

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

**Padrões de crescimento de pastos de capim-mulato submetidos a  
estratégias de pastejo rotativo**

**Veridiana Aparecida Limão**

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

**Piracicaba  
2010**

Veridiana Aparecida Limão  
Zootecnista

**Padrões de crescimento de pastos de capim-mulato submetidos  
a estratégias de pastejo rotativo**

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

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

**Piracicaba  
2010**

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

Limão, Veridiana Aparecida

Padrões de crescimento de pastos de capim-mulato submetidos a estratégias de pastejo rotativo / Veridiana Aparecida Limão. - - Piracicaba, 2010.  
61 p. : il.

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

1. Brachiaria 2. Fisiologia vegetal 3. Morfologia vegetal 4. Pastejo - Manejo 5. Pastejo rotativo 6. Plantas forrageiras I. Título

CDD 633.2  
L732p

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

## **DEDICO**

Aos meus queridos pais Luís Carlos Limão e Ivanide Sardinha Limão que me deram o bem mais precioso, a educação. Aos meus avôs Manoel Sardinha e Avelina Limão Sardinha, que mantêm vivo a força de uma grande família. Aos meus compadres Rafael e Patrícia que sempre me orientaram e possibilitaram uma grande alegria, meus sobrinhos Yasmin e Davi. As queridas Luciana e a Gabriela que sempre torceram e acreditaram em mim. Ao meu marido que sempre me encorajou e nunca mediu esforços para me ajudar.



## AGRADECIMENTOS

À todos os meus familiares, principalmente meus pais, que me encorajaram nessa caminhada e sempre oram por mim.

Ao Prof. Dr. Sila Carneiro da Silva, pela orientação, ensinamentos, amizade, confiança, compreensão, paciência e pela enorme competência.

À Universidade de São Paulo, por ter possibilitado condições para a realização do meu curso de mestrado e do presente trabalho.

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

Aos membros do comitê de pesquisa: Professor André Sbrissia e Professor Domicio do Nascimento Júnior pelos ensinamentos transmitidos.

Ao Prof. Gerson Barreto Mourão, pelo seu parecer durante a análise estatística dos dados.

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

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia, em especial o Sr. Laureano e seus filhos, pela seriedade e serviços prestados.

Aos colegas Salim Jacaúna de Souza Júnior, Márcia Cristina Teixeira da Silveira, Karine Pena, Carlindo Rodrigues pela contribuição e grandes esforços no trabalho de campo.

Ao meu marido Leandro Martins Barbero que durante o curso exerceu papel de amigo, companheiro, professor e os desempenhou com muito esmero. Minha eterna gratidão pelos ensinamentos, “broncas”, conselhos e pela paciência.

Aos grandes amigos Salim, Vanessa, Dona Eva, Seu Laureano, Ricardo, Renato, Jorge, Marcão, Adenilson, Lilian, Vítor, Mariana, Cristiane, aos amigos da república “viola quebrada”, Renato (Shimu), Monique que sempre me apoiaram durante todo o tempo de convivência, tanto na alegria quanto na tristeza.

Aos colegas do LAPF, Cleonice Fialho, Flávia Andrade, Aliedson Sampaio Ferreira, Bruno Carneiro e Pedreira, Davi Cavalcante de Aquino, Felipe Tonato, Márcio André Stefanelli Lara, Murilo Saraiva Guimarães pelo companheirismo e auxílio durante o curso.

Ao professor de inglês Antônio Augusto Bianchi que além de mestre é um grande amigo e conselheiro.



*“Ando devagar porque já tive pressa  
e levo esse sorriso porque já chorei demais  
Hoje me sinto mais forte, mais feliz quem sabe  
Só levo a certeza de que muito pouco eu sei, ou nada sei...*

*Conhecer as manhas e as manhãs  
o sabor das massas e das maçãs  
É preciso amor pra poder pulsar  
É preciso paz pra poder sorrir  
É preciso a chuva para florir  
Penso que cumpri a vida seja simplesmente  
compreender a marcha ir tocando em frente  
como um velho boiadeiro  
levando a boiada eu vou tocando os dias  
pela longa estrada eu vou, estrada eu sou  
Todo mundo ama um dia, todo mundo chora  
Um dia a gente chega no outro vai embora  
cada um de nós compõe a sua história  
cada ser em si carrega o dom de ser capaz  
e ser feliz”*

(Almir Sater e Renato Teixeira)





## SUMÁRIO

RESUMO .....	11
ABSTRACT .....	13
1 INTRODUÇÃO .....	15
1.1 A técnica de análise de crescimento .....	17
1.2 A análise de crescimento no contexto de pastagens .....	23
1.3 O capim-mulato .....	26
1.4 Hipótese .....	27
1.5 Objetivo .....	28
2 MATERIAL E MÉTODOS .....	29
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	37
3.1. Resultados .....	37
3.1.1 Intervalo de pastejo .....	37
3.1.2 Índice de área foliar (IAF) .....	38
3.1.3 Taxa de crescimento da cultura .....	40
3.1.4 Taxa de crescimento relativo .....	41
3.1.5 Taxa assimilatória líquida .....	42
3.1.6 Razão de área foliar .....	43
3.1.7 Razão de peso foliar .....	44
3.1.8 Área foliar específica .....	45
3.2 DISCUSSÃO .....	47
4 CONCLUSÃO .....	53
REFERÊNCIAS .....	57



## RESUMO

### **Padrões de crescimento de pastos de capim-mulato submetidos a estratégias de pastejo rotativo**

A utilização de plantas forrageiras em pastagens sem considerar os aspectos básicos relacionados com o crescimento e desenvolvimento das plantas leva ao desconhecimento de seus requerimentos em termos de ambiente e limites de resistência ao pastejo e, conseqüentemente, ao processo de degradação de grandes áreas de pastagens cultivadas. Dentro desse contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar o padrão de crescimento de pastos de capim-mulato submetidos a estratégias de pastejo rotativo, buscando gerar interpretações fisiológicas importantes para o planejamento e idealização de práticas de manejo do pastejo. Os tratamentos corresponderam às combinações entre duas severidades (alturas pós-pastejo de 15 e 20 cm) e dois intervalos de pastejo (tempo necessário para o dossel atingir 95 e 100% de interceptação de luz durante a rebrotação – IL) e foram alocados às unidades experimentais (piquetes de 1200 m<sup>2</sup>) segundo um delineamento de blocos completos casualizados, com quatro repetições. Foram avaliadas as seguintes variáveis-resposta de janeiro de 2008 a abril de 2009: índice de área foliar (IAF), taxa de crescimento da cultura (TCC), taxa assimilatória líquida (TAL), taxa de crescimento relativo (TCR), razão de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE) e razão de peso foliar (RPF). No verão 1 o tratamento 100/20 foi o que proporcionou maior TCC relativamente aos demais tratamentos, resultado da combinação entre alto IAF residual da altura pós-pastejo de 20 cm e maior intervalo de pastejo correspondente à meta de 100% de IL. Foi registrada redução na TCC do outono/inverno/início de primavera ao final de primavera. Já no verão 2 o tratamento 95/15 apresentou maiores valores de TCC relativamente aos tratamentos 100/15 e 100/20, resultado da maior TCR e maior IAF residual dos pastos mantidos a 95% de IL. Para os componentes TAL e RPF foi observado apenas efeito de época do ano, imprimindo as variações sazonais no padrão de respostas das plantas ao longo do ano. Com exceção do verão 1, os pastos manejados a 95% apresentaram maior RAF que pastos manejados a 100% de IL, resultado de ajustes morfológicos determinados principalmente em AFE. De forma geral, o intervalo de pastejo foi mais efetivo que a severidade de pastejo na expressão das variáveis-resposta estudadas. Assim, a estratégia de manejo mais efetiva e eficiente para o pastejo rotativo do capim-mulato corresponde ao uso de período de descanso equivalente ao tempo necessário para que o dossel atinja 95% de IL durante a rebrotação, condição que corresponde a uma altura pré-pastejo de 30 cm, e altura pós-pastejo de 15 a 20 cm.

Palavras-chave: *Brachiaria*; Morfofisiologia vegetal; Manejo do pastejo; Pastejo rotativo



## ABSTRACT

### **Growth patterns of mulato grass subjected to strategies of rotational stocking management**

Use of forage grasses on pastures without taking into account basic information related to their pattern of growth and development results in lack of knowledge regarding their morphophysiological limits to grazing, which may result in degradation of large areas of cultivated grasslands. Against that background, the objective of this study was to evaluate the growth patterns of mulato grass subjected to strategies of rotational stocking management, aiming at providing important physiological interpretations for planning and structuring grazing management practices. Treatments corresponded to combinations between two grazing severities (post-grazing heights of 15 and 20 cm) and two grazing intervals (time necessary for swards to intercept 95 or 100% of the incident light during regrowth – LI), and were allocated to experimental units (1200m<sup>2</sup> paddocks) according to a 2x2 factorial arrangement and a randomised complete block design, with four replications, from January 2008 until April 2009. The following response variables were studied: sward leaf area index (LAI), crop growth rate (CGR), net assimilatory rate (NAR), relative growth rate (RGR), leaf area ratio (LAR), specific leaf area (SLA) and leaf weight ratio (LWR). During summer 1, treatment 100/20 resulted in the largest value of CGR, consequence of large remaining LAI associated with the post-grazing height of 20 cm and of the long grazing interval associated with the pre-grazing target of 100% LI. CGR decreased throughout autumn/winter/early spring and late spring. During summer 2, treatment 95/15 showed larger values of CGR than treatments 100/15 and 100/20, consequence of larger values of RGR and residual LAI of swards managed at 95 relative to those managed at 100% LI. NAR and LWR varied only with season of the year. Except during summer 1, swards managed at 95% LI showed larger values of LAR than those managed at 100% LI, a result of morphological adjustments mainly characterised by variations in SLA. Overall, grazing interval was more effective than grazing severity in interfering with most of the response variables studied. Therefore, adequate management of mulato grass under rotational stocking conditions correspond to a pre-grazing height of 30 cm (equivalent to the pre-grazing target of 95% LI) and post-grazing height of 15 to 20 cm.

Keywords: *Brachiaria*; Plant morphophysiology; Grazing management; Rotational stocking



## 1 INTRODUÇÃO

Normalmente, o uso de plantas forrageiras em pastagens é feito sem levar em consideração aspectos básicos relacionados com o crescimento e desenvolvimento das plantas e, conseqüentemente, de seus requerimentos em termos de ambiente e limites de resistência ao pastejo. O resultado é normalmente desastroso, levando ao processo de degradação de grandes áreas de pastagens cultivadas no País e, com ela, os efeitos negativos sobre a atividade econômica baseada na exploração dessas áreas assim como do meio ambiente. Várias são as opções de plantas forrageiras e, nesse contexto, o cultivar mulato (CIAT 36061) é uma das alternativas recentes e promissoras. Para que possa ser utilizado de maneira eficiente e seu potencial produtivo seja realizado é necessário que sejam conhecidos os mecanismos fisiológicos, morfogenéticos e estruturais que interferem e que determinam seus padrões de crescimento como forma de permitir o desenvolvimento de práticas de manejo eficientes e eficazes que assegurem alta produtividade e perenidade dos pastos. Apesar de já se encontrar em uso, corresponde a um híbrido ainda muito pouco estudado, cujas informações técnico-científicas disponíveis são limitadas.

A análise de crescimento é ferramenta valiosa por facilitar a compreensão das adaptações morfofisiológicas das plantas às condições de meio e de manejo a que são submetidas. Estas definem os padrões de crescimento e de desenvolvimento das plantas de maneira simplificada (BENINCASA, 1986), permitindo que os mecanismos que interferem no processo de acúmulo de forragem possam ser compreendidos e interpretados (BEADLE, 1993). O acúmulo líquido mostra somente o resultado do balanço entre os processos de crescimento e senescência (HODGSON, 1990) e a composição morfológica o efeito da partição de fotoassimilados. Já a análise de crescimento mostra o resultado de um processo fisiológico que envolve os efeitos de vários outros processos (e.g. fotossíntese, respiração, partição de fotoassimilados etc.) a partir da estimativa de índices fisiológicos que indicam diferenças de potencial de crescimento entre plantas, épocas do ano e práticas de manejo (GOMIDE, 1997).

Radford (1967) propôs um método alternativo para a análise de crescimento envolvendo uma descrição matemática que se baseia na variação de peso seco e de área foliar em função do



tempo acompanhada do cálculo das estimativas instantâneas dos diferentes atributos da análise de crescimento. Segundo esse autor, as variáveis que descrevem a análise de crescimento são:

- Taxa de crescimento da cultura (TCC), definida como o aumento em massa seca da planta por unidade de tempo: corresponde a um indicador de produtividade;
- Taxa de crescimento relativo (TCR), definida como o aumento de massa seca da planta por unidade de massa de forragem do pasto: corresponde a um indicador de eficiência de conversão da massa de forragem existente no pasto. Possui dois componentes principais:
  - Taxa de assimilação líquida (TAL), definida como o aumento de massa seca da planta por unidade de material assimilatório (área foliar) por unidade de tempo: reflete a eficiência do sistema fotossintético;
  - Razão de área foliar (RAF), definida como a razão entre a área foliar (responsável pela captação de energia luminosa e  $\text{CO}_2$ ) e o peso seco total de forragem: representa a área foliar útil para crescimento e fotossíntese, e reflete, de certo modo, a partição dos carboidratos assimilados. A RAF, por sua vez, pode ser desmembrada em dois componentes:
    - ✓ Área foliar específica (AFE), que relaciona a área foliar com a massa seca de folhas;
    - ✓ Razão de peso foliar (RPF), razão entre a massa seca de folhas e a massa seca total da planta.

Essas variáveis, assim definidas e utilizadas na análise de crescimento, variam com as condições ambientais, com as características genéticas de cada planta forrageira e com as práticas de manejo empregadas, permitindo que informações básicas acerca da ecologia das plantas e suas respostas ao pastejo sejam avaliadas em condições de campo. Benincasa (1988) afirmou que a análise de crescimento corresponde à forma mais acessível e precisa de avaliar o crescimento e realizar inferências sobre a contribuição de diferentes processos fisiológicos sobre o desenvolvimento vegetal, uma vez que permite avaliar o crescimento final da planta como um todo e assim como a contribuição dos diferentes órgãos para o crescimento total. A partir dos dados de crescimento pode-se estimar de forma bastante precisa as causas de variação em padrões de crescimento de plantas geneticamente diferentes ou crescendo em ambientes diferentes, neste caso correspondente a localidades geográficas distintas e modificações causadas por meio de práticas agrônômicas (e.g. adubação) e de padrões de desfolhação (e.g. manejo do

pastejo). Seu uso para avaliação de plantas forrageiras permite uma abordagem fisiológica, contribuindo para que o funcionamento da planta possa ser melhor compreendido, fornecendo bases mais sólidas para o planejamento, definição e, ou ajuste de práticas de manejo do pastejo.

Com base no exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o capim-mulato submetido a estratégias de pastejo rotativo por bovinos de corte ao longo de um ano agrícola completo utilizando como base variáveis da análise de crescimento.

### **1.1 A técnica de análise de crescimento**

Plantas forrageiras em condições de pastejo são submetidas a desfolhações periódicas cuja frequência e severidade dependem, principalmente, do método de pastejo empregado. A fisiologia das plantas é fortemente afetada pelo distúrbio provocado por qualquer evento de desfolhação e a frequência com que o mesmo se repete em uma mesma unidade morfológica (folha ou perfilho) (LEMAIRE, 1997). Quando se considera a pastagem como uma comunidade de plantas em que a produtividade depende do equilíbrio entre fontes produtoras de fotoassimilados e drenos metabólicos, fica clara a possibilidade de obter maiores produtividades a partir de estudos de fisiologia de plantas e de melhoramento genético (CORSI; NASCIMENTO JÚNIOR, 1994). Porém, estudos detalhados de fisiologia vegetal são complexos quando se trata de experimentos conduzidos em condições de campo, uma vez que são caros e, operacionalmente, difíceis. Nesse contexto, o uso da análise de crescimento seria interessante, pois favorece uma abordagem fisiológica das respostas de plantas forrageiras a partir de procedimentos experimentais simples, normalmente baseados em avaliações agronômicas realizadas sob condições de menor controle local e de ambiente típicas de experimentos de campo.

Os primeiros conceitos de análise de crescimento como “taxa assimilatória líquida” e “taxa de crescimento da cultura” já eram utilizados por fisiologistas de plantas antes da década de 20. Durante a década de 60 o conceito foi difundido entre botânicos e agrônomos na Europa, nos países britânicos e nos Estados Unidos da América (RADFORD, 1967). Assim, é possível afirmar que a abordagem científica sobre análise de crescimento já vem sendo feita há bastante tempo. Porém, as técnicas de análise de crescimento vêm sendo publicadas (BLACKMAN, 1919;

GREGORY, 1917; HEATH; GREGORY, 1938; WILLIAMS, 1946 apud RADFORD, 1967) com poucas orientações elucidativas a respeito das considerações matemáticas indispensáveis ao seu uso (RADFORD, 1967).

Em seu livro sobre noções básicas publicado em 1988, a professora da Universidade Estadual Paulista Margarida M. P. Benincasa discorre extensamente sobre o assunto análise de crescimento, fazendo várias ponderações importantes a respeito da técnica. O uso da análise de crescimento é apropriado quando são considerados os conceitos básicos e os critérios essenciais para a obtenção do banco de dados a ser utilizado. Quanto aos dados necessários para se proceder a análise de crescimento, estes são relativamente fáceis de serem obtidos, porém é imprescindível que sejam obtidos com o máximo rigor, caso contrário, poderão conduzir a informações equivocadas ou distorcidas. Destaca-se também que a interpretação dos resultados não é simples, principalmente pelo fato de o crescimento de uma planta resultar da interação entre mecanismos físicos e bioquímicos bastante complexos e, na maior parte das vezes, pouco conhecidos. Apesar das ponderações feitas acerca do uso da técnica, Magalhães (1985) afirmou que a análise de crescimento pode ser considerada internacionalmente como um método padrão para a estimativa da produtividade biológica ou produtividade primária de comunidades vegetais. Além disso, o autor destaca que a técnica de análise de crescimento pode ser empregada mais eficientemente em plantas de crescimento rápido, que possuam folhas de formato regular e longevidade relativamente grande, sugerindo sua aplicabilidade nos estudos e avaliações de plantas forrageiras tropicais.

A análise de crescimento tem como premissa básica o fato de que cerca de 90% da matéria seca acumulada pelas plantas ao longo do seu crescimento resulta da atividade fotossintética (BENINCASA, 1988). Considerando que o crescimento resultará da produção de material suficiente para atender às necessidades metabólicas da planta e ainda para armazenar e construir novo material estrutural, qualquer incremento em peso, altura ou área foliar ao longo de um determinado período estará diretamente relacionado ao tamanho alcançado ao longo do período anterior. Assim, a atividade fotossintética da planta passa a ser o aspecto fisiológico de maior importância para a análise de crescimento. Segundo Radford (1967), duas avaliações são necessárias para realizar uma simples análise de crescimento: uma medida do peso seco da planta e uma medida da dimensão do sistema assimilatório da planta. Na prática as medidas mais comuns para essas avaliações são o peso seco total individual e a área foliar total da planta.

Também pode ser usado o peso seco total da planta por unidade de área de solo e a área foliar total da planta por unidade de área de solo (IAF). O crescimento da planta como um todo em termos de aumento em volume, peso e dimensões lineares de suas unidades estruturais é função do que a planta armazena e do que a planta produz em termos de material estrutural. Assim, medidas lineares, superficiais, peso e números de unidades estruturais podem ser estudados para avaliar o crescimento de uma planta (BENINCASA, 1988). Com isso é possível fazer inferências fisiológicas a partir de medidas morfológicas da planta, mais fáceis de serem realizadas em condições de campo. Entre as dimensões lineares estão a altura da planta, o comprimento do caule, o comprimento e a largura das folhas e o comprimento dos entrenós dentre outras. Estas são muito úteis e, em alguns casos, as únicas possíveis de serem mensuradas quando se tem pouco material vegetal disponível (BENINCASA, 1988), ou seja, requerem pequena quantidade de material vegetal para que possam ser realizadas, preservando, assim, mais indivíduos nas unidades amostrais. As medidas de superfície estão relacionadas principalmente à determinação ou estimativa da superfície fotossinteticamente ativa, de tal modo que a superfície das lâminas foliares é determinada diretamente ou estimada por meios indiretos, definindo-se como área foliar a medida dessa superfície como um plano único. Assim, o crescimento pode ser acompanhado a partir da contagem de unidades morfológicas ou anatômicas que podem esclarecer muito sobre as diferenças funcionais entre plantas ou interações destas com o ambiente (BENINCASA, 1988).

Em ecossistemas, a taxa de produção vegetal pode ser definida como o acúmulo de produto da fotossíntese por unidade de área de solo por unidade de tempo, a qual é também chamada de produtividade primária. Essa taxa de produção pode ser expressa em quantidade de peso seco, matéria orgânica, carbono, gás carbônico, energia solar fixada dentre outras formas. Isso pode se traduzir em produção líquida das plantas derivada do processo fotossintético, a qual é resultado do desempenho do sistema assimilatório durante certo período de tempo (MAGALHÃES, 1985). Do ponto de vista agrônomo, a análise de crescimento pode ser muito útil no estudo do comportamento do material vegetal quando submetido a condições ambientais contrastantes. Entre as diferentes condições ambientais, além das variáveis físicas e químicas, inclui-se a ocorrência de plantas invasoras, cujo nível de competitividade pode interferir no crescimento e desenvolvimento das plantas de interesse econômico. Já do ponto de vista biológico, a análise de crescimento é uma ferramenta indispensável para o melhor conhecimento das plantas como entidades biológicas, independentemente de sua exploração agrícola (BENINCASA, 1988).

Segundo Magalhães (1985), as fórmulas utilizadas na análise de crescimento se baseiam em uma curva hipotética de crescimento de uma planta que pode ser expressa em termos de peso seco ou altura. O enfoque no caso seria a parte da curva que exprime rápido crescimento, onde já houve o desenvolvimento do sistema radicular e a emergência de folhas. Assim, ao usar as fórmulas descritas por Radford (1967), o crescimento deve seguir o padrão exponencial, com o peso variando sem descontinuidade durante o intervalo de tempo avaliado. Nesse contexto, as avaliações têm que ser feitas durante o período de rebrotação dos pastos. Por outro lado, seria inviável fazer registros contínuos das mudanças de material seco e área foliar dessa maneira. Assim, o que se faz é medir as variáveis de crescimento em um número de vezes ao longo do ciclo de crescimento (colheitas), avaliando a média aritmética entre os períodos sucessivos de colheita (RADFORD, 1967).

A análise de crescimento estabelece que a taxa de crescimento de uma planta é uma função de seu tamanho inicial, isto é, o aumento de massa seca está relacionado ao peso e matéria seca no instante em que se inicia o período de observação (BENINCASA, 1988). Esta é a descrição da taxa de crescimento da cultura (TCC), índice que exprime produtividade do dossel. A TCC depende do índice de área foliar (IAF) e da taxa assimilatória líquida (TAL). Assim, o aumento da TCC somente é possível se a eficiência das folhas (TAL) ou o tamanho da superfície fotossintetizante (IAF) forem aumentados (RADFORD, 1967).

Quando se considera a quantidade de material em função do que está sendo acumulado se remete à taxa de crescimento relativo (TCR). O tamanho final do organismo depende da quantidade de material existente inicialmente e da eficiência da planta na produção de novos tecidos. A TCR varia ao longo do ciclo e isso ocorre porque ela depende de dois outros parâmetros de crescimento: área foliar útil para a fotossíntese e sua capacidade fotossintética. A área foliar útil para o crescimento é expressa como razão de área foliar (RAF) e a eficiência fotossintética expressa como taxa de assimilação líquida (TAL) (RADFORD, 1967). A TAL expressa a taxa de fotossíntese líquida em termos de massa seca produzida por unidade de área foliar e por unidade de tempo. A fórmula deve ser aplicada apenas quando existe correlação linear entre área foliar e massa seca total. Não ocorrendo essa condição, aplica-se a equação de regressão que representa a correlação entre os dois atributos de crescimento (BENINCASA, 1988). Considerando que peso e área foliar aumentam exponencialmente, a fórmula da TAL somente poderá ser utilizada se as duas variáveis crescerem com o mesmo expoente e de maneira

contínua no intervalo de tempo considerado entre duas amostragens sucessivas (RADFORD, 1967).

A TAL depende de fatores ambientais, principalmente da radiação solar (HUXLEY, 1967 apud MAGALHÃES, 1985). Devido ao efeito do auto-sombreamento, a TAL diminui com o aumento da área foliar e, conseqüentemente, durante o crescimento da comunidade vegetal (MAGALHÃES, 1985). Por sua vez, a RAF expressa a área foliar útil para fotossíntese, e é um componente morfofisiológico, pois corresponde à razão entre área foliar (responsável pela interceptação de energia luminosa e CO<sub>2</sub>) e massa seca total (resultado da fotossíntese). As diferenças em RAF podem ser atribuídas à distribuição diferencial dos produtos fotossintéticos entre folhas e outras partes da planta em crescimento ou nas diferentes densidades de área foliar das folhas (área por unidade de peso de folha) (RADFORD, 1967). A RAF diminui à medida que a planta cresce o que é perfeitamente compreensível, pois, com o crescimento, aumenta a interferência das folhas superiores sobre as folhas inferiores e a tendência é a área foliar diminuir a partir de certo momento de rebrotação (BENINCASA, 1988).

A razão de área foliar, por sua vez, pode ser desmembrada em dois componentes: área foliar específica (AFE) e razão de peso foliar (RPF). Assim, a variação em RAF se dá em função de alterações em um ou nos seus dois componentes (RADFORD, 1967). Considerando-se que as folhas são os centros de produção de massa seca (fotossíntese) e que o resto da planta depende da exportação de fotoassimilados produzidos pelas folhas, a RPF expressa a fração da massa seca não exportada das folhas para o resto da planta. A maior ou menor exportação de material da folha pode ser uma característica genética a qual está sob influência de variáveis ambientais (BENINCASA, 1988). Por outro lado, a AFE é o componente morfológico e anatômico da RAF, porque relaciona a superfície com o peso de massa seca da própria folha. A superfície é o componente morfológico e o peso é um componente anatômico, pois está relacionado à composição interna (número ou tamanho das células do mesófilo foliar), de tal forma que, se o peso for considerado como uma expressão do volume foliar, o inverso da AFE indica a espessura da folha (massa seca de folha/área foliar), variável conhecida como peso específico da folha (BENINCASA, 1986). Para Magalhães (1985), a AFE reflete a espessura da folha e a proporção relativa entre superfície assimiladora e os tecidos mecânicos e condutores da folha. A RAF é medida da dimensão relativa do aparelho assimilador, e serve como um parâmetro apropriado para as avaliações dos efeitos genotípicos, climáticos e do manejo de comunidades vegetais.

Dentre os dois componentes da RAF, a AFE é mais variável que a RPF em relação a variações de ambiente. Radford (1967) alertou que as confusões geradas entre as variáveis envolvidas dentro da análise de crescimento resultam da introdução de suposições relativas a uma relação fisiológica bastante complexa. Essa tendência desvia a atenção dos dados básicos como área foliar e peso seco para as funções que se tem pouco conhecimento. Assim, tornou-se evidente nos últimos anos que se existe progresso a ser feito, deve-se evitar suposições desnecessárias e tomar como referência uma análise mais aprofundada dos dados originais.

Adicionalmente, vale ressaltar que existem dois tipos de abordagens que podem ser empregadas na análise de crescimento: a abordagem clássica e a abordagem funcional. A denominação de análise de crescimento clássica é utilizada para designar as descrições quantitativas de crescimento realizadas por meio de colheitas periódicas uniformemente espaçadas no tempo. Normalmente as funções são derivadas de médias de valores no período entre duas colheitas consecutivas (HUNT; PARSONS, 1974 apud HUNT, 1982). Com os novos programas computacionais os pesquisadores têm vantagens em elevar a velocidade de análises ajustando facilmente curvas de dados experimentais e então derivando os valores ajustados para funções de crescimento que podem ser colocadas no gráfico de forma contínua, denominada de análise de crescimento funcional (HUNT; PARSONS, 1974 apud HUNT, 1982). A análise de crescimento funcional é estimada por funções matemáticas ajustadas a partir dos dados de colheitas periódicas, mas essas colheitas não precisam atender à premissa de serem uniformemente espaçadas (BEADLE, 1993). Essas funções matemáticas são ajustadas para os dados brutos e depois descrevem a relações entre esses dados e o tempo, gerando curvas de crescimento, onde valores ajustados dos dados podem ser extraídos e usados para obtenção de valores instantâneos de várias quantidades derivadas (HUNT, 1982). Enquanto as duas abordagens dividem várias considerações práticas, a análise funcional não apresenta as limitações da análise clássica (BEADLE, 1993). A maior vantagem da funcional em relação à clássica é a informação de que todo o período de interesse está contido em equações que podem derivar em funções para o cálculo de valores instantâneos de TRC, TAL e RAF para o mesmo período (BEADLE, 1993). As duas abordagens não são mutuamente exclusivas podendo ser conjugadas, mas não é sempre que tal sistema torna o uso mais eficiente do material disponível. Portanto, na maioria dos casos o pesquisador deve decidir antecipadamente qual abordagem seguir, uma vez que irá influenciar a concepção e execução de sua pesquisa (HUNT, 1982). Para Radford (1967),

a maior dificuldade na abordagem funcional é conseguir selecionar uma equação que descreva adequadamente a relação entre área foliar e peso seco ao longo do tempo. Uma vez resolvida essa questão, todos os conceitos básicos da análise de crescimento podem ser aplicados.

## **1.2 A análise de crescimento no contexto de pastagens**

Fundamentalmente, a análise de crescimento corresponde à medida seqüencial da acumulação de massa seca, e sua determinação é realizada por meio da avaliação do acúmulo de massa seca da planta e do aumento da área foliar. As folhas são as principais responsáveis pela captação de energia solar e pela produção de massa seca por meio da fotossíntese. Portanto, se a superfície foliar e o acúmulo de massa seca da planta são conhecidos dentro de certo período de tempo, torna-se possível avaliar a eficiência fotossintética das folhas e sua contribuição para o crescimento da planta (MAGALHÃES, 1985; BENINCASA, 1988). A produção de massa seca de forragem é o principal componente que define a capacidade de suporte das pastagens, daí a relevância do conhecimento de seus componentes e da sua interação com as estratégias de manejo (adubação, irrigação, ajuste da carga animal dentre outras). Essa produção de massa seca é influenciada por fatores extrínsecos como radiação luminosa, temperatura e umidade do solo dentre outros, e intrínsecos ao dossel, destacando-se a eficiência de captação e utilização dos recursos disponíveis (ALEXANDRINO et al., 2005). Entre todos os componentes relacionados ao crescimento e produção das plantas, a área foliar, interceptação de luz, fotossíntese e ambiente luminoso são muito importantes, visto que 90% da MS das plantas são devidos à assimilação fotossintética de carbono (PEDREIRA et al., 1998). Portanto, baixo IAF residual, com predominância de folhas mais velhas, combinado com condições desfavoráveis de meio ambiente como baixas temperaturas e baixa incidência luminosa condicionam lenta recuperação da área foliar nos primeiros dias de rebrotação (ANDRADE, 2005).

Segundo Oliveira e Nascimento Junior (1999) apud Rosa et al. (2004), a produção de forragem, principalmente de folhas, é resultado do índice de área foliar (IAF) e da taxa fotossintética das folhas, a qual aumenta com a idade da planta na medida em que esta apresenta maior capacidade de interceptar a luz incidente. Porém, esse processo não é contínuo, uma vez que folhas com idade avançada são sombreadas e são menos eficientes fotossinteticamente. Para



cada espécie forrageira em condições de crescimento existe um índice de área foliar que promove um nível ótimo de crescimento (PETERSON, 1970). Assim, o aumento do índice de área foliar, por sua vez, é resultante do progressivo aumento de folhas por perfilho e de perfilhos por planta, contribuindo, dessa maneira, para o acúmulo de forragem via crescimento do percentual de interceptação e captura da energia luminosa disponível (GOMIDE, 1997). Após desfolhação, segue-se um período em que a fotossíntese por unidade de IAF aumenta em decorrência da adaptação das folhas velhas (remanescentes) à maior intensidade de luz e da produção de novas folhas (DA SILVA; PEDREIRA, 1997). Porém, segundo afirmaram Corsi e Nascimento Junior (1994), os carboidratos produzidos antes da desfolhação são armazenados na base do colmo e, ou raízes quando há excesso de produção fotossintética. Assim, esses carboidratos passam a ser utilizados pela planta após a desfolhação para auxiliar na reconstituição de sua área foliar. Desse modo, a área foliar remanescente após desfolhação assume grande importância por aumentar o vigor da rebrotação, resultado da imediata produção de carboidratos pela fotossíntese, fato que proporciona à planta menor tempo de dependência dos carboidratos de reserva como fonte de energia para a sua recuperação. Em se tratando de uma rápida recuperação do dossel pós-pastejo deve-se observar a restauração das reservas orgânicas (FULKERSON; DONAGHY, 2001), a área foliar residual (BROUGHAM, 1956), a interceptação luminosa pelo dossel (KORTE et al., 1982), as perdas por senescência e respiração (PARSONS et al., 1983) e o número de folhas vivas por perfilho (FULKERSON; SLACK, 1994).

Para gramíneas tropicais a importância das reservas orgânicas relativamente ao IAF aumenta quando os cortes são mais drásticos, com a conseqüente redução da área foliar remanescente. De modo geral, logo que a planta inicia a rebrotação e ocorre aumento do IAF, as reservas não são mais utilizadas como fonte de energia e passam a ser armazenadas novamente (CORSI; NASCIMENTO JÚNIOR, 1994). A interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) mantém estreita relação com vários fatores como índice de área foliar (IAF) (PEARCE et al., 1965), ângulo foliar (SHEEHY; COOPER, 1973; SUGYIAMA et al., 1985) e propriedades óticas das folhas. No início do crescimento, cada incremento em IAF representa incremento proporcional na interceptação de RFA, mas, posteriormente, a interceptação de RFA diminui com o aumento do IAF (CÂNDIDO et al., 2005). O IAF, por sua vez, é determinado pelas condições de ambiente, uma vez que elas influenciam as características estruturais do dossel (LEMAIRE, 1997). Contudo, o manejo da desfolhação tem papel fundamental na evolução do IAF, uma vez

que é determinante da área foliar residual e, indiretamente, do IAF final, o qual interfere na quantidade e qualidade da radiação luminosa que se distribui ao longo do perfil vertical do dossel (ALEXANDRINO et al., 2005).

A eficiência de uso da radiação (EUR) é outro parâmetro importante da produção de biomassa, e define a quantidade de massa produzida para cada unidade de RFA interceptada. Essa eficiência está diretamente relacionada com a produção de folhas e com a capacidade fotossintética das mesmas, sendo dependente da partição de assimilados na planta (LE ROUX et al., 1997). Dentre os componentes da análise de crescimento, a RAF (indicador de alocação dos fotoassimilados) aumenta durante os primeiros dias de crescimento, com posterior redução. Os valores de área foliar específica (AFE), taxa de assimilação líquida (TAL) e taxa de crescimento relativo (TCR) também diminuem ao longo do período de crescimento (PINTO, 1993), variáveis essas relacionadas com o componente morfológico folha e com a eficiência fotossintética das plantas.

Mott et al. (1992), investigando o efeito da desfolhação sobre a persistência de gramíneas forrageiras, observaram que espécies mais sensíveis à desfolhação apresentaram menor capacidade de manter balanço de carbono positivo após desfolhação, o que pode ser ocasionado por TAL e AFE reduzidas e também por grande proporção de bainhas foliares residuais, tecidos reconhecidamente de baixa capacidade fotossintética. Ruggieri et al. (1994) relataram menores valores de TCR sob desfolhações menos freqüentes, o que deveu-se à qualidade do material remanescente após desfolhação caracterizada pela presença de folhas de baixa capacidade fotossintética. Segundo Robson (1973), a taxa fotossintética líquida do dossel elevou-se durante as primeiras semanas de rebrotação, acompanhando a evolução do IAF. Posteriormente, a fotossíntese do dossel diminuiu e, num terceiro momento voltou a aumentar. Tal fenômeno pode ser explicado pela elevação no IAF num primeiro momento, contribuindo para o aumento na fotossíntese do dossel apesar da redução na capacidade fotossintética das novas folhas sendo produzidas (WOLEDGE, 1973). Em um segundo momento, o sombreamento mútuo reduziu a fotossíntese líquida do dossel e, em um terceiro momento, a capacidade fotossintética voltou a aumentar devido ao alongamento de colmos, elevando os meristemas apicais para o topo do dossel e possibilitando o desenvolvimento das novas folhas em ambiente mais iluminado, condição que resultou em aumento de sua capacidade fotossintética (ROBSON, 1973).

Gomide et al. (2003), analisando o crescimento de *Panicum maximum* cv. Mombaça cultivado em vasos relataram redução progressiva da TAL durante a rebrotação e efeito da duração do crescimento anterior à desfolhação sobre essa variável. Assim, plantas desfolhadas aos 16 dias apresentaram TAL decrescente a partir de um valor inicial de 39,9 g/m<sup>2</sup>.dia<sup>-1</sup>; por outro lado, plantas desfolhadas após 37 dias de crescimento apresentaram valor negativo de TAL no início da rebrotação, seguido de valores crescentes e posterior redução. Para a RAF, após os cortes aos 16 e 37 dias de estabelecimento, os mesmos autores relataram elevação inicial na RAF e posterior declínio com o decorrer da rebrotação. Menores valores de RAF foram observados na rebrotação após corte aos 37 dias, decorrentes da maior biomassa residual.

Assim, o entendimento da dinâmica dos processos de crescimento e desenvolvimento de plantas forrageiras e sua relação com a produção de forragem permitem uma melhor interpretação dos resultados da análise de crescimento e suas inter-relações com os processos fisiológicos das plantas.

### 1.3 O capim-mulato

O cultivar mulato é um híbrido do gênero *Brachiaria* (apesar de híbrido, é geneticamente estável e, portanto, não há segregação de uma geração para outra), obtido a partir de cruzamentos iniciados em 1988 no Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), localizado em Cali, na Colômbia. O cruzamento foi entre o clone sexual 44-6 de *Brachiaria ruziziensis* e a espécie tetraplóide apomítica *Brachiaria brizantha* CIAT 6294, que corresponde ao cultivar Marandu no Brasil. Os primeiros testes de campo do híbrido foram feitos em 1994 pelo próprio CIAT. Em 1996 foram enviadas sementes experimentais do híbrido a vários países da América Central, Filipinas, China e México para avaliações de adaptação. Seguindo as normas de classificação de germoplasma no CIAT, o híbrido foi identificado nos anos seguintes como o acesso *Brachiaria* híbrido CIAT 36061. No ano de 2000 a companhia de sementes Papalotla do México adquiriu os direitos exclusivos de multiplicação e comercialização do mencionado híbrido (CIAT, 2005).

O capim-mulato caracteriza-se por apresentar um número de folhas que varia de nove a dez por perfilho, que se projetam vertical e horizontalmente ao mesmo tempo até a cobertura vegetal. Isso resulta em uma estrutura de dossel forrageiro caracterizado por elevada densidade e volume

de folhas, contribuindo para aumento do consumo de forragem e melhor eficiência de utilização pelos animais. Possui um sistema radicular profundo, conferindo grande resistência às condições de seca (GARCIA; NAVA, 2006). A inflorescência é uma panícula de 30 a 40 cm de comprimento com 3 a 8 ráceros (LOCH; MILES, 2002). Uma das características marcantes é o alto potencial de perfilhamento, que contribui para uma ótima cobertura do solo evitando a incidência de ervas daninhas (PINZÓN; SANTAMARÍA, 2005). Esta gramínea tem um alto potencial para produção de forragem, entretanto essa característica irá depender principalmente da característica de solo no qual será implantada. A utilização ou não de adubação, seja ela nitrogenada ou com outras fontes, irá também influenciar em sua produtividade. Seu sistema radicular é profundo, o que permite que suporte períodos prolongados de escassez de água. Possui elevado conteúdo de carboidratos não-estruturais utilizados como reserva orgânica para rebrotação (CIAT, 1999).

Trabalhos científicos utilizando o capim-mulato são ainda escassos na literatura nacional. Dessa forma, torna-se necessário o estudo dessa gramínea mais profundamente no que diz respeito a sua adaptação ao clima, solo e manejo do pastejo. O capim-mulato tem se mostrado como um capim promissor e seu uso já vêm sendo difundido amplamente entre os pecuaristas. Por isso, é interessante o direcionamento de pesquisas para a determinação de protocolos de manejo do pastejo que facilitem a exploração desse capim, proporcionando a sustentabilidade e maiores índices de produtividade de sistemas pastoris baseados em sua adequada utilização.

#### **1.4 Hipótese**

Variações climáticas ao longo do ano agrícola e de manejo do pastejo afetam o crescimento das plantas forrageiras assim como os processos fisiológicos envolvidos (fotossíntese, respiração e partição de fotoassimilados) (Figura 1). Manipulação dessas respostas por meio de práticas de manejo da desfolhação pode resultar em aumento de produção e produtividade de forragem, permitindo a definição de estratégias de manejo do pastejo eficientes que assegurem produtividade e longevidade dos pastos.

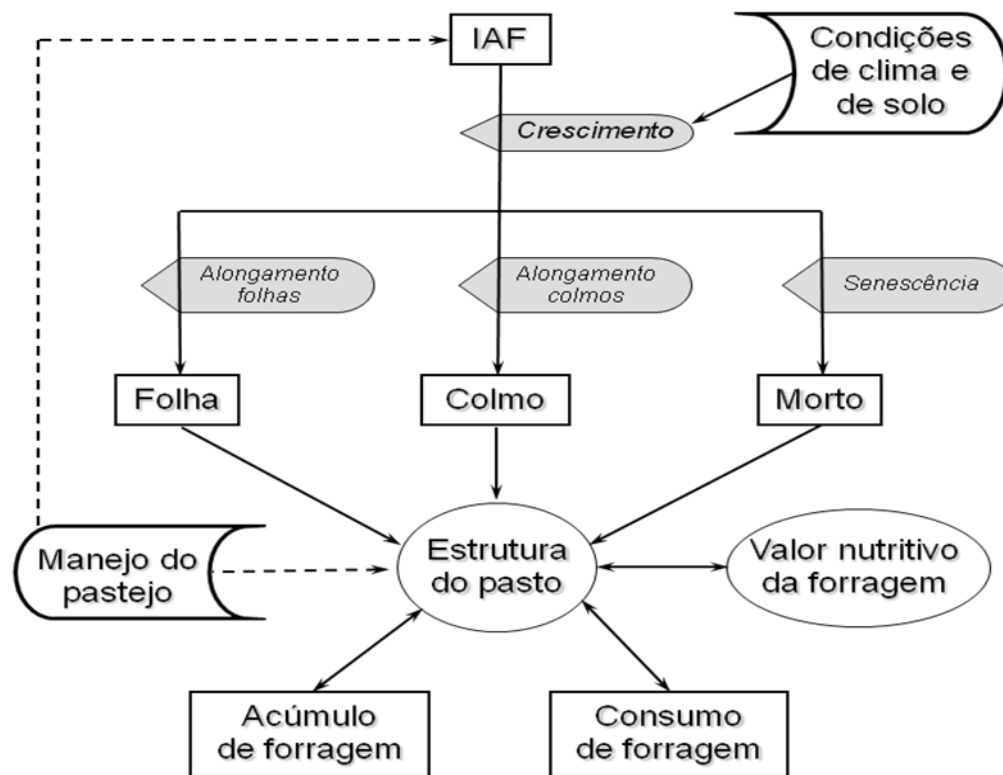


Figura 1 – Modelo conceitual correspondente à hipótese de trabalho (caixas representam quantidades, formas em cinza representam taxas de processos e balões de diferentes formatos representam fatores que afetam e são afetados no processo)

### 1.5 Objetivo

O objetivo deste estudo foi avaliar o padrão de crescimento de pastos de capim-mulato submetidos a estratégias de pastejo rotativo utilizando as premissas básicas da análise clássica de crescimento proposta por Radford (1967), buscando gerar interpretações fisiológicas importantes para o planejamento e idealização de práticas de manejo do pastejo.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Unidade Experimental de Plantas Forrageiras (UEPF) do Departamento de Zootecnia, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP, cujas coordenadas geográficas aproximadas são 22°42’ de latitude sul, 47°37’ de longitude oeste e 550 metros de altitude (OMETTO, 1989). O relevo da área experimental classifica-se entre suave a moderadamente ondulado e o solo corresponde a uma transição entre Chernossolo argilúvico órtico típico e Vertissolo hidromórfico órtico chernossólico de textura argilosa e eutrófico (EMBRAPA, 1999), de elevada fertilidade (Tabela 1). Dados climáticos coletados no Posto Meteorológico da ESALQ situado cerca de 500 metros da área experimental revelaram que o verão de 2008 foi bem mais chuvoso que o verão de 2009 (Figura 2) e apontaram um déficit hídrico de julho a dezembro de 2009 (Figura 3).

Tabela 1 - Características químicas de amostras da camada superficial (0-20 cm) do solo da área experimental

Amostra	pH	MO	P	K	Ca	Mg	H+Al	SB	T	V
	CaCl <sub>2</sub>	g.dm <sup>-3</sup>	mg.dm <sup>-3</sup>				mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>			%
Bloco I	5,4	40	121	7,7	92	21	31	121	152	80
Bloco II	5,4	37	72	6,2	104	24	31	134	165	81
Bloco III	5,8	36	65	7,2	102	36	25	145	170	85
Bloco IV	5,5	41	71	4,8	118	40	34	163	197	83

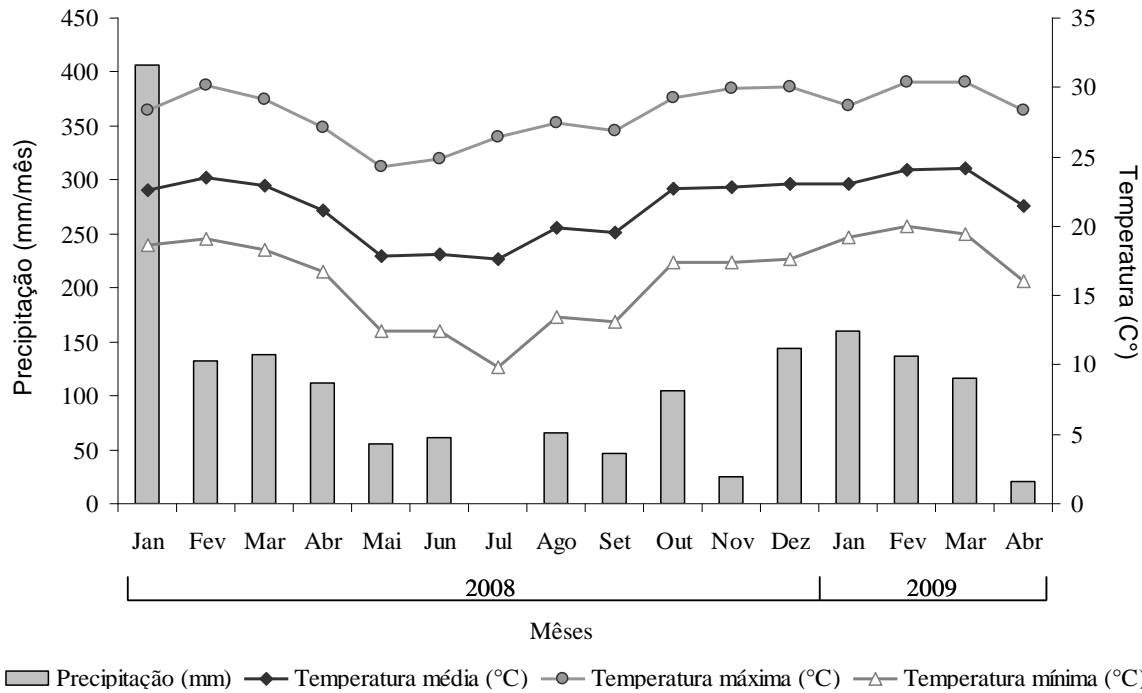


Figura 2 - Dados médio de temperatura e precipitação ao longo do período experimental, no município de Piracicaba, SP

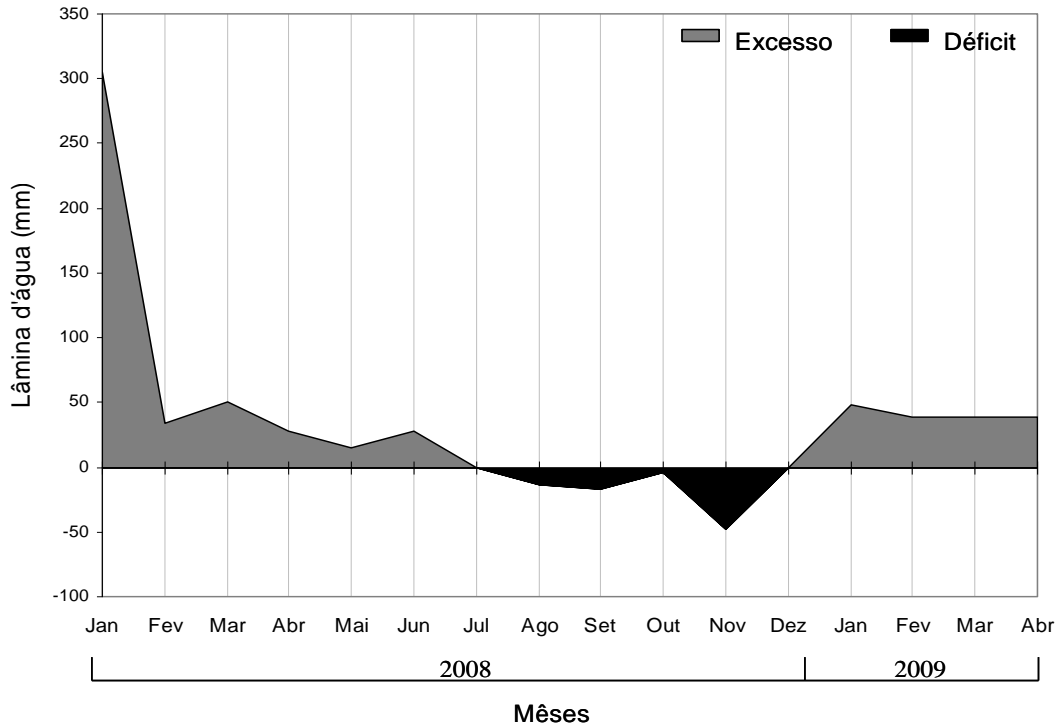


Figura 3 - Extrato do balanço hídrico mensal ao longo do período experimental (janeiro 2008 a abril de 2009) no município de Piracicaba, SP

Os tratamentos corresponderam às combinações entre duas severidades (alturas pós-pastejo de 15 e 20 cm) e dois intervalos de pastejo (tempo necessário para o dossel atingir 95 e 100% de interceptação de luz durante a rebrotação – IL). Os tratamentos foram alocados em 16 unidades experimentais (piquetes de 1200 m<sup>2</sup> cada) segundo um arranjo fatorial 2x2 e delineamento de blocos completos casualizados, com 4 repetições (Figura 4). Para o pastejo foram utilizadas novilhas das raças Nelore e Canchim com peso corporal médio inicial de 250 kg, sendo o número de animais utilizados dimensionado para o rebaixamento dos pastos em um período não superior a doze horas, assegurando a realização de pastejos diurnos apenas (“mob grazing”, GILDERSLEEVE et al., 1987).



Figura 4 - Imagem de satélite da área experimental (Fonte: software: Google® Earth – acesso online em 13/07/2010)



Os pastos de capim-mulato foram estabelecidos em novembro de 2004 utilizando-se 5 kg de sementes puras e viáveis por hectare do híbrido *Brachiaria* cultivar Mulato (CIAT 36061). Desde sua implantação a área foi consistentemente utilizada sob pastejo rotativo para a cria e recria de bovinos de corte do Departamento de Zootecnia. Antes do início do período experimental, a área foi rebaixada em 30 de novembro de 2007 com auxílio de roçadora a uma altura média de 10 cm do solo. Após a roçada foram aplicados 60 kg/ha de N e os pastos começaram a ser monitorados para início de sua utilização de conformidade com os tratamentos experimentais. No dia 12 de janeiro de 2008 foram realizados os primeiros pastejos, após os quais foram aplicados 30 kg/ha de N. O período experimental compreendeu 15 meses, e teve início somente em fevereiro de 2008, após um ciclo completo de pastejo em todas as unidades experimentais.

Foram aplicados 270 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio na forma de nitrato de amônio em cada período favorável ao crescimento das plantas. As adubações foram realizadas sempre na condição pós-pastejo. Como o intervalo de pastejo não era fixo (forma como os tratamentos foram definidos), a quantidade de N aplicada em cada piquete foi dividida por ciclo de pastejo, sendo proporcional ao período de descanso ocorrido em cada unidade experimental (Tabela 2).

Tabela 2 – Adubação nitrogenada (kg de N por piquete) durante o período experimental

Tratamento	Bloco	Parcelamento da adubação nitrogenada										TOTAL (kg/piq)
		data	kg/piq	data	kg/piq	data	kg/piq	data	kg/piq	data	kg/piq	
95-20	I	12/1/2008	12,0	28/1/2008	4,8	15/2/2008	4,5	26/2/2008	3,4	18/3/2008	5,3	30,0
	II	1/2/2008	18,2	15/2/2008	3,2	26/2/2008	3,1	9/3/2008	3,4	28/3/2008	4,6	32,5
	III	4/2/2008	19,5	17/2/2008	3,2	5/3/2008	4,0	18/3/2008	3,1	9/4/2008	2,8	32,7
	IV	15/2/2008	21,6	5/3/2008	5,0	9/4/2008	6,0					32,6
95-15	I	28/1/2008	16,3	19/2/2008	5,8	9/3/2008	5,0	28/3/2008	5,6			32,7
	II	21/1/2008	14,1	17/2/2008	7,7	7/3/2008	5,3	1/4/2008	5,6			32,6
	III	2/2/2008	18,6	5/3/2008	8,3	9/4/2008	5,7					32,6
	IV	7/2/2008	20,5	5/3/2008	6,7	9/4/2008	5,4					32,6
100-20	I	20/1/2008	13,8	21/2/2008	9,3	21/3/2008	7,4	17/4/2008	2,2			32,6
	II	4/2/2008	19,5	5/3/2008	8,0	28/3/2008	5,0					32,5
	III	6/2/2008	20,2	28/2/2008	6,1	1/4/2008	6,3					32,5
	IV	21/2/2008	24,3	21/3/2008	8,0							32,3
100-15	I	2/2/2008	18,9	7/3/2008	9,3	29/3/2008	4,6					32,8
	II	4/2/2008	19,5	9/3/2008	9,6							29,1
	III	15/2/2008	21,6	21/3/2008	9,3							30,9
	IV	15/2/2008	21,6	21/3/2008	10,2							31,8

O monitoramento da interceptação luminosa pelo dossel forrageiro foi feito no pós-pastejo, logo após a saída dos animais dos piquetes; semanalmente, durante a rebrotação até que 90% de IL fossem atingidos; e, a partir desse ponto, a cada dois dias até que as metas de 95 e 100% de IL fossem atingidas utilizando-se aparelho analisador de dossel marca LI-COR modelo LAI 2000 (LI-COR, Lincoln, Nebraska, EUA). No final do período experimental as médias de IL obtidas foram 95,1 e 99,2% para os tratamentos de 95 e 100% de IL, respectivamente. As medições foram feitas em dez estações de leitura por unidade experimental (locais onde as alturas representavam a condição média dos pastos no momento da amostragem – avaliação visual da altura e massa de forragem). Foram tomadas cinco leituras no nível do solo e uma leitura acima do dossel em cada estação, totalizando 50 leituras no nível do solo e dez acima do dossel por piquete. A altura do dossel foi determinada com a mesma frequência das avaliações de IL utilizando-se um “sward stick” (BARTHAM, 1985), sendo tomadas 100 leituras ao longo de

trajetórias definidas *a priori* e utilizadas de forma consistente durante todo o período experimental em cada piquete.

Avaliações de densidade populacional de perfilhos (DPP) foram feitas por meio da contagem do número total de perfilhos existentes no interior de armações metálicas de 0,25 m<sup>2</sup> (0,25 x 1,00 m) posicionadas em quatro pontos por piquete representativos da condição média dos pastos no momento da amostragem. Por ocasião das avaliações de DPP foram coletados 60 perfilhos por piquete. Cada coleta foi realizada em seis pontos por parcela, sendo coletados 10 perfilhos basais por ponto (contendo todos os perfilhos aéreos deles provenientes), os quais foram cortados com tesoura rente ao solo, identificados, acondicionados em sacos plásticos e imediatamente levados ao laboratório para realização das avaliações. As coletas foram feitas no pré-pastejo, pós-pastejo e em fase intermediária do processo de rebrotação (condição em que o dossel apresentava altura igual à média aritmética simples entre as condições de pré e de pós-pastejo calculada com base nos resultados do ciclo de pastejo imediatamente anterior à avaliação sendo executada). Os 60 perfilhos basais assim colhidos foram levados para o laboratório, colocados sobre um balcão e, aleatoriamente, apanhados um a um. Quando o perfilho escolhido possuía perfilhos aéreos, estes eram separados dos basais, classificados como aéreos e contabilizados. Isso era feito até se atingir o número de 60 perfilhos no total, incluindo, portanto, basais e aéreos e o restante do material descartado. Em seguida, os perfilhos selecionados foram submetidos a separação manual nos componentes morfológicos folhas (lâminas foliares), colmos (colmos + bainhas) e material morto. As lâminas foliares foram passadas em aparelho integrador de área foliar marca LI-COR, modelo LI-3100, para obtenção da área foliar média por perfilho (AF) (cm<sup>2</sup>). Posteriormente, cada componente foi acondicionado em sacos de papel e levado à estufa a 65°C por 72 h, e então pesado em balança digital, sendo os resultados utilizados para o cálculo da massa seca média de folhas (MSF) e de colmos (MSC) por perfilho.

O valor do peso seco dos componentes folhas e colmos de perfilhos individuais foi multiplicado pela densidade populacional de perfilhos (DPP; perfilhos.m<sup>-2</sup>), obtendo-se assim a massa seca da parte aérea por metro quadrado (MSPA; g.m<sup>-2</sup>). O índice de área foliar (IAF) foi obtido a partir da equação  $IAF = DPP \times AF$ . As variáveis taxa de crescimento da cultura (TCC; g.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>), taxa de crescimento relativo (TCR; g.g<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>), taxa de assimilação líquida (TAL; g.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>) e razão de área foliar (RAF; m<sup>2</sup>.g<sup>-1</sup>) foram calculadas a partir dos valores de MSPA e IAF, conforme Radford (1967). Razão de peso foliar (RPF; g/g<sup>-1</sup>) e área foliar específica (cm<sup>2</sup>.g<sup>-1</sup>)

foram calculadas conforme descrito por Benincasa (1986). Antes da realização dos cálculos, os dados de MSPA e IAF foram plotados em relação aos dias de avaliação ao longo de cada período de rebrotação como forma de testar a premissa básica da análise de crescimento (RADFORD, 1967), de que ao longo do período  $t_1$  (pós-pastejo anterior) a  $t_2$  (pré-pastejo atual) tanto a área foliar como a massa seca aumentavam de forma contínua segundo uma relação linear. As fórmulas utilizadas para o cálculo das variáveis da análise de crescimento (TCC, TCR, TAL, RAF, RPF e AFE) foram:

$$TCC = (P_2 - P_1) / (t_2 - t_1)$$

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

$$TAL = ((P_2 - P_1) / (IAF_2 - IAF_1)) * ((\log IAF_2 - \log IAF_1) / (t_2 - t_1))$$

$$RAF = \frac{1}{2} ((IAF_1 / P_1) + (IAF_2 / P_2))$$

$$RPF = MSF / MSPA$$

$$AFE = IAF/MSF$$

Onde:  $P_1$  e  $P_2$  são os valores de massa seca total da parte aérea (MSPA) nos tempos  $t_1$  (pós-pastejo anterior) e  $t_2$  (pré-pastejo atual), respectivamente;  $IAF_1$  e  $IAF_2$  são os valores de índice de área foliar nos tempos  $t_1$  e  $t_2$ , respectivamente; MSF é a massa seca de folhas.

Foram realizadas também amostragens para determinação da massa de forragem pré e pós-pastejo em locais dos piquetes que representavam a condição média dos pastos no momento da amostragem (avaliação de altura e massa de forragem) utilizando-se uma armação metálica de 0,90 x 0,37 m (0,333 m<sup>2</sup>). Foram colhidas três amostras por piquete cortando-se a forragem, com auxílio de um aparador de cerca viva, no nível do solo. Estas foram combinadas para formar uma amostra composta, a qual teve sua massa quantificada e foi separada em duas sub-amostras, uma para determinação do teor de matéria seca e outra para separação manual dos componentes morfológicos folha (lâminas foliares), colmo (bainhas foliares e colmo) e material morto. As lâminas foliares foram passadas pelo integrador de área foliar (Aparelho Li-Cor.Inc. modelo LAI-3100 *Area Meter*) para determinação da área foliar da amostra e os valores utilizados para calcular o IAF dos pastos.

Em função dos intervalos variáveis de pastejo para cada tratamento e repetição, conseqüência da forma como os tratamentos foram definidos, os dados foram agrupados em épocas do ano dentro das quais o comportamento das variáveis estudadas era relativamente

uniforme, mas que, entre si, representavam mudanças potencialmente importantes em padrão de resposta ao longo do período experimental. Assim, o período experimental foi dividido nas seguintes épocas do ano: verão 1 (janeiro a março de 2008), outono/inverno/início de primavera (abril a novembro de 2008), final de primavera (novembro e dezembro de 2008) e verão 2 (janeiro a março de 2009).

A análise estatística dos dados foi realizada utilizando-se o PROC MIXED do pacote estatístico SAS<sup>®</sup> (*Statistical Analysis System*), versão 9.2 para Windows<sup>®</sup>, (SAS INSTITUTE, 2004). Na escolha da matriz de variância e covariância foi utilizado o Critério de Informação de Akaike (WOLFINGER, 1993). Assim, foi possível detectar os efeitos das causas de variação principais (altura pós-pastejo, IL e época do ano) bem como da interação entre elas. Os efeitos de altura pós-pastejo, IL e época do ano e suas interações foram considerados fixos e o efeito de blocos considerado aleatório (LITTEL et al., 2000). Todo o conjunto de dados foi testado de forma a assegurar que as prerrogativas básicas da análise de variância fossem atendidas e, quando necessário, transformações dos dados foram realizadas antes da análise de variância. As médias dos tratamentos foram estimadas utilizando-se o “LSMEANS” e a comparação entre elas por meio da probabilidade da diferença (“PDIFF”), usando o teste “t” de “Student” e um nível de significância de 5%.

## **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **3.1. Resultados**

#### **3.1.1 Intervalo de pastejo**

O intervalo de pastejo variou em função da IL ( $P=0,0004$ ), época do ano ( $P<0,0001$ ) e das interações IL x altura pós-pastejo ( $P<0,0001$ ), época do ano x IL ( $P<0,0001$ ) e época do ano x IL x altura pós-pastejo ( $P=0,0441$ ). Com exceção do final de primavera, pastos submetidos ao tratamento 100/15 apresentaram maiores intervalos de pastejo que pastos submetidos ao tratamento 95/15. Por outro lado, pastos submetidos ao tratamento 100/20 apresentaram maiores intervalos de pastejo que pastos submetidos ao tratamento 95/20 ao longo de todo o período experimental (Tabela 3). Nos pastos manejados a 95% de IL não houve diferença em intervalo de pastejo para as alturas de resíduo de 15 e 20 cm, exceto durante o verão 1, época em que a altura pós-pastejo de 15 cm resultou em maior intervalo que a de 20 cm. Por outro lado, quando os pastos foram manejados a 100% de IL, maiores intervalos de pastejo foram registrados para a altura pós-pastejo de 15 cm, exceção ao outono/inverno/início de primavera, época em que não houve diferença entre as alturas pós-pastejo avaliadas.

Tabela 3 - Intervalo de pastejo (dias) em pastos de capim-mulato submetidos a estratégias de pastejo rotativo de janeiro de 2008 a abril de 2009

Altura de resíduo (cm)	Interceptação luminosa (%)	
	95	100
<b>Verão 1 (EPM = 1,3):</b>		
15	24 Ba	31 Aa
20	17 Bb	26 Ab
<b>Outono/inverno/início de primavera (EPM = 11,8):</b>		
15	175 Ba	228 Aa
20	174 Ba	220 Aa
<b>Final de primavera (EPM = 1,8):</b>		
15	64 Aa	60 Aa
20	63 Aa	51 Bb
<b>Verão 2 (EPM = 2,3):</b>		
15	19 Ba	46 Aa
20	17 Ba	37 Ab

Verão 1 = 01 janeiro a 31 março de 2008; Outono/inverno/início de primavera = 01 abril a 15 novembro de 2008; Final primavera = 16 novembro a 31 dezembro 2008; Verão 2 = 01 janeiro a 31 março de 2009. Médias de tratamento (IL/altura de resíduo) dentro de época do ano seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem entre si ( $P>0,05$ ). Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média.

### 3.1.2 Índice de área foliar (IAF)

Os IAF pós-pastejo variou com a IL ( $P=0,0439$ ), altura pós-pastejo ( $P<0,0001$ ), época do ano ( $P<0,0001$ ) e com as interações época do ano x IL ( $P<0,0001$ ) (Tabela 4) e época do ano x altura pós-pastejo ( $P<0,0001$ ) (Tabela 5). Durante o verão 1 e 2 maiores valores de IAF pós-pastejo foram registrados nos pastos manejados a 95% relativamente àqueles manejados a 100% de IL (Tabela 4). De forma geral os maiores valores de IAF pós-pastejo foram registrados durante o verão, particularmente para os pastos manejados a 95% de IL. Comportamento semelhante ocorreu para os pastos manejados com altura pós-pastejo de 20 cm relativamente àqueles manejados a 15 cm, sendo que maiores valores de IAF pós-pastejo foram registrados nos pastos manejados a 20 cm de altura de resíduo ao longo de todo o período experimental (Tabela 5).

Tabela 4 - Índice de área foliar na condição de pós-pastejo de pastos de capim-mulato submetidos a pastejo rotativo aos 95 e 100% de interceptação de luz pelo dossel durante a rebrotação de janeiro de 2008 a março de 2009

Época do ano	Interceptação luminosa (%)	
	95	100
<b>Verão 2008</b>	2,2 Aa (0,07)	1,7 Ba (0,07)
<b>Outono/inverno/início de primavera</b>	1,3 Ac (0,16)	1,2 Abc (0,16)
<b>Final de primavera</b>	1,6 Ac (0,09)	1,3 Ab (0,09)
<b>Verão 2009</b>	1,7 Ab (0,09)	1,3 Bc (0,09)

Verão 1 = 01 janeiro a 31 março de 2008; Outono-inverno-início primavera = 01 abril a 15 novembro de 2008; Final primavera = 16 novembro a 31 dezembro 2008; Verão 2 = 01 janeiro a 31 março de 2009. Médias de interceptação luminosa dentro de época do ano seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem entre si ( $P>0,05$ ). Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média.

Tabela 5 - Índice de área foliar na condição de pós-pastejo de pastos de capim-mulato submetidos a pastejo rotativo com alturas de resíduo de 15 e 20 cm de janeiro de 2008 a março de 2009

Época do ano	Altura pós-pastejo (cm)	
	15	20
<b>Verão 2008</b>	1,4 Ba (0,07)	2,4 Aa (0,07)
<b>Outono-inverno-início de primavera</b>	0,9 Bc (0,15)	1,6 Ab (0,15)
<b>Final de primavera</b>	1,2 Bbc (0,09)	1,7 Ab (0,09)
<b>Verão 2009</b>	1,3 Bab (0,09)	1,7 Ab (0,09)

Verão 1 = 01 janeiro a 31 março de 2008; Outono-inverno-início primavera = 01 abril a 15 novembro de 2008; Final primavera = 16 novembro a 31 dezembro 2008; Verão 2 = 01 janeiro a 31 março de 2009. Médias de altura de resíduo dentro de época do ano seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem entre si ( $P>0,05$ ). Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média.

O IAF pré-pastejo variou com a IL ( $P<0,0001$ ), época do ano ( $P<0,0001$ ) e com as interações época do ano x IL ( $P=0,0004$ ), época do ano x altura pós-pastejo ( $P=0,0225$ ) e época do ano x IL x altura pós-pastejo ( $P=0,0289$ ) (Tabela 6). De forma geral, pastos manejados a 100% de IL apresentaram maior valor de IAF pré-pastejo que pastos manejados a 95% de IL



(Tabela 6) durante o verão 1 e verão 2. Adicionalmente, nos pastos manejados a 95% de IL não houve diferença entre as alturas pós-pastejo de 15 e 20 cm. Fato semelhante ocorreu com os pastos manejados a 100% de IL, exceto durante o verão 2, época em que maior IAF pré-pastejo foi registrado nos pastos manejados com altura de resíduo de 20 cm.

Tabela 6 - Índice de área foliar na condição de pré-pastejo de pastos de capim-mulato submetidos a estratégias de pastejo rotativo de janeiro de 2008 a março de 2009

Altura pós-pastejo (cm)	Interceptação luminosa (%)	
	95	100
<b>Verão 1 (EPM = 0,21)</b>		
15	4,2 Ba	6,1 Aa
20	4,7 Ba	5,7 Aa
<b>Outono-inverno-início primavera (EPM = 0,30)</b>		
15	3,8 Aa	3,8 Aa
20	3,8 Aa	3,7 Aa
<b>Final primavera (EPM = 0,39)</b>		
15	4,9 Aa	5,9 Aa
20	5,1 Aa	5,8 Aa
<b>Verão 2 (EPM = 0,20)</b>		
15	4,6 Ba	6,0 Ab
20	4,8 Ba	7,5 Aa

Verão 1 = 01 janeiro a 31 março de 2008; Outono-inverno-início primavera = 01 abril a 15 novembro de 2008; Final primavera = 16 novembro a 31 dezembro 2008; Verão 2 = 01 janeiro a 31 março de 2009. Médias de altura de resíduo dentro de época do ano seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem entre si ( $P>0,05$ ). Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média.

### 3.1.3 Taxa de crescimento da cultura

A taxa de crescimento da cultura (TCC) foi afetada pela época do ano ( $P<0,0001$ ) e pela interação época do ano x IL x altura pós-pastejo ( $P=0,0296$ ) (Tabela 7). No verão 1 a TCC dos pastos submetidos ao tratamento 100/20 foi maior que aquela dos pastos submetidos aos demais tratamentos, sendo que no verão 2 os maiores valores foram registrados para os pastos submetidos ao tratamento 95/15 relativamente aos pastos submetidos aos tratamentos 100/15 e 100/20. Durante o outono/inverno/início de primavera houve redução da TCC em relação ao verão 1, com valores 6 e 4 vezes menores para pastos manejados a 95% e 100% de IL,

respectivamente. Durante o final da primavera os valores de TCC voltaram a aumentar, porém não foram registradas diferenças entre tratamentos ( $P > 0,05$ ).

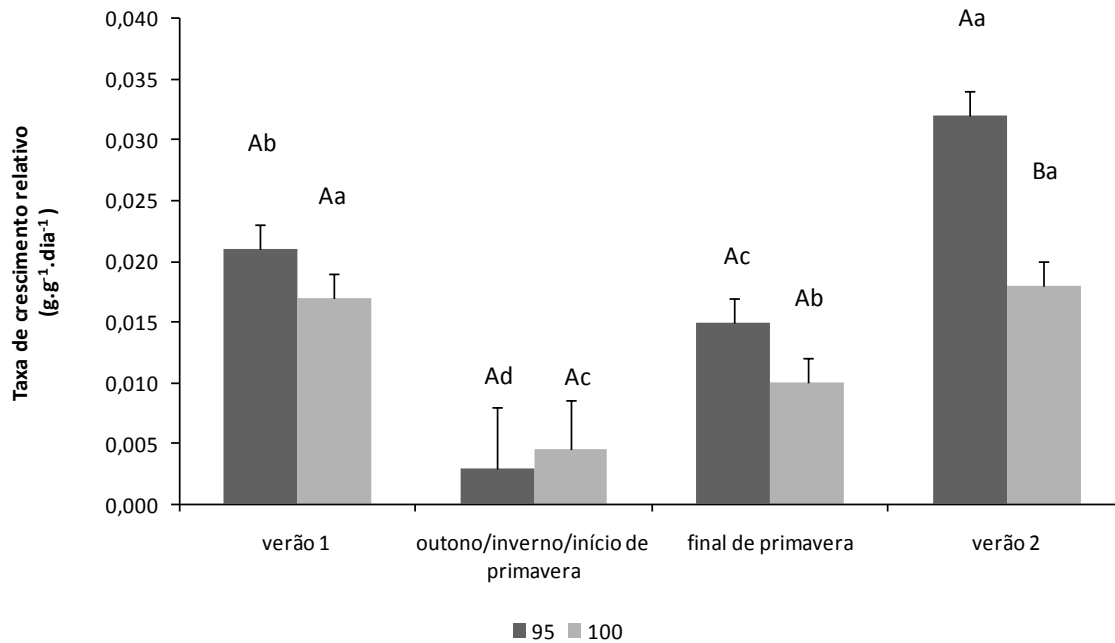
Tabela 7 - Taxa de crescimento da cultura ( $\text{g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ ) de pastos de capim-mulato submetidos a estratégias de pastejo rotativo de fevereiro de 2008 a abril de 2009

Altura pós-pastejo (cm)	Interceptação luminosa (%)	
	95	100
<b>Verão 1:</b>		
15	13,69 B' (2,63)	7,40 B' (2,63)
20	11,23 B' (2,83)	25,59 A' (2,83)
<b>Outono/inverno/início de primavera:</b>		
15	2,78 AB' (0,83)	4,25 A' (0,83)
20	1,53 B' (0,91)	3,29 AB' (0,83)
<b>Final de primavera:</b>		
15	11,52 A' (3,07)	9,98 A' (3,07)
20	9,30 A' (3,07)	12,36 A' (3,48)
<b>Verão 2:</b>		
15	29,45 A' (3,07)	15,96 B' (3,07)
20	21,94 AB' (3,07)	19,38 B' (3,07)

verão 1 = 01 fevereiro a 31 março de 2008; outono/inverno/início de primavera = 01 abril a 15 novembro de 2008; final primavera = 16 novembro a 31 dezembro 2008; verão 2 = 01 janeiro a 31 março de 2009. Médias de tratamento (IL/altura de resíduo) dentro de época do ano seguidas de mesma letra maiúscula acrescida de (') não diferem entre si ( $P > 0,05$ ). Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média.

### 3.1.4 Taxa de crescimento relativo

A taxa de crescimento relativo (TCR) foi afetada pela IL ( $P=0,0181$ ), época do ano ( $P < 0,0001$ ) e pela interação época do ano x IL ( $P=0,0009$ ) (Figura 5). Pastos manejados a 95% de IL apresentaram maiores valores de TCR que aqueles manejados a 100% de IL durante o verão 2, época em que foram registrados os maiores valores dessa variável ao longo do experimento.

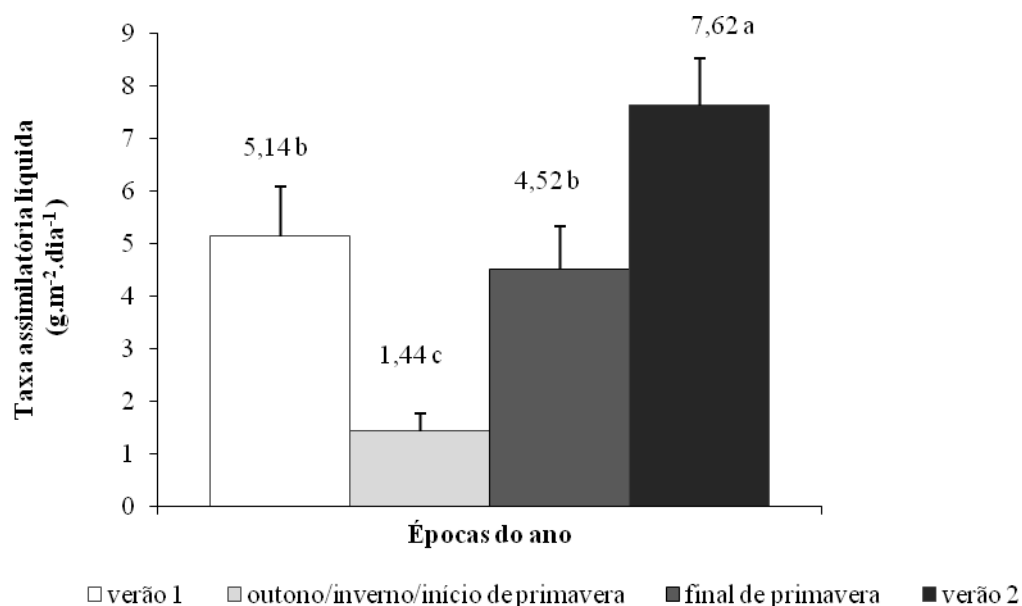


verão 1 = 01 fevereiro a 31 março de 2008; outono/inverno/início de primavera = 01 abril a 15 novembro de 2008; final primavera = 16 novembro a 31 dezembro 2008; verão 2 = 01 janeiro a 31 março de 2009. Letras maiúsculas comparam interceptação luminosa dentro de época e letras minúsculas comparam época do ano dentro de interceptação luminosa ( $P > 0,05$ ).

Figura 5 - Taxa de crescimento relativo de pastos de capim-mulato submetidos a estratégias de pastejo rotativo de fevereiro de 2008 a abril de 2009

### 3.1.5 Taxa assimilatória líquida

A taxa assimilatória líquida (TAL) foi afetada apenas pela época do ano ( $P < 0,0001$ ) (Figura 6), sendo os maiores valores registrados no verão 2 e os menores no outono/inverno/início de primavera.

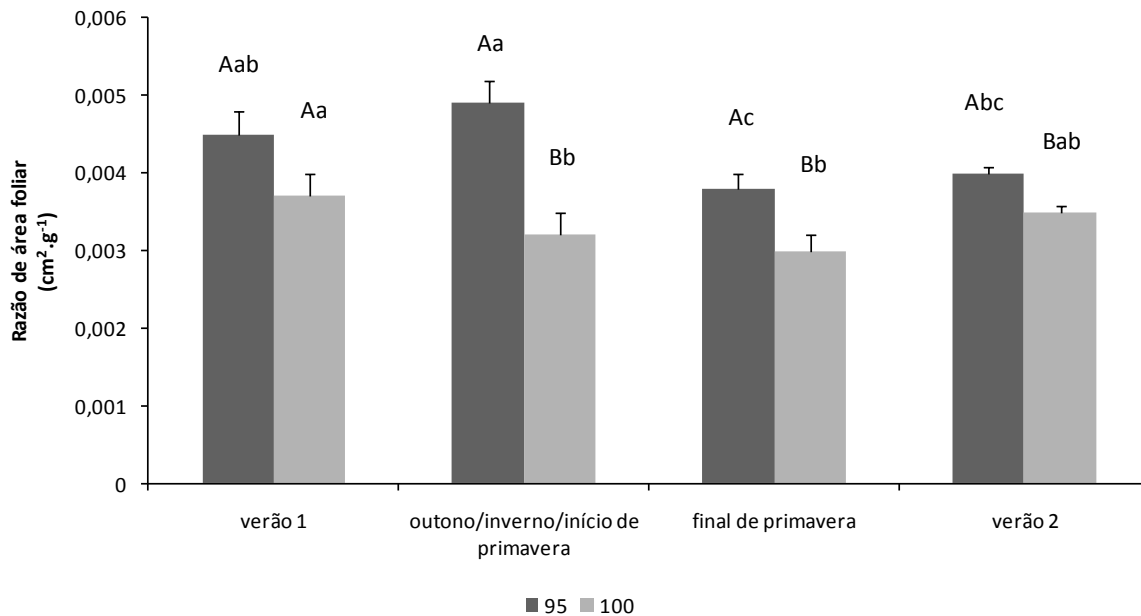


verão 1 = 01 fevereiro a 31 março de 2008; outono/inverno/início de primavera = 01 abril a 15 novembro de 2008; final primavera = 16 novembro a 31 dezembro 2008; verão 2 = 01 janeiro a 31 março de 2009.

Figura 6 - Taxa assimilatória líquida de pastos de capim-mulato submetidos a estratégias de pastejo rotativo de fevereiro de 2008 a abril de 2009

### 3.1.6 Razão de área foliar

A razão de área foliar (RAF) foi afetada pela IL ( $P=0,0059$ ), época do ano ( $P=0,0024$ ) e pela interação época do ano x IL ( $P=0,0153$ ) (Figura 7). Com exceção do verão 1, pastos manejados a 95% de IL apresentaram maiores valores de RAF que pastos manejados a 100% de IL, sendo os menores valores do experimento registrados no final da primavera.

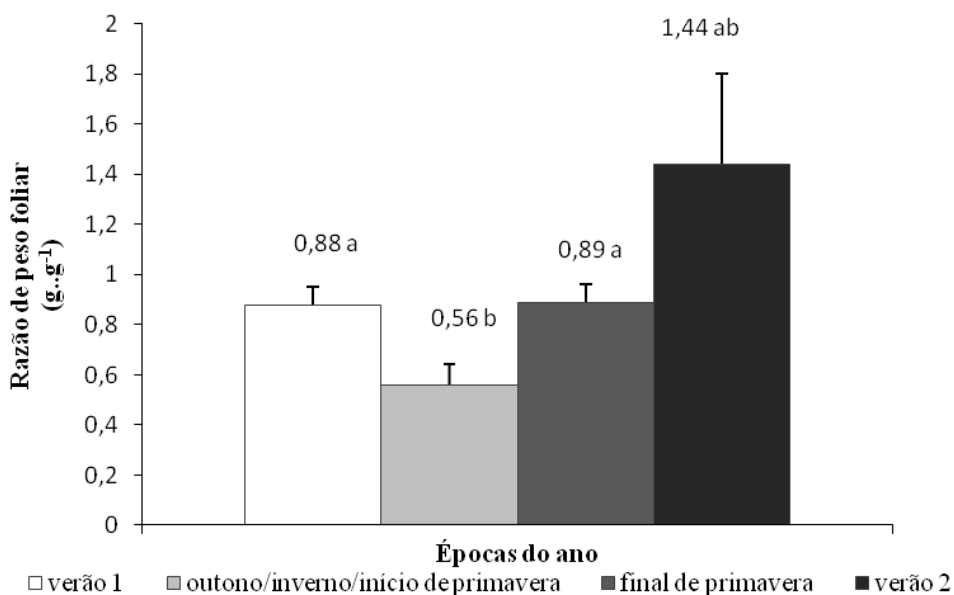


verão 1 = 01 fevereiro a 31 março de 2008; outono/inverno/início de primavera = 01 abril a 15 novembro de 008; final primavera = 16 novembro a 31 dezembro 2008; verão 2 = 01 janeiro a 31 março de 2009. Letras maiúsculas comparam interceptação luminosa dentro de época e letras minúsculas comparam época do ano dentro de interceptação luminosa ( $P > 0,05$ ).

Figura 7 – Razão de área foliar de pastos de capim-mulato submetidos a estratégias de pastejo rotativo de fevereiro de 2008 a abril de 2009

### 3.1.7 Razão de peso foliar

A razão de peso foliar (RPF) foi afetada apenas pela época do ano ( $P=0,0085$ ) (Figura 8). De forma geral, houve um contraste entre verão 2 e outono/inverno/início de primavera com valores altos e baixos, respectivamente, sendo que valores intermediários foram registrados nas demais épocas do ano (verão 1 e final de primavera).

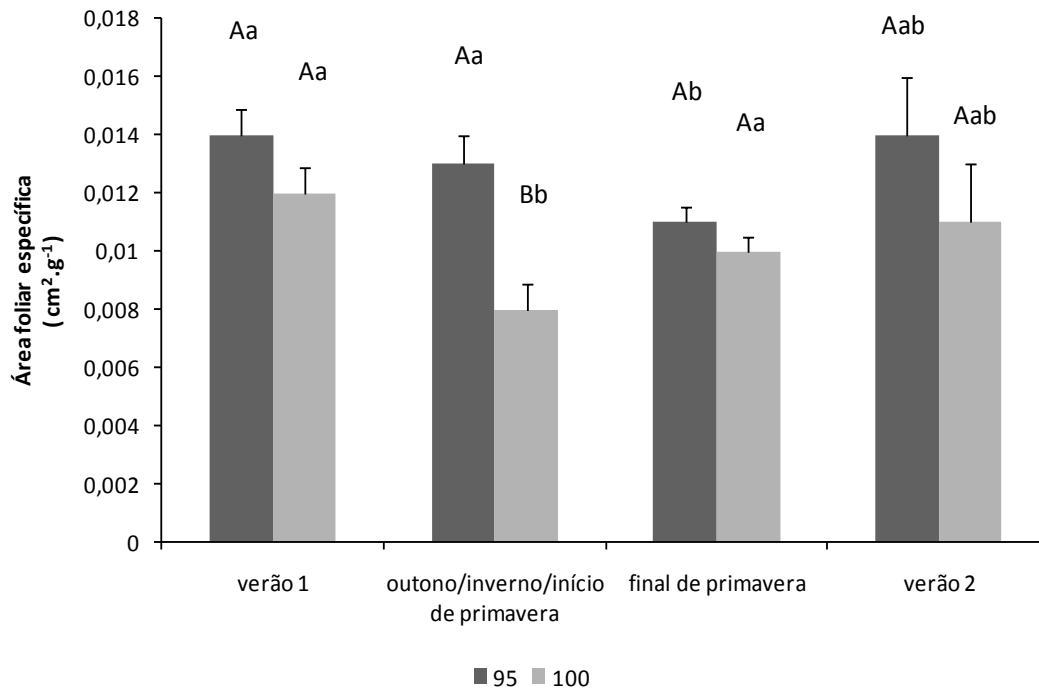


verão 1 = 01 fevereiro a 31 março de 2008; outono/inverno/início de primavera = 01 abril a 15 novembro de 2008; final primavera = 16 novembro a 31 dezembro 2008; verão 2 = 01 janeiro a 31 março de 2009. Comparação das médias pelo teste t de “Student” ( $P > 0,05$ ).

Figura 8 – Razão de peso foliar de pastos de capim-mulato submetidos a estratégias de pastejo rotativo de fevereiro de 2008 a abril de 2009

### 3.1.8 Área foliar específica

A área foliar específica (AFE) foi afetada pela IL ( $P=0,0050$ ), época do ano ( $P=0,0115$ ) e pela interação época do ano x IL ( $P=0,0007$ ) (Figura 9). De forma geral, houve redução da AFE dos pastos à medida que as condições ambientais se tornaram desfavoráveis, cuja magnitude foi maior e ocorreu mais precocemente nos pastos manejados a 100% (outono/inverno/início de primavera) relativamente àqueles manejados a 95% de IL (final de primavera).



verão 1 = 01 fevereiro a 31 março de 2008; outono/inverno/início de primavera = 01 abril a 15 novembro de 008; final primavera = 16 novembro a 31 dezembro 2008; verão 2 = 01 janeiro a 31 março de 2009. Letras maiúsculas comparam interceptação luminosa dentro de época e letras minúsculas comparam época do ano dentro de interceptação luminosa ( $P > 0,05$ ).

Figura 9 – Área foliar específica de pastos de capim-mulato submetidos a estratégias de pastejo rotativo de fevereiro de 2008 a abril de 2009

### 3.2 DISCUSSÃO

A produção de forragem é o resultado líquido final de uma série de processos fisiológicos relacionados com o crescimento e desenvolvimento das plantas forrageiras (BIRCHAM; HODGSON, 1983), os quais afetam não apenas a quantidade de forragem produzida, mas, também, a eficiência do processo de produção, a persistência da pastagem e o valor nutritivo da forragem produzida. Nesse contexto, é importante possuir indicadores que permitam avaliar como o processo de crescimento e desenvolvimento se dá, favorecendo a interpretação de resultados de experimentos de campo por meio de balizadores fisiológicos, permitindo o desenvolvimento de estratégias de manejo eficientes e/ou possibilitando a realização de ajustes finos nas estratégias sendo empregadas.

Dentre as variáveis que compõem a análise clássica de crescimento, a TCC corresponde ao resultado líquido final de processos como fotossíntese, respiração, crescimento e senescência, e só não foi afetada pelos tratamentos de pastejo durante o final de primavera (Tabela 7). Durante os verões 1 e 2 o efeito dos tratamentos de pastejo sobre essa variável-resposta era esperado, uma vez que durante o verão existe elevada disponibilidade de fatores climáticos e edáficos de crescimento e as plantas encontram-se, normalmente, em pleno crescimento vegetativo. Sob essas condições a manipulação da frequência e da severidade de pastejo por meio de estratégias de manejo do pastejo tem grande possibilidade de alterar os padrões e o ritmo de crescimento das plantas forrageiras (DA SILVA; NASCIMENTO JUNIOR, 2007). Já durante o outono/inverno/início de primavera as respostas em TCC foram resultado principalmente das modificações estruturais e morfológicas impostas pela época do ano (baixa disponibilidade de fatores de crescimento) e, particularmente, pelo estado fenológico da planta, uma vez que nessa época do ano as plantas encontravam-se em pleno desenvolvimento reprodutivo. Nessas condições, decapitação de meristemas reprodutivos resulta em morte e, conseqüentemente, redução da velocidade de crescimento das plantas (DAVIES, 1988; MATTHEW, 1992), sendo este efeito variável em função do *timing* da desfolhação, definido em função da combinação frequência-severidade de pastejo. Como o florescimento é proveniente de perfilhos de diversas gerações, maior decapitação de meristemas reprodutivos é mais provável de acontecer em situações de maior frequência relativamente a maior severidade de pastejo (DA SILVA; NASCIMENTO JR., 2007; DA SILVA et al., 2009), condição correspondente ao tratamento



95/20 neste experimento. Resultados semelhantes foram reportados por Carnevalli et al. (2006) e por Barbosa et al. (2007) para os capins mombaça e tanzânia submetidos a protocolo experimental análogo ao utilizado neste estudo. A TCC é resultado do produto entre o IAF e a TAL dos pastos. Uma vez que a TAL variou apenas em função da época do ano (Figura 6), as diferenças registradas entre tratamentos em TCC foram consequência de variações no IAF dos pastos, particularmente na condição pós-pastejo (Tabelas 4 e 5), e na duração do processo de rebrotação (intervalo de pastejo) (Tabela 3). Esse efeito do índice de área foliar residual (pós-pastejo) e do intervalo de desfolhação sobre o crescimento e rebrotação dos pastos foi amplamente demonstrado pelos trabalhos clássicos de Brougham na década de 50 (BROUGHAM, 1955, 1956, 1958) para gramíneas forrageiras de clima temperado e mais recentemente para gramíneas forrageiras tropicais (DA SILVA; NASCIMENTO JR., 2007; PEDREIRA; PEDREIRA, 2007; ALEXANDRINO et al., 2005b; ANDRADE et al., 2005). Dessa forma, quanto maior a área foliar remanescente após o pastejo disponível para interceptação de luz e produção de compostos orgânicos, menor a dependência das plantas de suas reservas orgânicas e mais rápida a restauração da parte aérea e da área foliar dos pastos, aumentando a velocidade de rebrotação e acúmulo de forragem.

Em ambos os verões, o IAF residual de pastos manejados a 95% de IL foi maior que aquele de pastos manejados a 100% de IL. Por outro lado, a altura pós-pastejo de 20 cm resultou em IAF residual maior que a de 15 cm ao longo de todo o período experimental. No verão 1 a diferença em IAF residual entre os tratamentos de 95% e 100% de IL foi menor que a diferença entre os tratamentos de altura pós-pastejo 15 e 20 cm. O fato, associado ao maior intervalo de pastejo dos pastos manejados a 100% de IL relativamente àqueles manejados a 95% de IL, resultou nos maiores valores de TCC sendo registrados para o tratamento 100/20 naquela época do ano. Assim, a combinação de maior área foliar e intervalo de pastejo mais longo determinou a maior TCC para o tratamento 100/20 durante o verão 1 que, por sua vez, resultou em maiores valores de massa de forragem pré-pastejo caracterizada por maior porcentagem de colmos e material morto relativamente aos pastos manejados a 95% de IL (SILVEIRA, 2010). Esse padrão de resposta é consistente com aquele descrito por Carnevalli et al. (2006), Barbosa et al. (2007) e Pedreira et al. (2007) em experimentos análogos com capim-mombaça, capim-tanzânia e capim-xaraés, respectivamente, que demonstraram aumentos consistentes em taxa de acúmulo de forragem (correspondente à TCC neste trabalho) mesmo após a condição de 95% de IL para

interrupção da rebrotação. Contudo, os resultados desses experimentos demonstraram claramente que apesar de o acúmulo de matéria seca total ser crescente ao longo da rebrotação, o acúmulo de folhas era máximo até 95% de IL, condição a partir da qual os incrementos em matéria seca acumulada eram função exclusivamente do acúmulo de colmos e de material morto, indicando uma mudança nos padrões de partição e uso de fotoassimilados pela planta forrageira. A partir da condição de 95% de IL inicia-se competição mais acirrada por luz no interior do dossel, o que desencadeia uma alteração nas respostas morfogênicas das plantas caracterizada por diminuição das taxas de aparecimento e alongamento de folhas e aumento das taxas de alongamento de colmos e senescência foliar (CARNEVALLI, 2003; BARBOSA, 2004; ZEFERINO, 2006; BARBERO, 2010<sup>1</sup>) que resulta em maior massa de forragem com baixa proporção de folhas e alta proporção de colmos e material morto, comprometendo o valor nutritivo da forragem produzida e dificultando o processo de rebaixamento dos pastos (TRINDADE et al., 2007). A maior proporção de folhas, de preferência jovens, no dossel está intimamente ligada à composição química das plantas forrageiras, um dos parâmetros utilizados para medir seu valor nutritivo. Com o avanço da idade das plantas as concentrações de frações fibrosas do tecido vegetal aumentam, as bainhas das folhas alcançam uma maior porcentagem de fibra bruta e lignina, as folhas velhas senescem e perdem água e os colmos alongam e se tornam menos suculentos (VAN SOEST, 1967). Assim, a proporção de folhas e tecidos jovens, além de afetar a produção de forragem, afeta também o teor de proteína bruta da forragem, o que pode vir a limitar a produção animal.

No verão 2 a diferença de IAF residual entre os tratamentos de 95% e 100% de IL e de 15 e 20 cm de altura pós-pastejo foi semelhante e, nessa condição, os maiores valores de TCC foram registrados para os tratamentos de 95% de IL, mais especificamente o 95/15. No primeiro verão os pastos ainda encontravam-se em fase de adaptação aos tratamentos de pastejo impostos aos piquetes experimentais no início de Janeiro de 2008, fato que não ocorreu no segundo verão. Nesta época do ano os valores de TCR foram maiores para os pastos manejados a 95% de IL relativamente àqueles manejados a 100% de IL, sugerindo uma massa de forragem caracterizada por maior eficiência na conversão de energia luminosa e demais fatores de crescimento em tecido vegetal (Figura 5). Esse resultado é coerente e consistente com os maiores valores de TCC

---

<sup>1</sup> Barbero, L.M. Respostas morfogênicas de pasto de capim-mulato submetidos a estratégias de pastejo rotativo por bovinos de corte. Tese de doutorado em fase final de preparação.

<sup>2</sup> Pena, K.S. Densidade populacional e dinâmica do perfilhamento em pastos de capim-mulato submetidos a

registrados nos pastos manejados a 95% durante o verão 2, e é devido ao fato de que pastos manejados a 95% de IL apresentam maior renovação de tecidos em perfilhos individuais e de perfilhos na população de plantas, fato que lhes assegura maior população de perfilhos mais jovens relativamente a pastos manejados a 100% de IL (CARNEVALLI, 2003; BARBOSA, 2004; ZEFERINO, 2006; GIACOMINI, 2008, BARBERO, 2010<sup>1</sup>; PENA, 2010<sup>2</sup>). Perfilhos mais jovens, assim como folhas mais jovens, são mais produtivos que perfilhos e folhas mais velhos (CARVALHO et al., 2001; BARBOSA, 2004; PAIVA, 2009), o que seguramente resultou nos maiores valores de TCC nos pastos manejados a 95% de IL relativamente àqueles manejados a 100% de IL no verão 2.

Maior renovação de perfilhos e tecidos no pasto também acontecem nas épocas de crescimento mais vigoroso das plantas (verão), simplesmente pela maior disponibilidade de fatores climáticos e edáficos de crescimento. Esse efeito pôde ser constatado por meio dos maiores valores de TCC registrados durante o verão (1 e 2) relativamente ao outono/inverno/início de primavera, consequência dos maiores valores de TAL e de TCR naquela época do ano. Independentemente do tratamento de pastejo considerado, o padrão de resposta da TAL foi semelhante, com maiores valores registrados no verão 2 e menores valores registrados durante o outono/inverno/início de primavera. Esse fato é coerente e consistente com o crescimento mais acelerado das plantas em condições de maior disponibilidade de recursos abióticos, o que estimula e favorece o uso de estratégias baseadas na captura de recursos como forma de otimizar seu desempenho e expressar o máximo potencial produtivo (BRISKE, 1996). Em contrapartida, em condições de limitação e/ou escassez de recursos abióticos, as plantas investem em estratégias de conservação de recursos como forma de se manter perene e estável na área. Assim, durante o verão 2, os pastos manejados a 95% de IL equilibraram a menor quantidade de massa de forragem em relação aos pastos manejados a 100% de IL com uma maior renovação de tecidos e, conseqüentemente, maior presença de tecidos jovens mais eficientes fotossinteticamente, gerando maiores valores de TCC durante essa época do ano.

Pastos submetidos a maior frequência de desfolhação possuem mais perfilhos, menores, por unidade de área que pastos submetidos a menor frequência de desfolhação (BRISKE, 1996; MATTHEW et al., 1995, 2000). Adicionalmente, se o suprimento de assimilados for menor que a

---

<sup>2</sup> Pena, K.S. Densidade populacional e dinâmica do perfilhamento em pastos de capim-mulato submetidos a estratégias de pastejo rotativo por bovinos de corte. Tese de doutorado em fase final de preparação.

demanda para o crescimento de folhas, a planta tende a limitar o número de meristemas ativos reduzindo a densidade populacional de perfilhos como forma de manter o potencial de crescimento das folhas no perfilho principal (LEMAIRE; AGNUSDEI, 2000). Diante desse argumento, é possível que os pastos manejados a 95% de IL tenham se adaptado ao manejo aumentando a densidade populacional de perfilhos (PENA, 2010<sup>2</sup>), resultado da maior frequência de pastejo sob aquelas condições (SILVEIRA, 2010). O fato realça a importância da frequência de pastejo como determinante da aceleração da renovação de tecidos e da presença de folhas jovens em comunidades de plantas forrageiras sob pastejo, indicando seu potencial de uso como forma de promover ajustes finos na condução e realização do processo de pastejo em condições de campo. Nesse contexto, a altura pós-pastejo assume importância relativa menor, indicando que sua contribuição para o manejo do pastejo seja muito mais em termos de regular a quantidade de forragem colhida e a eficiência do pastejo que regular a composição morfológica e o valor nutritivo da forragem produzida.

Uma forma da planta se adaptar aos regimes de desfolhação são ajustes na RAF, componente que expressa uma adaptação morfológica da planta. Assim, pastos manejados a 95% de IL apresentaram maior RAF que pastos manejados a 100% de IL (Figura 7), com exceção do verão 1, época em que os pastos estavam ainda se adaptando aos tratamentos de pastejo impostos. Portanto, pastos manejados com 95% de IL teriam maior proporção de folhas e área foliar por unidade de peso da massa de forragem existente relativamente a pastos manejados com 100% de IL. O fato é coerente com os maiores valores de TCR encontrados para pastos manejados com 95% de IL no verão 2, e estão de conformidade com o padrão de acúmulo de matéria seca e de componentes morfológicos ao longo da rebrotação descrito para diferentes gramíneas forrageiras tropicais utilizando protocolo experimental análogo ao utilizado neste estudo (e.g. CARNEVALLI et al., 2006, BARBOSA et al., 2007, PEDREIRA et al., 2007). As variações em RAF foram determinadas basicamente por variações em AFE (Figura 9), uma vez que não houve diferença entre tratamentos em termos de RPF (Figura 8). Variações em AFE são um indicativo de variações em morfologia da planta e correspondem a uma forma de a planta adaptar-se a diferentes condições de ambiente que lhe são impostas. Pastos manejados com 95% de IL apresentaram valores de AFE maiores que pastos manejados com 100% de IL, indicando que pastejos mais frequentes resultaram em folhas mais finas, provavelmente menores (mais curtas) e em maior número no dossel, independentemente da altura pós-pastejo avaliada, seguramente

resultado de uma maior densidade populacional de perfilhos jovens. Aumentos de AFE são interessantes, pois sugerem adaptações morfológicas que permitem à planta formação de área foliar mais eficiente (CARVALHO, 2002), com menor investimento em parede celular (lignina, hemicelulose e celulose) e maior proporção de elementos citoplasmáticos como proteínas, por exemplo, resultando em forragem de maior digestibilidade e valor nutritivo (BJORKMAN, 1981; PONTES et al., 2007; AL HAJ KHALED et al., 2006), além de maiores taxas de crescimento e competitividade (CARVALHO et al., 2006). Por outro lado variações sazonais da AFE estão inversamente relacionadas com a duração de vida das folhas (SBRISSIA, 2004), o que também foi encontrado neste experimento, uma vez que o maior valor de duração de vida das folhas foi registrado durante o outono/inverno/início de primavera (BARBERO, 2010<sup>1</sup>), período em que principalmente pastos manejados com 100% de IL apresentaram os menores valores de AFE. Já a curta longevidade das folhas em habitat produtivos seria uma consequência inevitável da maximização do crescimento (RYSER; URBAS, 2000 apud SBRISSIA, 2004), função da estratégia de captura de recursos adotada em situações de elevada disponibilidade de fatores de crescimento (CARVALHO et al., 2006). Alterações em AFE correspondem, portanto, a um indicador bastante útil para a avaliação de plantas forrageiras submetidas a condições variáveis de manejo, uma vez que permite que inferências sejam feitas acerca de modificações morfológicas, de estratégias de competição e competitividade, de produção e valor nutritivo da forragem produzida.

#### **4 CONCLUSÃO**

A estratégia de manejo mais efetiva e eficiente para o pastejo rotativo do capim-mulato corresponde ao uso de período de descanso equivalente ao tempo necessário para que o dossel atinja 95% de interceptação da luz incidente durante a rebrotação, condição que corresponde a uma altura pré-pastejo de 30 cm e que deve estar associada a uma altura pós-pastejo de 15 a 20 cm.



## REFERÊNCIAS

AL HAJ KHALED, R.; DURU, M.; DECRUYENAERE, V.; JOUANY, C.; CRUZ, P. Using leaf traits to rank native grasses according to their nutritive value. **Rangeland Ecology & Management**, Lawrence, v. 59, n. 6 p. 648-654, Nov. 2006

ALEXANDRINO, E.; GOMIDE, J.A.; GOMIDE, C.A.M. Crescimento e desenvolvimento do dossel de *Panicum maximum* cv. Mombaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 6, p. 2164-2173, nov./dez. 2005a.

\_\_\_\_\_. Período de descanso, características estruturais do dossel e ganho de peso vivo de novilhos em pastagem de capim-mombaça sob lotação intermitente. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 6, p. 2174-2184, 2005b.

ANDRADE, A.C.; FONSECA, D.M. da; LOPES, R.S.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; CECON, P.R.; QUEIROZ, D.S.; PEREIRA, D.H.; REIS, S.T. Análise de crescimento do capim-elefante 'napier' adubado e irrigado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 2, p.415-423, mar./abr. 2005.

BARBOSA, R.A. **Características morfofisiológicas e acúmulo de forragem em capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia) submetido a freqüências e intensidades de pastejo**. 2004. 122 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

BARBOSA, R.A.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; EUCLIDES, V.P.E., DA SILVA, S.C.; ZIMMER, A.H.; TORRES JUNIOR, R.A.A. Capim-tanzânia submetido a combinações entre intensidade e freqüência de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 3, p. 329-340, 2007.

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

BEADLE, D.L. Growth analysis. In: HALL, D.O.; BOLHARNORDENKAMPF, H.R.; LEEGOOD, R.C.; LONG, S.P. **Photosynthesis and production in a changing environment: a field and a laboratory manual**. London: Pergamon Press, 1993. p. 36- 46.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: FUNEP, 1988. 41 p.

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



- BJÖRKMAN, O. Responses to different quantum flux densities. In: LANGE, O.L.; NOBEL, P.S.; OSMOND, C.B.; ZIEGLER, H. (Ed.). **Physiological plant ecology**. Berlin: Springer Verlag, 1981. p. 57-108. (Encyclopedia of Plant Physiology. New Series, 12A).
- BLACKMAN, V.H. The compound interest law and plant growth. **Annals of Botany**, Oxford, v. 33, p. 353-360, 1919.
- BRISKE, D.D. Strategies of plant survival in grazed systems: a functional interpretation. In: HODGSON, J., ILLIUS, A.W. (Ed.). **The ecology and management of grazing systems**. Oxon: CAB International, 1996. p. 37-67.
- BROUGHAM, R.W. A study in rate of pasture growth. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 6, p. 804-812, 1955
- \_\_\_\_\_. Effect of intensity of defoliation on regrowth of pasture. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 7, n. 5, 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.
- CÂNDIDO, M.J.D.; ALEXANDRINO, E.; GOMIDE, J.A. Duração do período de descanso e crescimento do dossel de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob lotação intermitente. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 398-405, abr. 2005.
- 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 Pastagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.
- CARNEVALLI, R.A.; SILVA, S.C. da; BUENO, A.A.O.; UEBELE, M.C.; 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.
- CARVALHO, D.D. **Leaf morphogenesis and tillering behaviour in single plants and simulated swards of Guinea grass (*Panicum maximum* Jacq.) cultivars**. 2002. 186 p. Thesis (Doctor of Philosophy in Plant Science) – Institute of Natural Resources, Massey University, Palmerston North, 2002.
- CARVALHO, P.C.F.; GONÇALVES, E.N.; POLI, C.H.E.C.; NABINGER, C.; MACARI, S.; BAGGIO, C.; SANTOS, D.T.; NEVES, F. P.; LANG, C. Ecologia do pastejo. In: PEREIRA, O.G.; OBEID, J.A.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; FONSECA, D.M. (Org.). **Manejo estratégico da pastagem**. Viçosa: Ed. UFV, 2006. p. 43-72.
- CARVALHO, P.C.F.; MARÇAL, G.K.; RIBEIRO FILHO, H.M.N.; POLI,

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

CARVALHO, D.D.; MATTHEW, C.; HODGSON, J. Effect of aging in tillers of *Panicum maximum* on leaf elongation rate. In INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001, São Pedro. **Proceedings...** São Pedro, 2001. p. 41-42.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. **Tropical grasses and legumes: optimizing genetic diversity for multipurpose use; annual report**. Cali, 1999. 175 p.

\_\_\_\_\_. **Tropical grasses and legumes: optimizing genetic diversity for multipurpose use; annual report**. Cali, 2005. 222 p.

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.; NASCIMENTO JR., D. Ecofisiologia da produção animal em pastagens e suas implicações sobre o desempenho e a produtividade de sistemas pastoris. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 4., 2007, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Ed. Suprema, 2007. p. 75-100.

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

DAVIES, A. The regrowth of grass swards. In: JONES, M.B.; LAZENBY, A. (Ed.). **The grass crop**. London; New York: Chapman and Hall, 1988. p. 85 – 127.

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

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

FULKERSON, W.J.; SLACK, K. Leaf number as a criterion for determining defoliation time for *Lolium perenne*. 1. Effect of water-soluble carbohydrate and senescence. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 49, n. 4, p.373-377, 1994.

GIACOMINI, A.A. **Demografia do perfilhamento 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.

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

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

GOMIDE, C.A.M.; GOMIDE, J.A.; ALEXANDRINO, E. Índices morfogênicos e de crescimento durante o estabelecimento e rebrotação do capim Mombaça (*Panicum maximum* Jacq). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 795-803, ago. 2003.

GOOGLE EARTH. **Software:** google® earth. Disponível em: <<http://earth.google.com/intl/pt-BR>> Acesso em: 12 fev. 2008.

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

HUNT, R. **Plant growth curves: the functional approach to plant growth analysis**. London: E. Arnold Publ., 1982. 248 p.

KORTE, C.J.; WATKINS, B.R.; HARRIS, W. Use of residual leaf area index and light interception as a criteria for spring grazing management of ryegrass dominant pasture. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, Wellington, v. 25, n. 3, p. 309-319, 1982.

LAMBERS, H.; PORTER, H. Inherent variation in growth rate between higher plants: a search for physiological causes and ecological consequences. **Advances in Ecological Research**. London, v. 23, p. 187-261, 1992.

LE ROUX, X.; GAUTHIER, H.; BÉGUÉ, A.; SINOQUET, H. Radiation absorption and use by humid savanna grassland: assessment using remote sensing and modeling. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 85, n. 1/2, p. 117-432, 1997.

LEMAIRE, G. The physiology of grass growth under grazing: tissue turnover. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1997, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 1997. p. 117-144.

LEMAIRE, G.; AGNUSDEI, M. Leaf tissue turn-over and efficiency of herbage utilization. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ECOFISIOLOGIA DA PASTAGEM E ECOLOGIA DO PASTEJO. Curitiba. **Anais...** Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1999. p. 165-186.

\_\_\_\_\_. Leaf tissue turnover and efficiency of herbage utilization. In: LEMAIRE, G.; HODGSON, J.; MORAES, A.; CARVALHO, P.C.F.; NABINGER, C. (Ed.). **Grassland ecophysiology and grazing ecology**. London: CAB International, 2000. p. 265-288.

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

MAGALHÃES, A.C.N. Análise quantitativa do crescimento. In: GUIMARÃES, M. (Coord.). **Fisiologia vegetal**. 2. ed. São Paulo: EPU, 1985. p. 333-350.

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

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

MATTHEW, R.C. **A study of seasonal root and tiller dynamics in swards of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.)**. 1992. 210 p. Thesis (Ph. D.) – Massey University, Palmerston North, 1992.

MOTT, J.J.; LUDLOW, M.M.; RICHARDS, J.H.; PARSONS, A. D. Effects of moisture supply in the dry season and subsequent defoliation on persistence of the savanna grasses *Themeda triandra*, *Heteropogon contortus* and *Panicum maximum*. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 43, n. 1, p. 241-260, 1992.

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

PAIVA, A.J. **Características morfogênicas e estruturais de faixas etárias de perfilhos em pastos de capim-marandu submetidos à lotação contínua e ritmos morfogênicos 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.; LEAFE, E.L.; COLLETT, B.; PENNING, P. D.; LEWIS, J. The physiology of grass production under grazing. 2. Photosynthesis, crop growth and animal intake of continuously grazed sward. **Journal of Applied Ecology**, London, v. 20, n. 1, p. 127-139, 1983.

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

PEARSON, C.J.; ISON, R.L. **Agronomy of grassland systems**. 2<sup>nd</sup> ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1997. 222 p.

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, n. 4, p. 773-779, 2007.

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

PEDREIRA, C.G.S.; NUSSIO, L.G.; SILVA, S.C. Condições edafo-climáticas para produção de *Cynodon spp.* In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 15., 1998, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1998. p. 85-114.

PETERSON, R.A. Fisiologia das plantas forrageiras. In: \_\_\_\_\_. (Ed.). **Fundamentos de manejo de pastagens**. São Paulo: Fundo de Pesquisa do Instituto de Zootecnia, 1970. p. 23-36.

PINTO, J.C. **Crescimento e desenvolvimento de *Andropogon gayanus* Kunth, *Panicum maximum* Jack. e *Setaria anceps* Stapf ex Massey cultivadas em vasos, sob diferentes doses de nitrogênio**. 1993. 149 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1993.

PONTES, W.J.T.; OLIVEIRA, J.C.G. de; CÂMARA, C.A.G. DA; LOPES, A.C.H.R.; GONDIM-JÚNIOR, M.G.C.; OLIVEIRA, J.V. de; BARROS, R.; SCHWARTZ, M.O.E. Chemical composition and acaricidal activity of the leaf and fruit essential oils of *Protium heptaphyllum* (Aubl.) Marchand (Burseraceae). **Acta Amazonica**, Manaus, v. 37, p. 103-110, 2007.

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

ROBSON, M.J. The growth and development of simulated swards of perennial ryegrass. II. Carbon assimilation and respiration in a seedling sward. **Annals of Botany**, Oxford, v. 37, n. 4, p. 501-518, 1973.

ROSA, S.; CASTRO, T.; OLIVEIRA, I. Análise de crescimento em braquiária nos sistemas de plantio solteiro e consórcio com leguminosas. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 5, n. 1, p. 9-17, 2004.

RUGGIERI, A.C.; FAVORETTO, V.; MALHEIROS, E.B. Características de crescimento e produção de matéria seca da *Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf. cv. Marandú em função de níveis de nitrogênio e regimes de corte. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 51, n. 2, p. 149-155, 1994.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT**: user's guide; version 8.2. Cary, 2004.

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

SHEEHY, B.E.; COOPER, J.P. Light interception, photosynthetic activity and crop growth rate in canopies of six temperate forage grasses. **Journal of Applied Ecology**, London, v. 10, n. 1, p. 239-250, 1973.

SILVEIRA, M.C.T. da. **Estrutura do dossel, acúmulo de forragem e perdas por pastejo em pastos de capim-mulato I submetidos a estratégias de pastejo rotativo.** 2010. 103 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

SUGIYAMA, S.; YONEYAMA, M.; TAKAHASHI, N.; GOTOH, K. Canopy structure and productivity of *Festuca arundinacea* Schreb. swards during vegetative and reproductive growth. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 40, n. 1, p. 49-55, 1985.

TRINDADE, J.K. da; DA SILVA, S.C.; SOUZA JUNIOR, S.J.; GIACOMINI, A.A.; ZEFERINO, C.V.; GUARDA, V.D.A.; CARVALHO, P.C.F.E. Composição morfológica da forragem consumida por bovinos de corte durante o rebaixamento do capim-marandu submetido a estratégias de pastejo rotativo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 6, p. 883-890, jun. 2007.

VAN SOEST, P.J.; MOORE, L.A. New chemical methods for analysis of forages for the purpose of predicting nutritive value. In: INTERNACIONAL GRASSLAND CONGRESS, 9., 1965, São Paulo. **Proceedings...** São Paulo, 1965. Paper 424.

WOLEDGE, J. The photosynthesis of ryegrass leaves grown in a simulated sward. **Annals of Applied Biology**, Cambridge, v. 73, n. 2, p. 229-237, 1973.

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

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