

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

**Respostas morfogênicas e características estruturais do capim-
mulato submetido a estratégias de pastejo rotativo**

Leandro Martins Barbero

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

**Piracicaba
2011**

Leandro Martins Barbero
Zootecnista

**Respostas morfogênicas e características estruturais do capim-mulato submetido
a estratégias de pastejo rotativo**

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

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

**Piracicaba
2011**

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

Barbero, Leandro Martins

Respostas morfogênicas e características estruturais do capim-mulato submetido a estratégias de pastejo rotativo / Leandro Martins Barbero. - - Piracicaba, 2011.
109 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2011.

1. Brachiaria 2. Dossel - Estrutura 3. Ecofisiologia vegetal 4. Morfogênese vegetal
Pastejo - Manejo 6. Plantas forrageiras I.Título

CDD 633.2
B234r

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

DEDICO

Aos meus pais Ademir Martins Barbero e Terezinha Patriarca Barbero por terem sempre me conduzido corretamente, me ensinando a valorizar cada conquista.

Aos meus irmãos Edson Carlos Martins Barbero e Renato Martins Barbero pela sincera amizade que sempre tivemos.

A minha esposa Veridiana Aparecida Limão Barbero por estar presente em todos os momentos de minha vida, sejam de alegria ou de tristeza.

AGRADECIMENTOS

A Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - pela oportunidade de realizar o curso de pós-graduação em uma instituição de tamanha qualidade.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela concessão de bolsa de estudos.

Ao professor Sila Carneiro da Silva, pelos ensinamentos técnicos e exemplo profissional, onde nunca mediu esforços para que cada um de seus orientados obtivesse êxito.

Aos professores David Francis Chapman (Lincon University) e John Hodgson (Massey University) pelo apoio, ensinamentos e amizade durante a realização do estágio sanduíche no exterior.

Aos professores e funcionários do Departamento de Zootecnia, pela dedicação e ensinamentos proporcionados.

Aos colegas de condução do trabalho de campo: Salim Jacaúna de Souza Júnior, Márcia Cristina Teixeira da Silveira, Karine da Silva Pena, Carlindo Santos Rodrigues e Veridiana Aparecida Limão Barbero pelo esforço empregado durante a condução do trabalho.

Aos amigos que muito contribuíram para que esta fase da vida fosse concluída: Alexandre Lenzi, Kelen, José Augusto, Salim, Adenilson, Marcos Biehl, Lilian, Cleonice, Vanessa, Renato (Shimu), Vitor, Sr. Laureano e Sra. Eva.

Aos amigos do LAPF: Diego, Marcos, Márcio, Murilo, Davi, Jorge, Aliedson, pelos momentos de discussões técnicas e pelo bom convívio do dia-a-dia.

BIOGRAFIA

LEANDRO MARTINS BARBERO, filho de Ademir Martins Barbero e Terezinha Patriarca Barbero, nasceu em Maringá, Estado do Paraná no dia 29 de janeiro de 1982.

Em Dezembro de 2005 concluiu o curso de Zootecnia pela Universidade Estadual de Maringá.

Em Fevereiro de 2008, defendeu seu mestrado em Zootecnia pela Universidade Estadual de Maringá, realizando estudos na área de Pastagem e Forragicultura.

Em Fevereiro de 2008 ingressou no Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens da Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - onde dedicou-se integralmente a trabalhos relacionados a ecofisiologia de plantas forrageiras.

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| RESUMO | 11 |
| ABSTRACT | 13 |
| 1 INTRODUÇÃO | 15 |
| 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 17 |
| 2.1 O capim-mulato | 17 |
| 2.2 A morfogênese e os estudos com plantas forrageiras | 17 |
| 2.3 Respostas morfogênicas e estruturais de gramíneas sob pastejo | 22 |
| Referências | 27 |
| 3 HIPÓTESE | 33 |
| 4 OBJETIVOS | 33 |
| 5 RESPOSTAS MORFOGÊNICAS EM CAPIM-MULATO SUBMETIDO A ESTRATÉGIAS DE PASTEJO ROTATIVO | 34 |
| Resumo | 34 |
| Abstract | 35 |
| 5.1 Introdução | 36 |
| 5.2 Material e Métodos | 38 |
| 5.3 Resultados | 45 |
| 5.3.1 Perfилhos basais | 46 |
| 5.3.2 Perfилhos aéreos | 52 |
| 5.4 Discussão | 58 |
| 5.5 Conclusões | 64 |
| Referências | 65 |
| 6 CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS DO CAPIM-MULATO SUBMETIDO A ESTRATÉGIAS DE PASTEJO ROTATIVO | 73 |
| Resumo | 73 |
| Abstract | 74 |
| 6.1 Introdução | 75 |
| 6.2 Material e Métodos | 77 |
| 6.3 Resultados | 83 |
| 6.3.1 Perfилhos basais | 83 |
| 6.3.2 Perfилhos aéreos | 89 |

| | |
|-------------------------------------|-----|
| 6.4 Discussão | 94 |
| 6.5 Conclusões | 98 |
| Referências | 99 |
| 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 105 |
| Referências | 107 |
| 8 CONCLUSÕES | 109 |

RESUMO

Respostas morfológicas e características estruturais do capim-mulato submetido a estratégias de pastejo rotativo

Plantas forrageiras se adaptam ao pastejo por meio de modificações em forma e função alterando seus padrões de expressão morfológica e, conseqüentemente, de acúmulo e composição morfológica da forragem produzida. O objetivo deste estudo foi avaliar as respostas morfológicas e as estruturais de perfilhos em pastos de capim-mulato submetidos a estratégias de pastejo rotativo de fevereiro de 2008 a abril de 2009. Os tratamentos corresponderam combinações entre duas condições pós-pastejo (alturas pós-pastejo de 15 e 20 cm - APP) e duas condições pré-pastejo (95% e máxima interceptação de luz pelo dossel forrageiro - IL), e foram alocados às unidades experimentais (piquetes de 1200 m²) segundo arranjo fatorial 2x2 e delineamento de blocos completos casualizados, com 4 repetições. Foram avaliadas as seguintes variáveis-resposta: taxa de aparecimento de folhas (TApF); filocrono (FIL); taxa de alongamento de folhas (TAIF); taxa de alongamento de colmos (TAIC); taxa de senescência de folhas (TSeF); encurtamento do colmo (EC); duração da vida da folha (DVF); duração do alongamento foliar (DAF); comprimento final da folha (CFF); número de folhas vivas (NFV), em expansão (NFEx), expandidas (NFE) e senescentes (NFS) por perfilho; comprimento do colmo (CC) e relação folha:colmo por perfilho (F:C). Tanto perfilhos basais como aéreos apresentaram sazonalidade de desenvolvimento caracterizada por ritmos morfológicos mais lentos durante o outono/inverno/início de primavera e mais acelerados durante o final de primavera e verão. No caso de perfilhos basais, pastos manejados a 95% de IL apresentaram maiores valores de TApF no Verão 2. No Verão 1, o EC nesses pastos foi menor, sendo observado comportamento inverso no final da primavera. Menores valores de TAIC e TSeF foram registrados nos pastos manejados a 95% relativamente àqueles manejados com máxima IL (99%). Adicionalmente, pastos manejados com altura pós-pastejo 20 cm apresentaram maiores valores de TAIF, TSeF e DAF que pastos manejados a 15 cm, especialmente na condição pré-pastejo de 95% de IL. Nos perfilhos aéreos, maiores valores de TAIC e TSeF foram registrados nos pastos manejados com máxima IL (99%) relativamente àqueles manejados a 95% de IL. Com relação às características estruturais, a APP afetou apenas aquelas relacionadas com o porte da planta (CFF e CC). Apesar das diferenças estatísticas, o NFV foi relativamente constante para aéreos e basais (2,5 e 4,0 folhas por perfilho, respectivamente), com as diferenças entre categorias de perfilhos refletindo diferenças em NFS e NFE e não em NFEx. Perfilhos basais foram maiores que aéreos, porém com menor F:C. Para perfilhos basais, NFV, NFEx e F:C foram maiores em pastos manejados a 95% de IL e, para aéreos, naqueles manejados com máxima IL, padrão condizente com o

fato de perfilhos aéreos serem provenientes de perfilhos basais reprodutivos decapitados. De forma geral, as características estruturais foram mais afetadas pela IL e época do ano do que pela APP, indicando, claramente, importância relativa maior da frequência comparativamente à severidade de desfolhação para controle da estrutura do dossel. Diante do exposto, a condição ideal para interrupção do processo de rebrotação dos pastos de capim-mulato é quando o dossel atinge 95% de IL com uma altura pós-pastejo de 20 cm.

Palavras-chave: Capim-mulato; Ecofisiologia de plantas forrageiras; Estrutura do dossel; Manejo do pastejo; Morfogênese

ABSTRACT

Morphogenetic responses and structural characteristics of mulato grass subjected to strategies of rotational stocking management

Forage plants adapt to grazing through morphological and physiological changes that modify their morphogenesis and, in turn, herbage accumulation and morphological composition of the produced herbage. The objective of this study was to evaluate the morphogenetic responses and the structural characteristics of individual tillers on mulato grass swards subjected to strategies of rotational stocking management from February 2008 until April 2009. Treatments corresponded to combinations between two post-grazing (post-grazing heights of 15 and 20 cm) and two pre-grazing (95% and maximum light interception by sward canopy – LI) conditions, and were allocated to experimental units (1200 m² paddocks) according to a 2x2 factorial arrangement and a randomised complete block design, with four replications. The following response variables were evaluated: rates of leaf appearance (LAR), leaf elongation (LER), stem elongation (SER), leaf senescence (LSR), reduction in stem length (RSL), phyllochron (PHY), leaf lifespan (LLS), leaf elongation duration (LED), final leaf length (FLL), number of live (NLL), expanding (NExL), expanded (NEL) and senescing (NSL) leaves per tiller, stem length (SL) and the leaf:stem ratio per tiller (L:S). Both basal and aerial tillers showed a clear seasonal pattern of growth characterised by slow morphogenetic rhythms during autumn/winter/early spring and fast rhythms during late spring and summer. For basal tillers, swards managed at 95% LI showed highest values of LAR in summer 2. In Summer 1, RSL on those swards was lowest, the reverse happening in late spring. Lower values of SER and LSR were recorded on swards managed at 95% relative to those managed at maximum LI (99%). Further, swards managed with the post-grazing height of 20 cm showed larger values of LER, LSR and LED than those with 15 cm, particularly for the 95% LI pre-grazing condition. For aerial tillers, larger values of SER and LSR were recorded on swards managed at maximum LI (99%) relative to those managed at 95% LI. In relation to structural characteristics, post-grazing height only influenced those related to plant size (FLL and SL). In spite of the statistical differences, NLL was relatively stable for aerial and basal tillers (2.5 and 4.0 leaves per tiller, respectively), with differences between tiller categories mainly due to differences in NSL and NEL, not NExL. Basal tillers were bigger than aerial tillers, although had lower L:S. For basal tillers, NLL, NExL and L:S were larger on swards managed at 95% LI and, for aerial tillers, larger values were recorded on swards managed at maximum LI, a pattern in line with the fact that aerial tillers are originated from decapitated reproductive basal tillers. Overall, structural characteristics were more influenced by LI and season of the year than by post-grazing height, highlighting the larger importance of frequency relative to severity of defoliation for controlling sward structural characteristics. As a result, the ideal

condition for interrupting regrowth of rotationally stocked mulato grass correspond to a pre-grazing condition of 95% LI and a post-grazing height of 20 cm.

Keywords: Ecophysiology of forage plants; Grazing management; Morphogenesis; Mulato grass; Sward structure

1 INTRODUÇÃO

A produção animal a partir do uso de pastagens implica na interferência do homem no sentido de utilizar conhecimentos que permitam: a) garantir a perenidade do ecossistema existente, seja ele baseado essencialmente nos recursos primários naturais ou em diferentes graus de alteração desses recursos ou mesmo recursos introduzidos pelo homem, como uma pastagem plantada, por exemplo; b) assegurar compromisso entre a oferta de quantidade e qualidade de forragem compatível com a produção animal pretendida e permitida pelo meio; c) simplificar e reduzir custos e/ou aumentar a margem econômica líquida, objetivo fundamental de todo empreendimento rural (NABINGER, 1996). No país, estudos mais recentes em forragicultura têm tomado um direcionamento para o manejo do pastejo de forma a permitir com que o pasto seja utilizado no seu ponto ótimo de colheita tanto para o animal como para a planta forrageira, buscando a convergência dos objetivos e metas em ambos os componentes biológicos do sistema como forma de otimizar a eficiência minimizando as perdas nas diferentes etapas do processo produtivo (crescimento, utilização e conversão) (HODGSON, 1990). Nesses termos, o estudo de ecofisiologia de plantas forrageiras tem assumido notável destaque no que diz respeito a aplicabilidade dos resultados científicos aos diversos sistemas de produção onde a planta forrageira está inserida, sendo que o sucesso na utilização de pastagens depende não apenas da disponibilidade de nutrientes ou da escolha adequada da planta forrageira, mas, também, da compreensão dos mecanismos morfofisiológicos e de sua interação com o meio, refletindo na manutenção da capacidade produtiva da pastagem.

No ecossistema pastagem a produtividade e a perenidade são resultados da capacidade de reconstituição de nova área foliar após desfolha sob condições de lotação intermitente e/ou manutenção de área foliar mínima sob condições de lotação contínua (GOMIDE, 1997). O processo de reconstituição e/ou manutenção da área foliar dos pastos é condicionado, principalmente, pela morfogênese aliada a dinâmica populacional de perfilhos. A morfogênese descreve o aparecimento e a expansão de novos órgãos e sua senescência (CHAPMAN; LEMAIRE, 1993), caracterizando padrões específicos de crescimento e desenvolvimento das plantas forrageiras. Quando o pasto encontra-se em crescimento vegetativo vigoroso, a morfogênese pode ser

descrita por meio de três características básicas: aparecimento de folhas, alongamento de folhas e duração de vida das folhas (LEMAIRE; CHAPMAN, 1996). Mais recentemente, para gramíneas tropicais, foi demonstrada a importância de uma quarta característica morfogênica, o alongamento de colmos, que interfere diretamente no processo de acúmulo de forragem afetando a quantidade, o valor nutritivo e a eficiência de colheita da forragem produzida (SBRISSIA; DA SILVA, 2001). Dessa forma, a integração de conhecimento relativo aos processos de crescimento e senescência juntamente com o consumo de forragem por parte dos animais permite caracterizar o fluxo de tecidos na pastagem e visualizar eventuais oportunidades de manipulação do processo no sentido de diminuir perdas e otimizar respostas sem comprometer a perenidade e a sustentabilidade da pastagem (LEMAIRE ; AGNUSDEI, 2000). Esse tipo de trabalho requer o reconhecimento de que as respostas tanto de plantas como animais são determinadas por e influenciam a estrutura dos pastos, razão pela qual os protocolos experimentais devem ser baseados em controle estrito da estrutura dos pastos e de seu padrão de variação (HODGSON, 1985).

Este trabalho teve como objetivo avaliar as respostas morfogênicas e as características estruturais em pastos de capim-mulato submetidos a estratégias de pastejo rotativo caracterizadas por metas de pré e de pós-pastejo definidas com base em indicadores de estrutura do dossel forrageiro. O capim-mulato é um híbrido de *Brachiaria* considerado promissor e de elevado potencial de produção de forragem, pertencente a um gênero de plantas forrageiras que predomina nas áreas de pastagens cultivadas no Brasil, porém ainda pouco conhecido e avaliado sob condições de pastejo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O capim-mulato

O capim-mulato (*Brachiaria* spp.) é o primeiro híbrido do gênero *Brachiaria* e foi desenvolvido pelo Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), na Colômbia, tendo sido identificado como *Brachiaria* híbrida CIAT 36061. O capim-mulato (CIAT, 1999) é resultado de um trabalho de mais de 14 anos de cruzamentos entre distintos cultivares de *Brachiaria*: *Brachiaria ruziziensis* (clone 44-6) e *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (CIAT 6297) (CIAT, 2004). Foi lançado no Brasil em setembro de 2003, sendo a comercialização de sementes feita a partir de julho de 2004. É uma gramínea que se adapta facilmente às condições tropicais e subtropicais, apresenta crescimento semi-ereto, folhas lanceoladas pubescentes e de cor verde intenso, colmos também pubescentes e raízes profundas. Possui florescimento tardio, sendo resistente à seca e moderadamente resistente ao frio, além de vegetar bem em diversos tipos de solo (ARGEL; PÉREZ et al., 2003). Toleramos solos com deficiência de drenagem desde que o encharcamento não seja permanente, porém requer solos de média a alta fertilidade (ARGEL; PÉREZ et al., 2003). No entanto, pouco se sabe sobre essa planta forrageira nas condições brasileiras, especialmente sob pastejo, razão pela qual estudos envolvendo avaliação de suas respostas morfogênicas a estratégias de desfolhação poderiam contribuir sobremaneira para a idealização de práticas de manejo adequadas que assegurem a realização de seu potencial produtivo.

2.2 A morfogênese e os estudos com plantas forrageiras

Em estudos sobre morfogênese, o aparecimento e o desenvolvimento de órgãos nas plantas são avaliados durante um determinado período que pode corresponder à duração do ciclo de vida da planta, duração do ciclo de rebrotação de pastos manejados sob lotação intermitente ou períodos pré-fixados de avaliação definidos de conformidade com particularidades de protocolos experimentais. Dentre as variáveis morfogênicas normalmente estudadas destaca-se a taxa de alongamento de folhas

(TAIF), que caracteriza o total do alongamento foliar de perfilhos individuais (CHAPMAN; LEMAIRE , 1993; SILSBURY, 1970) e tem relação direta com o crescimento e acúmulo de forragem. O alongamento de folhas individuais pode ser dividido em quatro fases (FOURNIER et al. 2005; SKINNER; NELSON, 1995). Na primeira, a folha é considerada somente uma zona de divisão celular e a taxa de alongamento é baixa. Na transição da primeira para a segunda fase surge a zona de alongamento celular, caracterizando uma zona de divisão e outra de alongamento de células contribuindo para a aceleração do alongamento foliar. Na transição da segunda para a terceira fase surge a zona de maturação, local em que as células surgidas e alongadas se agrupam, fato que acelera ainda mais a taxa de alongamento foliar que atinge, nesta fase, incrementos lineares com o tempo. Na quarta fase a zona de divisão celular desaparece e os incrementos em taxa de alongamento foliar diminuem, com o processo tendendo a um valor máximo (final do alongamento), e a lâmina foliar atingindo seu comprimento final. A partir desta fase a folha é considerada madura e o processo de senescência pode ser visualizado (THOMAS; STODDART, 1980, SILSBURY, 1970). Dessa forma, a taxa de senescência de folhas (TSeF), que corresponde à quantidade de tecido foliar que senesce diariamente por perfilho (CHAPMAN; LEMAIRE , 1993; SILSBURY, 1970) é uma variável importante do desenvolvimento foliar que interfere no acúmulo de forragem e serve como referência para a definição de metas de manejo do pastejo (LEMAIRE et al. 2009; PARSONS et al. 1988). O processo de senescência, como as outras características morfogenéticas, é determinado geneticamente, mas sofre forte influência de fatores ambientais (THOMAS; STODDART, 1980) e de manejo, possibilitando às plantas reciclar internamente os nutrientes das folhas já não mais ativas fotossinteticamente (QUIRINO et al., 2000), diminuindo a necessidade de nutrientes provenientes do solo favorecendo a economia de recursos (LEMAIRE ; CHAPMAN, 1996).

Outra variável importante nos estudos de morfogenese é a taxa de aparecimento de folhas (TApF), que corresponde ao número de folhas surgidas diariamente por perfilho (CHAPMAN; LEMAIRE , 1993). O inverso da taxa de aparecimento de folhas corresponde ao filocrono, que equivale ao intervalo entre o aparecimento de duas folhas consecutivas acima da bainha foliar das folhas mais velhas (SKINNER; NELSON, 1995;

LEMAIRE; AGNUSDEI, 2000). A TApF é afetada diretamente pelas características ambientais (LEMAIRE; CHAPMAN, 1996) e afeta diretamente os três componentes estruturais do dossel forrageiro: comprimento final da folha (CFF), densidade populacional de perfilhos (DPP) e o número de folhas vivas por perfilho (NFV). Em muitas espécies o NFV mostra-se relativamente estável quando expressa em unidades de tempo térmico (Graus-dia) (LEMAIRE ; AGNUSDEI, 2000). A partir da TApF pode-se estimar o “site filling”, que é definido como o número de perfilhos que pode aparecer durante um filocrono (DAVIES, 1974), e também o “site usage”, que é definido como o número de perfilhos aparecidos por gema axilar existente (SKINNER; NELSON, 1992). Ambas as variáveis permitem inferências sobre o potencial de perfilhamento, habilidade competitiva e estratégias de crescimento e desenvolvimento das plantas em função de características do meio e de manejo (LEMAIRE ; CHAPMAN, 1996). A duração da vida da folha (DVF) aparece como característica morfogênica central na determinação da frequência de desfolhação de perfilhos individuais (LEMAIRE et al. 2009), com implicações sobre a determinação do momento correto de interrupção da rebrotação e/ou da taxa de lotação ideal para minimizar perdas por senescência em pastos manejados sob lotação intermitente e contínua, respectivamente (PARSONS et al. 1988).

Em gramíneas de clima tropical, ainda durante a fase de desenvolvimento vegetativo, o componente colmo tem importância significativa sobre a estrutura do dossel forrageiro e o acúmulo de forragem (SBRISSIA; Da SILVA, 2001). Em estudos de morfogênese avalia-se a taxa de alongamento de colmo (TAIC), que corresponde ao aumento diário do comprimento do colmo (colmo + bainhas foliares) por perfilho. Normalmente, sob condições de pastejo rotativo, o alongamento de colmos é lento no início do processo de rebrotação, fase em que predomina o alongamento de folhas. Contudo, após o dossel atingir seu índice de área foliar (IAF) crítico, quando 95% da luz incidente são interceptados, ocorre mudança drástica no processo de crescimento das plantas, com redução do alongamento de folhas e aumento do alongamento de colmos e senescência, aumentando o acúmulo total de forragem, porém comprometendo o valor nutritivo e a eficiência de colheita da forragem produzida (BARBOSA et al., 2007; PEDREIRA et al., 2007; Da SILVA; NASCIMENTO Jr., 2007; Da SILVA et al., 2009).

A expressão fenotípica das características morfogênicas das plantas forrageiras na forma de taxas e duração de processos define as características estruturais dos perfilhos (CFF, DPP e NFV) e do dossel forrageiro (IAF, altura e massa de forragem), modificando o ambiente no interior do dossel e interferindo com as respostas de plantas e animais no ecossistema pastagem por meio de um mecanismo dinâmico de retroalimentação (*feed back*) (LEMAIRE; CHAPMAN, 1996).

Basicamente, a integração de respostas na comunidade de plantas forrageiras se dá por meio mecanismos envolvidos e/ou utilizados para competição por luz a medida que o IAF aumenta, razão pela qual o manejo da desfolhação é estratégico para o controle do processo e produção de forragem de qualidade (Da SILVA et al., 2009), justificando os esforços investidos na pesquisa sobre manejo do pastejo. A mudança em IAF ocasionada pelo pastejo resulta em estímulos positivos e negativos sobre as plantas forrageiras. Negativamente, o pastejo reduz a área foliar por meio da remoção das folhas, tecidos mais ativos e eficientes em termos de fotossíntese, reduz o estoque de reservas de nutrientes e promove alterações nos padrões de alocação e uso das mesmas como forma de compensar as perdas de tecido fotossintético. Positivamente, beneficia as plantas pelo aumento na penetração de luz no interior do dossel, aumentando a proporção de folhas novas, mais ativas e eficientes na realização de fotossíntese, por meio da remoção de folhas velhas e ativação de meristemas dormentes na base de colmos e rizomas (NASCIMENTO Jr., 1998).

Em uma comunidade de plantas forrageiras em pastagens, para que seja mantida a perenidade, deve haver um equilíbrio harmônico entre os componentes solo, planta, clima e animal de modo que cada componente se beneficie sem interferir demasiada e negativamente sobre os demais componentes. A natureza desse tipo de interação e o grau de associação entre os componentes caracterizam o ecossistema pastagem como extremamente complexo, sendo o animal o agente estressor causador de sérios problemas potenciais, uma vez que é quem remove a parte aérea das plantas modificando e sendo influenciado pelas modificações em estrutura do dossel forrageiro. Se a frequência e severidade da perturbação causada (desfolhação) não forem devidamente ajustadas aos limites de resistência e tolerância (BRISKE, 1996) das plantas a comunidade entra em colapso, dando início ao processo de degradação da

pastagem. Nesse contexto, quanto mais estreita a amplitude dos limites de uso das plantas forrageiras em pastagens, mais sensíveis e potencialmente mais prejudicadas elas são por práticas de manejo inadequadas, realçando a importância de conhecimento de como os processos e a inter-relação entre eles se dá para que a colheita possa ser feita de forma a assegurar animais bem alimentados e pastos produtivos e longevos (Da SILVA; CORSI, 2003).

O conceito de perturbação pelo animal adquire outra dimensão quando leva-se em consideração a co-evolução das gramíneas forrageiras com os grandes herbívoros ao longo dos anos. Nesse contexto, a verdadeira perturbação seria a ausência de perturbação (DEREGIBUS et al., 2001), uma vez que foi a presença constante do animal no ambiente que resultou nos atuais mecanismos e estratégias utilizadas pelas plantas sob condições de pastejo como, por exemplo, aumento do perfilhamento, aceleração das taxas de aparecimento e alongamento de folhas, alternância entre estratégias de conservação e de captura de recursos etc. (GRANT et al., 1981; NELSON; ZARROUGH, 1981, CORSI; NASCIMENTO Jr., 1994, ZEFERINO, 2007, BARBOSA, 2004, GIACOMINI, 2008).

Em gramíneas forrageiras utilizadas em pastagens para alimentação animal a produção de sementes não é a principal via de perenização das plantas, uma vez que seria necessário permitir o florescimento como forma de assegurar a formação de sementes, condição que resulta em produção de alimento de baixo valor nutritivo e baixa eficiência de colheita do material produzido. Alternativamente, a perenização é feita por meio da via vegetativa, o perfilhamento (HODGSON, 1990; MATTHEW et al., 1999). Nesse contexto, o perfilhamento adquire importância central para a perpetuação da planta na área, e seu comportamento está intimamente ligado à característica morfogênica de aparecimento de folhas, sendo, também, influenciado diretamente pelo alongamento foliar, tamanho e número de folhas por perfilho, que vão influenciar nos mecanismos de ativação de gemas para o perfilhamento por meio de mudanças na qualidade e quantidade de luz no interior do dossel forrageiro.

Geralmente o perfilhamento é intenso em gramíneas que possuem elevada TApF, uma vez que na axila de cada folha existe uma gema que, dependendo das condições vigentes, pode dar origem a um novo perfilho (DAVIES, 1974). Dessa forma, a

capacidade de a planta renovar sua área foliar nas fases iniciais da rebrotação está diretamente relacionada com sua TApF e perfilhamento, de modo que em fase mais avançada da rebrotação a restauração da área foliar se dá quase que exclusivamente por meio do alongamento de folhas devido ao padrão assintótico de desenvolvimento de folhas individuais, das folhas no perfilho e dos perfilhos na comunidade de plantas (BYRNE, 1973; BROUGHAN, 1955; SILSBURY, 1970; FOURNIER et al. 2005; SKINNER; NELSON, 1995).

A densidade populacional de perfilhos, juntamente com o número de folhas por perfilho e a área de cada folha, resulta no IAF dos pastos (LEMAIRE; CHAPMAN, 1996), característica estrutural chave e determinante do manejo do pastejo, uma vez que exerce influência direta sobre os padrões de interceptação de luz e qualidade do ambiente luminoso no interior do dossel forrageiro, interferindo na expressão das características morfogênicas que, por sua vez, modificam as características estruturais de perfilhos individuais e do próprio dossel.

2.3 Respostas morfogênicas e estruturais de gramíneas sob pastejo

As respostas morfogênicas de plantas forrageiras a diversas estratégias de manejo têm apresentado padrões variados de resposta, revelando, na maioria das vezes, estabilidade da população de plantas na área, fato indicativo de elevada plasticidade e resistência das gramíneas ao pastejo (BRISKE, 1996). Dessa forma, avaliações realizadas em experimentos de pastejo visam descrever e permitir o conhecimento de como as plantas respondem ao pastejo, modificando suas características fisiológicas no curto prazo e morfológicas no médio e longo prazos de forma a adaptar-se às condições vigentes de ambiente (LEMAIRE ; CHAPMAN, 1996).

Nesse contexto, estudos relacionados com respostas a níveis de adubação e/ou estratégias de desfolhação (corte ou pastejo) têm utilizado cada vez mais avaliações sobre morfogênese de plantas forrageiras.

Pioneirismo em avaliações de padrões de crescimento de plantas submetidas a estratégias de desfolhação, com implicações prática e teórica importantes até os dias atuais, foi característico dos trabalhos de Brougham (1955, 1956, 1958). Nestes, a

influência da severidade e frequência de desfolhação foi relacionada ao processo de rebrotação das plantas, demonstrando que a severidade e a frequência com que colheita da parte aérea das plantas era realizada alterava o processo de rebrotação, o qual ocorria segundo uma curva sigmóide quando se relacionava a variação em massa de forragem com o tempo de rebrotação dos pastos. Os resultados permitiram constatar que o acúmulo de forragem estava relacionado com a área foliar remanescente e, conseqüentemente, à quantidade de luz interceptada pelo dossel forrageiro. Da mesma forma que a área foliar remanescente, a frequência com que a gramínea era desfolhada alterava a velocidade dos processos de rebrotação, o que foi corroborado por resultados mais recentes de pesquisas com gramíneas forrageiras de clima tropical (e.g. BARBOSA et al., 2007, PEDREIRA; PEDREIRA, 2007, Da SILVA et al., 2009), indicando haver mais semelhanças que diferenças entre as respostas de plantas forrageiras de clima temperado e tropical a estratégias de manejo do pastejo (HODGSON; Da SILVA, 2002).

A severidade com que o pastejo é realizado exerce forte influência sobre as respostas morfogênicas das plantas. Gramíneas submetidas a alta severidade de pastejo (baixa altura de desfolhação/IAF residual pequeno) apresentam respostas morfogênicas marcantes como taxas elevadas de aparecimento de folhas, curta duração do alongamento foliar e folhas pequenas que, associadas a maiores densidades populacionais de perfilhos, podem assegurar relativa estabilidade da produção de forragem relativamente a condições de pastejo mais leniente (alturas de desfolhação mais elevadas/IAF residual elevado), revelando grande capacidade de adaptação das plantas a regimes contrastantes de desfolhação por meio de alterações de sua forma e função (LEMAIRE; CHAPMAN, 1996).

Normalmente, pastos submetidos a desfolhações menos severas apresentam taxas de alongamento de folha (TAIF) mais aceleradas devido à maior distância que as folhas em emergência têm que percorrer dentro da bainha das folhas mais velhas (cartucho), prolongando o tempo de divisão celular e resultando em maior comprimento final da folha (CFF) (PONTES, 2001; MARCELINO et al. 2006; SKINNER; NELSON, 1995; DURU; DUCROCQ, 2000). Da mesma forma que o CFF, o colmo sofre influência da altura de desfolhação, geralmente com maiores valores de alongamento para as

condições de desfolhações menos severas (MARCELINO et al. 2006), o que resulta em colmos maiores e pode influenciar negativamente a colheita da forragem pelo animal. Entretanto, o número de folhas vivas por perfilho tem se mostrado estável dentro de uma amplitude considerável de severidades de desfolhação (FERLIN et al. 2006), e o fato tem sido atribuído a ser essa uma constante genotípica, específica de cada espécie ou cultivar de planta forrageira, pouco influenciada pelo ambiente (NABINGER; PONTES, 2001). A severidade de desfolhação tem apresentado relação inversa com a senescência foliar (PONTES et al., 2004), de forma que plantas desfolhadas mais severamente apresentam, via de regra, menores taxas de senescência, provavelmente consequência das baixas taxas de crescimento ocasionadas pelo baixo IAF dos pastos sob essas condições, fato sugestivo de um mecanismo de compensação entre os processos de crescimento e senescência originalmente descrito por Bircham e Hodgson (1983) para azevém perene.

Gramíneas desfolhadas com alta frequência (intervalos curtos de desfolhação) normalmente apresentam maiores taxas de aparecimento e de alongamento de folhas (TApF e TAIF, respectivamente) que aquelas desfolhadas com baixa frequência (longos intervalos de desfolhação). Por outro lado, apresentam menor alongamento de colmos (TAIC) e menor senescência foliar (TSeF) (HODGSON; Da SILVA, 2002; Da SILVA; NASCIMENTO Jr., 2007). Isso ocorre porque em pastos desfolhados freqüentemente a remoção da área foliar se dá segundo curtos intervalos de tempo, fazendo com que a planta não sofra grande limitação em quantidade e qualidade da luz e priorize a produção de tecido fotossinteticamente ativo (folhas), buscando maximizar a captação da radiação luminosa incidente sobre o dossel forrageiro. Dessa forma, a interrupção da rebrotação em estágios não muito avançados contribui para uma alta proporção de folhas em relação a colmos e material morto, favorecendo a colheita de forragem em condições em que a taxa de acúmulo de forragem, particularmente folhas, é máxima (Da SILVA et al., 2009). A medida que a rebrotação avança e os pastos se aproximam de novo pastejo a TApF diminui devido ao maior percurso que as folhas emergentes têm que percorrer dentro das bainhas das folhas mais velhas (PONTES, 2001; SKINNER; NELSON, 1995; DURU; DUCROCQ, 2000), fato que explica porque a TApF é normalmente mais elevada em pastos desfolhados mais freqüentemente

relativamente àqueles desfolhados menos frequentemente (ZEFERINO, 2006). Da mesma forma que a TApF, a TAIF também é mais elevada em pastos desfolhados mais frequentemente, resultado do menor tempo de alongamento foliar. Nessa condição, a planta, para manter o NFV constante, tem que reduzir a duração de vida das folhas (DVF), acelerando o processo de senescência e a renovação dos tecidos na comunidade vegetal, caracterizando uma situação de elevada demanda por nutrientes e fatores de crescimento relativamente a plantas desfolhadas menos frequentemente. O fato aponta para uma relação importante entre ritmo morfogênico das plantas e requerimentos de meio e de manejo das plantas forrageiras, central para a definição de estratégias sustentáveis de manejo do pastejo. Nesse contexto, quando os pastos são manejados com base no critério de interceptação luminosa (IAF crítico), percebe-se que a partir do ponto que o dossel atinge 95% de interceptação luminosa as taxas de alongamento foliar diminuem e as taxas de alongamento de colmos e de senescência aumentam (Da SILVA; NASCIMENTO Jr., 2007), podendo também haver diminuição do número de folhas em expansão por perfilho, folhas estas que determinam o incremento em massa de forragem. Anterior a essa fase, a senescência é pequena, independente da frequência de desfolhação utilizada, visto que a planta prioriza a produção de área foliar enquanto não ocorre limitação em quantidade e qualidade de luz no interior do dossel (Da Silva, 2004).

Resultados recentes com plantas forrageiras tropicais sob pastejo têm revelado uma forte interação entre frequência e severidade de desfolhação, dinâmica do perfilhamento e ritmo morfogênico dos pastos (Da SILVA; NASCIMENTO Jr., 2007) que, uma vez conhecida, pode contribuir de forma valiosa para o planejamento de estratégias de pastejo mais eficientes e sustentáveis, assegurando a produtividade e longevidade das pastagens. Assim em pastos onde a rebrotação é interrompida mais cedo ou mais tarde, ou seja, quando ocorre 95% ou máxima interceptação de luz, os padrões morfogênicos podem ser influenciados por haver diferença na idade média dos perfilhos existentes no dossel forrageiro (GIACOMINI, 2008), perfilhos estes que apresentam características morfogênicas e estruturais distintas de acordo com sua idade (PAIVA, 2009).

A manifestação fenotípica das características morfogênicas determina as características estruturais de perfilhos e do dossel que, por sua vez, determinam o IAF dos pastos. O IAF corresponde ao direcionador do manejo do pastejo, uma vez que é o responsável pelo processo de competição por luz que se instala no interior do dossel forrageiro que direciona as alterações em padrões morfogênicos ao longo da rebrotação (Da SILVA; CORSI, 2003). O manejo do pastejo deve, portanto, procurar otimizar o IAF dos pastos como forma de maximizar a eficiência de uso da luz incidente e a produção de forragem, particularmente folhas, assegurando condições de rápido restabelecimento da área foliar após o pastejo e elevada eficiência de colheita da forragem produzida.

A morfogênese de plantas forrageiras tem sido estudada e os resultados tem contribuído para o entendimento dos padrões de desenvolvimento das plantas submetidas ao pastejo, permitindo que tomadas de decisões que visem utilização eficiente do sistema sejam feitas baseando-se no conhecimento prévio das respostas do pasto frente às decisões tomadas como meta naquele dado momento. As informações existentes mostram que as gramíneas forrageiras apresentam respostas variadas quanto ao ambiente onde se encontram, porém, devido ao caráter plástico da planta, esta muitas vezes apresenta resultados semelhantes de produtividade, fazendo que o direcionamento das metas de pastejo possam levar em consideração não somente os parâmetros de produção forrageira, mas também a produção por animal e por unidade de área.

Referências

ARGEL, P.J.; PÉREZ, G. Pasto Mulato. Una Nueva Opción Forrajera para la Ganadería. **Revista Oficial de la Escuela Centroamericana de Ganadería**. Balsa de Atenas, v. 26, p. 22-25, 2003.

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

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. 122 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

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

BRISKE, D.D. Strategies of plant survival in grazed ecosystems: A functional interpretation. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. (Ed.). **The ecology and management of grazing systems**. Wallingford: CAB International, 1996. p.37-68.

BROUGHAM R.W. Effect of intensity of defoliation on regrowth of pasture. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 7, n. 5, p. 377-387, 1956.

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

_____ Interception of light by the foliage of pure and mixed stands of pasture plants. **Australian Journal Agricultural Research**, Melbourne, v. 9, p. 39-52, 1958.

BYRNE, G.F. An approach to growth curve analysis. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v.11, p. 161-168, 1973.

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 Publishing, 1993. p. 55-64.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). **Annual Report 2004. Project IP-5. Tropical Grasses and Legumes: Optimizing genetic diversity for multipurpose use**. 2004. p. 24-26.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). **Annual Report 1999. Project IP-5. Tropical Grasses and Legumes:** Optimizing genetic diversity for multipurpose use, 1999. p. 142-144.

CORSI, M.; NASCIMENTO JR., D. Princípios de fisiologia e morfologia de plantas forrageiras aplicados no manejo de pastagens. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C. de; FARIA, V.P. de (Ed.). **Pastagens:** fundamentos da exploração racional. Piracicaba: FEALQ, 1994. p. 15-48.

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. Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, suplemento especial, p.121-138, 2007.

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

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

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.; JACOBO, E.; ANSIN, O.E. Grassland use and plant diversity in grazed ecosystems. INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19, 2001. São Pedro. **Proceedings...** São Pedro, 2001. p.879-882.

DURU, M.; DUCROCQ, H. Growth and senescence of the successive leaves on a tiller. Effects of Nitrogen and Cutting Regime. **Annals of Botany**, Oxford, v.85, p.645-653, 2000.

FERLIN, M.B.; EUCLIDES, V.P.B.; LEMPP, B. GONÇALVES, M.C.; CUBAS, A.C. Morfogênese e dinâmica do perfilhamento de *Panicum maximum* jacq. cv. Tanzânia-I sob pastejo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 2, p. 344-352, 2006.

FOURNIER, C.; DURAND, J.L.; LJUTOVAC, S.; SCHÄUFELE, R.; GASTAL, F.; ANDRIEU, B. A functional–structural model of elongation of the grass leaf and its relationships with the phyllochron. **New Phytologist**, Lancaster, v. 166, p. 881–894, 2005.

GIACOMINI, A.A. **Demografia do perfilamento e produção de forragem em pastos de capim-marandu submetidos a regimes de lotação intermitente por bovinos de corte.** 2007. 175 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

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.

GRANT, S.A.; BERTHARM, G.T.; LYNNETORVELL. Components of regrowth in grazed and cut *Lolium perenne* swards. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 36, p.155-168, 1981.

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

_____. The significance of sward characteristics in the management of temperate sown pastures. INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 5, 1985. Kyoto. **Proceedings...** [Kyoto:s.n.], 1985. p. 63–66.

HODGSON, J.; SILVA, S.C. da. Options in tropical pasture management. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002. p.180-202.

LEMAIRE, G.; AGNUSDEI, M. Leaf tissue turnover and efficiency of herbage utilization. In: LEMAIER, G. (Ed.). **Grassland ecophysiology and grazing ecology.** Wallingford: CABI Publishing, 2000. p. 265-284,

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

LEMAIRE, G.; Da SILVA, S.C.; AGNUSDEI, M.; WADE, M.; HODGSON, J. Interactions between leaf lifespan and defoliation frequency in temperate and tropical pastures: a review. **Grass and Forage Science**, Oxford, v.64, p. 341-353, 2009.

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.

MATTHEW, C.; ASSUERO, S.G.; BLACK, C.K. Tiller dynamics of grazed swards. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL: GRASSLAND ECOPHYSIOLOGY AND GRAZING ECOLOGY, 1999, Curitiba. **Anais...** Curitiba: 1999. p.109-133.

NABINGER, C. Aspectos ecofisiológicos de manejo de pastagens e utilização de modelos como ferramenta de diagnóstico e indicação de necessidades de pesquisa. In: REUNIÃO DO GRUPO TÉCNICO EM MELHORAMENTO E UTILIZAÇÃO DE RECURSOS FORRAGEIROS DAS ÁREAS TROPICAL E SUBTROPICAL DO CONE SUL. 1996. Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: UFRGS, 1996. p.17-62,

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

NASCIMENTO JR., D. Ecossistemas de pastagens cultivadas. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. (Ed.). SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 15., 1998. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1998. 325p.

NELSON, C.J.; ZARROUGH, K.M. Tiller density and tiller weight as yield determinants of vegetative swards. In: PLANT PHYSIOLOGY AND HERBAGE PRODUCTION, BIENNIAL SYMPOSIUM, 1981. Nottingham. **Proceedings...** Nottingham: British Grassland Society, 1981. p.25-29.

PAIVA, A.J. **Características morfológicas e estruturais de faixas etárias de perfilhos em pastos de capim-marandu submetidos à lotação contínua e ritmos morfológicos contrastantes.** 2009. 104 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

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.

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

PONTES, L.S. **Dinâmica de crescimento em pastagens de azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.) manejadas em diferentes alturas.** 2001. 102p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

PONTES, L.S.; CARVALHO, P.C.F.; NABINGER, C.; SOARES, A.B. Fluxo de biomassa em pastagem de azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.) manejada em diferentes alturas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 3, p. 529-537, 2004.

QUIRINO, B.F.; NOH, Y.S.; HIMELBLAU, E. AMASINO, R.M. Molecular aspects of leaf senescence. **Trends in plant science. Reviews**, Kidlington, v.5, n.7, p.278-282, 2000.

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.

SILSBURY, J.H. Leaf growth in pasture grasses. **Tropical Grasslands**, Brisbane v. 4, p. 17-36, 1970.

SKINNER, R.H.; NELSON, C.J. Elongation of the grass leaf and its relationship to the phyllochron. **Crop Science**, Standford, v.35, n.1, p.4-10, 1995.

_____ Estimation of potential tiller production and site usage during tall fescue canopy development. **Annals of Botany**, Oxford, v. 70, p. 493-499, 1992.

THOMAS, H.; STODDART, J.L. Leaf senescence. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.31, p.83-111, 1980.

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.

3 HIPÓTESE

A frequência e a severidade de pastejo influenciam as respostas morfogênicas e as características estruturais do capim-mulato, alterando seus padrões de crescimento e acúmulo de forragem.

4 OBJETIVOS

- Avaliar as respostas morfogênicas e as características estruturais do capim-mulato submetido a estratégias de pastejo rotativo caracterizadas por controle estrito das condições de pré e de pós-pastejo
- Caracterizar padrões funcionais de resposta dessa planta a regimes de desfolhação e suas implicações para seu uso e manejo

5 RESPOSTAS MORFOGÊNICAS EM CAPIM-MULATO SUBMETIDO A ESTRATÉGIAS DE PASTEJO ROTATIVO

Resumo

O estudo das respostas morfogênicas de gramíneas tropicais submetidas a estratégias de pastejo rotativo e suas interações com as variações climáticas no decorrer do ano faz-se útil para o entendimento de seu padrão de crescimento e desenvolvimento, sendo essas informações necessárias para a definição e aplicação de metas de manejo do pastejo. O objetivo deste experimento foi avaliar as respostas morfogênicas de pastos de capim-mulato submetidos a estratégias de pastejo rotativo de fevereiro de 2008 a abril de 2009. Os tratamentos corresponderam a combinações entre duas condições pós-pastejo (alturas pós-pastejo de 15 e 20 cm) e duas condições pré-pastejo (95% e máxima interceptação de luz pelo dossel forrageiro - IL), e foram alocados às unidades experimentais (piquetes de 1200 m² cada) segundo arranjo fatorial 2x2 e delineamento de blocos completos casualizados, com 4 repetições. Foram avaliadas as seguintes variáveis-resposta em perfilhos basais e aéreos: taxa de aparecimento de folhas (TApF); filocrono (FIL); taxa de alongamento de folhas (TAIF); taxa de alongamento de colmos (TAIC); taxa de senescência de folhas (TSeF); encurtamento do colmo (EC); duração da vida da folha (DVF) e duração do alongamento foliar (DAF). De modo geral, tanto perfilhos basais como aéreos apresentaram sazonalidade de desenvolvimento caracterizada por ritmos morfogênicos mais lentos durante o outono/inverno/início de primavera e mais acelerados durante o final de primavera e verão. No caso de perfilhos basais, pastos manejados a 95% de IL apresentaram maiores valores de TApF no Verão 2. No Verão 1, o EC nesses pastos foi menor, sendo observado comportamento inverso no final da primavera. Menores valores de TAIC e de TSeF foram registrados nos pastos manejados a 95% de IL relativamente àqueles manejados com máxima IL (99%). Adicionalmente, pastos manejados com altura pós-pastejo 20 cm apresentaram maiores valores de TAIF, TSeF e DAF que pastos manejados a 15 cm, especialmente para a condição pré-pastejo de 95% de IL. Ainda, nos perfilhos basais, foi encontrada uma relação inversa entre FIL e TAIF e FIL e DAF. Durante o outono/inverno/início de primavera a relação entre TAIF e TAIC foi menor que durante o final de primavera e verão, fato coerente com o desenvolvimento reprodutivo dos pastos durante aquela época do ano. Nos perfilhos aéreos, maiores valores de TAIC e TSeF foram registrados nos pastos manejados com máxima IL (99%) relativamente àqueles manejados a 95% de IL. Diante do exposto, conclui-se que a condição ideal para interrupção do processo de rebrotação dos pastos de capim-mulato é quando o dossel atinge 95% de IL com meta de altura pós-pastejo 20 cm, especialmente durante o verão e final de primavera, favorecendo elevada produção de forragem com alta proporção de folhas.

Palavras-chave: Ecofisiologia de plantas forrageiras; Capim-mulato; Manejo do pastejo; Morfogênese

MORPHOGENICAL RESPONSES IN MULATO GRASS SUBMITTED TO ROTATIONAL GRAZING STRATEGIES

Abstract

The study of morphogenetic responses of tropical forage grasses subjected to strategies of rotational stocking management and their interactions with climatic variations throughout the year provides the basis for understanding of their pattern of growth and development, the information being necessary for the definition and application of sward targets to grazing management. The objective of this experiment was to evaluate the morphogenetic responses of mulato grass subjected to strategies of rotational stocking management from February 2008 until April 2009. Treatments corresponded to combinations between two post-grazing (post-grazing heights of 15 and 20 cm) and two pre-grazing (95% and maximum light interception by sward canopy – LI) conditions, and were allocated to experimental units (1200 m² paddocks) according to a 2x2 factorial arrangement and a randomised complete block design, with four replications. The following response variables were evaluated on basal and aerial tillers: rates of leaf appearance (LAR), leaf elongation (LER), stem elongation (SER), leaf senescence (LSR), reduction in stem length (RSL), phyllochron (PHY), leaf lifespan (LLS) and leaf elongation duration (LED). In general, both basal and aerial tillers showed a clear seasonal pattern of growth characterised by slow morphogenetic rhythms during autumn/winter/early spring and fast rhythms during late spring and summer. For basal tillers, swards managed at 95% LI showed highest values of LAR in summer 2. In Summer 1, RSL on those swards was lowest, the reverse happening in late spring. Lower values of SER and LSR were recorded on swards managed at 95% relative to those managed at maximum LI (99%). Further, swards managed with the post-grazing height of 20 cm showed larger values of LER, LSR and LED than those with 15 cm, particularly for the 95% LI pre-grazing condition. For aerial tillers, larger values of SER and LSR were recorded on swards managed at maximum LI (99%) relative to those managed at 95% LI. Overall, frequency of defoliation was more efficient in controlling stem elongation and leaf senescence, particularly on basal tillers, main tiller category comprising sward tiller population. On the other hand, severity of defoliation interfered with leaf elongation, affecting the restoration of leaf area after grazing. As a result, the ideal condition for interrupting regrowth of rotationally stocked mulato grass correspond to a pre-grazing condition of 95% LI and a post-grazing height of 20 cm.

Keywords: Ecophysiology of forage plants; Grazing management; Morphogenesis; Mulato grass

5.1 Introdução

Respostas de plantas forrageiras a estratégias de manejo do pastejo vêm sendo estudadas desde o início do século XX em países considerados de pecuária desenvolvida. No Brasil, a abordagem de temas relacionados com a ecofisiologia das plantas forrageiras levando-se em conta o índice de área foliar dos pastos (IAF), dinâmica do perfilhamento, reservas orgânicas das plantas (carboidratos e nitrogênio) e frequência e severidade de desfolhação teve início apenas na década de 1970, sendo que trabalhos de pesquisa sobre esses assuntos foram iniciados somente no final da década de 1990 (DA SILVA; NASCIMENTO Jr, 2007). Tanto nos estudos internacionais como nos recentes estudos nacionais tem sido notado que o manejo do pastejo, sob regime de lotação intermitente, tem apresentado resultados positivos em termos de produção e qualidade da forragem produzida quando a rebrotação dos pastos é interrompida na condição de IAF crítico, ou seja, na condição em que ocorre 95% de interceptação da luz incidente (DA SILVA; NASCIMENTO Jr., 2007), padrão de resposta similar àquele descrito para plantas forrageiras de clima temperado (e.g. BROUGHAN, 1958; PARSONS et al., 1988).

Dentre os estudos com ecofisiologia de plantas forrageiras, aqueles baseados na avaliação de respostas morfogênicas têm tido notável destaque, uma vez que as variáveis estudadas podem ser interpretadas como um mecanismo de adaptação das plantas forrageiras ao processo de pastejo (LEMAIRE; AGNUSDEI, 2000) por meio de alterações morfológicas (plasticidade fenotípica) com o propósito de permitir sua persistência e produtividade no ecossistema pastagem (BRISKE, 1996). Nesses termos, diferentes estratégias de manejo empregadas a uma mesma planta forrageira podem resultar em marcantes diferenças no processo de geração e morte de órgãos (BERONE et al. 2008; CARRERE et al. 1997; LEMAIRES; CHAPMAN, 1996), influenciando o processo de produção e a perenidade de comunidades de plantas (SBRISSIA; DA SILVA, 2008).

A produtividade de uma planta forrageira está intimamente ligada ao padrão de geração e morte de seus órgãos - morfogênese (CHAPMAN; LEMAIRES, 1993) - o qual é regulado geneticamente e sofre influência direta de fatores de ambiente como

temperatura, suprimento de nutrientes, umidade do solo, quantidade e qualidade da luz (LEMAIRE; CHAPMAN, 1996) e manejo do pastejo (e.g. BARBOSA et al., 2007; ZEFERINO, 2007; DA SILVA et al., 2009). O ambiente luminoso no interior do dossel forrageiro pode ser influenciado pelo manejo do pastejo quando se modifica a frequência e severidade de desfolhação das plantas por meio de alterações dos padrões morfogênicos de resposta, principalmente o aparecimento e alongamento de folhas e o alongamento de colmos, fato que interfere na quantidade e tipo de componente morfológico acumulado (BARBOSA et al., 2007; PEDREIRA et al., 2007; DA SILVA et al., 2009) com implicações sobre o valor nutritivo da forragem produzida (DA SILVA; CARVALHO, 2005).

No processo de pastejo a remoção dos órgãos da planta pode causar efeitos negativos à rebrotação (FERRARO; OESTERHELD, 2002), mas, no entanto, a taxa de crescimento não é afetada proporcionalmente à remoção da área foliar, uma vez que o ambiente luminoso é restaurado no interior do dossel forrageiro e permite crescimento compensatório por parte das plantas desfolhadas (McNAUGHTON et al. 1983), além de favorecer o acúmulo de folhas preferencialmente a colmos (DA SILVA; NASCIMENTO JR, 2007). A magnitude do crescimento compensatório está associada ao suprimento de nutrientes (GEORGIADIS et al. 1989, ALWARD; JOERN, 1993, HICKS; READER 1995), alocação de carbono (BRISKE et al. 1996b), mecanismos evolutivos (CRAWLEY 1987, VAIL 1992), ambiente luminoso (McNAUGHTON, 1992) e condições de IAF residual (OESTERHELD; MCNAUGHTON, 1988). Dessa forma, a rápida reposição de área foliar após pastejo, buscando o IAF crítico do pasto, depende de fatores que podem ou não ser passíveis de interferência humana, condição em que a definição de metas de pastejo surge como alternativa para a manipulação de alguns desses fatores, interferindo no processo de rebrotação dos pastos. Dentro desse contexto, o uso de estratégias de manejo caracterizadas por combinações entre frequências e severidades de desfolhação corresponde a alternativa interessante em estudos cujo objetivo principal é conhecer e compreender as respostas das plantas forrageiras ao pastejo (PARSONS et al., 1988, BUSQUE; HERRERO, 2001; BROUGHAM, 1958; BROUGHAM, 1956). Estas podem ser usadas para o planejamento de estratégias de manejo que permitam otimizar a produção de forragem de qualidade (DA SILVA, 2004),

a eficiência de colheita da forragem produzida (CARNEVALLI et al., 2006; LEMAIRE et al., 2009) ou, ainda, explorar o padrão sazonal de desenvolvimento das plantas, de forma que cada estratégia proporcione à planta condições para expressar seu máximo potencial produtivo mantendo-se perene no ambiente (DA SILVA; NASCIMENTO Jr, 2007).

O padrão sazonal de desenvolvimento das plantas forrageiras é observado tanto em gramíneas de clima tropical quanto de clima temperado, sendo mais acentuado de acordo com a amplitude de variação das condições ambientais vigentes. Tanto as taxas de crescimento quanto as de senescência são diminuídas quando as condições climáticas e de solo não são favoráveis (MARTUSCELLO et al. 2005; PACIULLO et al. 2005; DURU; DUCROCQ, 2000a, DURU; DUCROCQ, 2000b), indicando que a definição da frequência e severidade de desfolhação a ser empregada ao longo do ano pode interferir diretamente sobre a produtividade e perenidade do pasto (LEMAIRE et al., 2009) e também sobre o desempenho animal (DIFANTE et al., 2010).

O capim-mulato é uma gramínea do gênero *Brachiaria* proveniente do cruzamento entre a *Brachiaria brizanta* cv. Marandu e a *Brachiaria ruziziensis* (CIAT, 1999) realizado pelo Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). No Brasil, vem sendo comercializada e utilizada com base em recomendações empíricas de manejo sem que antes tenham sido realizadas pesquisas quanto ao seu comportamento frente ao pastejo e variações sazonais de produtividade. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar as respostas morfogênicas do capim-mulato submetido a estratégias de pastejo rotativo caracterizadas pelo nível de interceptação de luz pelo dossel forrageiro em pré-pastejo e pela altura do resíduo em pós-pastejo.

5.2 Material e Métodos

O experimento foi realizado na Unidade Experimental de Plantas Forrageiras (UEPF) do Departamento de Zootecnia, da 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 corresponde a uma transição entre Chernossolo argilúvico órtico típico e Vertissolo hidromórfico órtico chenossólico de textura argilosa e eutrófico (EMBRAPA, 2006), de elevada fertilidade, com as seguintes características químicas na camada de 0-20 cm (RAIJ et al., 1986): pH CaCl_2 : 5,5; matéria orgânica = $38,5 \text{ g.dm}^{-3}$; P (resina trocadora de íons) = 82 mg.dm^{-3} ; Ca = $104 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3}$; Mg = $30 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3}$; K = $6,4 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3}$; H + Al = $30 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3}$; soma de bases = $140 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3}$; capacidade de troca catiônica = $171 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3}$; saturação por bases = 82%. O clima da região, de acordo com a classificação de Koppen, é o Cwa, mesotérmico úmido subtropical de inverno seco, com temperaturas mínimas inferiores a 9°C na época mais fria e máximas superiores a 30°C na época mais quente (ESALQ/USP, 2011). Os dados relativos às temperaturas máxima, mínima e média, precipitação pluvial e balanço hídrico mensal do solo (THORNTHWAITE; MATHER, 1955) ao longo de todo o período experimental (fevereiro de 2008 a abril de 2009) são apresentados nas Figuras 1 e 2.

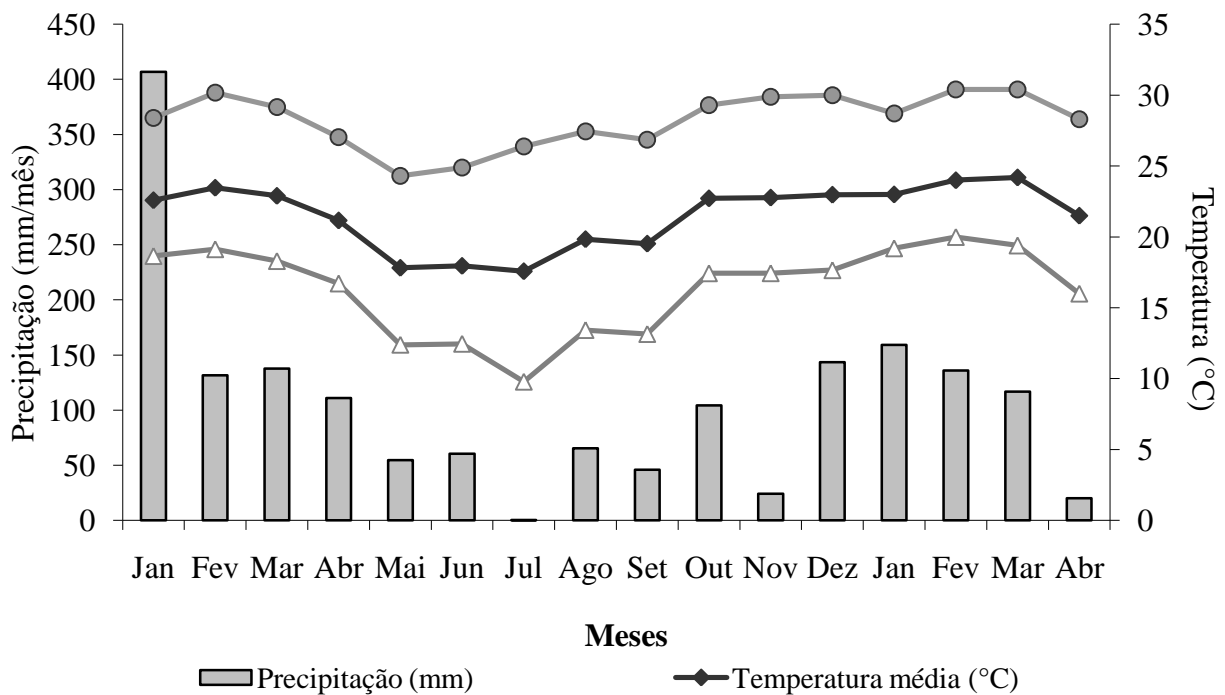


Figura 1 - Dados médios de temperatura e precipitação no local do experimento de Janeiro de 2008 a Abril de 2009

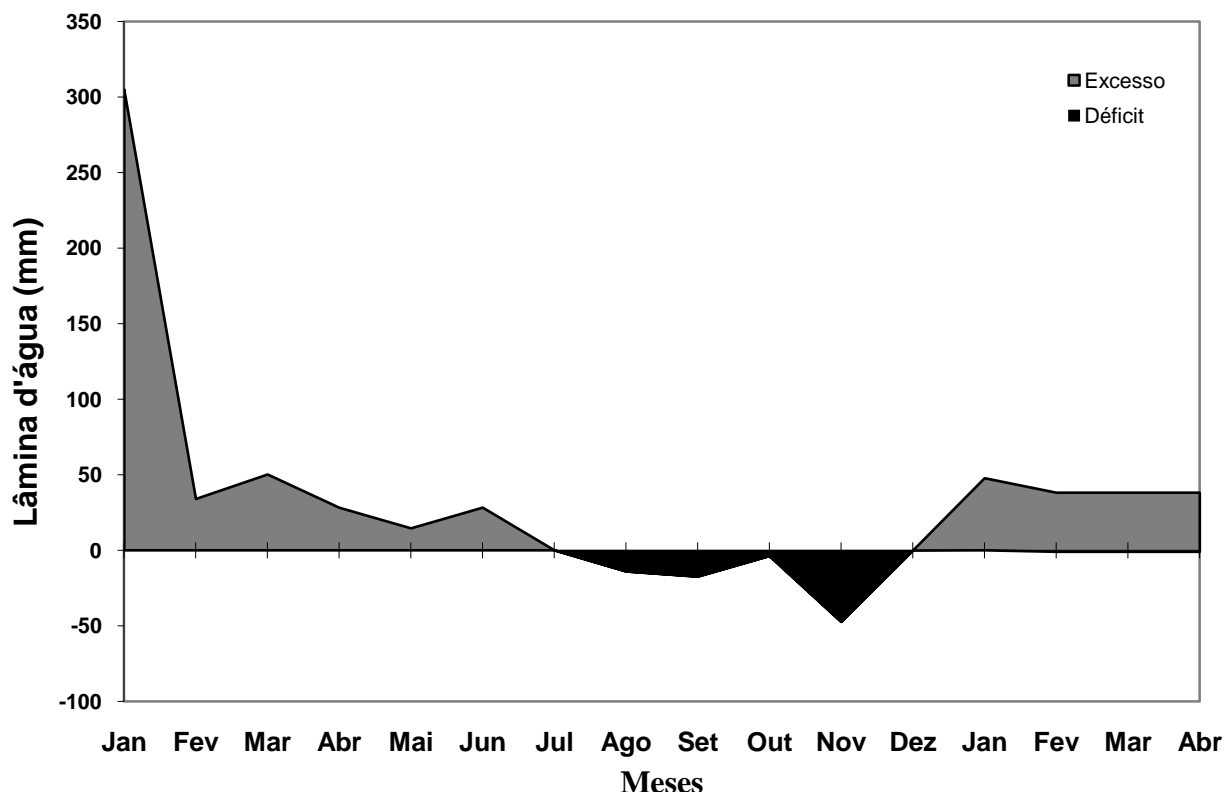


Figura 2 - Extrato do balanço hídrico mensal no local do experimento de Janeiro de 2008 a Abril de 2009 (cálculo baseado em uma CAD de 50 mm) (Adaptado de Rolim et al., 1998)

Os pastos de capim-mulato (híbrido *Brachiaria* cv. mulato CIAT 36061) foram estabelecidos em novembro de 2004 utilizando-se 5 kg de sementes puras e viáveis por hectare. Desde sua implantação a área foi continuamente utilizada sob pastejo rotativo para a cria e recria de bovinos de corte. Antes do início do período experimental a área foi submetida a pastejo de uniformização e rebaixada (30 de novembro de 2007) a uma altura média de 10 cm do solo com auxílio de roçadora acoplada a trator. Após a roçada foram aplicados, a lanço, 60 kg/ha de N na forma de nitrato de amônio, e os pastos começaram a ser monitorados para início de sua utilização de conformidade com os tratamentos experimentais. No total, foram aplicados, considerando-se a adubação inicial, 270 kg/ha.ano de N. O período experimental teve início em fevereiro de 2008 após um ciclo completo de pastejo em cada piquete depois da roçada de uniformização,

oportunidade em que foram estabelecidas as metas de altura pós-pastejo. Os tratamentos corresponderam a combinações entre duas condições pós-pastejo (alturas pós-pastejo de 15 e 20 cm) e duas condições pré-pastejo (95% e máxima interceptação de luz pelo dossel forrageiro - IL) e foram alocados às unidades experimentais (piquetes de 1200 m²) segundo arranjo fatorial 2x2 e delineamento de blocos completos casualizados, com quatro repetições. Os pastejos foram realizados por novilhas das raças Nelore e Canchim com peso corporal médio inicial de 250 kg, sendo o número de animais utilizados dimensionado para que o rebaixamento dos pastos acontecesse em período não superior a um dia (pastejos diurnos utilizando-se a técnica de “mob grazing”, Gildersleeve et al., 1987).

O monitoramento da IL pelo dossel foi realizado no pós-pastejo, logo após a saída dos animais dos piquetes; semanalmente durante a rebrotação dos pastos até que 90% de IL fossem atingidos e; a partir desse ponto, a cada dois dias até que as metas de 95 e máxima IL (99%) 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 representativos da condição média dos pastos no momento da amostragem – avaliação visual de altura e massa de forragem), onde foram tomadas cinco leituras no nível do solo e uma acima do dossel, totalizando 50 leituras no nível do solo e dez acima do dossel por piquete. As alturas pré e pós-pastejo dos pastos foram avaliadas de forma concomitante às avaliações de IL utilizando-se um “sward stick” (BARTHAM, 1985). Foram tomadas 100 leituras ao longo de trajetórias em zig-zag definidas a priori e utilizadas durante todo o período experimental para cada piquete.

As avaliações relativas às respostas morfogênicas foram realizadas durante o período de rebrotação dos pastos em 30 perfilhos marcados logo após cada pastejo (GRANT; MARRIOT, 1994). A marcação dos perfilhos foi feita em três locais da unidade experimental com o auxílio de barras de metal de 2 metros de comprimento graduadas a cada 20 centímetros onde a cada marcação foi selecionado o perfilho que se encontrasse mais próximo àquele ponto (BIRCHAM; HODGSON, 1983). As barras foram colocadas em pontos representativos da condição média dos piquetes no momento da amostragem (avaliação visual da altura e massa de forragem), e sua

posição demarcada por meio de estacas coloridas para facilitar sua localização no momento das avaliações durante o período de rebrotação. No momento da marcação foram escolhidos perfilhos de forma aleatória, sendo o tipo de perfilho (basal ou aéreo) identificado de forma separada. Durante o período de avaliação os perfilhos aéreos que apareciam nos perfilhos originalmente marcados eram identificados e avaliados juntamente com os demais até o final do ciclo de avaliações. O monitoramento dos perfilhos marcados foi feito em intervalos de tempo que variaram em função da época do ano: duas vezes por semana nas épocas de crescimento mais acelerado dos pastos (final de primavera e verão) e uma vez por semana nas épocas de crescimento mais lento (outono, inverno e início de primavera). Nessas ocasiões as folhas foram avaliadas com relação às seguintes características: (a) classificação como intactas ou desfolhadas; (b) classificação como folha em expansão, expandida, senescente ou morta; e (c) medição do comprimento do limbo foliar. Foi determinado também o comprimento do pseudocolmo e identificado o aparecimento e morte de folhas. As folhas foram consideradas desfolhadas quando parte delas estava cortada/decapitada; em expansão quando sua lígula não estava exposta; expandida quando a lígula estava visível e/ou seu alongamento cessava; senescentes quando parte do limbo foliar apresentava sinais de senescência; e mortas quando mais de 50% do limbo foliar estava comprometido pela senescência. O comprimento das folhas foi medido de acordo com o estágio de desenvolvimento das mesmas. Para as folhas expandidas o comprimento foi medido da ponta da folha até sua lígula. No caso de folhas em expansão o mesmo procedimento foi adotado, porém considerando-se a lígula da última folha expandida como referencial de medida. Para as folhas em senescência, ao invés da ponta da folha, foi considerado o ponto até onde o processo de senescência (amarelamento e enegrecimento) havia avançado (i.e. foi considerada apenas a parte verde do limbo foliar). O comprimento do colmo foi medido para os perfilhos basais do nível do solo até a lígula da última folha expandida e para os perfilhos aéreos da inserção no perfilho principal até a lígula da última folha expandida.

A partir dos dados coletados foram calculadas as seguintes variáveis morfogênicas: taxa de aparecimento de folhas (TApF), taxa de alongamento de folhas (TAIF) e de colmos (TAIC), taxa de senescência foliar (TSeF), filocrono (FIL), duração

da vida de folhas (DVF), duração do alongamento foliar (DAF) e encurtamento do colmo (EC).

A taxa de aparecimento de folhas (TApF) foi calculada da seguinte maneira:

$$TApF = n^{\circ} \text{ de novas folhas} / n^{\circ} \text{ de perfilhos} \cdot \text{período de avaliação (folha/perfilho.dia)}$$

O filocrono foi calculado como sendo o inverso da TApF utilizando-se a seguinte fórmula:

$$FILOCRONO = 1 / TApF \text{ (dias/folha)} \text{ (LEMAIRE; AGNUSDAI, 2000)}$$

A taxa de alongamento de folhas (TAIF) foi calculada com base na variação positiva em comprimento das folhas em expansão utilizando-se a seguinte fórmula:

$$TAIF = \text{somatório do alongamento das lâminas foliares} / n^{\circ} \text{ de perfilhos} \cdot \text{período de avaliação (cm/perfilho.dia)}.$$

A taxa de alongamento de colmos (TAIC) foi calculada com base na variação positiva em comprimento do colmo utilizando-se a seguinte fórmula:

$$TAIC = \text{somatório do alongamento de colmos} / n^{\circ} \text{ de perfilhos} \cdot \text{período de avaliação (cm/perfilho.dia)}.$$

A taxa de senescência de folhas (TSeF) foi calculada com base na variação negativa no comprimento verde do limbo foliar das folhas senescentes utilizando-se a seguinte fórmula:

$$TSeF = \text{somatório redução do comprimento do limbo foliar verde} / n^{\circ} \text{ de perfilhos} \cdot \text{período de avaliação (cm/perfilho.dia)}.$$

Nos casos em que uma folha tornava-se expandida e sua lígula se localizava abaixo da referência da última folha expandida, caracterizando encurtamento da bainha foliar, foi calculada a variável encurtamento do colmo (EC) utilizando-se a seguinte fórmula:

$$EC = 100 \cdot (\text{somatório da diminuição no comprimento do colmo} / n^{\circ} \text{ de perfilhos} \cdot \text{comprimento final do colmo})$$

A duração de vida da folha (DVF) não pôde ser calculada identificando-se a data do aparecimento e morte das folhas, pois o período de avaliação foi variável de acordo com cada estratégia de manejo. Dessa forma foi utilizada a seguinte fórmula para cálculo da DVF:

$$DVF = \text{número de folhas vivas} \times \text{filocrono (dias)} \text{ (LEMAIRE; AGNUSDAI, 2000)}$$

Da mesma forma que a DVF, a duração do alongamento foliar (DAF) não pôde ser acompanhada desde o aparecimento até a completa expansão da lâmina foliar, e foi calculada utilizando-se a seguinte fórmula:

$DAF = \text{número de folhas em alongamento} \times \text{filocrono (dias)}$ (LEMAIRE; AGNUSDAI, 2000)

Foram desenvolvidas planilhas de cálculos no programa Microsoft Office Excel[®] para geração das taxas morfogênicas a cada ciclo de rebrotação. A partir dos dados de cada ciclo foram calculados valores médios para épocas do ano por meio de ponderação do número de dias que os ciclos representaram dentro de cada época. As épocas do ano corresponderam a: verão 1 (14/02/2008 – 31/03/2008); outono/inverno/início de primavera (01/04/2008 – 15/11/2008); final de primavera (16/11/2008 – 31/12/2008); verão 2 (01/01/2009 – 31/03/2009). Os dados, assim agrupados, foram analisados utilizando-se o PROC MIXED do pacote estatístico SAS[®] (Statistical Analysis System), versão 8.2 para Windows[®]. Todos os conjuntos de dados foram testados quanto à normalidade da distribuição dos erros e homogeneidade de variâncias. Em alguns casos houve a necessidade de transformação dos dados, a qual foi feita de acordo com indicação sugerida pelo programa SAS[®]. A escolha da matriz de variância e de covariância foi feita utilizando-se o Critério de Informação de Akaike (WOLFINGER, 1993) e a análise de variância feita com base nas seguintes causas de variação: interceptação de luz pré-pastejo, altura pós-pastejo, época do ano e as interações entre elas. Os efeitos de interceptação de luz pré-pastejo, altura pós-pastejo e época do ano e suas interações foram considerados fixos e o efeito de blocos foi considerado aleatório (LITTEL et al., 2000). As médias dos tratamentos foram estimadas utilizando-se o “LSMEANS” e a comparação entre elas, quando necessária, realizada por meio da probabilidade da diferença (“PDIFF”) usando o teste “t” de “Student” e nível de significância de 5%.

5.3 Resultados

Os resultados da análise de variância das causas de variação para perfilhos basais e aéreos estão apresentados nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1 - Níveis de significância associados às causas de variação das características morfológicas de perfilhos basais de capim-mulato submetido a estratégias de pastejo rotativo de fevereiro de 2008 a abril de 2009

| | IL | APP | IL*APP | ÉPOCA | IL*ÉPOCA | APP*ÉPOCA | IL*APP*ÉPOCA |
|------|----|-----|--------|-------|----------|-----------|--------------|
| TApF | * | ns | ns | ** | * | ns | ns |
| FIL | ns | ns | ns | ** | ns | ns | ns |
| TAIF | ns | * | ns | ** | ns | ns | ns |
| TAIC | * | ns | ns | ** | ns | ns | * |
| TSeF | * | * | ns | ** | ns | ** | * |
| EC | ns | ns | ns | ** | ** | ns | ns |
| DVF | ns | ns | ns | ** | ns | ns | ns |
| DAF | ns | * | ns | ** | * | ns | ns |

* = (P<0,05); ** = (P<0,01); ns = (P>0,05); Fontes de variação: IL = Interceptação de luz; APP = Altura pós-pastejo; ÉPOCA = épocas do ano; interações: IL*APP, IL*ÉPOCA; IL*APP*ÉPOCA. TApF = Taxa de aparecimento de folha; FIL = Filocrono; TAIF = Taxa de alongamento de folha; TAIC = Taxa de alongamento de colmo; TSeF = Taxa de senescência de folha; EC = Encurtamento do colmo; DVF = Duração da vida da folha; DAF = Duração do alongamento foliar

Tabela 2 - Níveis de significância associados às causas de variação das características morfológicas de perfilhos aéreos de capim-mulato submetido a estratégias de pastejo rotativo de fevereiro de 2008 a abril de 2009

| | IL | APP | IL*APP | ÉPOCA | IL*ÉPOCA | APP*ÉPOCA | IL*APP*ÉPOCA |
|------|----|-----|--------|-------|----------|-----------|--------------|
| TApF | ns | ns | ns | ** | ** | ns | ns |
| FIL | ns | ns | ns | ** | ns | ns | ns |
| TAIF | ns | ns | ns | ** | ns | ns | ns |
| TAIC | ns | ns | ns | ** | ns | ns | * |
| TSeF | ** | ns | ns | ** | ns | * | ** |
| EC | ns | ns | ns | ** | ns | ns | ns |
| DVF | ns | ns | ns | ** | ns | ns | ns |
| DAF | ns | ns | ns | ** | * | ns | ns |

* = (P<0,05); ** = (P<0,01); ns = (P>0,05); Fontes de variação: IL = Interceptação de luz; APP = Altura pós-pastejo; ÉPOCA = épocas do ano; interações: IL*APP, IL*ÉPOCA; IL*APP*ÉPOCA. TApF = Taxa de aparecimento de folha; FIL = Filocrono; TAIF = Taxa de alongamento de folha; TAIC = Taxa de alongamento de colmo; TSeF = Taxa de senescência de folha; EC = Encurtamento do colmo; DVF = Duração da vida da folha; DAF = Duração do alongamento foliar

5.3.1 Perfilhos basais

A TApF variou com a época do ano, com valores mais altos registrados durante os verões 1 e 2, valores mais baixos durante o outono/inverno/início de primavera e valores intermediários no final de primavera (Tabela 3). Apenas durante o verão 2 é que houve diferença entre os tratamentos de 95 e 99% de IL, com valores mais altos registrados nos pastos manejados a 95% relativamente àqueles manejados a 99% de IL. Maiores valores de FIL foram registrados no outono/inverno/início de primavera e menores nos verões 1 e 2, com valores intermediários no final de primavera (Figura 3).

Tabela 3 - Taxa de aparecimento de folhas (folha/perfilho.dia) em perfilhos basais de capim-mulato submetido a estratégias de pastejo rotativo caracterizadas pelas condições pré-pastejo de 95 e 99% de IL de fevereiro de 2008 a abril de 2009

| Épocas do ano | Interceptação de luz pelo dossel (%) | |
|------------------------------------|--------------------------------------|-------------------|
| | 95% | 99% |
| Verão 1 | 0,12Aa (0,008) | 0,11Aa (0,008) |
| Outono/inverno/início de Primavera | 0,04Ac (0,001) | 0,04Ac (0,001) |
| Final primavera | 0,07Ab (0,006) | 0,06Ab (0,006) |
| Verão 2 | 0,13Aa (0,004) | 0,10Ba (0,004) |

Verão 1 (14/02/2008 – 31/03/2008); Outono/Inverno/início de Primavera (01/04/2008 – 15/11/2008); final de Primavera (16/11/2008 – 31/12/2008); Verão 2 (01/01/2009 – 31/03/2009). Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si ($P > 0,05$). Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média.

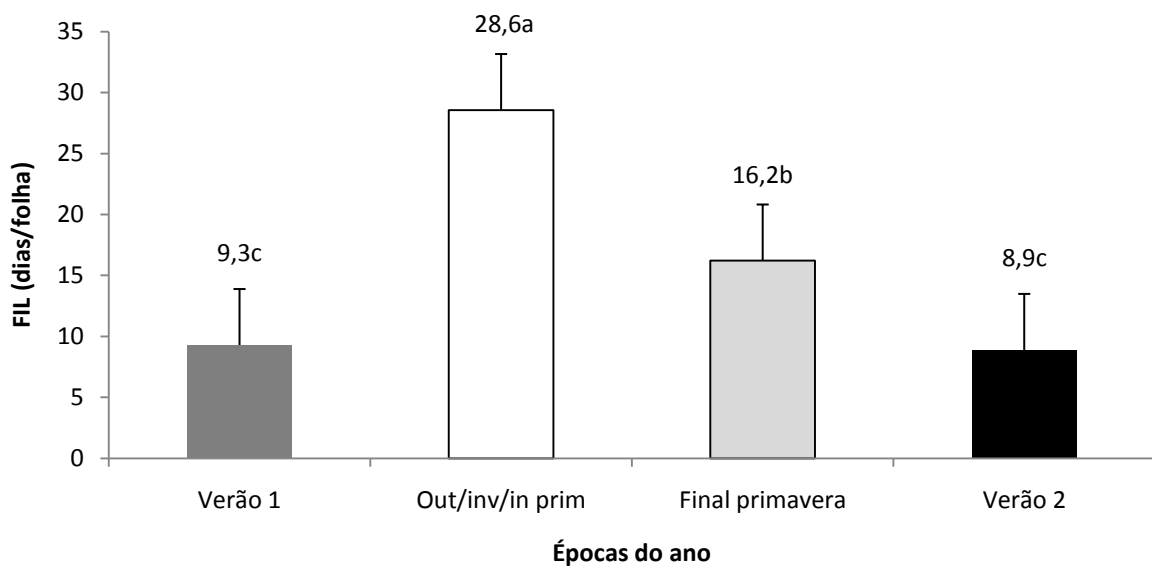


Figura 3 - Filocrono (dias/folha) em perfilhos basais de capim-mulato submetido a estratégias de pastejo rotativo de fevereiro de 2008 a abril de 2009

A TAIF foi reduzida durante o outono/inverno/início de primavera e final de primavera, apresentando valores mais elevados durante os verões 1 e 2 (Figura 4). Nos pastos manejados com altura pós-pastejo 20 cm a TAIF foi maior ($1,56 \pm 0,056$ cm/perfilho.dia) que em pastos manejados a 15 cm ($1,34 \pm 0,054$ cm/perfilho.dia).

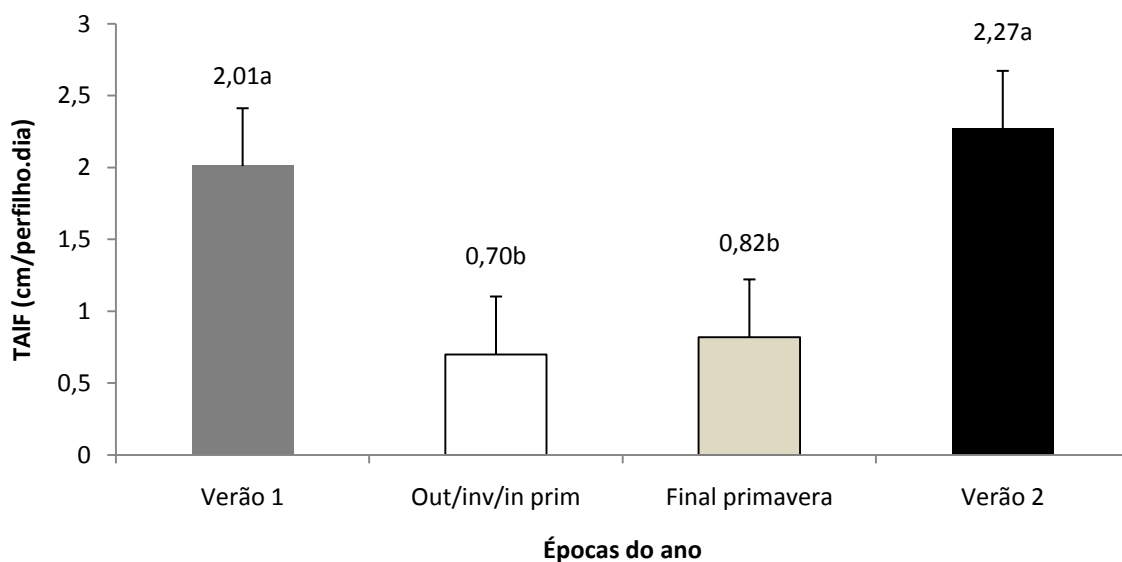


Figura 4 - Taxa de alongamento de folhas (cm/perfilho.dia) em perfilhos basais de capim-mulato submetido a estratégias de pastejo rotativo de fevereiro de 2008 a abril de 2009

A TAIC apresentou padrões variáveis de resposta dependendo do tratamento e da época do ano. No verão 1, maiores valores foram registrados nos pastos manejados a 99% relativamente àqueles manejados a 95% de IL, especialmente para a altura pós-pastejo de 15 cm (Tabela 4). No outono/inverno/início de primavera os maiores valores foram registrados para o tratamento 99/15 e no final de primavera para o tratamento 99/20 relativamente aos demais. No verão 2 as diferenças desapareceram, e os valores registrados foram os mais altos de todo o período experimental. Menores valores de TAIC foram registrados no final de primavera.

Tabela 4 - Taxa de alongamento de colmos (cm/perfilho.dia) em perfilhos basais de capim-mulato submetido a estratégias de pastejo rotativo de fevereiro de 2008 a abril de 2009

| Altura pós-pastejo (cm) | Interceptação de luz pelo dossel (%) | |
|--|--------------------------------------|---------|
| | 95% | 99% |
| Verão 1 (EPM = 0,026) | | |
| 15 cm | 0,14B' | 0,24A' |
| 20 cm | 0,17AB' | 0,20AB' |
| Outono/inverno/início de primavera (EPM = 0,006) | | |
| 15 cm | 0,11B' | 0,14A' |
| 20 cm | 0,11B' | 0,12AB' |
| Final de primavera (EPM = 0,040) | | |
| 15 cm | 0,05B' | 0,06B' |
| 20 cm | 0,06B' | 0,10A' |
| Verão 2 (EPM = 0,040) | | |
| 15 cm | 0,20A' | 0,22 A' |
| 20 cm | 0,24 A' | 0,29 A' |

Verão 1 (14/02/2008 – 31/03/2008); Outono/Inverno/início de Primavera (01/04/2008 – 15/11/2008); final de Primavera (16/11/2008 – 31/12/2008); Verão 2 (01/01/2009 – 31/03/2009). Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si ($P>0,05$). Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média.

Ao longo do experimento foi registrada redução do comprimento das bainhas foliares, ou seja, encurtamento do colmo, que ocorreu de forma mais concentrada no outono/inverno/início de primavera e final de primavera, particularmente nos pastos manejados a 95% em relação àqueles manejados a 99% de IL (Tabela 5). No verão 1 os pastos manejados a 99% tiveram maior EC que aqueles manejados a 95% de IL, sendo que comportamento inverso a este foi observado no final da primavera. .

Tabela 5 – Encurtamento do colmo (%) em perfilhos basais de capim-mulato submetido a estratégias de pastejo rotativo caracterizadas pelas condições pré-pastejo de 95 e 99% de IL de fevereiro de 2008 a abril de 2009

| Épocas do ano | Interceptação de luz pelo dossel (%) | |
|------------------------------------|--------------------------------------|--------------------|
| | 95% | 99% |
| Verão 1 | 1,38Bb (0,501) | 3,74Aab (0,601) |
| Outono/inverno/início de Primavera | 6,79Aa (1,308) | 4,11Aa (0,640) |
| Final primavera | 8,09Aa (0,782) | 3,66Bab (0,704) |
| Verão 2 | 1,81Ab (0,259) | 2,54Ab (0,294) |

Verão 1 (14/02/2008 – 31/03/2008); Outono/Inverno/início de Primavera (01/04/2008 – 15/11/2008); final de Primavera (16/11/2008 – 31/12/2008); Verão 2 (01/01/2009 – 31/03/2009). Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si ($P > 0,05$). Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média.

Em relação à TSeF, durante o verão 1, o contraste mais claro foi entre alturas pós-pastejo, com maiores valores registrados nos pastos manejados a 20 cm relativamente àqueles manejados a 15 cm, especialmente o tratamento 99/20 (Tabela 6). No outono/inverno/início de primavera o contraste se inverteu e passou a ser entre metas de IL pré-pastejo, com maiores valores registrados nos pastos manejados a 99% relativamente àqueles manejados a 95% de IL, especialmente o tratamento 99/20. Não houve diferença entre tratamentos durante o final de primavera e verão 2. De forma geral, menores valores de senescência foliar foram registrados no final de primavera e maiores durante os verões 1 e 2.

Tabela 6 - Taxa de senescência de folhas (cm/perfilho.dia) em perfilhos basais de capim-mulato submetido a estratégias de pastejo rotativo de fevereiro de 2008 a abril de 2009

| Altura pós-pastejo (cm) | Interceptação de luz pelo dossel (%) | |
|----------------------------|--|---------|
| | 95% | 99% |
| | Verão 1 (EPM = 0,071) | |
| 15 cm | 0,59B' | 0,48B' |
| 20 cm | 0,70AB' | 0,86A' |
| | Outono/inverno/início de primavera (EPM = 0,040) | |
| 15 cm | 0,51B' | 0,62AB' |
| 20 cm | 0,56B' | 0,71A' |
| | Final de primavera (EPM = 0,042) | |
| 15 cm | 0,36A' | 0,38A' |
| 20 cm | 0,36A' | 0,42A' |
| | Verão 2 (EPM = 0,071) | |
| 15 cm | 0,62A' | 0,78A' |
| 20 cm | 0,68A' | 0,77A' |

Verão 1 (14/02/2008 – 31/03/2008); Outono/Inverno/início de Primavera (01/04/2008 – 15/11/2008); final de Primavera (16/11/2008 – 31/12/2008); Verão 2 (01/01/2009 – 31/03/2009). Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si ($P>0,05$). Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média.

A duração de vida das folhas foi maior durante o outono/inverno/início de primavera e menor durante os verões 1 e 2, com valores intermediários registrados durante o final de primavera (Figura 5). Padrão semelhante foi registrado para duração do alongamento foliar (DAF), com diferenças entre tratamentos de IL registradas somente durante o outono/inverno/início da primavera e verão 2 (Tabela 7). No outono/inverno/início de primavera a DAF foi maior nos pastos manejados a 95% relativamente àqueles manejados a 99% de IL, o oposto acontecendo no verão 2. Pastos manejados com a altura pós-pastejo 20 cm apresentaram maior duração do alongamento foliar ($22,4 \pm 0,58$ dias) que pastos manejados a 15 cm ($20,5 \pm 0,58$ dias).

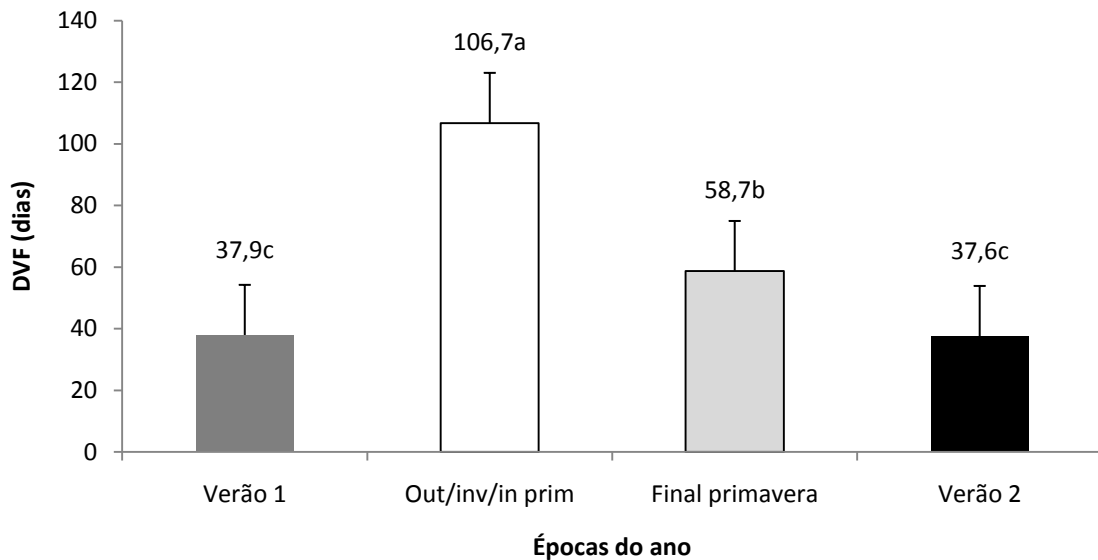


Figura 5 - Duração de vida das folhas (dias) em perfilhos basais de capim-mulato submetido a estratégias de pastejo rotativo de fevereiro de 2008 a abril de 2009

Tabela 7 – Duração do alongamento foliar (dias) em perfilhos basais de capim-mulato submetido a estratégias de pastejo rotativo caracterizadas pelas condições pré-pastejo de 95 e 99% de IL de fevereiro de 2008 a abril de 2009

| Épocas do ano | Interceptação de luz pelo dossel (%) | |
|------------------------------------|--------------------------------------|------------------|
| | 95% | 99% |
| Verão 1 | 13,6Ac (0,73) | 12,5Ad (0,83) |
| Outono/inverno/início de Primavera | 37,4Aa (2,12) | 30,3Ba (2,15) |
| Final primavera | 26,0Ab (1,59) | 22,1Ab (1,59) |
| Verão 2 | 13,7Bc (0,60) | 16,1Ac (0,60) |

Verão 1 (14/02/2008 – 31/03/2008); Outono/Inverno/início de Primavera (01/04/2008 – 15/11/2008); final de Primavera (16/11/2008 – 31/12/2008); Verão 2 (01/01/2009 – 31/03/2009). Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si ($P>0,05$). Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média.

5.3.2 Perfilhos aéreos

A TApF apresentou padrão sazonal de resposta, sendo que nos pastos manejados a 95% de IL maiores valores foram registrados nos verões 1 e 2, seguidos daqueles registrados no final de primavera e outono/inverno/início de primavera. Para os pastos manejados a 99% de IL o padrão de variação foi semelhante, porém não houve diferença entre verão 1, final de primavera e verão 2 (Tabela 8). Maiores valores de filocrono foram registrados durante o outono/inverno/início de primavera, menores nos verões 1 e 2 e intermediários no final de primavera (Figura 6).

Tabela 8 – Taxa de aparecimento de folhas (folha/perfilho.dia) em perfilhos aéreos de capim-mulato submetido a estratégias de pastejo rotativo caracterizadas pelas condições pré-pastejo de 95 e 99% de IL de fevereiro de 2008 a abril de 2009

| Épocas do ano | Interceptação de luz pelo dossel (%) | |
|------------------------------------|--------------------------------------|--------------------|
| | 95% | 99% |
| Verão 1 | 0,21Aa (0,017) | 0,18Aab (0,017) |
| Outono/inverno/início de Primavera | 0,06Ac (0,005) | 0,06Ac (0,005) |
| Final primavera | 0,12Ab (0,013) | 0,16Ab (0,013) |
| Verão 2 | 0,23Aa (0,016) | 0,19Aa (0,016) |

Verão 1 (14/02/2008 – 31/03/2008); Outono/Inverno/início de Primavera (01/04/2008 – 15/11/2008); final de Primavera (16/11/2008 – 31/12/2008); Verão 2 (01/01/2009 – 31/03/2009). Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si ($P>0,05$). Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média.

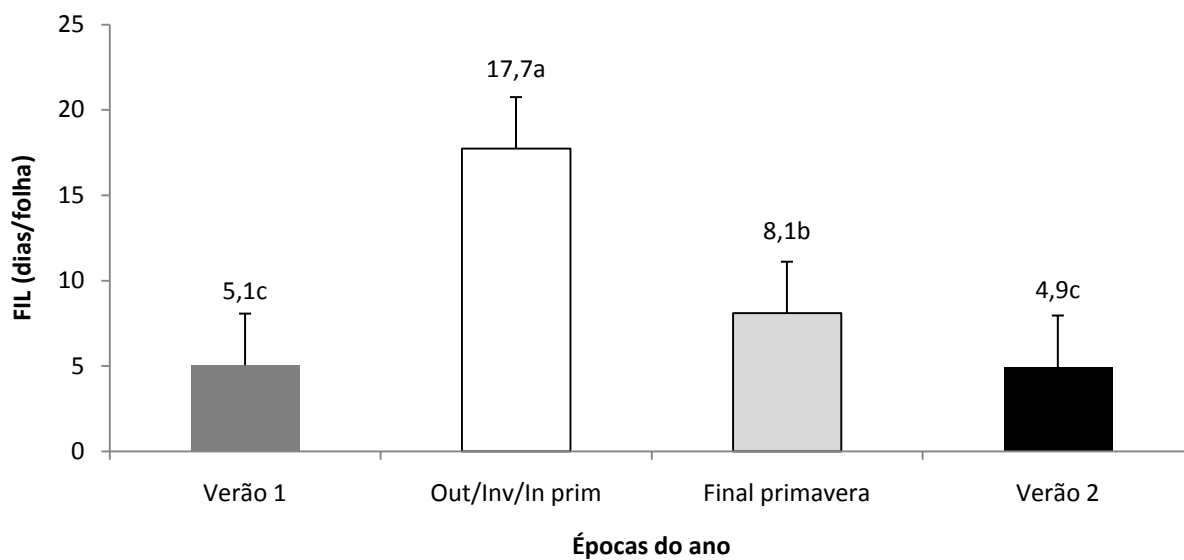


Figura 6 - Filocrono (dias/folha) em perfilhos aéreos de capim-mulato submetido a estratégias de pastejo rotativo de fevereiro de 2008 a abril de 2009

A TAlF variou com a época do ano, com maiores valores registrados no verão 2, seguidos daqueles de verão 1, final de primavera e outono/inverno/início de primavera (Figura 7).

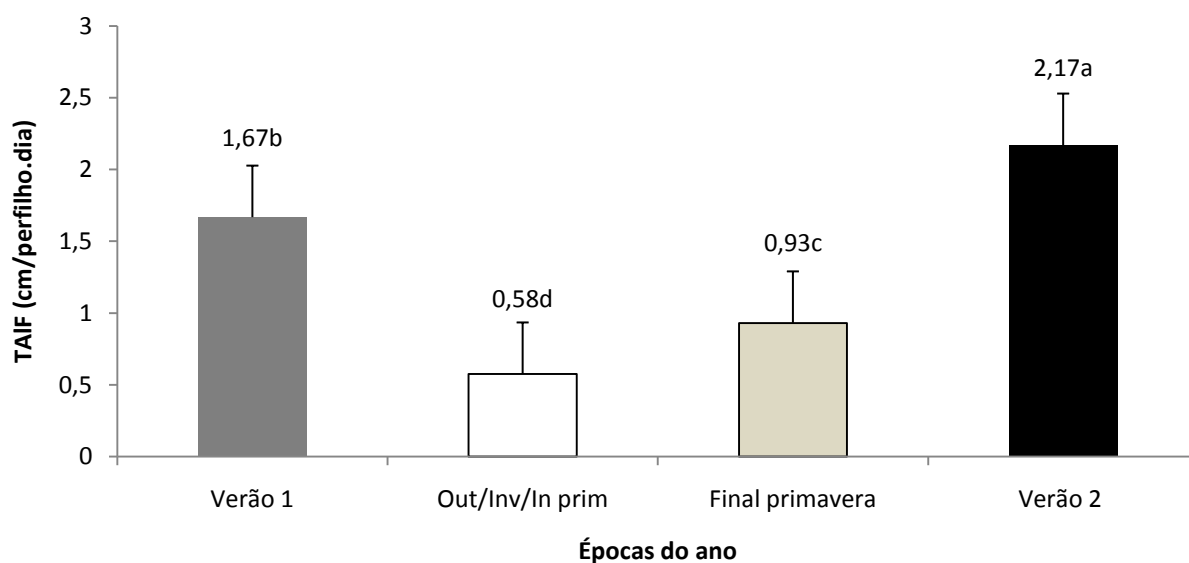


Figura 7 - Taxa de alongamento de folhas (cm/perfilho.dia) em perfilhos aéreos de capim-mulato submetido a estratégias de pastejo rotativo de fevereiro de 2008 a abril de 2009

A TAIC apresentou padrão variável de resposta dependendo da época do ano e do tratamento. No verão 1, maiores valores foram registrados nos pastos submetidos ao tratamento 99/15 em relação aos demais tratamentos (Tabela 9). No outono/inverno/início de primavera o contraste foi entre alturas pós-pastejo, com maiores valores registrados nos pastos manejados a 20 cm relativamente àqueles manejados a 15 cm. No final de primavera, pastos submetidos ao tratamento 99/20 apresentaram valores de TAIC duas vezes maior que aqueles dos demais tratamentos, os quais não diferiram entre si, sendo que no verão 2 as diferenças desapareceram. O encurtamento do colmo aconteceu de forma mais concentrada no outono/inverno/início de primavera e final de primavera, sendo os menores valores registrados durante o verão 2 (Figura 8).

Tabela 9 - Taxa de alongamento de colmo (cm/perfilho.dia) em perfilhos aéreos de capim-mulato submetido a estratégias de pastejo rotativo de fevereiro de 2008 a abril de 2009

| Altura pós-pastejo (cm) | Interceptação de luz pelo dossel (%) | |
|--|--------------------------------------|---------|
| | 95% | 99% |
| Verão 1 (EPM = 0,031) | | |
| 15 cm | 0,08B' | 0,23A' |
| 20 cm | 0,12B' | 0,04B' |
| Outono/inverno/início de primavera (EPM = 0,006) | | |
| 15 cm | 0,06B' | 0,07AB' |
| 20 cm | 0,08A' | 0,08A' |
| Final de primavera (EPM = 0,006) | | |
| 15 cm | 0,02B' | 0,02B' |
| 20 cm | 0,02B' | 0,05A' |
| Verão 2 (EPM = 0,020) | | |
| 15 cm | 0,08A' | 0,14A' |
| 20 cm | 0,13A' | 0,14A' |

Verão 1 (14/02/2008 – 31/03/2008); Outono/Inverno/início de Primavera (01/04/2008 – 15/11/2008); final de Primavera (16/11/2008 – 31/12/2008); Verão 2 (01/01/2009 – 31/03/2009). Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si ($P>0,05$). Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média.

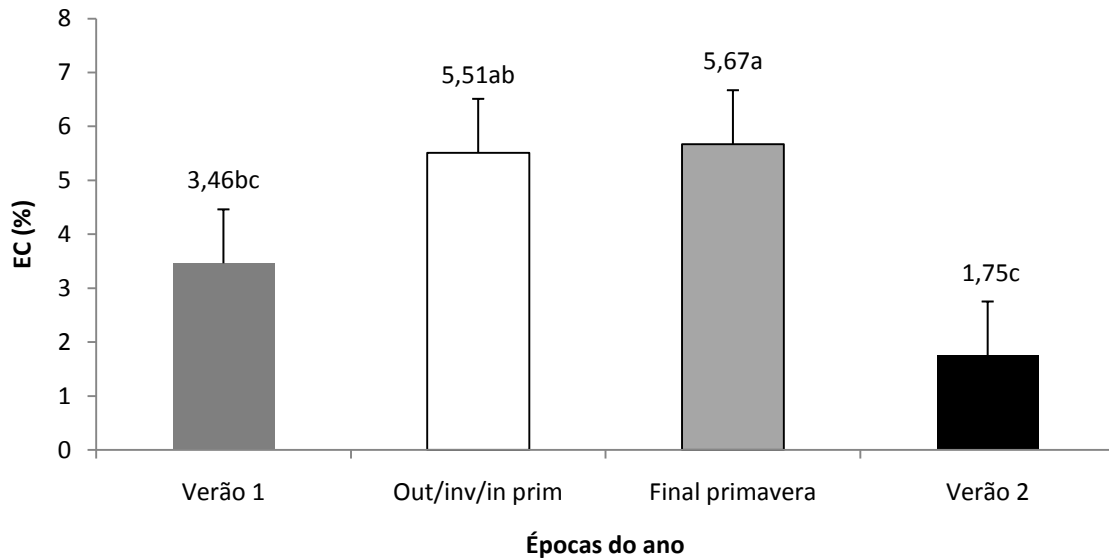


Figura 8 - Encurtamento do colmo (%) em perfilhos aéreos de capim-mulato submetido a estratégias de pastejo rotativo de fevereiro de 2008 a abril de 2009

A TSeF foi mais alta nos pastos submetidos ao tratamento 99/15 relativamente aos demais tratamentos durante o verão 1 (Tabela 10). No outono/inverno/início de primavera houve claro contraste entre pastos manejados a 95 e 99% de IL, com maiores valores registrados naqueles manejados a 99% de IL. As diferenças desapareceram no final de primavera, mas voltaram a aparecer no verão 2, época em que maiores valores foram registrados nos pastos submetidos ao tratamento 99/20 relativamente ao 95/20, e valores intermediários foram registrados para os tratamentos 95/15 e 99/20.

Tabela 10 - Taxa de senescência de folhas (cm/perfilho.dia) em perfilhos aéreos de capim-mulato submetido a estratégias de pastejo rotativo de fevereiro de 2008 a abril de 2009

| Altura pós-pastejo (cm) | Interceptação de luz pelo dossel (%) | |
|----------------------------|--|---------|
| | 95% | 99% |
| | Verão 1 (EPM = 0,027) | |
| 15 cm | 0,17B' | 0,30A' |
| 20 cm | 0,19B' | 0,19B' |
| | Outono/inverno/início de primavera (EPM = 0,040) | |
| 15 cm | 0,17B' | 0,30A' |
| 20 cm | 0,17B' | 0,40A' |
| | Final de primavera (EPM = 0,030) | |
| 15 cm | 0,11A' | 0,08A' |
| 20 cm | 0,06A' | 0,13A' |
| | Verão 2 (EPM = 0,025) | |
| 15 cm | 0,20AB' | 0,25A' |
| 20 cm | 0,16B' | 0,22AB' |

Verão 1 (14/02/2008 – 31/03/2008); Outono/Inverno/início de Primavera (01/04/2008 – 15/11/2008); final de Primavera (16/11/2008 – 31/12/2008); Verão 2 (01/01/2009 – 31/03/2009). Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si ($P > 0,05$). Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média.

Maiores valores de DVF foram registrados durante o outono/inverno/início de primavera, menores durante os verões 1 e 2 e valores intermediários no final da primavera (Figura 9). Padrão semelhante de variação foi registrado para DAF, porém com diferenças entre tratamentos de IL dependentes de época do ano. No verão 1 não houve diferença entre tratamentos. No outono/inverno/início de primavera maiores valores de DAF foram registrados nos pastos manejados a 99% relativamente àqueles manejados a 95% de IL, o inverso ocorrendo durante o final de primavera. No verão 2 maiores valores de DAF voltaram a ser registrados nos pastos manejados a 99% relativamente àqueles manejados a 95% de IL (Tabela 11).

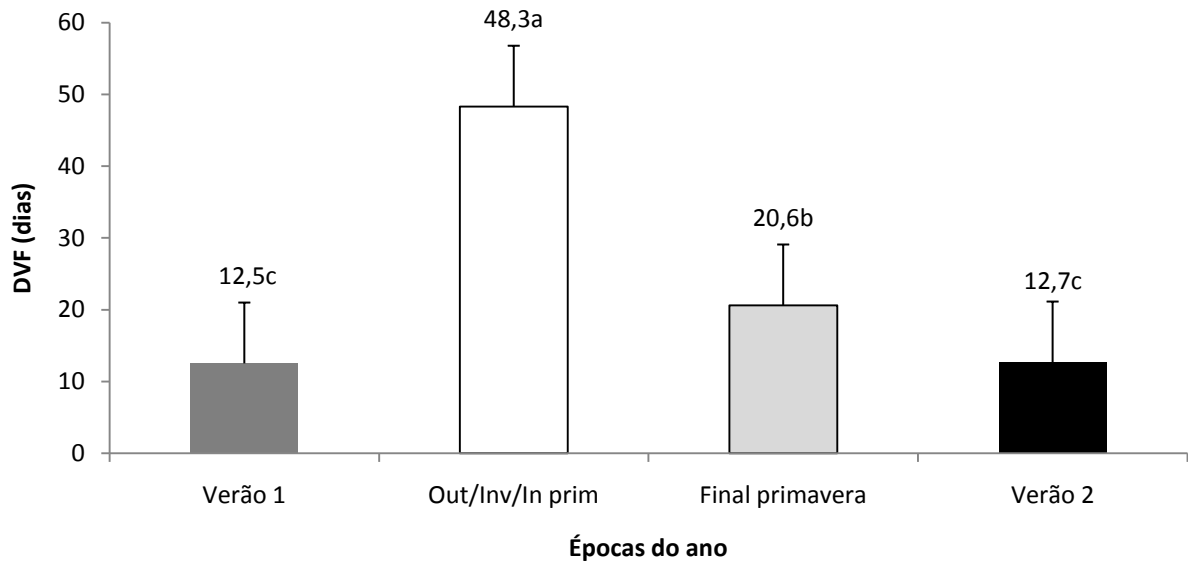


Figura 9 - Duração da vida da folha (dias) em perfilhos aéreos de capim-mulato submetido a estratégias de pastejo rotativo de fevereiro de 2008 a abril de 2009

Tabela 11 – Duração do alongamento foliar (dias) em perfilhos aéreos de capim-mulato submetido a estratégias de pastejo rotativo caracterizadas pelas condições pré-pastejo de 95 e 99% de IL de fevereiro de 2008 a abril de 2009

| Épocas do ano | Interceptação de luz pelo dossel (%) | |
|------------------------------------|--------------------------------------|------------------|
| | 95% | 99% |
| Verão 1 | 7,1Ab (0,41) | 7,7Ab (0,47) |
| Outono/inverno/início de Primavera | 16,8Ba (1,07) | 20,7Aa (1,07) |
| Final primavera | 13,0Aa (1,01) | 9,4Bb (1,01) |
| Verão 2 | 5,8Bb (0,36) | 8,2Ab (0,36) |

Verão 1 (14/02/2008 – 31/03/2008); Outono/Inverno/início de Primavera (01/04/2008 – 15/11/2008); final de Primavera (16/11/2008 – 31/12/2008); Verão 2 (01/01/2009 – 31/03/2009). Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si ($P > 0,05$). Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média.

5.4 Discussão

Os processos de crescimento e desenvolvimento da planta forrageira são influenciados pelo manejo do pastejo e pelas condições de meio. Dessa forma, interações entre os componentes que podem interferir nos padrões morfogênicos de resposta das plantas ao pastejo são esperadas ao longo de seu ciclo de crescimento, fato corroborado pelos resultados tanto de perfilhos basais como de aéreos deste experimento. Na comunidade de plantas, o contínuo aparecimento de perfilhos aéreos, principalmente em pastos manejados sob lotação intermitente, contribui para a rápida formação de área foliar após o pastejo, sendo que nesses perfilhos as variações acontecem mais rapidamente tanto do ponto de vista de fatores determinantes do crescimento (e.g. TApF, TAIF, TAIC) como da senescência (e.g. TSeF, DVF), caracterizando um efeito compensatório e não refletindo em eficiência maior de produção.

Fatores como temperatura, fotoperíodo (McMASTER et al., 2003, BUTLER et al., 2002) e estágio fisiológico da planta (VINE, 1983) influenciam grandemente o comportamento do aparecimento de novas folhas em gramíneas forrageiras, fato coerente com o comportamento registrado para o aparecimento de folhas do capim-mulato (Tabelas 3 e 8), uma vez que nas épocas em que condições climáticas como chuva, temperatura e fotoperíodo são reduzidas (outono/inverno/início de primavera – Figuras 1 e 2) a TApF é diminuída, pois a planta não consegue expressar seu potencial genético por estar limitada pela baixa disponibilidade desses fatores climáticos (LEMAIRE; CHAPMAN, 1996). No final da primavera, quando as condições climáticas voltam a ser favoráveis, a TApF se eleva independentemente da estratégia de manejo utilizada, como forma de recompor o aparato fotossintético, fato coerente com a prioridade que as gramíneas forrageiras dispensam ao restabelecimento e formação de parte aérea relativamente a raízes (RYLE; POWELL, 1975; RICHARDS, 1993). Adicionalmente, é fato conhecido que pastos submetidos a maior frequência de desfolhação normalmente apresentam maior TApF (ALEXANDRINO et al. 2005; MARCELINO, 2006), o que foi corroborado pelos resultados de perfilhos basais durante o verão 2.

A TApF interfere na taxa potencial de produção de perfilhos, o “site filling” (DAVIES, 1974), que, por sua vez, interfere na densidade populacional de perfilhos (BAHMANI et al., 2000). Dessa forma, a produção de forragem é função da magnitude dos processos de aparecimento e alongamento foliar, os quais influenciam o perfilhamento e definem o IAF dos pastos para uma dada condição de manejo e ambiente. Diante das inter-relações entre as características morfogênicas e de dinâmica populacional de perfilhos, pode-se constatar que a produção de forragem e a velocidade com que os pastos são utilizados, ou seja, o número de ciclos de pastejos, sofrem influência tanto da época do ano como da estratégia de manejo empregada (SILVEIRA, 2010; RODRIGUES, 2010). Assim, a produção ou peso de perfilhos individuais, caracterizadas por TApF e TAIF, associada a densidade populacional de perfilhos, determina a produtividade do pasto ou a massa de forragem em um ponto qualquer no tempo (HIRATA; PAKIDING, 2002).

Os processos simultâneos de alongamento e aparecimento de folhas influenciam o filocrono, que também é dependente do comprimento das bainhas foliares (SKINNER; NELSON, 1995), sendo afetado especialmente pela temperatura (WILHELM; MCMASTER, 1995; MCMASTER et al., 2003). Como o FIL é calculado como sendo o inverso da TApF (LEMAIRE; AGNUSDEI, 2000), é esperado que seu padrão de resposta seja análogo, porém de forma inversa àquele descrito para TApF. De forma geral, tanto para perfilhos basais como para aéreos, maiores valores de FIL foram registrados no outono/inverno/início de primavera, indicando atraso no aparecimento de folhas sob condições climáticas desfavoráveis. Assim, espera-se que sob condições climáticas desfavoráveis ou de manejo do pastejo em que não sejam respeitadas as características fisiológicas das plantas, o intervalo de surgimento de folhas sucessivas seja longo e taxa de alongamento de folhas menor. Da mesma forma que o aparecimento de folhas, o alongamento é característica importante no processo de desenvolvimento da planta forrageira. Este é resultado do efeito combinado da divisão e do alongamento celular (DURAND et al., 1999; TAIZ; ZEIGER, 2009), processos relativamente independentes (GREEN, 1976), porém ambos variáveis com o tempo e influenciados pela temperatura. Entretanto, mudanças ocorridas no alongamento de células devido a estímulos ambientais não são percebidas imediatamente, resultando

em variações de TAIF somente após algumas horas ou dias (DURAND et al., 1999). Os resultados de TAIF revelaram forte influência da época do ano (Figuras 4 e 7), demonstrando a importância das condições climáticas sobre uma variável determinante do crescimento das plantas e acúmulo de forragem. O manejo da desfolhação também interfere sobre essa resposta morfogênica. O efeito da altura pós-pastejo, que exerceu influência na TAIF, pode ser explicado pela maior distância percorrida pelo primórdio foliar dentro das bainhas das folhas mais velhas (DAVIES et al., 1983) dos pastos manejados a 20 cm de altura. Este resultado reflete em maior tempo de divisão e alongamento foliar e ainda maiores APP refletirem em maior IAF residual que contribui também para uma maior TAIF.

A TAIF tem sido positivamente correlacionada com a massa de forragem (HORST et al., 1978) e com a produção por perfilho (NELSON et al., 1977), e negativamente correlacionada com a densidade populacional de perfilhos (JONES et al., 1979), visto que pastos densos possuem perfilhos menores com componentes morfológicos pequenos (SBRISSIA; DA SILVA, 2008). Essas relações, se não compreendidas adequadamente, fazem com que conclusões errôneas possam ser tiradas quanto à produção de forragem quando baixos valores de TAIF são registrados em pastos com elevada densidade populacional de perfilhos. O fato realmente ocorre, entretanto diz respeito ao que acontece em perfilhos individuais. Quando se leva em consideração a população de perfilhos para o cálculo das taxas de acúmulo de forragem, podem ser encontrados valores tão altos de acúmulo como em pastos em que a TAIF é elevada. Adicionalmente, pastos densos apresentam elevada TApF, fato que propicia e condiciona elevado perfilhamento e alta densidade populacional de perfilhos (DAVIES, 1974).

Existe ainda uma relação entre a TAIF e filocrono, como enfatizado nos trabalhos de Skinner e Nelson, (1995), Fournier et al. (2005) e Pereira (2009), e verificado também neste trabalho (Figura 10). Nota-se que para altas TAIF o intervalo para surgimento de folhas consecutivas, filocrono, é menor que para baixas TAIF, independentemente das condições de pré e de pós-pastejo avaliadas. Para que o filocrono seja maior ou menor, uma das ferramentas utilizadas pela planta é o ajuste da duração do alongamento foliar (Tabelas 7 e 11). Em condições de baixa disponibilidade

de fatores de crescimento, a TApF e a TAIF são reduzidas e a duração do alongamento foliar aumentada, fazendo com que a folha leve mais tempo para completar sua expansão, a qual ocorre de forma mais lenta. O fato atrasa o início do processo de senescência (PEREIRA, 2009; DURU; DUCROCQ, 2000a), possibilitando à planta conservar e utilizar os recursos captados de forma mais eficiente durante época desfavorável ao crescimento, favorecendo sua persistência na área (DA SILVA; NASCIMENTO Jr., 2006).

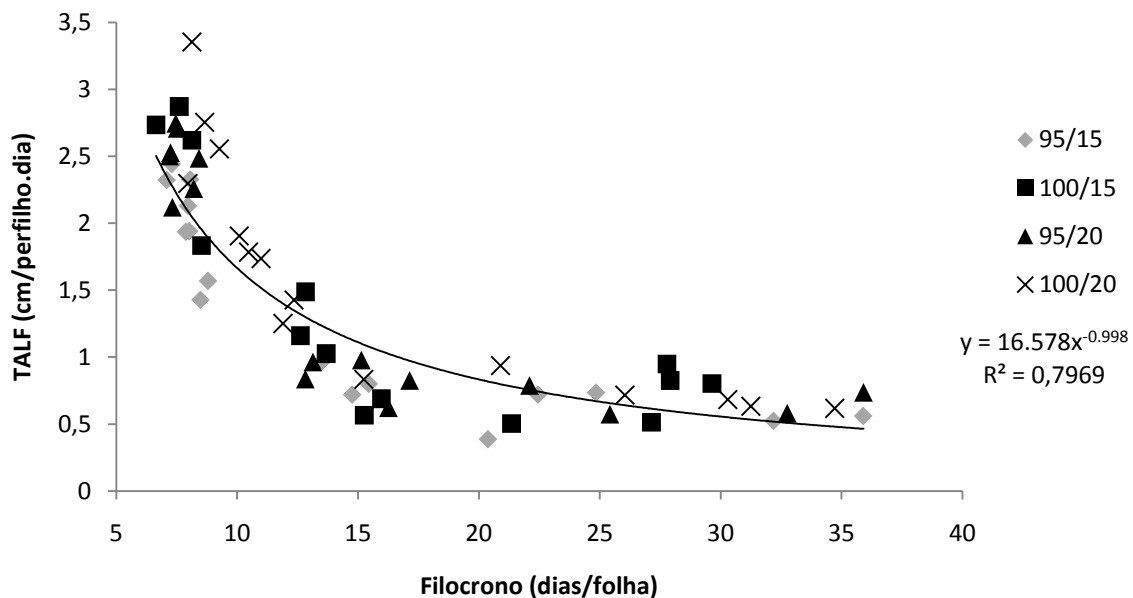


Figura 10 - Relação entre TAIF e Filocrono em perfilhos basais de capim-mulato submetido a estratégias de pastejo rotativo de Fevereiro de 2008 a abril de 2009

Também o componente colmo em gramíneas forrageiras tropicais apresenta-se como fator importante na manutenção da estrutura do pasto e, mesmo em condições de desenvolvimento vegetativo, observa-se considerável alongamento desse componente morfológico (SBRISSIA; DA SILVA, 2001), principalmente devido à competição por luz.. Estratégias com frequências e severidades de pastejo contrastantes resultam em padrões variados de comportamento da TAIC (Tabelas 4 e 9), uma vez que interferem na quantidade e qualidade da luz que atravessa o dossel, principalmente nas fases finais do processo de rebrotação (DA SILVA et al., 2009). De forma geral, o acúmulo de

colmos tem correlação positiva com o a massa e o acúmulo de forragem dos pastos (BARBOSA et al., 2007; CARNEVALLI et al., 2006), porém pode comprometer o valor nutritivo e o consumo de forragem pelos animais em pastejo (DA SILVA; CARVALHO, 2005; CARVALHO et al., 2001). Nesse contexto, incrementos em produtividade a partir da condição de IAF crítico em pastos submetidos a estratégias de pastejo rotativo normalmente estão associados ao acúmulo de colmos e de material morto (SILVEIRA, 2010), com implicações potenciais negativas sobre a produção e a produtividade animal.

Variações em comprimento do colmo (colmo + bainhas) podem ser um indicador de plasticidade e adaptação da planta forrageira ao pastejo, uma vez que a redução em comprimento da bainha foliar implica em redução ou encurtamento do colmo, contribuindo para maior resistência da planta ao pastejo por diminuir a severidade da desfolhação imposta (BRISKE, 1996a). Este comportamento é mais pronunciado em condições de alta frequência de desfolhação e em épocas do ano caracterizadas por condições de transição climática (CARNEVALLI, 2003), ou seja, outono/inverno/início de primavera e final de primavera, respectivamente (Tabela 5 e Figura 8). No verão 1, época de crescimento vegetativo vigoroso das plantas, houve maior EC nos pastos manejados a 99% de IL, uma vez que a severidade de desfolhação é relativamente maior àquela de pastos manejados a 95% de IL, uma vez que o IAF remanescente é menor. A resposta adaptativa da planta é manifestada por meio da produção de novas folhas com bainhas foliares mais curtas, o que resulta em redução do comprimento do colmo a medida que novas folhas surgem, especialmente na fase inicial da rebrotação, logo após o pastejo. Perfilhos e folhas nos pastos manejados a 95% de IL são menores e mais numerosos, possibilitando maior IAF residual que, em termos de estímulo para a planta, corresponde a uma desfolhação menos severa e, por isso, não requer uma resposta adaptativa tão drástica como o encurtamento de colmo. Nesse caso, a adaptação já se fez por meio da maior densidade populacional de perfilhos pequenos. Já no final de primavera, época em que existe elevada renovação de perfilhos nos pastos, os quais são provenientes principalmente de perfilhamento basal para todos os tratamentos avaliados, é nos pastos manejados a 95% de IL que ocorrem os primeiros pastejos e, conseqüentemente, seria esperado que maior encurtamento de colmos

fosse registrado sob condições de desfolhação mais frequente relativamente a pastos manejados a 99% de IL.

A senescência foliar é fator importante no processo de desenvolvimento vegetal (QUIRINO et al., 2000). Ambos, crescimento e senescência foliar são afetados pelas condições climáticas e pelas estratégias de manejo empregadas (MARTUSCELLO et al. 2005; PACIULLO et al. 2005). A variabilidade na proporção de material senescente na planta ou a sua taxa de produção são resultados de três processos: efeito do sombreamento resultante de mudanças em IAF; efeito do estágio fisiológico do perfilho (reprodutivo ou vegetativo); efeito das características morfogênicas das espécies, especialmente atraso da senescência em condições adversas de ambiente (CALVIÉRE; DURU, 1995), modificando a DVF (CHABOT; HICKS, 1982). A senescência, antes mesmo de ser visualizada na folha, inicia-se em nível celular e é geneticamente programada, sendo influenciada pela competição por luz e nutrientes, comunicação entre órgãos da planta, competição por espaço, temperatura, água e invasão por patógenos (THOMAS; STODDART, 1980). Sendo assim, o entendimento das interações entre época do ano e estratégias de manejo no componente senescência foliar (Tabelas 6 e 10) serve de base para recomendações técnicas de metas de manejo onde a eficiente colheita de folhas verdes seja o principal objetivo (LEMAIRE et al., 2009). O conhecimento de que a planta pode lançar mão de mecanismos fisiológicos que a permitam manter área foliar viva durante fases de restrição ambiental, prolongando a DVF (CHABOT; HICKS, 1982), faz-se útil na definição de metas de manejo do pastejo. Dessa forma, em termos de eficiência de colheita da forragem produzida, considerar a DVF observada em diferentes épocas do ano (Figuras 5 e 9) é fator chave na definição de intervalos de pastejo ideais, de forma que a colheita seja realizada em intervalos não superiores ao período médio de DVF. Nesse contexto, a possibilidade de se realizar mais que um ciclo de pastejo durante o período de vida das folhas surge como alternativa interessante para maximizar o processo de colheita de forragem pelo animal (LEMAIRE et al. 2009; LEMAIRES; AGNUSDEI, 2000).

5.5 Conclusões

- Os padrões morfogênicos de perfilhos basais e aéreos são semelhantes, porém acontecem de forma mais acelerada em perfilhos aéreos;
- Frequência de desfolhação é forma eficiente de controlar o alongamento de colmos e senescência, especialmente em perfilhos basais, categoria predominante na densidade populacional de perfilhos nos pastos. A severidade de desfolhação interfere de forma mais decisiva na velocidade do alongamento foliar e, conseqüentemente, na recuperação do IAF dos pastos pós-pastejo;
- O pastejo do capim-mulato deve ser realizado na condição de 95% de IL durante a rebrotação e o rebaixamento realizado até a altura pós-pastejo de 20 cm, especialmente durante as épocas de crescimento vegetativo vigoroso das plantas (final de primavera e verão).

Referências

- ALEXANDRINO, E.; NASCIMENTO JR., D.; REGAZZI, A.J.; MOSQUIM, P.R.; ROCHA, F.C.; SOUZA, D.P. Características morfogênicas e estruturais da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a diferentes doses de nitrogênio e frequências de cortes. **Acta Scientiarum – Agronomy**, Maringá, v. 27, p. 17-24, 2005.
- ALWARD, R.D.; JOERN, A. Plasticity and overcompensation in grass responses to herbivory. **Oecologia**, Berlin, v. 95, p. 358–364, 1993.
- BAHMANI, I.; HAZARD, L.; VARLET-GRANCHER, C. BETIN, M.; LEMAIRE, G.; MATTHEW, C.; THOM, E.R. Differences in Tillering of Long- and Short-Leaved Perennial Ryegrass Genetic Lines under Full Light and Shade Treatments. **Crop Science**, Madison, v.40, p.1095–1102, 2000.
- BARBOSA, R.A.; NASCIMENTO JR., D.; EUCLIDES, V.P.B.; DA SILVA, S.C.; ZIMMER, A.H.; TORRES JÚNIOR, R.A.A. Capim - tanzânia submetido a combinações entre intensidade e frequência de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, p. 329-340, 2007.
- BARTHAM, G.T. Experimental techniques: the HFRO sward stick. In: HILL FARMING RESEARCH ORGANIZATION 1985. **Biennial report**, Midlothian, 1985. p. 29-30.
- BERONE, G.D. ; LATTANZI, F.A.; AGNUSDEI, M.G. BERTOLOTTI, N. Growth of individual tillers and tillering rate of *Lolium perenne* and *Bromus stamineus* subjected to two defoliation frequencies in winter in Argentina. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 63, 504–512, 2008.
- BIRCHAM J.S.; HODGSON J. The influence of sward condition on rates of herbage growth and senescence under continuous stocking management. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 38, p. 323-331, 1983.
- BRISKE, D.D. Strategies of plant survival in grazed ecosystems: A functional interpretation. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. (Ed.). **The ecology and management of grazing systems**. Wallingford: CAB International, 1996. p.37-68(a).
- BRISKE, D.D.; BOUTTON, T.W.; WANG, Z. Contribution of flexible allocation priorities to herbivory tolerance in C₄ perennial grasses: an evaluation with ¹³C labeling. – **Oecologia**, Berlin, v. 105, p. 151–159, 1996(b).
- BROUGHAM R.W. Effect of intensity of defoliation on regrowth of pasture. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 7, p. 377-387, 1956.
- _____. Interception of light by the foliage of pure and mixed stands of pasture plants. **Australian Journal Agricultural Research**, Melbourne, v. 9, p. 39-52, 1958.

BUSQUE, J.; HERRERO, M. Sward structure and patterns of defoliation of signal grass (*Brachiaria decumbens*) pastures under different cattle grazing intensities. **Tropical Grasslands**, Brisbane, v. 35, p. 193–204, 2001.

BUTLER, T.J.; EVERS, G.W.; HUSSEY, M.A.; RINGER, L.J. Rate of Leaf Appearance in Crimson Clover. **Crop Science**, Madison, v. 42, p. 237–241, 2002.

CALVIÉRE, I. DURU, M. Leaf appearance and senescence patterns of some pasture species. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 50, p. 447-451, 1995.

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.; HODGSON, J.; SILVA, G.N.; MORAIS, J.P.G. Herbage production and grazing losses in *Panicum maximum* cv. Mombaça under four grazing managements. **Tropical Grasslands**, Brisbane, v. 40, p.165 -176, 2006.

CARRERE, P.; LOUAULT, F.; SOUSSANA, J. F. Tissue Turnover Within Grass-Clover Mixed Swards Grazed by Sheep. Methodology for Calculating Growth, Senescence and Intake Fluxes. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 34, p. 333-348, 1997.

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

CHABOT, B.F.; HICKS, D.J. The ecology of leaf life spans. **Annual Review of Ecology and Systematic**, Palo Alto, v.13, p.229-259, 1982.

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 Publishing, 1993. p. 55-64.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). Annual Report 1999. Project IP-5. Tropical Grasses and Legumes: Optimizing genetic diversity for multipurpose use. p. 142-144. 1999. (Boletim).

CRAWLEY, M.J. Benevolent herbivores? – **Trends in ecology and evolution**. Cambridge, v. 2, p.167–168, 1987.

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: UFV, DZO, 2004. p.347-386.

DA SILVA, S.C.; CARVALHO, P.C.F. Foraging behaviour and herbage intake in the favourable tropics/sub-tropics. In: MCGILLOWAY, D.A. (Org.). **Grassland: a global resource**. Wageningen: Wageningen Academic Publ., 2005. chap. 6, p. 81-95.

DA SILVA, S.C.; NASCIMENTO JR, D. Ecofisiologia de Plantas Forrageiras. In: PEREIRA, O.G., OBEID, J.A., NASCIMENTO Jr.; D. FONSECA, D.M. (Ed.). In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 3., 2006. Viçosa, **Anais...** Viçosa : UFV, 2006. 430p.

DA SILVA, S.C.; NASCIMENTO JR., D. Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, suplemento especial, p.121-138, 2007.

DA SILVA, SILA CARNEIRO.; BUENO, A.A.O.; CARNEVALLI , R.A.; UEBELE, M.C.; BUENO, F.O. HODGSON, J.; MATTHEW, C. ARNOLD, G.C; MORAIS, J.P.G citar todos et al., Sward structural characteristics and herbage accumulation of *Panicum maximum* cv. Mombaça subjected to rotational stocking managements. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.66, p. 8-19, 2009.

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

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.

DIFANTE, G.S.; EUCLIDES, V.P.B; NASCIMENTO JR., D.; Da SILVA, S.C.; BARBOSA , R.A.; TORRES JÚNIOR, R.A.A. Desempenho e conversão alimentar de novilhos de corte em capim-tanzânia submetido a duas intensidades de pastejo sob lotação rotativa. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.39, p. 33-41, 2010.

DURAND, J.L.; SCHÄUFELE, R; GASTAL, F. Grass leaf elongation rate as a function of developmental stage and temperature: morphological analysis and modelling. **Annals of Botany**, Oxford, v. 83, p. 577-588, 1999.

DURU, M.; DUCROCQ, H. Growth and senescence of the successive grass leaves on a tiller. Ontogenic development and effect of temperature. **Annals of Botany**, Oxford, v.85, p. 635-643, 2000a.

_____. Growth and senescence of the successive leaves on a Cocksfoot tiller. Effect of nitrogen and cutting regime. **Annals of Botany**, Oxford, v.85, p.645-653, 2000b.

EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/Universidade de São Paulo (ESALQ/USP) Base de dados da estação meteorológica convencional – 1917 a 2009. Piracicaba – SP. Disponível em: <http://www.leb.esalq.usp.br/postocon.html>. Acesso em: 01 fev. 2011).

FERRARO, D.O.; OESTERHELD, M. Effect of defoliation on grass growth. A quantitative review. – **Oikos**, Kobenhavn, v.98, p.125–133, 2002.

FOURNIER, C.; DURAND, J.L.; LJUTOVAC, S.; SCHÄUFELE, R. GASTAL, F.; ANDRIEU, B. A functional–structural model of elongation of the grass leaf and its relationships with the phyllochron. **New Phytologist**, London, v. 166, p. 881–894, 2005.

GEORGIADIS, N.J.; RUESS, R.W.; MCNAUGHTON, A.J.; WESTERN, D. Ecological conditions that determine when grazing stimulate grass production. – **Oecologia**, Berlin, v.81, p. 316–322, 1989.

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.

GRANT, S.A.; MARRIOTT, C.A. Detailed studies of grazer swards – techniques and conclusions. **Journal of Agricultural Science**, v. 122, p. 1-6, 1994. **Grass and Forage Science**, Oxford, v.64, p. 341-353, 2009.

GREEN, P.B. Growth and cell pattern formation on an axis : critique of concepts, terminology and modes of study. **Botanical Gazette**, Chicago, v. 137, p.187-202, 1976.

HICKS, S.L.;READER, R.J. Compensatory growth of three grasses following simulated grazing in relation to soil nutrient availability. – **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 73, p. 141–145, 1995.

HIRATA, M.; PAKIDING, W. Dynamics in tiller weight and its association with herbage mass and tiller density in a bahia grass (*Paspalum notatum*) pasture under cattle grazing. **Tropical Grasslands**, Brisbane, v.36, p.24–32, 2002.

HORST, G.L.; NELSON, C.J.; ASAY, K.H. Relationship of leaf elongation to forage yield of tall fescue genotypes. **Crop Science**, Madison, v.18. p. 715-719, 1978.

JONES, R.J.; NELSON, C.J.; SLEPER, D.A. Seedling selection for morphological characters associated with yield of tall fescue. **Crop Science**, Madison, v. 19. p.631-634, 1979.

LEMAIRE, G.; AGNUSDEI, M. Leaf tissue turn-over and efficiency of herbage utilization. In: LEMAIER, G.; HODGSON, J.; MORAES, A.; NABINGER, C.; CARVALHO, P.C.F. (Ed.). **Grassland ecophysiology and grazing ecology**. Curitiba. Wallingford: CAB International, 2000. p. 265-288.

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

LEMAIRE, G.; Da SILVA, S.C.; AGNUSDEI, M.; WADE, M.; HODGSON, J. Interactions between leaf lifespan and defoliation frequency in temperate and tropical pastures: a review. **Grass and Forage Science**, Oxford, v.64, p. 341-353, 2009.

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.DA. Características morfogênicas e estruturais e produção de forragem do capim-marandu submetido a intensidades e frequências de desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.35, p.2243-2252, 2006.

MARTUSCELLO, J.A.; FONSECA, D.M.; NASCIMENTO JR., D.; SANTOS, P.M.; RIBEIRO JÚNIOR, J.I. FIGUEIREDO, D.N.F.V.; CUNHA, MOEREIRA, L.M. Características morfogênicas e estruturais do capim-xaraés submetido à adubação nitrogenada e desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, p.1475-1482, 2005.

MCMMASTER, G.S.; WILHELM, W.W.; PALIC, D.B.; PORTER, J.R.; JAMIESON, P.D. Spring wheat leaf appearance and temperature: extending the paradigm? **Annals of Botany**, Oxford, v.91, p. 697-705, 2003.

MCNAUGHTON, S.J.; WALLACE, L.; COUGHENOUR, M.B. Plant adaptation in an ecosystem context: effects of defoliation, nitrogen, and water on growth of an African C₄ sedge. – **Ecology**, Brooklyn, v. 64, p. 307–318, 1983.

McNaughton, S.J. Laboratory-simulated grazing: interactive effects of defoliation and closure on Serengeti grasses. **Ecology**, Brooklyn, v.73, p.170–182, 1992.

NELSON, C.J.; ASAY, K.H.; SLEPER, D.A. mechanisms of canopy development of tall fescue genotypes. **Crop Science**, Madison, v.17, p.449-452, 1977.

OESTERHELD, M.; MCNAUGHTON, S.J. Intraspecific variation in the response of *Themeda triandra* to defoliation: the effect of time of recovery and growth rates on compensatory growth. – **Oecologia**, Berlin, v. 77, p. 181–186, 1988.

OMETTO, J.C. Registros e estimativas dos parâmetros meteorológicos da região de Piracicaba, SP. Piracicaba, SP: FEALQ, 1989. 76 p.

PACIULLO, D.S.; AROEIRA, L.J.M.; MORENZ, M.J.F.; HEINEMANN, A.B. Morfogênese, características estruturais e acúmulo de forragem em pastagem de *Cynodon dactylon*, em diferentes estações do ano. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 6, n. 4, p. 233-241, 2005.

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

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

PEREIRA, L.E.T. **Morfogênese e estrutura do dossel de pastos de capim-marandu submetidos à lotação contínua e ritmos morfogênicos contrastantes**. 2009. 111p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

QUIRINO, B.F.; NOH, Y.S.; HIMELBLAU, E. AMASINO, R.M. Molecular aspects of leaf senescence. **Trends in Plant Science**, Kidlington, Reviews, v. 5, p. 278-282, 2000.

RAIJ, B. VAN.; QUAGGIO, J.A.; SILVA, N.M. Extraction of phosphorus, potassium, calcium, and magnesium from soils by ion-exchange resin procedure. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 17, p. 547-566, 1986.

RICHARDS, J.H. Physiology of plants recovering from defoliation. In: BAKER, M.J. (Eds.) *Grassland for our world*. SIR Publishing, Wellington, 1993, p.46-54.

RODRIGUES, C.S. **Dinâmica de acúmulo de forragem em pastos de capim-mulato submetidos a estratégias de pastejo rotativo**. 2010. 139p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

ROLIM, G.S.; SENTELHAS, P.C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCELTM para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.6, n.1, p.133-137, 1998.

RYLE, G.J.A.; POWELL, C.E. Defoliation and growth in the graminaceous plant: the role of current assimilate. **Annals of Botany**, Oxford, v.39, p.297-310, 1975.

SBRÍSSIA, 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: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001.p.731-754.

SBRISSIA, A.F.; DA SILVA, S.C. Compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos em pastos de capim-marandu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.37, p.35-47, 2008.

SILVA, S.C. DA; NASCIMENTO JR., D. Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, suplemento especial, p. 121-138, 2007.

SILVEIRA, M.C.T. **Estrutura do dossel, acúmulo de forragem e eficiência de pastejo em pastos de capim-mulato submetidos a estratégias de pastejo rotativo**. 2010. 119p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

SKINNER, R.H.; NELSON, C.J. Elongation of the grass leaf and its relationship to the phyllochron. **Crop Science**, Madison, v.35, p.4-10, 1995.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.

THOMAS, H.; STODDART, J. LEAF SENESCENCE. Annuals review of plant physiology. **Plant Biology**, Stuttgart, v. 31, p. 83-111, 1980.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance. **Publications in Climatology**, Concord, v.8, p.104, 1955.

VAIL, S.G. Selection for overcompensatory plant responses to herbivory: a mechanism for the evolution of plant-herbivore mutualism. **American Naturalist**, Chicago, v. 139, p.1-8, 1992.

VINE, D.A. Sward structure changes within a perennial ryegrass sward: leaf appearance and death. **Grass and Forage Science**, Oxford v.38, p.231-242, 1983.

WILHELM, W.W. MCMASTER, G.S. Importance of the phyllochron in studying development and growth in grasses. **Crop Science**, Madison, v. 35, p.1-3, 1995.

WOLFINGER, R.D. Covariance structure selection in general mixed models. **Communications in Statistics Simulation and Computation**, Philadelphia, v. 22, 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. 193p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"-Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

6 CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS DO CAPIM-MULATO SUBMETIDO A ESTRATÉGIAS DE PASTEJO ROTATIVO

Resumo

A frequência e a severidade de desfolhação modificam os padrões de expressão morfogênica das plantas forrageiras, alterando suas características estruturais e do dossel forrageiro com implicações potenciais sobre o acúmulo e a ingestão de forragem, determinantes da taxa de lotação e desempenho animal em pastagens. O objetivo deste experimento foi avaliar as características estruturais de pastos de capim-mulato submetidos a estratégias de pastejo rotativo. Os tratamentos corresponderam a combinações entre duas condições pós-pastejo (alturas pós-pastejo de 15 e 20 cm) e duas condições pré-pastejo (95% e máxima interceptação de luz pelo dossel forrageiro - IL), e foram alocados às unidades experimentais (piquetes de 1200 m² cada) segundo arranjo fatorial 2x2 e delineamento de blocos completos casualizados, com 4 repetições, de fevereiro de 2008 a abril de 2009. Foram avaliadas as seguintes variáveis-resposta em perfilhos basais e aéreos: comprimento final da folha (CFF); número de folhas vivas (NFV), em expansão (NFEx), expandidas (NFE) e senescentes (NFS) por perfilho; comprimento do colmo (CC) e relação folha:colmo (F:C) por perfilho. A altura pós-pastejo afetou apenas características estruturais relacionadas com o porte das plantas (CFF e CC). Apesar das diferenças estatísticas, o NFV foi relativamente constante para perfilhos aéreos e basais (2,5 e 4,0 folhas por perfilho, respectivamente), com as diferenças entre categorias de perfilhos refletindo diferenças em NFS e NFE e não em NFEx. Perfilhos basais foram maiores que aéreos, porém com menor F:C. Para perfilhos basais, NFV, NFEx e F:C foram maiores em pastos manejados a 95% de IL e, para aéreos, naqueles manejados com máxima IL, padrão condizente com o fato de perfilhos aéreos serem provenientes de perfilhos basais reprodutivos decapitados. De forma geral, as características estruturais foram mais afetadas pela IL e época do ano do que pela APP, indicando, claramente, importância relativa maior da frequência comparativamente à severidade de desfolhação para controle da estrutura do dossel. Diante do exposto, a condição ideal para interrupção do processo de rebrotação dos pastos de capim-mulato é quando o dossel atinge 95% de IL com uma altura pós-pastejo entre 15 e 20 cm.

Palavras-chave: Ecofisiologia de plantas forrageiras; Estrutura do dossel; Manejo do pastejo; Capim-mulato

STRUCTURAL CHARACTERISTICS IN MULATO GRASS SUBMITTED TO ROTATIONAL GRAZING STRATEGIES

Abstract

Frequency and severity of defoliation modify the morphogenesis of forage plants altering their structural characteristics and sward structure with potential implications to processes of herbage accumulation and intake, determinants of stocking rate and animal performance on pastures. The objective of this experiment was to evaluate the structural characteristics of individual tillers on mulato grass swards subjected to strategies of rotational stocking management from February 2008 until April 2009. Treatments corresponded to combinations between two post-grazing (post-grazing heights of 15 and 20 cm) and two pre-grazing (95% and maximum light interception by sward canopy – LI) conditions, and were allocated to experimental units (1200 m² paddocks) according to a 2x2 factorial arrangement and a randomised complete block design, with four replications. The following response variables were evaluated: final leaf length (FLL), number of live (NLL), expanding (NExL), expanded (NEL) and senescing (NSL) leaves per tiller, stem length (SL) and leaf:stem ratio per tiller (L:S). Post-grazing height influenced only structural characteristics related to plant size (FLL and SL). In spite of the statistical differences, NLL was relatively stable for aerial and basal tillers (2.5 and 4.0 leaves per tiller, respectively), with differences between tiller categories mainly due to differences in NSL and NEL, not NExL. Basal tillers were bigger than aerial tillers, although had lower L:S. For basal tillers, NLL, NExL and L:S were larger on swards managed at 95% LI and, for aerial tillers, larger values were recorded on swards managed at maximum LI, a pattern in line with the fact that aerial tillers are originated from decapitated reproductive basal tillers. Overall, structural characteristics were more influenced by LI and season of the year than by post-grazing height, highlighting the larger importance of frequency relative to severity of defoliation for controlling sward structural characteristics. The ideal condition for interrupting regrowth of rotationally stocked mulato grass correspond to a pre-grazing condition of 95% LI and a post-grazing height between 15 and 20 cm.

Keywords: Ecophysiology of forage plants; Sward structure; Grazing management; Mulato grass

6.1 Introdução

Em pastagens, as plantas forrageiras sofrem constantemente a ação do meio em que estão inseridas, o qual é modificado por variações na disponibilidade de fatores abióticos como água, luz e temperatura ou pela desfolhação realizada pelos animais em pastejo. Essas modificações alteram a expressão das características morfogênicas das plantas que, por sua vez, resultam em modificações de seus padrões de crescimento e desenvolvimento, promovendo alterações nas características estruturais (CHAPMAN; LEMAIRE, 1993; CRUZ;BOVAL, 2000) com impactos potenciais sobre os processos de acúmulo e ingestão de forragem (DA SILVA; CARVALHO, 2005). A forma com que a massa de forragem se apresenta ao animal é conhecida como estrutura do dossel forrageiro que, segundo Laca e Lemaire (2000), corresponde à distribuição e ao arranjo da parte aérea das plantas cuja formação é resultado da dinâmica de crescimento de suas partes no tempo e no espaço. O conjunto de características estruturais determina o índice de área foliar dos pastos (IAF) que, por sua vez, define e/ou modifica o ambiente luminoso no interior do dossel forrageiro por promover alterações na quantidade e qualidade de luz disponível. Essas mudanças de ambiente interno resultam em modificação da expressão morfogênica das plantas durante o ciclo de rebrotação, interferindo na quantidade, composição morfológica e valor nutritivo da forragem produzida (DA SILVA et al., 2009).

A estrutura do dossel forrageiro interfere tanto no processo de aquisição de forragem pelos animais em pastejo (consumo) como no processo de rebrotação dos pastos manejados sob pastejo rotativo (DA SILVA; NASCIMENTO JR., 2007), e seu entendimento permite a manipulação da eficiência global do processo produtivo por meio da manipulação das etapas de crescimento, utilização e conversão (HODGSON, 1990), especialmente a utilização, ponto de partida e determinante de sucesso para as etapas de crescimento e conversão (DA SILVA; CORSI, 2003).

A caracterização da estrutura do dossel forrageiro é função da espécie forrageira e do estado fenológico e/ou de desfolhação em que se encontra (CARVALHO, 1997), o que permite diferentes formas de distribuição da matéria seca ao longo dos perfis vertical e horizontal dos pastos. Assim, a definição da frequência (duração do período

de rebrotação) e da severidade de desfolhação (altura de resíduo) empregada fará com que adaptações morfofisiológicas ocorram, modificando a estrutura do dossel como forma de permitir às plantas melhor adaptação aos regimes de utilização impostos. Estas normalmente se dão por meio de mecanismos de tolerância e de escape ao pastejo, e podem interferir na habilidade competitiva, potencial produtivo e valor nutritivo da forragem produzida (BRISKE, 1996).

Trabalhos recentes com plantas forrageiras tropicais têm demonstrado que, assim como para plantas forrageiras de clima temperado, o ponto ideal de interrupção da rebrotação corresponde à condição em que o dossel intercepta 95% da luz incidente, uma vez que a partir desse ponto ocorre redução acentuada do acúmulo de folhas e aumento correspondente nos processos de alongamento de colmos e senescência foliar (e.g. BARBOSA et al., 2007, PEDREIRA; PEDREIRA., 2007; DA SILVA et al., 2009). Essa condição tem estado associada à produção de forragem de qualidade em quantidade, contribuindo para a intensificação da produção animal em pastagens de forma equilibrada e sustentável por meio de colheita eficiente da forragem produzida (DA SILVA; CARVALHO, 2005).

O capim-mulato é uma gramínea do gênero *Brachiaria* oriunda do cruzamento de uma espécie de *Brachiaria brizanta* (cv Marandu) e uma de *Brachiaria ruziziensis*. Possui colmos vigorosos, sendo alguns com hábito semi-decumbente, capazes de enraizar a partir dos nós. Apresenta alta característica de perfilhamento (PINZÓN; SANTAMARÍA, 2005), o que se traduz em uma estrutura de dossel caracterizada por elevada densidade e volume de folhas (GARCIA; NAVA, 2006). Entretanto, estudos avaliando suas características estruturais frente ao manejo em pastejo com lotação intermitente são escassos no Brasil. Diante do exposto, o objetivo deste experimento foi avaliar as características estruturais do capim-mulato submetido a estratégias de pastejo rotativo caracterizadas pelo nível de interceptação de luz pelo dossel forrageiro em pré-pastejo e pela altura do resíduo em pós-pastejo.

6.2 Material e Métodos

O experimento foi realizado na Unidade Experimental de Plantas Forrageiras (UEPF) do Departamento de Zootecnia, da 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 corresponde a uma transição entre Chernossolo argilúvico órtico típico e Vertissolo hidromórfico órtico chernossólico de textura argilosa e eutrófico (EMBRAPA, 2006), de elevada fertilidade, com as seguintes características químicas na camada de 0-20 cm (RAIJ et al., 1986): pH CaCl₂: 5,5; matéria orgânica = 38,5 g.dm⁻³; P (resina trocadora de íons) = 82 mg.dm⁻³; Ca = 104 mmol_c.dm⁻³; Mg = 30 mmol_c.dm⁻³; K = 6,4 mmol_c.dm⁻³; H + Al = 30 mmol_c.dm⁻³; soma de bases = 140 mmol_c.dm⁻³; capacidade de troca catiônica = 171 mmol_c.dm⁻³; saturação por bases = 82%. O clima da região, de acordo com a classificação de Koppen, é o Cwa, mesotérmico úmido subtropical de inverno seco, com temperaturas mínimas inferiores a 9°C na época mais fria e máximas superiores a 30°C na época mais quente (ESALQ/USP, 2011). Os dados relativos às temperaturas máxima, mínima e média, precipitação pluvial e balanço hídrico mensal do solo (THORNTHWAITE; MATHER, 1955) ao longo de todo o período experimental (fevereiro de 2008 a abril de 2009) são apresentados nas Figuras 1 e 2.

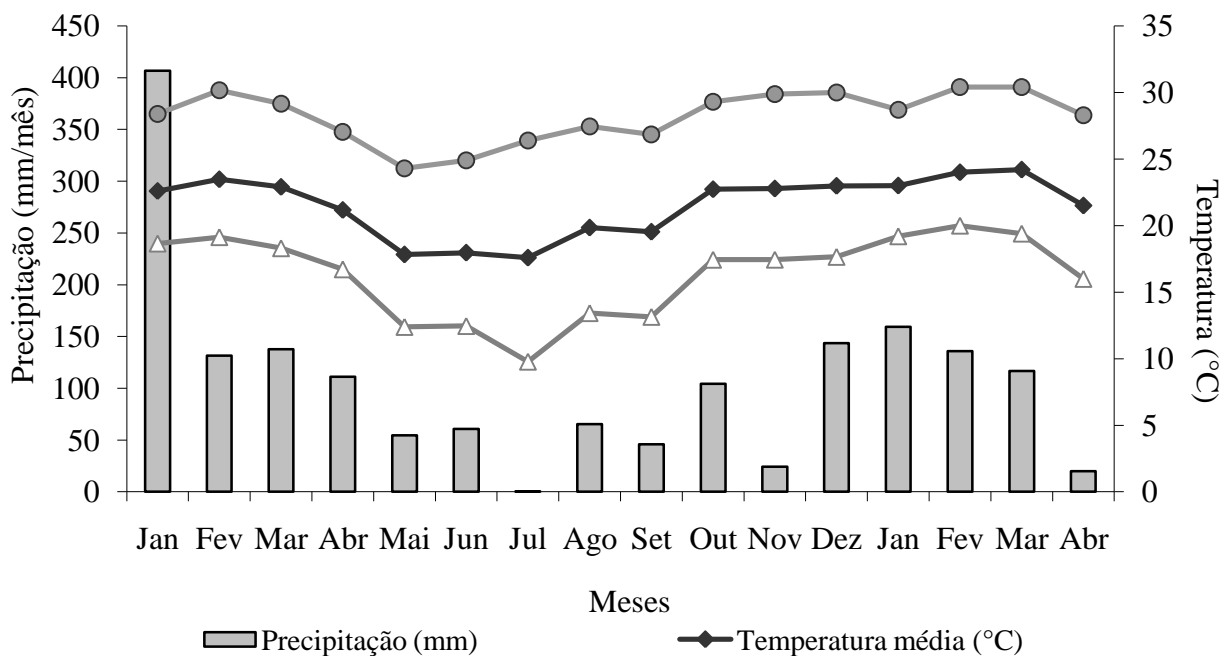


Figura 1 - Dados médios de temperatura e precipitação no local do experimento de Janeiro de 2008 a Abril de 2009

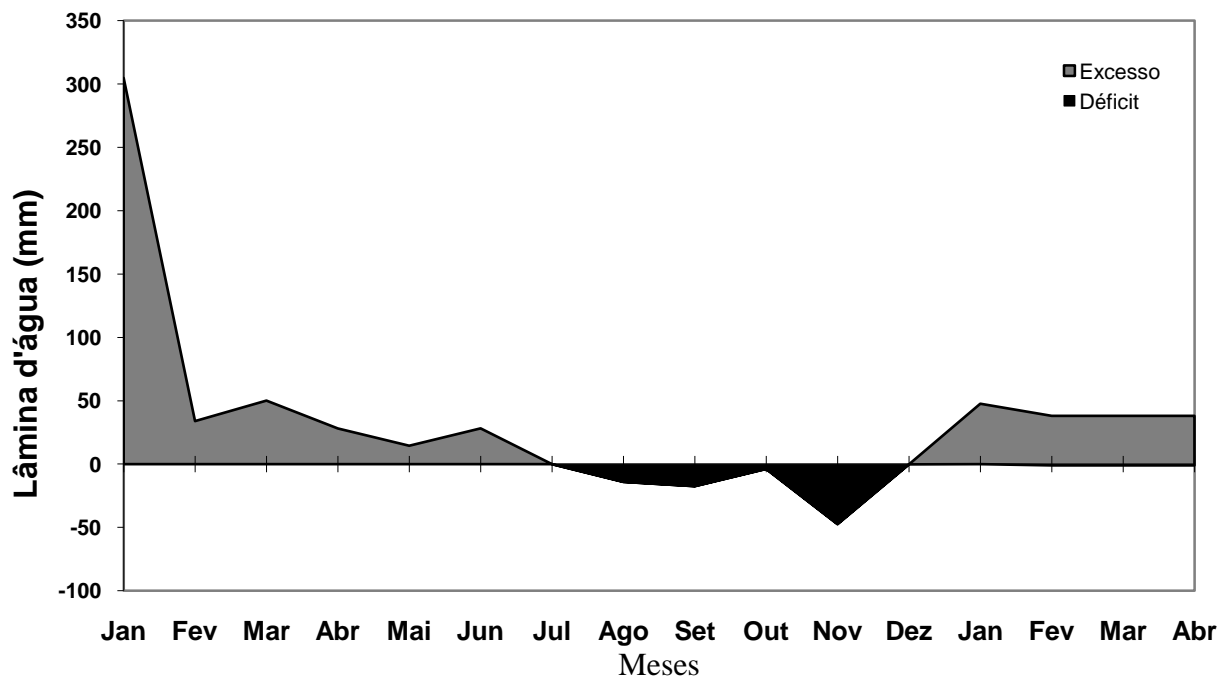


Figura 2 - Extrato do balanço hídrico mensal no local do experimento de Janeiro de 2008 a Abril de 2009 (cálculo baseado em uma CAD de 50 mm). Adaptado de Rolim et al., (1998)

Os pastos de capim-mulato (híbrido *Brachiaria* cv. mulato CIAT 36061) foram estabelecidos em novembro de 2004 utilizando-se 5 kg de sementes puras e viáveis por hectare. Desde sua implantação a área foi continuamente utilizada sob pastejo rotativo para a cria e recria de bovinos de corte. Antes do início do período experimental a área foi submetida a pastejo de uniformização e rebaixada (30 de novembro de 2007) a uma altura média de 10 cm do solo com auxílio de roçadora acoplada a trator. Após a roçada foram aplicados, a lanço, 60 kg/ha de N na forma de nitrato de amônio, e os pastos começaram a ser monitorados para início de sua utilização de conformidade com os tratamentos experimentais. No total, foram aplicados, considerando-se a adubação inicial, 270 kg/ha.ano de N. O período experimental teve início em fevereiro de 2008 após um ciclo completo de pastejo em cada piquete depois da roçada de uniformização, oportunidade em que foram estabelecidas as metas de altura pós-pastejo. Os tratamentos corresponderam a combinações entre duas condições pós-pastejo (alturas pós-pastejo de 15 e 20 cm) e duas condições pré-pastejo (95% e máxima interceptação de luz pelo dossel forrageiro - IL) e foram alocados às unidades experimentais (piquetes de 1200 m²) segundo arranjo fatorial 2x2 e delineamento de blocos completos casualizados, com quatro repetições. Os pastejos foram realizados por novilhas das raças Nelore e Canchim com peso corporal médio inicial de 250 kg, sendo o número de animais utilizados dimensionado para que o rebaixamento dos pastos acontecesse em período não superior a um dia (pastejos diurnos utilizando-se a técnica de “mob grazing”, Gildersleeve et al., 1987).

O monitoramento da IL pelo dossel foi realizado no pós-pastejo, logo após a saída dos animais dos piquetes; semanalmente durante a rebrotação dos pastos até que 90% de IL fossem atingidos e; a partir desse ponto, a cada dois dias até que as metas de 95 e máxima IL (99%) 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 representativos da condição média dos pastos no momento da amostragem – avaliação visual de altura e massa de forragem), onde foram tomadas cinco leituras no nível do solo e uma acima do dossel, totalizando 50 leituras no nível do solo e dez acima do dossel por piquete. As alturas pré e pós-pastejo dos pastos foram avaliadas de forma concomitante às

avaliações de IL utilizando-se um “sward stick” (BARTHURAM, 1985). Foram tomadas 100 leituras ao longo de trajetórias em zig-zag definidas a priori e utilizadas durante todo o período experimental para cada piquete.

As avaliações relativas às características estruturais foram realizadas em 30 perfilhos marcados por unidade experimental a cada ciclo de pastejo (GRANT; MARRIOT, 1994) durante o período de rebrotação dos pastos. A marcação dos perfilhos foi feita em três locais dos piquetes com o auxílio de barras de metal de 2 metros de comprimento graduadas a cada 20 centímetros, locais em que foram selecionados os perfilhos que se encontrassem mais próximo da barra (BIRCHAM; HODGSON, 1983). As barras foram colocadas em pontos representativos da condição média dos piquetes no momento da amostragem (avaliação visual da altura e massa de forragem), e sua posição demarcada por meio de estacas coloridas para facilitar sua localização no momento das avaliações durante o período de rebrotação. No momento da marcação foram escolhidos perfilhos de forma aleatória, sendo o tipo de perfilho (basal ou aéreo) identificado de forma separada. A cada ciclo de pastejo um novo grupo de perfilhos foi selecionado para as avaliações sempre na condição pós-pastejo. Durante o período de avaliação os perfilhos aéreos que apareciam nos perfilhos originalmente marcados eram identificados e avaliados juntamente com os demais até o final do ciclo de avaliações. O monitoramento dos perfilhos marcados foi feito em intervalos de tempo que variaram em função da época do ano: duas vezes por semana no verão 1, final de primavera e verão 2 e uma vez por semana no outono/inverno/início de primavera (épocas de crescimento mais acelerado e lento dos pastos, respectivamente). Nessas ocasiões as folhas foram avaliadas com relação às seguintes características: (a) classificada como intacta ou desfolhada; (b) classificada como folha em expansão, expandida, senescente ou morta; e (c) comprimento do limbo foliar. As folhas foram consideradas desfolhadas quando parte delas estava cortada/decapitada; em expansão quando sua lígula não estava exposta; expandida quando a lígula estava visível e/ou seu alongamento cessava; senescentes quando parte do limbo foliar apresentava sinais de senescência; e mortas quando mais de 50% do limbo foliar estava comprometido pela senescência.

A partir dos dados coletados foram calculadas as variáveis estruturais. O comprimento final da folha (CFF) foi determinado com base no comprimento das folhas intactas expandidas (cm/folha). As medidas foram feitas da ponta da folha até sua lígula e o cálculo realizado da seguinte maneira:

CFF = somatório do comprimento das folhas intactas expandidas/número de folhas intactas expandidas (cm)

O número de folhas vivas por perfilho (NFV) foi determinado por meio do somatório do número de folhas em expansão (NFEx), expandidas (NFE) e em senescência (NFS) por perfilho, desconsiderando-se as folhas em que o processo de senescência ultrapassava 50% do limbo foliar. O cálculo foi realizado da seguinte maneira:

NFV = (total de FEx + total de FE + total de FS) / nº perfilhos em avaliação

O número de folhas em expansão (NFEx) foi determinado pelo somatório de todas as folhas em expansão nos perfilhos, desfolhadas ou intactas, e o cálculo realizado da seguinte forma:

NFEx = total de FEx / nº perfilhos em avaliação

O número de folhas expandidas (NFE) e senescentes (NFS) foi determinado de forma análoga ao NFEx. O comprimento do colmo (CC) foi calculado utilizando-se como referência o comprimento do colmo (colmo + bainhas foliares) no pré-pastejo (cm). Nos perfilhos basais o CC foi considerado como sendo a distância entre o nível do solo até a lígula da última folha expandida e para os perfilhos aéreos a distância entre o ponto de inserção no perfilho principal até a lígula da última folha expandida.

Para o cálculo da relação folha:colmo por perfilho (F:C), os perfilhos marcados foram colhidos na condição de pré-pastejo, separados em basais e aéreos e submetidos a dissecação manual em folhas (lâmina foliar) e colmos (colmo + bainhas foliares). Os componentes morfológicos foram secos em estufa de circulação forçada de ar a 65°C por 72 horas, quando tiveram sua massa seca quantificada. A partir dos resultados foi calculada a relação entre o peso seco de folhas e o peso seco de colmos (F:C) para cada categoria de perfilho.

Foram desenvolvidas planilhas de cálculos no programa Microsoft Office Excel® para cálculo das características estruturais a cada ciclo de rebrotação. A partir dos

dados de cada ciclo foram calculados valores médios para épocas do ano por meio de ponderação do número de dias que os ciclos representaram dentro de cada época. As épocas do ano corresponderam a: verão 1 (14/02/2008 – 31/03/2008); outono/inverno/início de primavera (01/04/2008 – 15/11/2008); final de primavera (16/11/2008 – 31/12/2008); verão 2 (01/01/2009 – 31/03/2009). Os dados, assim agrupados, foram analisados utilizando-se o PROC MIXED do pacote estatístico SAS® (Statistical Analysis System), versão 8.2 para Windows®. Todos os conjuntos de dados foram testados quanto à normalidade da distribuição dos erros e homogeneidade de variâncias. Em alguns casos houve a necessidade de transformação dos dados, a qual foi feita de acordo com indicação sugerida pelo programa SAS®. A escolha da matriz de variância e de covariância foi feita utilizando-se o Critério de Informação de Akaike (WOLFINGER, 1993) e a análise de variância feita com base nas seguintes causas de variação: interceptação de luz pré-pastejo, altura pós-pastejo, época do ano e as interações entre elas. Os efeitos de interceptação de luz pré-pastejo, altura pós-pastejo e época do ano e suas interações foram considerados fixos e o efeito de blocos foi considerado aleatório (LITTEL et al., 2000). As médias dos tratamentos foram estimadas utilizando-se o “LSMEANS” e a comparação entre elas, quando necessária, realizada por meio da probabilidade da diferença (“PDIFF”) usando o teste “t” de “Student” e nível de significância de 5%.

6.3 Resultados

Os resultados da análise de variância das causas de variação para perfilhos basais e aéreos estão apresentados nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1 - Níveis de significância associados às causas de variação das características estruturais de perfilhos basais de capim-mulato submetido a estratégias de pastejo rotativo de fevereiro de 2008 a abril de 2009

| | IL | APP | IL*APP | ÉPOCA | IL*ÉPOCA | APP*ÉPOCA | IL*APP*ÉPOCA |
|------|----|-----|--------|-------|----------|-----------|--------------|
| CFF | * | ** | ns | * | ** | ns | ns |
| NFV | ns | ns | ** | ** | ns | ns | ns |
| NFEx | ** | ns | ns | ** | ns | ns | ns |
| NFE | ns | ns | ns | ** | ns | ns | ns |
| NFS | ** | * | ns | ** | ns | ns | ns |
| CC | ** | ns | ns | ** | * | ns | ns |
| F:C | * | ns | ns | ** | ns | ns | ns |

* = (P<0,05); ** = (P<0,01); ns = (P>0,05); Fontes de variação: IL = Interceptação de luz; APP = Altura pós-pastejo; ÉPOCA = épocas do ano; interações: IL*APP, IL*ÉPOCA; IL*APP*ÉPOCA. CFF = Comprimento final da folha; NFV = Número de folhas vivas; NFEx = Número de folhas em expansão; NFE = Número de folhas expandidas; NFS = Número de folhas senescentes; CC = Comprimento do colmo; F:C = relação folha:colmo

Tabela 2 - Níveis de significância associados às causas de variação das características estruturais de perfilhos aéreos de capim-mulato submetido a estratégias de pastejo rotativo de fevereiro de 2008 a abril de 2009

| | IL | APP | IL*APP | ÉPOCA | IL*ÉPOCA | APP*ÉPOCA | IL*APP*ÉPOCA |
|------|----|-----|--------|-------|----------|-----------|--------------|
| CFF | ** | * | ns | ** | ns | ns | ns |
| NFV | ** | ns | ns | ns | * | ns | ns |
| NFEx | ns | ns | ns | ** | * | ns | ns |
| NFE | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| NFS | ns | ns | ns | ** | ns | ns | ns |
| CC | ns | ** | ns | ** | ns | ns | ns |
| F:C | ns | ns | ns | ** | ns | ns | ns |

* = (P<0,05); ** = (P<0,01); ns = (P>0,05); Fontes de variação: IL = Interceptação de luz; APP = Altura pós-pastejo; ÉPOCA = épocas do ano; interações: IL*APP, IL*ÉPOCA; IL*APP*ÉPOCA. CFF = Comprimento final da folha; NFV = Número de folhas vivas; NFEx = Número de folhas em expansão; NFE = Número de folhas expandidas; NFS = Número de folhas senescentes; CC = Comprimento do colmo; F:C = relação folha:colmo

6.3.1 Perfilhos basais

O CFF apresentou pequena variação ao longo do ano, com diferenças entre tratamentos de IL sendo registradas somente nos verões 1 e 2 (Tabela 3). Nessas épocas, maiores valores de CFF foram registrados nos pastos manejados a 99% relativamente àqueles manejados a 95% de IL. Pastos manejados com altura pós-

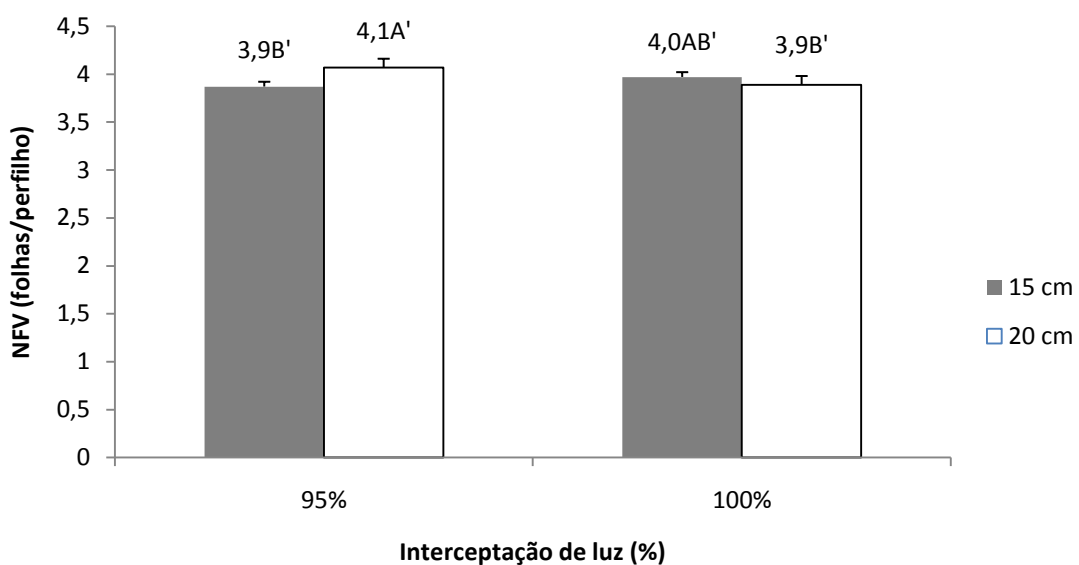
pastejo de 20 cm apresentaram maior CFF que pastos manejados a 15 cm (13,4 e 15,6 \pm 0,26 cm para 15 e 20 cm, respectivamente)

Tabela 3 – Comprimento final da folha (cm) em perfilhos basais de capim-mulato submetido a estratégias de pastejo rotativo caracterizadas pelas condições pré-pastejo de 95 e 99% de IL de fevereiro de 2008 a abril de 2009

| Épocas do ano | Interceptação de luz pelo dossel (%) | |
|------------------------------------|--------------------------------------|------------------|
| | 95% | 99% |
| Verão 1 | 12,6Bb (0,42) | 15,4Aa (0,47) |
| Outono/inverno/início de Primavera | 15,0Aa (0,80) | 16,2Aa (0,80) |
| Final primavera | 14,3Aa (0,55) | 13,0Ab (0,55) |
| Verão 2 | 13,9Bab (0,34) | 15,3Aa (0,34) |

Verão 1 (14/02/2008 – 31/03/2008); Outono/Inverno/início de Primavera (01/04/2008 – 15/11/2008); final de Primavera (16/11/2008 – 31/12/2008); Verão 2 (01/01/2009 – 31/03/2009). Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si ($P>0,05$). Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média.

No geral, o NFV ficou em torno de 4 folhas por perfilho. Contudo, maiores valores foram registrados nos pastos submetidos ao tratamento 95/20 relativamente àqueles submetidos aos tratamentos 95/15 e 99/20, os quais não diferiram do 99/15 (Figura 3). Maiores valores de NFV foram registrados nos verões 1 e 2 e menores no outono/inverno/início de primavera e final de primavera (Figura 4).



Letras maiúsculas seguidas de apóstrofo comparam efeitos da interação IL*APP

Figura 3 - Número de folhas vivas em perfilhos basais de capim-mulato submetido a estratégias de pastejo rotativo caracterizadas pelas condições pré-pastejo de 95 e 99% de IL e alturas pós pastejo de 15 e 20 cm de fevereiro de 2008 a abril de 2009

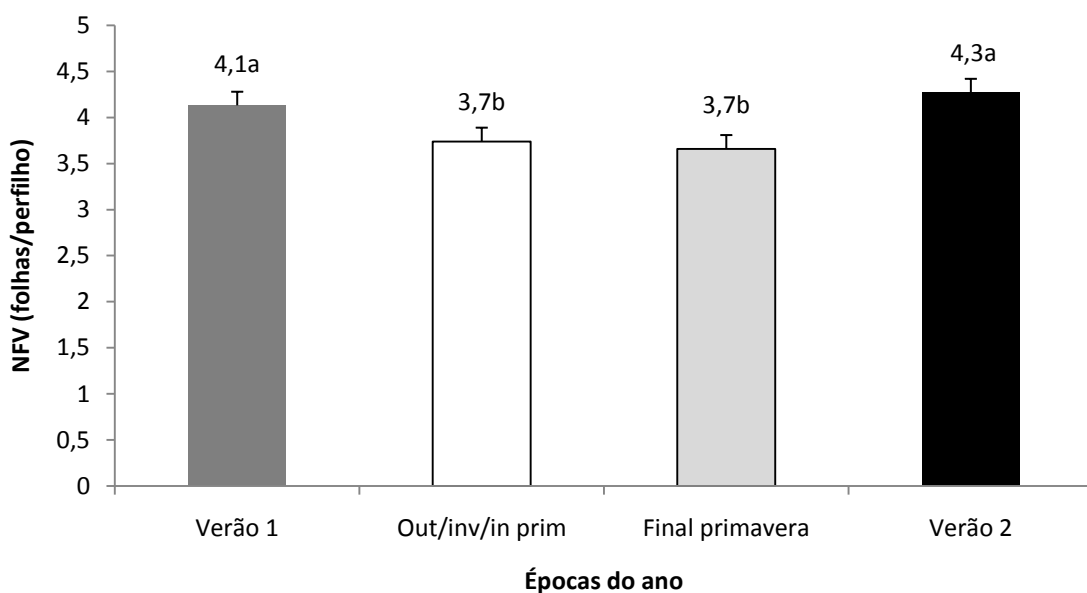


Figura 4 - Número de folhas vivas em perfilhos basais de capim-mulato submetido a estratégias de pastejo rotativo de fevereiro de 2008 a abril de 2009

O NFE_x foi maior nos pastos manejados a 95% relativamente àqueles manejados a 99% de IL (1,53 e 1,39 ± 0,025 para 95 e 99% de IL, respectivamente), sendo os maiores valores registrados no verão 2, os menores no outono/inverno/início de primavera e valores intermediários no verão 1 e final de primavera (Figura 5).

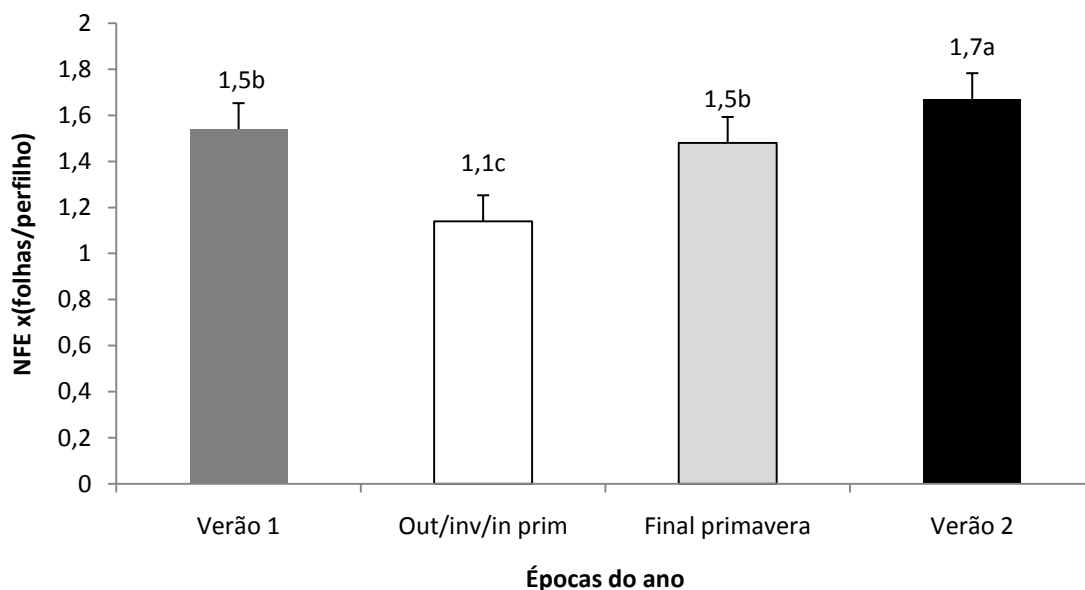


Figura 5 - Número de folhas em expansão em perfilhos basais de capim-mulato submetido a estratégias de pastejo rotativo de fevereiro de 2008 a abril de 2009

O NFE variou apenas com a época do ano, com os maiores valores registrados nos verões 1 e 2 relativamente às demais épocas do ano (Figura 6). Pastos manejados a 95% de IL apresentaram menor NFS que pastos manejados a 99% de IL (0,85 e 0,93 ± 0,017, para 95 e 99% de IL, respectivamente). Da mesma forma, pastos manejados com altura pós-pastejo 15 cm apresentaram menor NFS que pastos manejados a 20 cm (0,86 e 0,92 ± 0,017, para 15 e 20 cm, respectivamente). O NFS variou ao longo do ano, com maiores valores registrados durante o outono/inverno/início de primavera relativamente às demais épocas do ano (Figura 7).

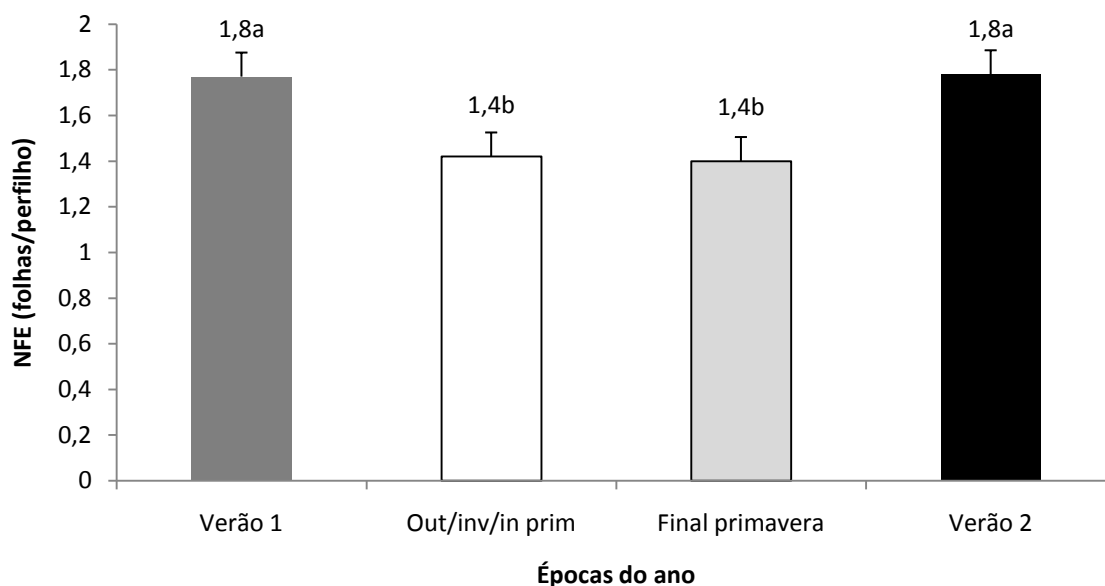


Figura 6 - Número de folhas expandidas em perfilhos basais de capim-mulato submetido a estratégias de pastejo rotativo de fevereiro de 2008 a abril de 2009

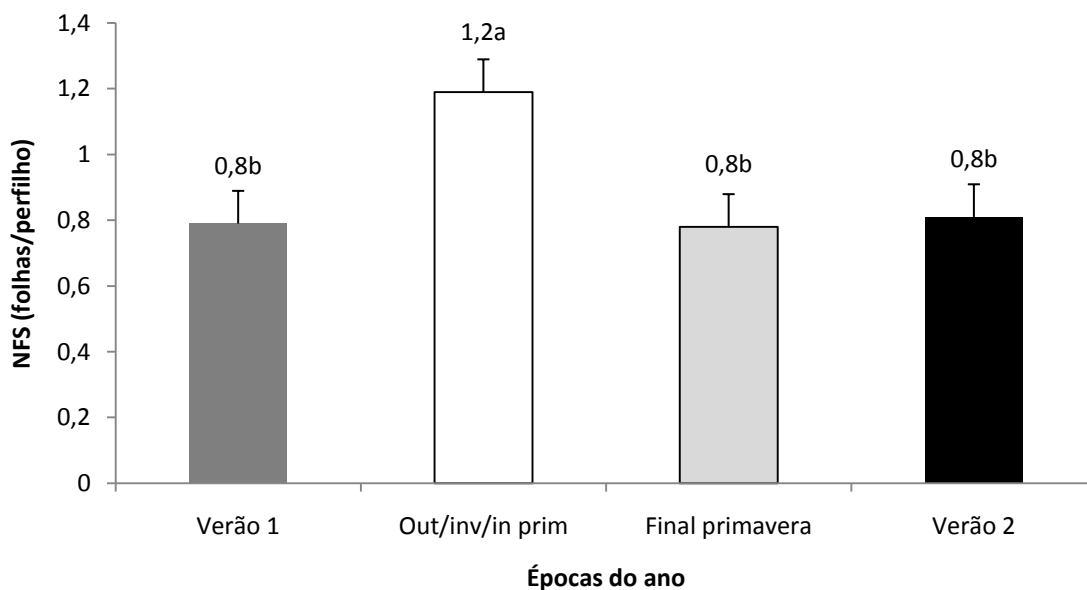


Figura 7 - Número de folhas senescentes em perfilhos basais de capim-mulato submetido a estratégias de pastejo rotativo de fevereiro de 2008 a abril de 2009

Maiores valores de CC foram registrados nos pastos manejados a 99% relativamente àqueles manejados a 95% de IL durante todo o período experimental. Exceção feita ao verão 1, os valores de CC não variaram nos pastos manejados a 99%

de IL ao longo do ano, fato que não ocorreu com aqueles manejados a 95% de IL, para os quais menores valores foram registrados no verão 1, maiores no outono/inverno/início da primavera, e valores intermediários no final de primavera e verão 2 (Tabela 4).

Tabela 4 – Comprimento do colmo (cm) em perfilhos basais de capim-mulato submetido a estratégias de pastejo rotativo caracterizadas pelas condições pré-pastejo de 95 e 99% de IL de fevereiro de 2008 a abril de 2009

| Épocas do ano | Interceptação de luz pelo dossel (%) | |
|------------------------------------|--------------------------------------|------------------|
| | 95% | 99% |
| Verão 1 | 16,4Bc (0,73) | 19,0Ab (0,91) |
| Outono/inverno/início de Primavera | 23,4Ba (2,15) | 29,7Aa (2,15) |
| Final primavera | 19,4Bb (0,85) | 26,4Aa (0,85) |
| Verão 2 | 18,0Bbc (0,44) | 25,2Aa (0,44) |

Verão 1 (14/02/2008 – 31/03/2008); Outono/Inverno/início de Primavera (01/04/2008 – 15/11/2008); final de Primavera (16/11/2008 – 31/12/2008); Verão 2 (01/01/2009 – 31/03/2009). Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si ($P>0,05$). Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média.

A relação folha:colmo por perfilho (F:C) foi maior nos pastos manejados a 95% que naqueles manejados a 99% de IL (0,85 e $0,70 \pm 0,014$ para 95 e 99% de IL, respectivamente). Maiores valores de F:C foram registrados no verão 2 e menores no final da primavera, com valores intermediários registrados nas demais épocas do ano (Figura 8).

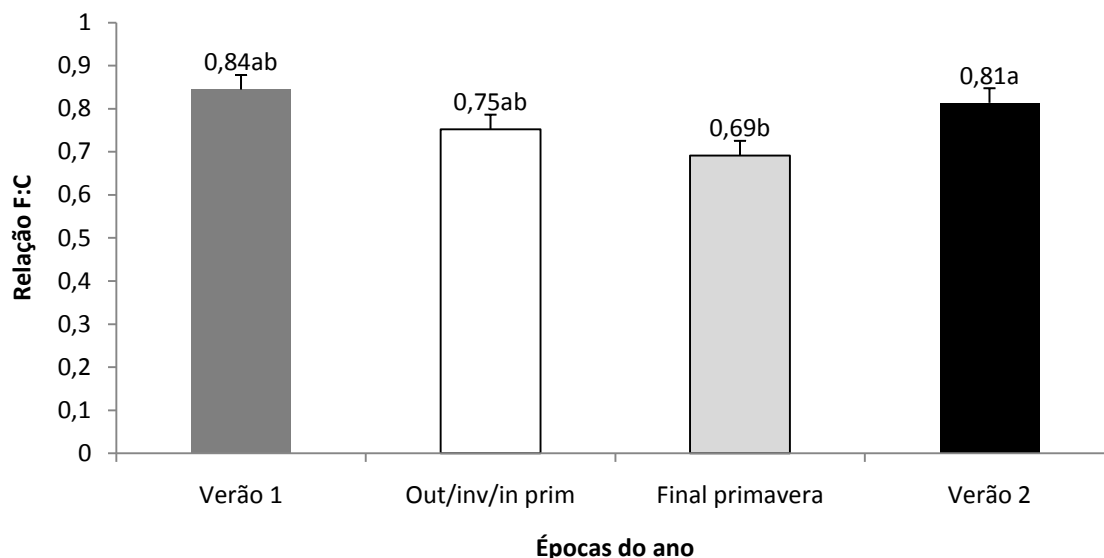


Figura 8 – Relação folha:colmo em perfilhos basais de capim-mulato submetido a estratégias de pastejo rotativo de fevereiro de 2008 a abril de 2009

6.3.2 Perfilhos aéreos

O CFF variou com a época do ano, com os menores valores registrados no final de primavera relativamente às demais época do ano (Figura 9). De forma geral, pastos manejados a 95% de IL apresentaram menor CFF que pastos manejados a 99% ($6,3$ e $7,3 \pm 0,16$ cm, respectivamente). Analogamente, pastos manejados com altura pós-pastejo de 20 cm apresentaram maior CFF que pastos manejados a 15 cm ($7,2$ e $6,4 \pm 0,16$ cm, respectivamente).

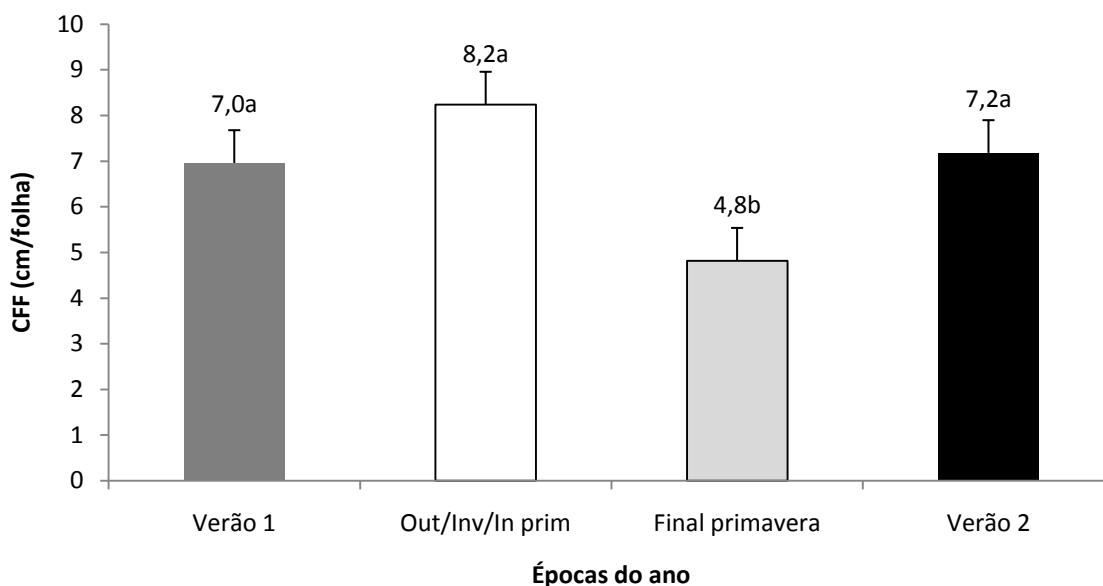


Figura 9 - Comprimento final da folha (cm/folha) em perfilhos aéreos de capim-mulato submetido a estratégias de pastejo rotativo de fevereiro de 2008 a abril de 2009

O NFV não variou nos pastos manejados a 95% de IL ao longo de todo o período experimental, diferentemente do que ocorreu nos pastos manejados a 99% de IL, para os quais maiores valores foram registrados no outono/inverno/início de primavera e menores no final de primavera (Tabela 5). Houve diferença entre pastos manejados a 95 e 99% de IL somente durante o outono/inverno/início de primavera e verão 2, com maiores valores registrados nos pastos manejados a 99% de IL. Pastos manejados a 95% de IL apresentaram menor NFEx que pastos manejados a 99% de IL somente no outono/inverno/início de primavera e verão 2 (Tabela 6). Em relação às épocas do ano, maiores valores de NFEx foram registrados durante o final de primavera e verão 2 nos pastos manejados a 95 e 99% de IL, respectivamente. O NFE não variou com a época do ano nem com os tratamentos, apresentando valor médio $1,31 \pm 0,046$ folha por perfilho. Por outro lado, o NFS foi maior durante o outono/inverno/início de primavera relativamente às demais épocas do ano (Figura 10).

Tabela 5 – Número de folhas vivas em perfilhos aéreos de capim-mulato submetido a estratégias de pastejo rotativo caracterizadas pelas condições pré-pastejo de 95 e 99% de IL de fevereiro de 2008 a abril de 2009

| Épocas do ano | Interceptação de luz pelo dossel (%) | |
|------------------------------------|--------------------------------------|------------------|
| | 95% | 99% |
| Verão 1 | 2,5Aa (0,09) | 2,6Abc (0,11) |
| Outono/inverno/início de Primavera | 2,4Ba (0,09) | 3,0Aa (0,09) |
| Final primavera | 2,6Aa (0,09) | 2,5Ac (0,09) |
| Verão 2 | 2,3Ba (0,09) | 2,8Ab (0,09) |

Verão 1 (14/02/2008 – 31/03/2008); Outono/Inverno/início de Primavera (01/04/2008 – 15/11/2008); final de Primavera (16/11/2008 – 31/12/2008); Verão 2 (01/01/2009 – 31/03/2009). Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si ($P>0,05$). Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média.

Tabela 6 – Número de folhas em expansão em perfilhos aéreos de capim-mulato submetido a estratégias de pastejo rotativo caracterizadas pelas condições pré-pastejo de 95 e 99% de IL de fevereiro de 2008 a abril de 2009

| Épocas do ano | Interceptação de luz pelo dossel (%) | |
|------------------------------------|--------------------------------------|------------------|
| | 95% | 99% |
| Verão 1 | 1,4Aab (0,08) | 1,4Aab (0,09) |
| Outono/inverno/início de Primavera | 0,9Bc (0,07) | 1,2Ab (0,07) |
| Final primavera | 1,5Aa (0,06) | 1,3Ab (0,06) |
| Verão 2 | 1,3Bb (0,03) | 1,5Aa (0,03) |

Verão 1 (14/02/2008 – 31/03/2008); Outono/Inverno/início de Primavera (01/04/2008 – 15/11/2008); final de Primavera (16/11/2008 – 31/12/2008); Verão 2 (01/01/2009 – 31/03/2009). Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si ($P>0,05$). Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média.

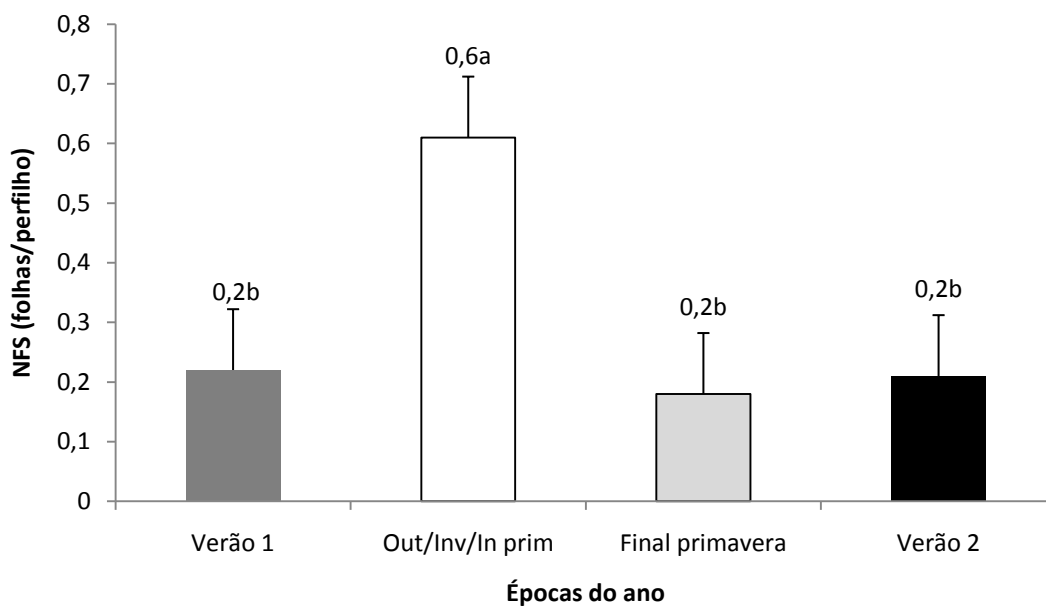


Figura 10 - Número de folhas senescentes em perfilhos aéreos de capim-mulato submetido a estratégias de pastejo rotativo de fevereiro de 2008 a abril de 2009

O CC foi menor nos pastos manejados com altura pós-pastejo de 15 cm relativamente àqueles manejados a 20 cm ($7,1$ e $8,9 \pm 0,30$ cm, respectivamente). Maiores valores de CC foram registrados no outono/inverno/início de primavera e menores no final de primavera, com valores intermediários nas demais épocas do ano (Figura 11). A relação folha:colmo (F:C) foi mais alta durante o final da primavera, mais baixa no outono/inverno/início de primavera e apresentou valores intermediários nas demais épocas do ano (Figura 12).

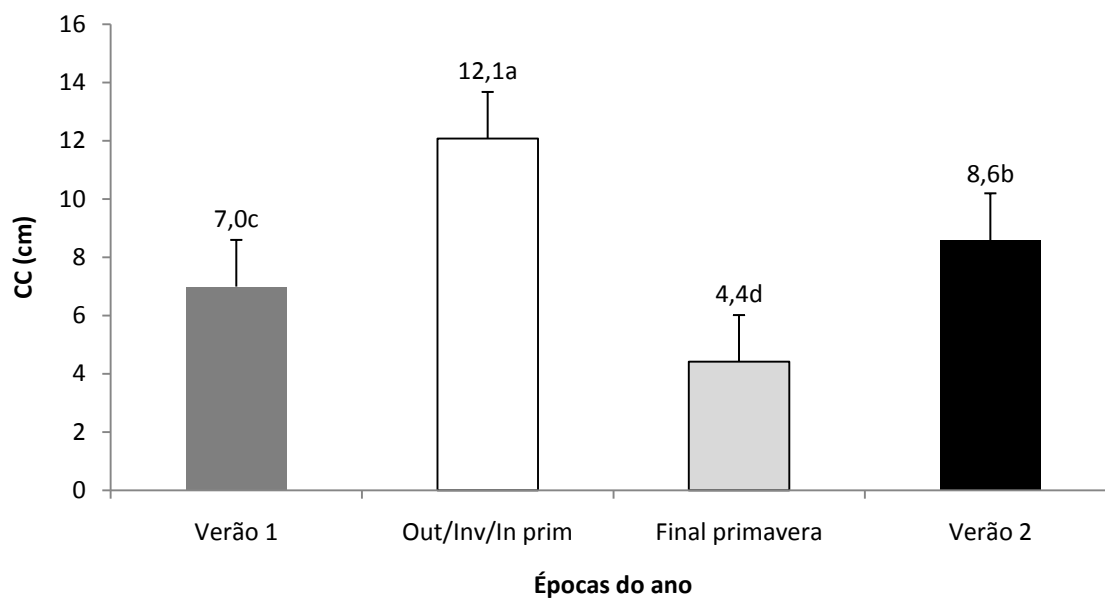


Figura 11 - Comprimento do colmo em perfilhos aéreos de capim-mulato submetido a estratégias de pastejo rotativo de fevereiro de 2008 a abril de 2009

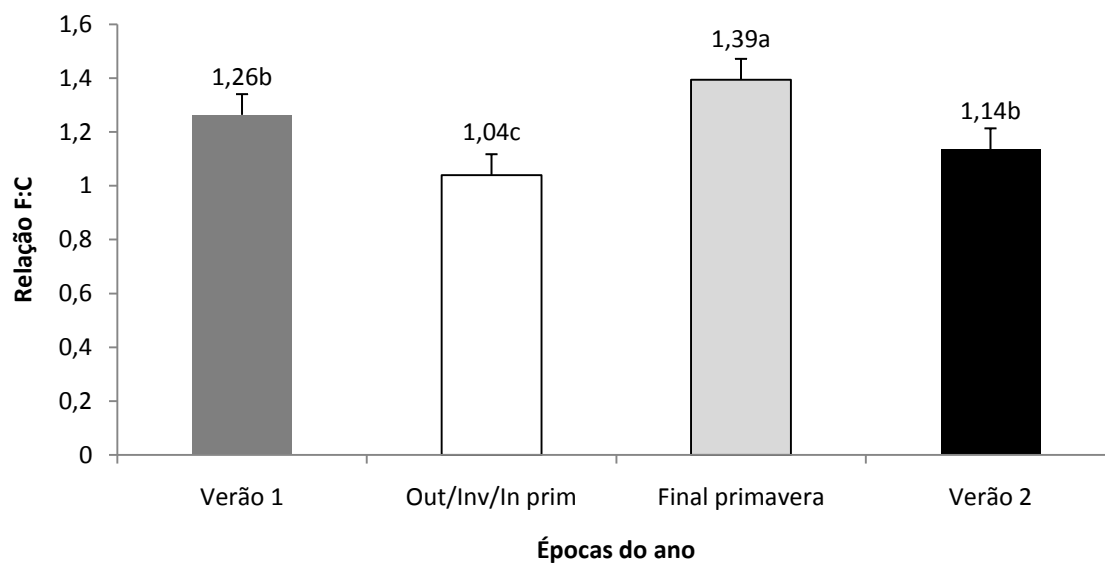


Figura 12 - Relação folha:colmo em perfilhos aéreos de capim-mulato submetido a estratégias de pastejo rotativo de fevereiro de 2008 a abril de 2009

6.4 Discussão

A definição do momento de se interromper o processo de rebrotação em uma pastagem e/ou a condição em que se encontra o resíduo pós-pastejo após o processo de rebaixamento dos pastos interfere na expressão das características morfogênicas das plantas, modificando suas características estruturais e, conseqüentemente, a estrutura do dossel forrageiro, influenciando os processos de crescimento, desenvolvimento e colheita da forragem produzida. Dessa forma, a estrutura do pasto interfere tanto no processo de rebrotação, associado a mecanismos de competição e perenidade das plantas forrageiras (BRISKE, 1996), como nos processos de busca, apreensão e consumo de forragem pelos animais em pastejo (CARVALHO et al., 2009).

O CFF foi influenciado pelas estratégias de manejo avaliadas (Tabela 3), com valores menores em pastos manejados a 95% de IL ou com altura pós-pastejo 15 cm. Esses padrão de resposta tem sido descrito para plantas do gênero *Brachiaria* (e.g. MARCELINO et al., 2006), e indica que sob tais regimes de desfolhação a planta forrageira procura compensar a redução em tamanho por meio de aumentos na densidade populacional de perfilhos na tentativa de manter um IAF relativamente estável e assegurar uso eficiente da luz incidente (MATHEW et al. 1999). Isso ocorre em função da elevada taxa de aparecimento de folhas em pastos mantidos sob condições de desfolhações severas e/ou freqüentes (NABINGER; PONTES, 2001; MARCELINO et al., 2006). A formação do aparato fotossintético determinando o IAF do pasto é resultado dos padrões morfogênicos gerados a partir das condições de meio vigentes e de manejo impostas à gramínea (LEMAIRE; CHAPMAN, 1996). Dessa forma, o comprimento final da folha, aliado ao número de folhas existentes por perfilho e à densidade populacional de perfilhos, irá determinar o tamanho do aparato fotossintético do pasto (IAF) num dado ponto no tempo e no espaço (MATHEW et al., 1999). Ao longo do ano é possível identificar condições em que o IAF dos pastos é modificado, conseqüência da variação no número de folhas vivas por perfilho (Figura 4). Esta acontece como resultado de mudanças nas relações fonte-dreno nas plantas, uma vez que a partição de fotoassimilados acompanha a força imposta pelos drenos, cuja magnitude é função do tamanho (peso total) e atividade (taxa de absorção de

assimilados por unidade de peso) dos tecidos (TAIZ; ZEIGER, 2009). Aliado a isso, a eficiência fotossintética pode ser ainda menor, se for considerada a composição da área foliar existente na planta, devido ao fato de que, nessas condições, o IAF do pasto apresenta elevada proporção de folhas que não são tão eficientes fotossinteticamente, ou seja, folhas que já iniciaram o processo de senescência (Figuras 7 e 10). Essa contribuição de folhas senescentes é influenciada também pelo padrão de desfolhação imposto à gramínea, de modo que com pastejos realizados mais frequentemente (como a 95% de IL neste trabalho) o NFS apresenta-se reduzido (e.g. CARNEVALLI, 2003; ZEFERINO, 2006). Da mesma forma, pastejos severos contribuem para que folhas que encontram-se em estágio visual de senescência não sejam percebidas em grande número na comunidade de plantas (CONFORTIN et al., 2010; DURU; DUCROCQ, 2000). Esses fatos ocorrem devido a constante remoção de folhas pelo pastejo, no caso de pastejos freqüentes, ou pela remoção de grande parte das folhas existentes na planta, no caso de pastejos severos. Quando as folhas são constantemente removidas, uma acelerada renovação ocorre para que o aparato fotossintético seja renovado, aumentando a proporção de folhas jovens e fotossinteticamente eficientes, fato que resulta em maior taxa assimilatória líquida nos pastos manejados a 95% relativamente àqueles manejados a 99% de IL, especialmente para a altura pós-pastejo de 20 cm (LIMÃO, 2010). No caso de pastejos severos, o mecanismo de manutenção de elevado número de folhas verdes é tanto mecânico quanto fisiológico. Mecânico do ponto de vista da remoção das folhas em senescência pelo ato do pastejo e fisiológico pelo rápido aparecimento de novas folhas para repor o IAF no início da rebrotação.

Em um perfilho, as folhas ditas fotossinteticamente eficientes são aquelas que ainda não apresentam sinais de visíveis de senescência, ou seja, correspondem às folhas em expansão ou completamente expandidas (SHEEHY; JOHNSON, 1988; QUIRINO et al., 2000; SBRISSIA et al., 2007). A participação em maior ou menor quantidade desses tipos de folha faz com que a eficiência em conversão e utilização da luz e fatores de crescimento seja também maior ou menor. Sendo assim, é desejável que no perfilho o somatório do número de folhas vivas seja composto em maior proporção por folhas pertencentes a essas categorias. Observa-se nas Figuras 5 e 6, e Tabela 6 que existem mudanças no número de dessas folhas por perfilho de acordo

com a época do ano, revelando que no outono/inverno/início de primavera os perfilhos apresentam-se prejudicados no que diz respeito à sua capacidade de captar luz eficientemente. Dessa forma, utilizar de estratégias de manejo do pastejo que favoreçam um menor número de folhas em processo de senescência por perfilho, levando-se em consideração a duração da vida da folha como ferramenta de definição de meta de manejo (LEMAIRE et al., 2009), principalmente em épocas de escassez de fatores de crescimento, faz com que a limitada presença de fatores como luz e água sejam aproveitados mais eficientemente pela planta, permitindo até que pastejos sejam realizados nessa época ou então que a retomada do processo de crescimento no final da primavera seja vigorosa, pois o IAF será composto por folhas fotossinteticamente mais eficientes (PACIULLO et al., 2003).

Além das folhas senescentes que se acumulam nos estratos inferiores do pasto, aumentando a densidade volumétrica da forragem e modificando o ambiente luminoso no interior do dossel, o componente colmo exerce notável influência sobre a estrutura dos pastos, interferindo nos processos de rebrotação e de consumo de forragem pelos animais por restringir a profundidade do estrato pastejável (CARVALHO et al, 2009). Em pastagens tropicais esse componente morfológico contribui significativamente para o acúmulo de forragem durante a fase de crescimento vegetativo e vigoroso dos pastos (SBRISSIA; DA SILVA, 2001). O alongamento de colmos durante a fase de desenvolvimento reprodutivo das plantas é conhecido, e foi claramente demonstrado pelas variações em comprimento do colmo registradas ao longo do ano (Tabela 4 e Figura 11). Durante o outono/inverno/início de primavera, a maioria dos perfilhos passou para a fase de desenvolvimento reprodutivo, alongando demasiadamente seus colmos, especialmente nos pastos a 99% de IL, fato corroborado pelos resultados de CC. Contudo, o fato de perfilhos apresentarem taxas de alongamento de colmo elevadas não significa necessariamente que terão colmos compridos, uma vez que o comprimento do colmo pode ser mantido constante desde que a frequência de desfolhação seja adequada (PEREIRA, 2009). Durante a fase reprodutiva o que ocorre é que são observadas taxas de alongamento de colmos semelhantes àsquelas observadas em épocas de crescimento vigoroso e acelerado dos pastos, caracterizando o colmo como um forte dreno de fotoassimilados (TAIZ; ZEIGER, 2009). A diferença é

que nessa fase, para se atingir a meta pré-pastejo de IL, leva-se mais tempo, pois a densidade populacional de perfilhos (PENA, 2010) e o número de folhas vivas por perfilho são menores (Figura 4) (PACIULLO et al., 2003). Além disso, devido a mudança nos padrões de translocação de assimilados por conta do estágio fisiológico da planta, produz-se mais colmos que folhas. Essa maior produção de colmos refletirá em mudança na estrutura do pasto no que diz respeito ao tamanho (Tabela 4) e à proporção dos componentes morfológicos (Figura 8). Assim, a relação F:C apresenta comportamento característico no final de primavera, com perfilhos basais apresentando maior proporção de colmos relativamente a folhas (Figura 8) como consequência de permanecerem nos pastos perfilhos que sobreviveram o outono/inverno/início de primavera (PENA, 2010), caracterizado pelas elevadas taxas de alongamento e comprimento de colmos característicos desta época (PACIULLO, et al., 2005). Nos perfilhos aéreos o comportamento foi distinto, com valores de relação F:C maiores, resultado de serem pouco longevos comparativamente aos basais e, por essa razão, os perfilhos dessa categoria presentes no final da primavera nos pastos são perfilhos surgidos nessa mesma época (PENA, 2010), ou porque, diferentemente dos basais que lhes deram origem, seus pontos de crescimento ou meristemas apicais não se alongam com tanta velocidade, uma vez que estão posicionados na porção superior do dossel, mais próximos da luz (CASTRO; GARCIA, 1996), favorecendo o alongamento predominantemente de folhas (Figura 12).

6.5 Conclusões

- Perfilhos basais e aéreos possuem padrões semelhantes de variação em características estruturais ao longo do ano, porém são distintos do ponto de vista funcional. Essa diferença, contudo, não se manifesta de forma clara nos pastos, uma vez que a categoria de perfilhos que predomina é a de basais;
- As características estruturais foram mais afetadas pela IL e época do ano do que pela APP, indicando, claramente, importância relativa maior da frequência comparativamente à severidade de desfolhação para controle da estrutura do dossel;
- Pastos de capim-mulato manejados sob lotação intermitente devem ser pastejados quando o dossel atinge 95% de IL e rebaixados a uma altura pós-pastejo entre 15 e 20 cm.

Referências

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

BARTHAM, G.T. Experimental techniques: the HFRO sward stick. In: HILL FARMING RESEARCH ORGANIZATION 1985. **Biennial report**, Midlothian, 1985. p. 29-30.

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

BRISKE, D.D.; BOUTTON, T.W.; WANG, Z. Contribution of flexible allocation priorities to herbivory tolerance in C4 perennial grasses: an evaluation with ¹³C labeling. – **Oecologia**, Berlin, v. 105, p. 151–159, 1996.

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

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

CARVALHO, P.C.F. A estrutura da pastagem e o comportamento ingestivo de ruminantes em pastejo. In: JOBIM, C.C.; SANTOS, G.T.; CECATO, U. (Ed.). SIMPÓSIO SOBRE AVALIAÇÃO DE PASTAGENS COM ANIMAIS, 1., 1997. Maringá- PR. **Anais...** Maringá- PR., 1997. p. 25-52.

CASTRO, C.R.T.; GARCIA, R. Competição entre plantas com ênfase no recurso luz. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 26, p. 167-174, 1996.

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

CONFORTIN, A.C.C.; QUADROS, F.L.F.; ROCHA, M.G.; CAMARGO, D.G.; GLIENKE, C.L.; KUINCHTNER, B.C. Morfogênese e estrutura de azevém anual submetido a três intensidades de pastejo. **Acta Scientiarum-Animal Sciences**, Maringá, v. 32, p. 385-391, 2010.

CRUZ, P.; BOVAL, M. Effect of nitrogen on some morphogenetic traits of temperate and tropical perennial forage grasses. In: LEMAIRE, G.; HODGSON, J.; MORAES, A. (Ed.) **Grassland ecophysiology and grazing ecology**. Wallingford: CABI Publishing. 2000. p. 151-168.

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

DA SILVA, SILA CARNEIRO.; BUENO, A.A.O.; CARNEVALLI, R.A.; UEBELE, M.C.; BUENO, F.O. HODGSON, J.; MATTHEW, C. ARNOLD, G.C; MORAIS, J.P.G citar todos et al., Sward structural characteristics and herbage accumulation of *Panicum maximum* cv. Mombaça subjected to rotational stocking managements. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.66, p. 8-19, 2009.

DA SILVA, S.C.; NASCIMENTO Jr., D. Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, suplemento especial, p.121-138, 2007.

DA SILVA, S.C.; CARVALHO, P.C.F. Foraging behaviour and herbage intake in the favourable tropics/sub-tropics. In: MCGILLOWAY, D.A. (Org.). **Grassland: a global resource**. Wageningen: Wageningen Academic Publ., 2005. chap. 6, p. 81-95.

DURU, M.; DUCROCQ, H. Growth and senescence of the successive leaves on a Cocksfoot tiller. Effect of nitrogen and cutting regime. **Annals of Botany**, Oxford, v.85, p.645-653, 2000.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/Universidade de São Paulo (ESALQ/USP) Base de dados da estação meteorológica convencional – 1917 a 2009. Piracicaba – SP. Disponível em: <http://www.leb.esalq.usp.br/postocon.html>. Acesso em: 01 fev. 2011).

GARCIA, J.D.G.; NAVA, F.M. Pasto Mulato: excelente alternativa para produção de carne e leite em zonas tropicais. 2006. Disponível em: <http://www.grupopapalotla.com/flaportugues/pdf/PastoMulato.pdf>. acesso em: 29 jun.2008.

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.

GRANT, S.A.; MARRIOTT, C.A. Detailed studies of grazer swards – techniques and conclusions. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 122, p. 1-6, 1994.

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

LACA, E.A.; LEMAIRE, G. Measuring sward structure. In: MANNETJE, L.; JONES, R.M. (Ed.). **Field and laboratory methods for grassland and animal production research**. Wallingford: CABI Publication, 2000. p.103-121.

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

LEMAIRE, G.; Da SILVA, S.C.; AGNUSDEI, M.; WADE, M.; HODGSON, J. Interactions between leaf lifespan and defoliation frequency in temperate and tropical pastures: a review. **Grass and Forage Science**, Oxford, v.64, p. 341-353, 2009.

LIMÃO, V.A. **Padrões de crescimento de pastos de capim-mulato submetidos a estratégias de pastejo rotativo**. 2010. 61p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”-Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

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 e freqüências de desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.35, p. 2243-2252, 2006.

MATTHEW, C.; ASSUERO, S.G.; BLACK, C.K. Tiller dynamics of grazed swards. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL: GRASSLAND ECOPHYSIOLOGY AND GRAZING ECOLOGY, 1999, Curitiba. **Anais...** Curitiba: 1999. p.109-133.

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

OMETTO, J.C. **Registros e estimativas dos parâmetros meteorológicos da região de Piracicaba, SP**. Piracicaba, SP: FEALQ, 1989. 76 p.

PACIULLO, D.S.; AROEIRA, L.J.M.; MORENZ, M.J.F.; HEINEMANN, A.B. Morfogênese, características estruturais e acúmulo de forragem em pastagem de *Cynodon dactylon*, em diferentes estações do ano. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 6, n. 4, p. 233-241, 2005.

PACIULLO, D.S.C.; DERESZ, F.; AROEIRA, L.J.M.; MORENZ, M.J.F.; VERNEQUE, R.S. Morfogênese e acúmulo de biomassa foliar em pastagem de capim-elefante avaliada em diferentes épocas do ano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, p. 881-887, 2003.

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

PENA, K.S. **Densidade populacional de perfilhos e dinâmica do perfilhamento em pastos de capim-mulato submetidos a regimes de desfolhação sob lotação intermitente**. 2010. 80p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

PEREIRA, L.E.T. **Morfogênese e estrutura do dossel de pastos de capim-marandu submetidos à lotação contínua e ritmos morfogênicos contrastantes**. 2009. 111p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"-Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

PINZÓN, B. ;SANTAMARÍA, E. **Evaluación del pasto *Brachiaria* híbrido cv. Mulato en producción de carne**. Instituto Panameño de Investigación Agropecuaria (IDIAP).. 7 p. 2005. (Informe Mimeografiado)

QUIRINO, B.F.; NOH, Y.S.; HIMELBLAU, E. AMASINO, R.M. Molecular aspects of leaf senescence. **Trends in Plant Science**. Kidlington, v.5, p. 278-282, 2000.

RAIJ, B. VAN.; QUAGGIO, J.A.; SILVA, N.M. Extraction of phosphorus, potassium, calcium, and magnesium from soils by ion-exchange resin procedure. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 17, p. 547-566, 1986.

ROLIM, G.S.; SENTELHAS, P.C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCELTM para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.6, n.1, p.133-137, 1998.

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: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001, p.731-754.

SBRISSIA, A.F.; SILVA, S.C.; NASCIMENTO JR, D. Ecofisiologia de plantas forrageiras e o manejo do pastejo. In: PEDREIRA, C.G.S.; MOURA, J.C. DE; DA SILVA, S.C.;

FARIA, V.P. DE. (Org.). **Produção de ruminantes em pastagens**. Piracicaba, SP: FEALQ, 2007, v. p. 153-176.

SHEEHY, J.E.; JOHSON, I.R. Physiological models of grass growth. In: JONES, M.B.; LAZENBY, A. **The grass crop**: the physiological basis of production. London: Chapman and Hall, 1988. p.243-275.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance. **Publications in Climatology**, Concord, v.8, 104 p. 1955.

WOLFINGER, R.D. Covariance structure selection in general mixed models. **Communications in Statistics Simulation and Computation**, Philadelphia, v. 22, 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. 193p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo de crescimento e desenvolvimento de gramíneas forrageiras sofre influência do meio e dos efeitos da desfolhação imposta de acordo com as metas de manejo empregadas. No presente estudo ficaram evidentes os efeitos do manejo do pastejo sobre as respostas morfogênicas e as características estruturais do capim-mulato, principalmente no que diz respeito à frequência de desfolhação. De forma geral, pastejos realizados a 95% de IL foram determinantes para que características como alongamento de colmos e senescência fossem minimizados. O fato sugere que metas de manejo do pastejo devem ser definidas levando-se em consideração a velocidade com que os processos de crescimento e senescência ocorrem, considerando que a eficiência com que o material produzido será colhido dependerá de como este estará disposto ao animal no momento do pastejo (estrutura do pasto) e, deste material, o quanto está em processo avançado de desenvolvimento (senescente). Da mesma forma, com relação à estrutura do pasto, pastejos realizados a 95% de IL fizeram com que variáveis importantes como comprimento do colmo e relação folha:colmo resultassem em estrutura de dossel mais adequada considerando-se a interface planta-animal no que diz respeito a eficiência de utilização da forragem produzida e sua conversão em produto animal (HODGSON, 1990; SOUZA JR., 2011¹). Resultados de experimento concomitante, na mesma área experimental, revelaram, ainda, que pastejos realizados a 95% de IL resultaram em maior taxa assimilatória líquida dos pastos relativamente àqueles realizados a 99% de IL (LIMÃO, 2010), sugerindo que, nessas condições, a área foliar do dossel é composta de folhas mais jovens e, portanto, fotossinteticamente mais eficientes, fato que contribui para aumento da eficiência geral de uso dos fatores produtivos e insumos utilizados.

A severidade com que os pastejos são realizados interfere também nos padrões de desenvolvimento do pasto e, conseqüentemente, na sua estrutura. Assim, quando pastos são desfolhados muito severamente a velocidade com que o alongamento de folhas ocorre é reduzida. Por outro lado, existe uma compensação a este menor crescimento por meio de atraso no início do processo de senescência. Esses fatores

¹ SOUZA JR, S.J. DE. Modificações na estrutura do pasto e no comportamento ingestivo de bovinos durante o rebaixamento do capim-mulato submetido a estratégias de pastejo rotativo Tese de doutorado do curso Ciência Animal e Pastagens em fase de elaboração.

refletem na estrutura do dossel, de forma que pastejos mais severos resultam em menor número de folhas senescentes por perfilho, refletindo em um mecanismo da planta de buscar ser eficiente fotossinteticamente após o pastejo.

Diante do exposto, com base nos resultados deste estudo e dos demais experimentos realizados de forma concomitante na mesma área experimental, percebe-se que existe uma faixa de manejo do pastejo no que diz respeito à frequência e severidade de desfolhação. Do ponto de vista de frequência, evidencia-se que pastejos realizados frequentemente proporcionam tanto a planta (características morfogênicas e estruturais) quanto ao animal (características estruturais) condições ideais para que se produza forragem de qualidade em quantidade sem comprometer a estrutura do dossel (SILVEIRA, 2010). Do ponto de vista de severidade, percebe-se que pastos manejados lenientemente apresentam características morfogênicas aceleradas, podendo refletir em maior produtividade de forragem (RODRIGUES, 2010). Ainda, considerando-se a estrutura que o pasto se apresenta ao animal, pastejos severos ou lenientes podem ser utilizados sem comprometimento da perenidade do pasto (PENA; 2010). Nesse contexto, pode-se verificar que, do ponto de vista morfogênico, a altura pós-pastejo de 20 cm favoreceu o desenvolvimento da planta. Do ponto de vista estrutural, as alturas pós-pastejo de 15 e 20 cm não resultaram variações das características estruturais dos perfilhos e, conseqüentemente, dos pastos, sugerindo maior importância da frequência relativamente à severidade de pastejo como forma de controlar o alongamento de colmos e acúmulo de material morto nos pastos, ou seja, controlar a composição morfológica e o valor nutritivo da forragem produzida. Nesse contexto, a severidade de pastejo serve muito mais como reguladora da eficiência de colheita da forragem removida, determinante da taxa de lotação dos pastos, desde que não resulte em área foliar residual excessivamente baixa, prejudicando a recuperação e restabelecimento da área foliar dos pastos. Para o capim-mulato, tomando-se a condição de 95% de IL como ideal para interrupção da rebrotação, a altura pós-pastejo de 15 cm representou desfolhação muito severa, uma vez que resultou em redução da taxa de alongamento de folhas que só foi parcialmente compensada quando os pastejos foram realizados a 99% de IL, condição em que o alongamento de colmos e a senescência foliar foram elevados.

Referências

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

LIMÃO, V.A. **Padrões de crescimento de pastos de capim-mulato submetidos a estratégias de pastejo rotativo**. 2010. 61p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"-Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

PENA, K.S. **Densidade populacional de perfilhos e dinâmica do perfilhamento em pastos de capim-mulato submetidos a regimes de desfolhação sob lotação intermitente**. 2010. 80p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

RODRIGUES, C.S. **Dinâmica de acúmulo de forragem em pastos de capim-mulato submetidos a estratégias de pastejo rotativo**. 2010. 139p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

SILVEIRA, M.C.T. **Estrutura do dossel, acúmulo de forragem e eficiência de pastejo em pastos de capim-mulato submetidos a estratégias de pastejo rotativo**. 2004. 119p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

8 CONCLUSÕES

Sob pastejo rotativo, pastos de capim-mulato devem ser pastejados quando o dossel atinge 95% de interceptação da luz incidente e rebaixados até uma altura de 20 cm de resíduo.