex A. Rich) cv. Marandu] submetidos a regimes de lotação intermitente por bovinos de corte.** 2006. 193 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A disponibilidade de fatores de crescimento, caracterizada pelos padrões sazonais de temperatura e precipitação, e as estratégias de manejo do pastejo, caracterizadas pelas intensidades e frequências de desfolhação avaliadas, foram responsáveis por alterações morfológicas e fisiológicas importantes, determinantes do perfilhamento e do crescimento do capim-marandu. As plantas de capim-marandu parecem possuir uma estratégia eficiente para refazer sua área foliar após desfolhação e otimizar seu índice de área foliar (IAF) baseada em ajustes na densidade populacional de perfilhos, resultado de alterações em *site filling* e dinâmica do perfilhamento. Além dessas alterações estruturais em densidade populacional de perfilhos, foram constatadas também alterações fisiológicas como variações em área foliar específica, taxa de acúmulo líquido, razão de área foliar e razão de peso foliar.

A interceptação luminosa na condição pré-pastejo, utilizada neste estudo como definidora da duração do período de rebrotação dos pastos, foi o principal responsável pelas diferenças em densidade populacional de perfilhos. A maior população de perfilhos nos pastos manejados com 95% de IL pode ter sido consequência do menor sombreamento no interior do dossel e, por esse motivo, maior disponibilidade e qualidade de luz, o que favoreceu o aparecimento de novos perfilhos. Nessa condição, ficou aparente que os pastos otimizaram seu IAF por meio de aumento tanto em número de perfilhos por unidade de área como aumento da área foliar por perfilho (aumento do valor R), resposta esta típica dos pastos manejados com 100% de IL. Esse padrão de comportamento sugere que o capim-marandu possui um padrão de crescimento caracterizado por dois estágios distintos de funcionamento, um em nível de população e outro em nível de perfilhos individuais. No início da rebrotação, até que auto-sombreamento intenso não ocorra no interior do dossel (95% de IL), a planta produz área foliar por meio de aumento tanto no número como no tamanho dos perfilhos. Contudo, quando disponibilidade e qualidade de luz no interior do dossel são reduzidas (100% de IL), inicia-se um processo de redução em densidade populacional associado a aumento contínuo no tamanho de perfilhos individuais, com um aumento proporcionalmente maior em área foliar em relação ao volume por perfilho. Essa

estratégia é interessante porque confere ao capim-marandu elevada habilidade competitiva tanto em condições de alta como de baixa disponibilidade de luz, respectivamente, condição que ratifica e corrobora o caráter agressivo e colonizador dessa planta forrageira.

A estratégia de manejo baseada na meta de 95% de IL resultou em uma maior renovação da população de perfilhos, caracterizada por altas taxas de aparecimento e morte relativamente à estratégia de manejo baseada em 100% de IL, tanto para perfilhos basais quanto para perfilhos aéreos. Essa maior renovação condiciona uma menor longevidade de gerações individuais, resultando em população mais jovem de perfilhos, os quais possuem maiores taxas de aparecimento e alongamento de folhas¹, condição determinante de maiores taxas de crescimento e eficiência de utilização da luz incidente. Esse fato foi comprovado a partir dos resultados da análise de crescimento (RADFORD, 1967) realizada, uma vez que os maiores valores de taxa assimilatória líquida e de taxa de crescimento da cultura foram registrados nos pastos manejados com 95% em relação àqueles manejados com 100% de IL. Além de um processo de crescimento mais eficiente, o valor nutritivo da forragem acumulada foi mais alto (SARMENTO, 2007), resultado da maior proporção de folhas na massa de forragem pré-pastejo (SOUZA JR., 2007) e na forragem consumida pelos animais (TRINDADE et al., 2007), fatores esses importantes para assegurar desempenho animal satisfatório.

Vale ressaltar que o processo de crescimento dos pastos submetidos às diversas estratégias de pastejo avaliadas permitiu a identificação de um padrão comum de resposta da planta ao pastejo, sendo os valores individuais assumidos para cada tratamento, dentro de época do ano, segmentos de um único *continuum* de respostas. As variações em magnitude e época de ocorrência de respostas como perfilhamento (basal e aéreo), variações em R e área foliar específica representaram variações em intensidade e frequência de desfolhação e no estágio de desenvolvimento fenológico das plantas a cada evento de pastejo. Além disso, essas variações revelaram um mecanismo de ação complementar e convergente para restabelecimento do IAF dos pastos. Com isso, o início e a duração dos ajustes morfológicos e fisiológicos

¹ Paiva, A.J. Características morfogênicas e estruturais de classes de idade de perfilhos em pastos de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sob lotação contínua e ritmos morfogênicos contrastantes. Dissertação de mestrado do curso Ciência Animal e Pastagens em fase de elaboração.

registrados variaram em função da estratégia de pastejo avaliada, porém seguindo um padrão comum de resposta funcional.

O índice de área foliar parece ter sido fator chave determinando tanto o aparecimento como a morte de perfilhos, uma vez que o balanço entre o aparecimento e morte de perfilhos nos pastos apresentou o mesmo padrão de variação que aquele descrito para os valores de IAF ao longo do ano. Esse comportamento geral foi o mesmo seja para pastos manejados com 95 ou 100% de IL ou para perfilhos basais e aéreos. Assim como constatado por Barbosa (2004), Carnevalli et al. (2006), Moreno (2004), Lara (2007), Pedreira et al. (2007) e Zeferino (2006), o florescimento, desenvolvimento de colmos e o processo de senescência foi eficientemente controlado por meio da maior frequência de pastejo avaliada, ou seja, quando os pastejos foram realizados com 95% de IL. Esse fato demonstra consistência desse critério de interrupção da rebrotação de pastos submetidos a estratégias de pastejo rotativo para uma amplitude considerável de tipos morfológicos de plantas forrageiras tropicais, e sugere que deva ser considerado como meta para definição da duração do período de descanso ou intervalo de pastejo. Neste estudo 95% de IL estiveram consistentemente associados com uma altura do dossel de 25 cm, independentemente da época do ano (SOUZA JR., 2007).

A origem dos perfilhos, basais ou aéreos, exerceu influência sobre as taxas de crescimento dos pastos, as quais variaram com a época do ano e estratégias de manejo utilizadas. A densidade populacional de perfilhos aéreos sofreu variação sazonal semelhante à de perfilhos basais, fato indicativo de que os fatores climáticos interferem de maneira semelhante sobre ambos. O índice de área foliar, a taxa assimilatória líquida e a taxa de crescimento da cultura tenderam a variar de forma inversa entre perfilhos basais e aéreos. Esse fato ratifica a suspeita de um modo de ação complementar entre perfilhos aéreos e basais para a restauração e recomposição do IAF dos pastos de capim-marandu. Os perfilhos aéreos foram determinantes da taxa de crescimento relativo dos pastos manejados com altura pós-pastejo 10 cm, uma vez que apresentaram altos valores de razão de área foliar, razão de peso foliar e área foliar específica, fato indicativo de sua importância para o crescimento e recuperação da área foliar durante a rebrotação sob aquelas condições de manejo. O perfilhamento

aéreo ocorreu em maior proporção nos pastos manejados com 95% de IL, os quais apresentaram maior *site filling* e taxas de aparecimento e morte desses perfilhos, sugerindo que a maior frequência de pastejo resultou em melhor ambiente luminoso, favorecendo a ativação de gemas laterais e estimulando o perfilhamento aéreo.

O período de outono/inverno não foi favorável ao crescimento do capim-marandu, o que pôde ser confirmado pelas menores taxas de acúmulo líquido, de crescimento da cultura e de crescimento relativo registradas em relação a outras épocas do ano. A densidade populacional de perfilhos se manteve alta apesar das baixas taxas de aparecimento de perfilhos, resultado da menor mortalidade ou maior sobrevivência dos perfilhos existentes. O tempo de vida dos perfilhos que surgiram nessa época foi superior àquele dos perfilhos que surgiram em outras épocas do ano, e foi fator decisivo para a manutenção da estabilidade da população, uma vez que não houve variação pronunciada no índice de estabilidade das populações de perfilhos basais e aéreos. Entretanto, nos pastos manejados com altura pós-pastejo 10 cm foi verificada maior taxa de aparecimento de perfilhos basais relativamente aos pastos manejados com altura pós-pastejo 15 cm. Além disso, a altura pós-pastejo 10 cm resultou em balanço positivo entre aparecimento e morte de perfilhos, sem comprometimento do índice de estabilidade dos pastos nos meses de outono/inverno, o que corrobora e dá suporte à idéia de uso de metas de altura pós-pastejo variáveis ao longo do ano. Entretanto, a efetividade e a viabilidade dessa estratégia de manejo deve ser melhor estudada em experimentos especificamente planejados para essa finalidade.

O período de primavera apresentou padrões de resposta distintos entre o início e o final dessa estação. O início de primavera é um período crítico, de transição, em que os pastos estão se preparando para iniciar um novo ciclo produtivo após longo período de seca e temperaturas baixas. O uso de estratégia de manejo adequada nessa época do ano pode interferir com a persistência assim como com a velocidade com que os pastos retornam à condição de gerar altas taxas de crescimento e acúmulo de forragem durante o final da primavera e verão. No início de primavera o balanço entre aparecimento e morte de perfilhos foi positivo para todos os tratamentos avaliados, exceção feita apenas a perfilhos aéreos para o tratamento 100/15. O índice de

estabilidade tanto da população de perfilhos basais quanto de perfilhos aéreos também não sofreu variações significativas nessa época do ano, apresentando valores próximos a 1. Esse comportamento evidencia a capacidade de perfilhamento e recuperação dos pastos de capim-marandu quando as condições favoráveis de temperatura e precipitação são restabelecidas após o outono/inverno.

Dentre todos os tratamentos estudados, o 95/15 apresentou várias vantagens em relação aos demais, razão pela qual seu comportamento será apresentado de forma mais detalhada. Pastos manejados com o tratamento 95/15 apresentaram maior área foliar residual (SARMENTO, 2007), favorecendo maior investimento em perfilhamento (altas taxas de aparecimento de perfilhos) em uma época em que as gerações que sobreviveram durante todo o período de outono/inverno estavam desaparecendo, o início de primavera. Além disso, esse tratamento deve ter propiciado melhores condições de ambiente luminoso no interior do dossel, favorecendo a ativação de gemas laterais e estimulando o perfilhamento basal e aéreo. Esse fato, aliado à melhoria das condições de temperatura e precipitação, proporcionou aumento inicial das taxas de aparecimento de perfilhos nessa época. O rápido aparecimento, a grande mortalidade e conseqüente elevada renovação de perfilhos promovida por esse tratamento nessa época do ano asseguraram rápida restauração de área foliar eficiente fotossinteticamente de forma precoce no início da nova estação de crescimento dos pastos. Essas maiores taxas de aparecimento e morte de perfilhos no início e final de primavera caracterizam um padrão intenso de renovação de perfilhos que, por sua vez, determina uma população de perfilhos mais jovem, contribuindo positivamente para a aceleração do crescimento dos pastos e maior valor nutritivo da forragem produzida.

Pastos manejados com 100% de IL tiveram recuperação mais lenta após o outono/inverno, com balanço entre aparecimento e morte de perfilhos muito próximo a zero no início da primavera, condição essa indicativa de risco elevado de quebra de estabilidade da população e início potencial de processo de degradação do pasto. Nessa condição, a altura pós-pastejo 15 cm compensou parcialmente o perfilhamento lento, uma vez que propiciou melhor condição de cobertura do solo e área foliar disponível para rebrotação, indicando que longos intervalos de pastejo associados a baixa altura de resíduo corresponderia a uma condição crítica de manejo dos pastos na

primavera, além de estar associada com um atraso no início de crescimento vigoroso e acelerado dos pastos e com menor valor nutritivo da forragem produzida em relação aos pastos manejados com 95% de IL.

Referências

BARBOSA, R.A. **Características morfofisiológicas e acúmulo de forragem em capim-tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia) submetido a frequências e intensidades de pastejo**. 2004. 119 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

CARNEVALLI, R.A.; DA SILVA, S.C.; BUENO, A.A.O.; UEBELE, M.C.; BUENO, F.O.; SILVA, G.N.; MORAES, J.P. Herbage production and grazing losses in *Panicum maximum* cv. Mombaça under four grazing managements. **Tropical Grasslands**, Brisbane, v. 40, p. 156-176, 2006.

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.

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

PEDREIRA, B.C.; PEDREIRA, C.G.S.; SILVA, S.C. Estrutura do dossel e acúmulo de forragem de *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés em resposta a estratégias de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, p. 281-287, 2007.

SARMENTO, D.O.L. **Produção, composição morfológica e valor nutritivo da forragem em pastos de *Brachiaria brizantha* (Hochst ex A. Rich) Stapf. cv Marandu submetidos a estratégias de pastejo rotativo por bovinos de corte**. 2007. 144 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

TRINDADE, J.K. **Modificações na estrutura do pasto e no comportamento ingestivo de bovinos durante o rebaixamento do capim-marandu submetido a estratégias de pastejo rotacionado**. 2007. 162 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

RADFORD, P.J. Growth analysis formulae – their use and abuse. **Crop Science**, Madison, v. 7, n. 3, p. 171-175, 1967.

SOUZA JR., S.J. **Estrutura do dossel, interceptação de luz e acúmulo de forragem em pastos de capim-marandu submetidos a estratégias de pastejo por bovinos de corte**. 2007. 122 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

7 CONCLUSÕES

Práticas de manejo do pastejo provocam alterações morfológicas e fisiológicas nos pastos de capim-marandu, que modificam seu padrão de crescimento e eficiência de uso da luz incidente.

Os perfilhos aéreos, apesar de contribuírem pouco para o crescimento do capim-marandu relativamente aos perfilhos basais, são importantes fisiologicamente e contribuem para uma maior interceptação luminosa pelo dossel em curto espaço de tempo e no curto prazo. Contudo, sua eficácia e real importância precisa ser devidamente avaliada por meio de experimentação específica para essa finalidade.

O manejo inadequado no início de primavera, época crítica para restabelecimento de elevadas taxas de crescimento e perfilhamento dos pastos, pode comprometer a estabilidade e produção dos pastos de capim-marandu no final de primavera e verão.

Nesse trabalho o manejo mais adequado foi aquele em que os pastejos foram realizados quando o dossel interceptava 95% da luz incidente durante a rebrotação e rebaixados até uma altura de resíduo de 15 cm. Contudo, durante o outono/inverno, pode haver vantagens agronômicas e fisiológicas para as plantas se a altura pós-pastejo for reduzida para 10 cm antes do início da próxima estação de crescimento, na primavera. Entretanto, esta hipótese ainda precisa ser avaliada experimentalmente e validade em condições de campo antes de poder ser utilizada.