



**BRUNO GROSSI COSTA HOMEM**

**MODELAGEM DA ESTIMATIVA DA ÁREA  
FOLIAR DE LEGUMINOSAS FORRAGEIRAS E  
UTILIZAÇÃO DO CALOPOGÔNIO EM  
PASTAGENS CONSORCIADAS**

**LAVRAS – MG**

**2016**

**BRUNO GROSSI COSTA HOMEM**

**MODELAGEM DA ESTIMATIVA DA ÁREA FOLIAR DE  
LEGUMINOSAS FORRAGEIRAS E UTILIZAÇÃO DO  
CALOPOGÔNIO EM PASTAGENS CONSORCIADAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição de Ruminantes – Forragicultura e Pastagens, para obtenção do título de Mestre.

**Orientador**

Dr. Márcio André Stefanelli Lara

**LAVRAS – MG**

**2016**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Homem, Bruno Grossi Costa.

Modelagem da estimativa da área foliar de leguminosas  
forrageiras e utilização do calopogônio em pastagens consorciadas  
/ Bruno Grossi Costa Homem. – Lavras : UFLA, 2016.  
115 p. : il.

Dissertação (mestrado acadêmico)–Universidade Federal de  
Lavras, 2016.

Orientador(a): Márcio André Stefanelli Lara.  
Bibliografia.

1. Interceptação de luz incidente. 2. Modelagem. 3. Manejo do  
pastejo. 4. Pastos consorciados. I. Universidade Federal de Lavras.  
II. Título.

**BRUNO GROSSI COSTA HOMEM**

**MODELAGEM DA ESTIMATIVA DA ÁREA FOLIAR DE  
LEGUMINOSAS FORRAGEIRAS E UTILIZAÇÃO DO  
CALOPOGÔNIO EM PASTAGENS CONSORCIADAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição de Ruminantes – Forragicultura e Pastagens, para obtenção do título de Mestre.

APROVADO em, 25 de fevereiro de 2016.

Dr. Daniel Rume Casagrande UFLA

Dr. Valdir Botega Tavares IF – MG Câmpus Rio Pomba

Dr. Márcio André Stefanelli Lara

**Orientador**

**LAVRAS – MG**

**2016**

Nada mais justo do que dedicar algo às pessoas que inspiraram, despertaram ou deram apoio para você, desde criança, seguir uma carreira para a vida toda. Neste contexto, dedico esta obra a minha família, em nome do meu pai, Roberto, que sempre me incentivou e repassou todo seu conhecimento, experiência e sabedoria de uma vida toda trabalhando em áreas rurais; e minha mãe, Maria da Conceição, por sempre me incentivar e acreditar no meu potencial, além de estar ao meu lado em todos os momentos. Além disso, dedico a vocês pelo amor e por me ensinarem a enxergar a vida com otimismo e, hoje, sei que isto me fez seguir esta carreira!

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

A Deus por sempre iluminar meu caminho.

À Universidade Federal de Lavras.

À CAPES, CNPq e FAPEMIG, pela concessão da bolsa de mestrado e apoio à pesquisa.

Ao Professor Márcio André Stefanelli Lara, exemplo de profissional, pela orientação, confiança e por todos os ensinamentos repassados. Minha admiração e eterna gratidão.

Ao Professor Daniel Rume Casagrande pela coorientação, pelas valiosas sugestões e contribuições ao nosso trabalho, pelo auxílio nas análises dos dados e principalmente pela amizade. Ao Professor Thiago Fernandes Bernardes pela cobrança de qualidade dos trabalhos. Ao Professor Mateus Pies Gionbelli pelo auxílio nas análises dos dados.

Aos Professores Onofre Barroca de Almeida Neto e Valdir Botega Tavares por me inserirem no meio científico e por acreditarem no meu potencial, espero que se orgulhem de mim.

À minha família, minha mãe, meu pai, pelo importante apoio, incentivo, por confiarem na minha responsabilidade e capacidade, e por sempre estarem ao meu lado. A minha avó, Maria Umbelino, por ser um exemplo na minha vida.

Ao meu amigo Igor Machado Ferreira, por ser um companheiro de longa estrada e pela ajuda fundamental neste trabalho.

Aos amigos do Núcleo de Estudos em Forragicultura e Pastagens – NEFOR, pela importante ajuda na condução do experimento, sem citar nomes, pois a participação e auxílio de todo o grupo, tanto na coleta de dados como nos momentos de confraternização, foi imprescindível.

Aos demais professores e funcionários do Departamento de Zootecnia, que contribuíram de alguma forma com este trabalho.

Muito obrigado a todos!

Escolhe um trabalho de que gostes, e não terás que trabalhar nem um dia na tua vida.

Confúcio

Para realizar grandes conquistas, devemos não apenas agir, mas também sonhar; não apenas planejar, mas também acreditar.

Anatole France

## RESUMO GERAL

Objetivou-se com o presente trabalho definir estratégias de desfolhação que permitam o desenvolvimento equilibrado do *Calopogonium mucunoides* cv. Comum quando consorciado com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e desenvolver e validar modelos matemáticos que estimem de maneira eficiente a área foliar de leguminosas forrageiras. Os experimentos foram conduzidos na Universidade Federal de Lavras, na cidade de Lavras-MG. Para o desenvolvimento de modelos o procedimento foi dividido em duas etapas. Na primeira foram utilizadas 586, 578, 604 e 583 folhas de *Calopogonium mucunoides*, *Neonotonia wightii*, *Arachis pintoii* e *Stylosantes spp.* para estimativa de modelos da área do folíolo e área foliar. Na segunda etapa, para avaliação da simetria dos folíolos iniciais *C. mucunoides*, *N. wightii*, *A. pintoii*, *Stylosantes spp.* e terminais de *A. pintoii* e validação dos modelos gerados foram colhidas 200 folhas de cada espécie. Nas duas etapas foram medidos comprimento (C), largura (L) e área foliar de todos os folíolos. No experimento consorciado, o delineamento experimental foi em blocos ao acaso e foram estudadas três frequências de desfolhação em intervalos variáveis, representados pelo tempo para o dossel atingir 90% (90IL), 95% (95IL) e 100% (100IL) de interceptação de luz incidente, e um tratamento sem a realização de pastejo, em crescimento livre (CL), com quatro repetições. Nos dois períodos avaliados foram estimados massa de forragem, estrutura do dossel, acúmulo de forragem e taxa de lotação. O modelo exponencial de convergência adequou-se para estimativa da área dos folíolos. Identificou-se a igualdade entre os pares de folíolos iniciais de *C. mucunoides*, *N. wightii*, *A. pintoii*, *Stylosantes spp.* e terminais *A. pintoii*. No experimento de consórcio, no pré-pastejo, maiores massas de gramíneas e leguminosas foram obtidas nos tratamentos de 100IL e CL ( $P=0,0033$  e  $0,0016$ , respectivamente). No pós-pastejo, maior massa de gramínea foi obtida pela frequência de desfolhação de 90IL ( $P=0,0424$ ), mas a massa de leguminosa foi semelhante entre os tratamentos ( $P=0,8200$ ), contudo à medida que a frequência de desfolhação ficou menor, ocorreu aumento da intensidade de desfolhação, causando maior estresse na leguminosa pelo pastejo ou pisoteio. Portanto, para mensuração do alongamento ou senescência de folhas de leguminosas, a utilização do modelo exponencial de convergência permite aumento na acurácia da estimativa da área dos folíolos e recomenda-se como meta de manejo de pastos consorciados de Capim-Marandu com Calopogônio frequências de desfolhação de 90% de interceptação luminosa.

**Palavras-chave:** Interceptação de luz incidente. Modelagem. Manejo do pastejo. Pastos consorciados.

## GENERAL ABSTRACT

The aim of this study was to define defoliation strategies to balance the development of *Calopogonium mucunoides* cv. Common (Calopo), when mixed with *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (Marandu palisadegrass); and develop and validate mathematical models to estimate efficiently the leaf area of legumes. The experiments were conducted at Federal University of Lavras, MG-Brazil. In the modeling experiment, the procedure was divided into two stages. In the first one, 586, 578, 604 and 583 leaves of *Calopogonium mucunoides*, *Neonotonia wightii*, *Arachis pintoi* and *Stylosantes spp.* were used to estimate leaflet and leaf area by modeling. In the second stage, to evaluate the symmetry of the initial leaflets of *C. mucunoides*, *N. wightii*, *A. pintoi*, *Stylosantes spp.* and *A. pintoi* terminals, besides the validation of the generated models, 200 leaflets of each species were harvested. In both stages, length (L), width (W) and leaf area of all leaflets were measured. In the mixed pasture experiment, the experimental design was in randomized blocks, and three defoliation frequencies were studied at variable intervals, represented by the time at which the canopy reaches 90% (90LI), 95% (95LI) and 100% (100LI) interception of incident light, and a treatment without conducting grazing in free growth (FG), with four replications. In both periods, herbage mass, canopy structure, forage accumulation and stocking rate were estimated. The exponential model of convergence was adequate to estimate the area of the leaflets. It identified the equality between the pairs of initial leaflets of *C. mucunoides*, *N. wightii*, *A. pintoi*, *Stylosantes spp.* and *A. pintoi* terminals. On the other hand, for the mixed pasture experiment, the pre-grazing larger masses of grasses and legumes were obtained in the treatments 100LI and FG ( $P=0.0033$  and  $0.0016$ , respectively). In the post-grazing, a greater mass of grass was obtained by the frequency defoliation 90LI ( $P=0.0424$ ). However, the mass of legumes between treatments was similar ( $P=0.8200$ ), and the measure of frequency defoliation was lower; there was an increase in defoliation intensity, causing greater stress on legumes for grazing or trampling. Therefore, to measure elongation or senescence of legume leaves, using the exponential convergence model enables increased accuracy in the estimate of the area of the leaflets and is recommended as a management target of mixed pasture of Marandu palisadegrass with Calopo frequencies of defoliation 90% light interception.

**Keywords:** Interception of incident light. Modeling. Grazing management. Mixed Pasture.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPITULO 2

Figura 1	Médias climáticas mensais de Lavras-MG, durante o período pré-experimental de coleta das folhas.....	38
Figura 2	Exemplificação dos procedimentos realizados para estimar a área foliar de leguminosas.....	39
Figura 3	Folha de <i>Arachis Pintoï</i> cv. Amarelo (A), <i>Arachis Pintoï</i> cv. Belomonte (B) e <i>Arachis Pintoï</i> cv. BRS Mandobi (C); <i>Stylosantes capitata</i> (D); <i>Stylosantes guianensis</i> var. <i>guianensis</i> cv. Mineirão (E); <i>Calopogonium mucunoides</i> cv. Comum (F); <i>Neonotonia wightii</i> cv. Comum (G). Nas imagens B e E são classificados os tipos de folíolos para leguminosas tetra e trifolioladas.....	41
Figura 4	Medições lineares (comprimento e largura) e dimensionamento da área do folíolo por meio da demarcação do perímetro (- - -).....	42
Figura 5	Correlação entre a área real com área estimada pelos modelos exponencial de convergência e elíptico dos folíolos iniciais (A e B) e terminais (C e D) de Calopogônio.....	55
Figura 6	Correlação entre a área real com área estimada pelos modelos exponencial de convergência e elíptico dos folíolos iniciais (A e B) e terminais (C e D) de Soja Perene.....	56
Figura 7	Correlação entre a área real com área estimada pelos modelos exponencial de convergência e elíptico dos folíolos iniciais (A e B) e terminais (C e D) de Amendoim Forrageiro.....	57
Figura 8	Correlação entre a área real com área estimada pelos modelos exponencial de convergência e elíptico dos folíolos iniciais (A e B), terminais (C e D) e o modelo de convergência para ambos os folíolos, iniciais (E) e terminais (F) de Estilosantes.	58
Figura 9	Avaliação da área total foliar estimada pelos modelos lineares com os folíolos iniciais e terminais de quatro leguminosas forrageiras. Sendo, A: Calopogônio; B: Soja Perene; C: Amendoim Forrageiro; D: Estilosantes. Área foliar estimada pela área do folíolo inicial (cm <sup>2</sup> ); Área foliar estimada pela área do folíolo terminal (cm <sup>2</sup> ).....	61

### CAPITULO 3

Figura 1	Médias climáticas mensais de Lavras-MG, durante o período pré-experimental e períodos experimentais baseados no tratamento com 100% de interceptação luminosa.....	80
----------	--	----

## LISTA DE TABELAS

### CAPITULO 2

Tabela 1	Modelos de estimativa da área dos folíolos iniciais, terminais e para ambos os folíolos de quatro leguminosas forrageiras.	48
Tabela 2	Modelos de estimativa da área foliar com base na área dos folíolos iniciais e terminais de quatro leguminosas forrageiras.....	48
Tabela 3	Teste de identidade simétrica entre folíolos terminais e iniciais de quatro leguminosas forrageiras.....	50
Tabela 4	Validação do modelo exponencial de convergência gerado para estimar a área dos folíolos de leguminosas forrageiras.	53
Tabela 5	Validação do modelo elíptico gerado para estimar a área dos folíolos de leguminosas forrageiras.....	54
Tabela 6	Validação dos modelos lineares gerados para estimar a área foliar total de quatro leguminosas forrageiras.....	60

### CAPITULO 3

Tabela 1	Características químicas do solo da área experimental.....	82
Tabela 2	Massa de forragem e altura na condição de pré-pastejo de pastos consorciados de <i>B. brizantha</i> cv. Marandu e <i>C. mucunoides</i> cv. Comum manejados sob diferentes frequências de desfolhação em dois períodos experimentais.	89
Tabela 3	Massa de componentes morfológicos de leguminosa na condição de pré-pastejo de pastos consorciados de <i>B. brizantha</i> cv. Marandu e <i>C. mucunoides</i> cv. Comum manejados sob diferentes frequências de desfolhação em dois períodos experimentais.....	91
Tabela 4	Massa de componentes morfológicos de gramínea na condição de pré-pastejo de pastos consorciados de <i>B. brizantha</i> cv. Marandu e <i>C. mucunoides</i> cv. Comum manejados sob diferentes frequências de desfolhação em dois períodos experimentais.....	92
Tabela 5	Massa de forragem na condição de pós-pastejo de pastos consorciados de <i>B. brizantha</i> cv. Marandu e <i>C. mucunoides</i> cv. Comum manejados sob diferentes frequências de desfolhação em três períodos experimentais.....	95
Tabela 6	Altura e interceptação luminosa na condição de pós-pastejo de pastos consorciados de <i>B. brizantha</i> cv. Marandu e <i>C. mucunoides</i> cv. Comum manejados sob diferentes frequências de desfolhação em três períodos experimentais.	96

Tabela 7	Massa dos componentes morfológicos de leguminosa na condição de pós-pastejo de pastos consorciados de <i>B. brizantha</i> cv. Marandu e <i>C. mucunoides</i> cv. Comum manejados sob diferentes frequências de desfolhação em três períodos experimentais.....	99
Tabela 8	Massa de componentes estruturais de gramínea na condição de pós-pastejo de pastos consorciados de <i>B. brizantha</i> cv. Marandu e <i>C. mucunoides</i> cv. Comum manejados sob diferentes frequências de desfolhação em três períodos experimentais.....	100
Tabela 9	Taxa de acúmulo de forragem de pastos consorciados de <i>B. brizantha</i> cv. Marandu e <i>C. mucunoides</i> cv. Comum manejados sob diferentes frequências de desfolhação em dois períodos experimentais.....	103
Tabela 10	Taxa de acúmulo dos componentes morfológicos de pastos consorciados de <i>B. brizantha</i> cv. Marandu e <i>C. mucunoides</i> cv. Comum manejados sob diferentes frequências de desfolhação em dois períodos experimentais.....	104
Tabela 11	Período de rebrotação e taxa de lotação de pastos consorciados de <i>B. brizantha</i> cv. Marandu e <i>C. mucunoides</i> cv. Comum manejados sob diferentes frequências de desfolhação em dois períodos experimentais.....	106

## SUMÁRIO

	<b>CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>15</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>16</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>18</b>
<b>2.1</b>	<b>Morfometria foliar e sua importância no manejo de plantas forrageiras.....</b>	<b>18</b>
<b>2.2</b>	<i>Calopogonium mucunoides</i> .....	<b>19</b>
<b>2.3</b>	<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu.....	<b>21</b>
<b>2.4</b>	<b>Compatibilidade e persistência de leguminosas em pastagens consorciadas.....</b>	<b>22</b>
<b>2.5</b>	<b>Manejo de desfolhação em pasto consorciado.....</b>	<b>25</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>27</b>
	<b>CAPÍTULO 2 MODELAGEM DA ESTIMATIVA DA ÁREA FOLIAR DE LEGUMINOSAS FORRAGEIRAS.</b>	<b>33</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>36</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>38</b>
<b>2.1</b>	<b>Etapas 1: Geração de modelos para estimativa da área do folíolo e área foliar.....</b>	<b>40</b>
<b>2.1.1</b>	<b>Estimativa da área do folíolo.....</b>	<b>42</b>
<b>2.1.2</b>	<b>Estimativa da área foliar.....</b>	<b>44</b>
<b>2.2</b>	<b>Etapas 2: Simetria de folíolos e validação de modelos.....</b>	<b>44</b>
<b>2.2.1</b>	<b>Simetria entre pares de folíolos.....</b>	<b>45</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Validação dos modelos.....</b>	<b>46</b>
<b>3</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>47</b>
<b>3.1</b>	<b>Etapas 1: Geração de modelos para estimativa da área do folíolo e área foliar.....</b>	<b>47</b>
<b>3.1.1</b>	<b>Modelo de estimação da área do folíolo.....</b>	<b>47</b>
<b>3.1.2</b>	<b>Modelo de estimação da área foliar.....</b>	<b>47</b>
<b>3.2</b>	<b>Etapas 2: Simetria de folíolos e validação de modelos.....</b>	<b>49</b>
<b>3.2.1</b>	<b>Simetria entre pares de folíolos das folhas de leguminosas.....</b>	<b>49</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Validação dos modelos para estimar área do folíolo.....</b>	<b>51</b>
<b>3.2.3</b>	<b>Validação dos modelos para estimar área da folha de leguminosas.....</b>	<b>59</b>
<b>4</b>	<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>62</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>66</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>67</b>

	<b>CAPÍTULO 3 UTILIZAÇÃO DO CALOPOGÔNIO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTAGENS CONSORCIADAS.....</b>	73
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	77
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	79
<b>2.1</b>	<b>Local do experimento e período experimental.....</b>	79
<b>2.2</b>	<b>Implantação da área experimental, adubação e método de lotação.....</b>	80
<b>2.3</b>	<b>Caracterização da pastagem.....</b>	83
<b>2.4</b>	<b>Avaliações experimentais.....</b>	84
<b>2.4.1</b>	<b>Massa e Taxa de Acúmulo de Forragem.....</b>	84
<b>2.4.2</b>	<b>Altura do dossel forrageiro e Interceptação de luz incidente.....</b>	85
<b>2.5</b>	<b>Análise Estatística.....</b>	86
<b>3</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	88
<b>3.1</b>	<b>Características agronômicas do pasto consorciado na condição de pré-pastejo.....</b>	88
<b>3.2</b>	<b>Características agronômicas do pasto consorciado na condição de pós-pastejo.....</b>	93
<b>3.3</b>	<b>Taxa de acúmulo de forragem.....</b>	101
<b>3.4</b>	<b>Período de rebrotação e taxa de lotação.....</b>	105
<b>4</b>	<b>DISCUSSÃO.....</b>	107
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	113
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	114

## **CAPÍTULO 1**

### **INTRODUÇÃO GERAL**

## 1 INTRODUÇÃO

Há décadas o objetivo do uso de leguminosas em pastos consorciados era melhorar o valor nutritivo da forragem consumida pelo animal, o que em muitas vezes acarretava na baixa persistência da leguminosa nesse tipo de exploração (ANDRADE, 2010; ANDRADE et al., 2011). Atualmente, a introdução de leguminosas em pastagens de gramíneas vem ganhando novamente interesse científico não somente pela melhora do valor nutricional da pastagem, mas também pela adição de nitrogênio ao sistema e pela ciclagem de nutrientes no sistema solo planta.

Para explorar de maneira eficiente as leguminosas em um sistema pastoril é necessário conhecer como cada uma delas se desenvolve vegetativamente no tempo e no espaço. Assim, o conhecimento da inter-relação entre as características morfogênicas e estruturais de cada espécie possibilita o norteamento de estratégias de manejo que aumentem a eficiência do sistema de produção pastoril (GOMIDE et al., 2006; LEMAIRE, CHAPMAN, 1996; LEMAIRE, 2001, NABINGER; PONTES, 2001).

Manejar pastagens então é manejar a área foliar do dossel que é responsável pela captação de energia luminosa que impulsiona todo o processo fisiológico do crescimento vegetativo. Uma das medidas mais importantes no estudo do fluxo temporal de tecidos vegetais é a taxa de expansão de folhas, que em gramíneas é medida pela variação do comprimento foliar (LEMAIRE; AGNUSDEI, 2000). Avaliações de crescimento foliar usualmente são onerosas em termos de tempo e mão de obra requerida; no entanto, o uso de modelos matemáticos pode facilitar o processo de entendimento do crescimento foliar, além de facilitar avaliação de técnicos no campo.

Entender como é o padrão de resposta das leguminosas sob condições variadas de uso permite que o manejador de pastagens tenha capacidade de

gerenciar com eficiência o recurso forrageiro, explorando os limites de produção com consciência. Para isso, é necessário expor as duas plantas (gramíneas e leguminosas) a condições de frequência e intensidade de desfolhação variadas, para que os manejos possam revelar o equilíbrio de sobrevivência entre as duas plantas no mesmo ambiente (FIALHO, 2015).

Na literatura há poucos estudos que comparam as respostas de plantas forrageiras submetidas a estratégias de desfolhação em pastagens consorciadas. Contrastar as estratégias de pastejo baseadas em critérios luminosos permitirá evidenciar os possíveis entraves e/ou sucessos do consórcio e fornecer subsídios para ajustes eficazes nas atuais práticas de manejo do pastejo em pastos consorciados de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu com *Calopogonium mucunoides* cv. Comum.

Objetivou-se com o presente trabalho definir estratégias de desfolhação que permitam o desenvolvimento equilibrado do *Calopogonium mucunoides* cv. Comum quando consorciado com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e desenvolver e validar modelos matemáticos que simulem de maneira eficiente a área foliar de leguminosas forrageiras.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Morfometria foliar e sua importância no manejo de plantas forrageiras**

Morfometria é o estudo, descrição, análise e interpretação das formas e sua variação (ROHLF, 1990). Neste contexto, o estudo morfométrico de folhas de leguminosas pode ser uma tarefa difícil, pois os folíolos normalmente assumem formas variadas de acordo com o ambiente e as condições de manejo a elas impostas (MCLELLAN, ENDLLER, 1998). Outro problema é o fato de a folha ser um órgão vegetal com alta plasticidade e que pode responder mais às condições ambientais do que refletir literalmente às linhagens genéticas (FONSECA, 2006).

O reconhecimento de padrões foliares pode representar uma linha interessante de investigação de processos eco-morfológicos (BORAZAN; BABAC, 2003). Tal processo pode auxiliar pesquisadores quanto ao desenvolvimento e padronização de métodos utilizados para mensurar o fluxo de tecidos de leguminosas sob condições variadas de produção em determinados ecossistemas.

Segundo De Kroon et al. (2005) e Mori; Niinemets (2010), as adaptações morfológicas e fisiológicas em resposta à desfolhação ou às condições ambientais locais são mais evidentes nos indivíduos do que na população como um todo. Comunidades vegetais sob pastejo ou corte podem ser consideradas como coleções de indivíduos cujas respostas das características morfogênicas e estruturais atuam de forma integrada e respondem de maneira semelhante em um ecossistema, desde que manejados de forma igual.

Em dosséis com mais de uma espécie vegetal a estrutura da população é definida pela participação de cada espécie na demografia populacional,

associado à estrutura de cada indivíduo (LEMAIRE et al., 1999). Estudos envolvendo características morfológicas tornam-se então importantes, pois fornecem informações sobre o crescimento vegetal no espaço e no tempo; e podem nortear estratégias de manejo que aumentem a eficiência do sistema de produção consorciado (GOMIDE et al., 2006).

No estudo do fluxo temporal de tecidos vegetais em gramíneas, a taxa de expansão de folhas é mensurada pela variação do comprimento foliar (BIRCHAM; HODGSON, 1983; CHAPMAN; LEMAIRES, 1993; GRANT; MARRIOTT, 1994; LEMAIRES; AGNUSDEI, 2000), porém para leguminosas forrageiras apenas o alongamento foliar não é suficiente para medir a expansão das folhas. Sabendo que as expansões dos folíolos ocorrem pelas variações conjuntas de comprimento e largura, é mais adequado expressar o crescimento foliar de leguminosas em área.

O entendimento do crescimento foliar é base para o planejamento de uso eficiente da planta forrageira, uma vez que a reestruturação da comunidade de cada espécie vegetal dentro de dosséis mistos depende, em grande parte, da quantidade de folhas existentes antes e após os eventos de desfolhação.

## **2.2 *Calopogonium mucunoides***

O Calopogônio (*Calopogonium mucunoides* Desv.) é uma leguminosa da família Fabaceae, rústica, de hábito de crescimento trepador, formando massa entrelaçada de folhas e caules de 30 a 50 cm de altura. Em ambientes úmidos possuem ciclo perene e nos ambientes com período seco bem definido e superior a quatro meses têm ciclo anual, com regeneração das plantas por sementes. Os caules possuem pilosidade densa de coloração ferruginosa e as folhas são compostas por três folíolos com forma variando de elíptica a oval, com tricomas em ambas as faces (COOK et al., 2005).

É uma leguminosa que se adapta melhor ao clima quente e úmido, característico dos trópicos. Possui crescimento ótimo em ambientes com temperaturas diárias entre a mínima de 24°C e a máxima de 32°C e não tolera geadas, necessitando de precipitação anual acima de 1.125mm para o bom desenvolvimento vegetativo. Possui excelente adaptação e boa nodulação, podendo persistir de dois a três anos em ambientes mais úmidos (COOK et al., 2005).

Adapta-se a uma grande variedade de condições físico-químicas de solos, mas vegeta melhor em solos argilosos, tendo como característica marcante a capacidade de se desenvolver em condições de solo ácido (pH 4,5 a 5,0) e de baixa fertilidade, além de apresentar alta tolerância ao alumínio. É pouco tolerante ao sombreamento e a períodos secos prolongados, que causa a morte das plantas (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2006).

Sua capacidade de fixação biológica de nitrogênio (FBN) varia de 50 a 250 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, dependendo da quantidade de matéria seca produzida. Os teores de N na matéria seca foram estimados em 2,5% (SKERMAN 1977) e as produções de matéria seca estão entre 4 a 13,5 t ha<sup>-1</sup> (BOGDAN 1977). A FBN em *Calopogonium mucunoides* elevou em 60% a disponibilidade de N em pastos, além de aumentar em 50% a produção de forragem durante o período de inverno (SEIFFERT; ZIMMER, 1988). Portanto, é possível manter um balanço positivo de nitrogênio nas pastagens cultivadas em regiões tropicais por meio da utilização de pastos consorciados com leguminosas forrageiras. O principal fator que determina a quantidade de N fixado pelas leguminosas em pastagens tropicais é a sua produtividade e persistência (THOMAS et al., 1997). Assim, as leguminosas devem constituir de 20 a 45% da composição botânica das pastagens tropicais (THOMAS, 1992; CADISCH et al., 1994).

É uma leguminosa promissora para ambientes tropicais em situações de consórcio, devido à sua baixa aceitabilidade por parte dos animais. Esta característica permite que o Calopogônio possa se desenvolver, reproduzir e persistir em pastagens com gramíneas (CARVALHO; PIRES, 2008). TEODORO et al. (2011), estudando leguminosas para cobertura do solo na região semiárida de Minas Gerais, descobriram que o Calopogônio promoveu boa cobertura do solo, mantendo a umidade e inibindo o crescimento de plantas invasoras. Os autores também relataram que o Calopogônio aumentou a disponibilidade de N e outros nutrientes, além de elevar a matéria orgânica do solo. Apesar de ser uma leguminosa amplamente encontrada no estado de Minas Gerais, poucos são os trabalhos e as informações na literatura sobre essa leguminosa em condições de consórcio.

### **2.3 *Brachiaria brizantha* cv. Marandu**

O Gênero *Brachiaria* inclui cerca de 100 espécies, de origem principalmente tropical e subtropical africana. Sete dessas espécies - *B. arrecta*, *B. brizantha*, *B. decumbens*, *B. dictyoneura*, *B. humidicola*, *B. mutica* e *B. ruziziensis* - são muito utilizadas como plantas forrageiras na América Tropical (KELLER-GREIN et al., 1996). Poucas espécies africanas como *B. plantaginea* e, provavelmente, *B. mutica* foram introduzidas no Brasil durante o período colonial, por meio dos navios negreiros (PARSONS, 1972; SENDULSKY, 1978).

O gênero *Brachiaria* responde por cerca de 80% das pastagens em alguns estados da região Norte e por cerca de 80% das pastagens cultivadas no Brasil (MACEDO, 2006). A *Brachiaria brizantha* cv. Marandu é originária do continente africano, mais precisamente do país Zimbábue. Lançada no Brasil em 1984 pela Embrapa Gado de Corte e Embrapa Cerrados (NUNES et al., 1984).

É uma planta de crescimento cespitoso, robusta, com colmos iniciais prostrados, mas produzindo perfilhos que surgem cada vez mais eretos ao longo do crescimento da touceira. Rizomas muito curtos e encurvados, cobertos por catafilos. Plantas robustas com tendência ao intenso perfilhamento nos nós superiores dos colmos floríferos; presença de pelos na porção apical dos entrenós, bainhas pilosas e lâminas largas e longas com pubescência apenas na face ventral, glabras na face dorsal e com margens não cortantes, além de raque sem pigmentação arroxeada e espiguetas ciliadas no ápice. Lâminas linear-lanceoladas, com ápice agudo, arredondadas e carenadas na base, até 2 cm de largura e 50 cm de comprimento, esparsamente pubescentes na face ventral e glabras na face dorsal, com margens levemente engrossadas e pouco ásperas, numerosas nervuras finas bem definidas e nervura central muito evidente. O florescimento é intenso e concentrado no final do verão (fevereiro-março), com inflorescência com até 40 cm de comprimento, com 4 a 6 racemos (ramos), mas apenas um ou dois racemos nas inflorescências surgidas de perfilhos emergentes dos nós superiores dos colmos floríferos (FONSECA; MARTUCELLO, 2010).

Possui elevada produção de forragem, devido principalmente por ser uma planta C4, o que confere alta capacidade fotossintética. Além disso, possui boa capacidade de rebrotação, elevada resposta a adubação, boa produção de sementes, boa cobertura do solo, capacidade de competição com invasoras, estabelecimento rápido, tolerante às principais espécies de cigarrinhas típicas de pastagens, baixa adaptação a solos mal drenados e sua implantação é recomendada para áreas com solos de média a boa fertilidade (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 1985).

#### **2.4 Compatibilidade e persistência de leguminosas em pastagens consorciadas**

Atualmente, a introdução de leguminosas em pastagens de gramíneas tem como principal objetivo a adição de N ao sistema, além de melhorar a ciclagem de nutrientes devido à exploração de diferentes camadas do solo e de aumentar a diversidade de recursos forrageiros na pastagem com consequências positivas no desempenho animal. No entanto, para o sucesso do estabelecimento desta associação deve-se considerar o grau de compatibilidade existente entre as espécies que serão consorciadas. O crescimento das plantas forrageiras e a competição que se estabelece entre elas por água, nutrientes e luz determinam sua produtividade e persistência (MALDONADO et al., 1995).

A baixa persistência da leguminosa sob condições de pastejo em pastos consorciados foi considerada um grande problema no passado, que resultou na baixa adoção da técnica pelos produtores e o abandono dessa linha de pesquisa por vários pesquisadores que não obtiveram sucesso na associação entre gramíneas e leguminosas em regiões tropicais (ANDRADE et al., 2011). Na década de 1970, a baixa persistência das leguminosas em consórcio foi atribuída à “incompatibilidade fisiológica”, que se baseava nos estudos sobre a via fotossintética de leguminosa (C<sub>3</sub>) e gramínea (C<sub>4</sub>). Essa teoria teve ampla aceitação e ainda continua sendo difundida. O desenvolvimento mais acelerado das gramíneas C<sub>4</sub> em relação às leguminosas tropicais é real, mas afirmar que a associação entre gramíneas e leguminosas é sempre inviável, parece ser uma visão simplista diante da complexidade do sistema (ANDRADE et al., 2012).

Fatores como hábito de crescimento, aceitabilidade, mecanismos para manutenção da população, tolerância a desfolhação e ao pisoteio, plasticidade morfológica, resposta a limitação de nutrientes, padrão de sistema radicular, e outras características inerentes a planta determinam a compatibilidade entre as espécies. Destes fatores, deve-se ressaltar que o hábito de crescimento é uma característica bastante variável entre as leguminosas tropicais, que caracteriza a resistência ao pastejo e a capacidade de persistência e compatibilidade com as

diferentes espécies de gramíneas (ANDRADE, 2010; VALLE; ZIMMER, 2013).

Em condições desfavoráveis de manejo, as leguminosas com características como possuir baixa acessibilidade do animal aos pontos de crescimento, alta densidade de estolões e de raízes, localização de gemas axilares abaixo do nível do solo, ou protegidas quando acima, constituem um padrão ideal de plantas persistentes (ANDRADE, 2010).

A persistência das leguminosas nas pastagens depende principalmente de dois grupos de mecanismos: aquele que possibilita a manutenção da população de plantas na pastagem e aquele que condiciona a adaptação das plantas ao pastejo (ANDRADE et al., 2012). A compreensão desses processos será de grande importância para o sucesso de pesquisas relacionadas com o manejo de pastagens consorciadas, pois se deve priorizar o uso de leguminosas que possuam mecanismos de persistência mais eficientes, apresentando maior capacidade de consorciação com gramíneas (ANDRADE et al., 2011).

Outros fatores também devem ser considerados para determinar a persistência da leguminosa na pastagem como a tolerância ao pastejo e a acessibilidade dos animais aos pontos de crescimento das plantas. De acordo com Lascano (2000), a seletividade do animal em pastejo também pode estabelecer relações entre a proporção de leguminosa na pastagem e a dieta selecionada pelo animal em pastejo. Para Widin; Russlle (2007), a redução do consumo da leguminosa em pastos consorciados por animais em pastejo, pode levar a maior participação da leguminosa na composição botânica do pasto.

O que é necessário entender é que a persistência das leguminosas em pastos consorciados é apenas um dos fatores que definirão se a compatibilidade entre gramíneas e leguminosas será positiva. A estabilidade da composição botânica do dossel não deve ser vista como uma meta, pois vários fatores influenciam diariamente no crescimento das plantas.

Em pastos consorciados, almeja-se a capacidade de resiliência e a elasticidade da estrutura do dossel, para que a recuperação de ambas as espécies seja vigorosa e persistente após cada evento de desfolhação. A plasticidade de ambas as espécies definirá a compatibilidade das plantas no consórcio, o que promove o surgimento de diversos graus de compatibilidade (CASAGRANDE et al., 2014).

## **2.5 Manejo de desfolhação em pasto consorciado**

O manejo do pastejo e da pastagem consorciada constitui-se numa das grandes dificuldades no processo de avaliação e repasse das informações para os sistemas de produção. Os primeiros conceitos de exploração da leguminosa em pastos consorciados preconizava a busca de espécies pouco sensíveis ao manejo, o que torna rígido o processo de seleção imposto à leguminosa (CASAGRANDE et al., 2014).

O manejo da desfolhação é um fator que pode determinar a persistência da leguminosa em pastagens consorciadas. A frequência com que a planta sofre desfolhação pode intensificar ou reduzir a competição entre as plantas forrageiras, principalmente por luz. Pastejos frequentes, em que a forragem é colhida quando intercepta menos de 95% da radiação incidente, reduz a competição por luz no dossel forrageiro, tanto entre leguminosa e gramínea, como entre plantas da mesma espécie.

Em pastagem exclusiva de gramínea tropical, quando o período de rebrotação foi interrompido por meio de pastejo quando o dossel interceptava 100% da radiação incidente, observaram-se dosséis com maior proporção de colmo em relação às folhas, além de alta proporção de material morto em comparação com pastos que tiveram períodos de rebrotação até que o dossel interceptasse 95% da radiação fotossintética (CARNEVALLI et al., 2006;

PEDREIRA et al., 2009). BARBOSA et al. (2011) observaram que frequências de desfolhação suficiente para o dossel interceptar 90% ou 95% da radiação incidente, promoveram a redução do alongamento de colmo e o aumento da densidade populacional de perfilhos em relação a menores frequências de pastejos, principalmente a de 100% de interceptação de luz. Embora as pastagens tenham sido formadas exclusivamente por gramíneas, com base nos resultados pode-se inferir sobre os possíveis padrões de resposta de leguminosas em ambientes com pastagens consorciadas.

Desfolhações mais frequentes podem reduzir a competição por luz entre a gramínea e a leguminosa, principalmente quando a leguminosa for de hábito de crescimento volúvel como o *Calopogonium mucunoides*, e a gramínea de crescimento cespitoso como a *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. Recentemente, estudos baseado no uso da interceptação de luz como forma de monitorar o processo de pastejo têm demonstrado resultados promissores, pois sugerem que essa técnica pode contribuir para a otimização da produtividade de sistemas de produção animal em pastagens (CHAVES et al., 2013; SILVEIRA et al., 2013; GOMIDE et al., 2014). Contudo, há poucos estudos que comparam o desempenho de plantas forrageiras submetidas a essa estratégia de controle da desfolhação em pastagens consorciadas de gramíneas com leguminosas. Contrastar as estratégias de pastejo baseadas em interceptação luminosa permitirá evidenciar as divergências entre esses métodos de colheita de forragem e fornecer subsídios para ajustes eficazes nas atuais práticas de manejo do pastejo em pastos consorciados.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, C. M. S. Produção de ruminantes em pastos consorciados. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 5., SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 3., 2010, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 2010. p. 171-214.

ANDRADE, C. M. S.; FERREIRA, A. S.; FARINATTI, L. H. E. Tecnologias para intensificação da produção animal em pastagens: fertilizantes x leguminosas. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 26., 2011, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2011. p. 111-158.

ANDRADE, C. M. S. et al. Productivity, utilization efficiency and sward targets for mixed pastures of marandugrass, forage peanut and tropical kudzu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.41, n.3, p.512-520, Mar. 2012

BARBOSA, R.A. et al. Morphogenic and structural characteristics of guinea grass pastures submitted to three frequencies and two defoliation severities. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 40, n.5, p.947-954, May 2011.

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**, v.38, n.4, p.323-331, 1983.

BOGDAN, A. V. **Tropical pasture and fodder plants**. New York: Longman, 1977. 465p.

BORAZAN, A.; BABAC, M. T. Morphometric leaf variation in oaks (*Quercus*) of Bolu, Turkey. **Annales Botanici Fennici**, Helsinki, v.40, p. 233-242, Aug. 2003.

CADISCH, G.; SCHUNKE, R. M.; GILLER, K. E. Nitrogen cycling in a pure grass pasture and a grass-legume mixture on a red latosol in Brazil. **Tropical Grasslands**, Cali, v. 28, p. 43-52, 1994.

CARNEVALLI, R.A. et al. Herbage production and grazing losses in *Panicum maximum* cv. Mombaça under four grazing managements. **Tropical Grasslands**, Cali, v.40, n. 3, p.165- 176, Oct. 2006.

CARVALHO, G. G. P.; PIRES, A. J. V. Leguminosas tropicais herbáceas em associação com pastagens. **Arquivos de Zootecnia**, Córdoba, v.57, p.103-113, 2008.

CASAGRANDE, D.R.; LARA, M.A.S.; VIEIRA, B.R. Leguminosas de Clima Tropical e Subtropical. In: REIS, R.A.; BERNARDES, T.F.; SIQUEIRA, G.R. **Forrageicultura: ciência, tecnologia e gestão de recursos forrageiros**. Jaboticabal: Maria de Lourdes Brandel-ME, 2014., 744p.

CHAPMAN, D.F.; LEMAIRE, G. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: BAKER, M.J. (ed.). **Grassland of Our World**. New Zealand: Wellington, 1993. p. 55–64.

CHAVES, C. S. et al. Forage production of elephant grass under intermittent stocking. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília , v. 48, n. 2, p. 234-240, 2013.

COOK, B.G. et al. **Tropical forages: an interactive selection tool**. Brisbane: CSIRO/DPI&F (Qld)/CIAT/ILRI, 2005.

DE KROON, H. et al. A modular concept of phenotypic plasticity in plants. **New Phytologist**, Lancaster, v. 166, n.1, p. 73-82, Apr. 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte. **Brachiaria brizantha cv. Marandu**. Campo Grande: Embrapa, 1985. 31 p. (Documento, 21).

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **Livestock's long shadow: environmental issues and options**. Roma: FAO, 2006 391p. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/010/a0701e/a0701e00.htm>>. Acesso em: Jan 2016.

FIALHO, C. A. **Características morfológicas e estruturais de amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* krapovickas & Gregory cv. Belmonte) submetido a intensidades de pastejo sob lotação contínua**. 2015. 121 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agronomia "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

FONSECA, L. **Descrição da arquitetura foliar e análise morfométrica das folhas de *Spathocarpa Hook.* Araceae**, 2006. 56 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

FONSECA, D. M.; MARTUSCELLO, J. A. **Plantas Forrageiras**. Viçosa, MG: UFV, 2010. v. 1. 537p.

GOMIDE, C. A. M.; GOMIDE, J. A.; PACIULLO, D. S. C. Morfogênese como ferramenta para o manejo de pastagens In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBZ, 2006. p. 554-579.

GOMIDE, C. A. M. et al. Structural traits of elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.) genotypes under rotational stocking strategies. **African Journal of Range & Forage Science**, v.32, n. 1, p. 51-57, 2015.

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

KELLER-GREIN, G.; MAASS, B. L.; HANSON, J. Natural variation in *Brachiaria* and existing germoplasma collections. In: MILES, J. W.; MAASS, B. L.; VALLE C. B. (ed.). **Brachiaria: biology, agronomy, and improvement**. Cali: CIAT, 1996. p. 16-42.

LASCANO, C.E. Selective grazing on grass–legume mixtures in tropical pastures. In: LEMAIRE, G. et al. **Grassland ecophysiology and grazing ecology**. Wallingford: CAB International, 2000. p. 249 - 263.

LEMAIRE, G.; MILLARD P. An ecophysiological approach to modelling resource fluxes in competing plants. **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v.50, n. 330, p.15-28, Jan. 1999.

LEMAIRE, G.; AGNUSDEI, M. **Leaf tissue turn-over and efficiency of herbage utilization**. In: LEMAIRE, G. et al. (ed.) *Grassland ecophysiology and grazing ecology*. Wallingford: CAB International, 2000. p. 265-288.

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

MACEDO, M. C. M. Aspectos edáficos relacionados com a produção de *Brachiaria brizantha* cultivar Marandu. In: BARBOSA, R. A. (Ed.). **Morte de pastos de Braquiárias**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2006. p. 3565.

MALDONADO, H. et al. Produção de pastagens associadas sob três taxas de lotação. **Pasturas Tropicales**, Cali, v.17, n. 3, p. 23-26, 1995.

MCLELLAN, T.; ENDLER, J. A. The relative success of some methods for measuring and describing the shape of complex objects. **Systematic Biology**, Oxford, v.47, n. 3, p.264-281, Sept. 1998.

MORI, A.; NIINEMETS, U. Plant responses to heterogeneous environments: scaling from shoot modules and whole-plant functions to ecosystem processes. **Ecological Research**, Kyoto, v. 25, n. 4, p. 691-692, 2010.

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

NUNES, S. G. et al. **Brachiaria brizantha cv. Marandu**. Campo Grande: EMBRAPA/CNPGC, 1984. (Documentos, 21).

PARSONS, J. J. Spread of African grasses to the american tropics. **Journal of Range Management**, Arizona, v. 25, p. 12-17, 1972.

PEDREIRA, B.C.; PEDREIRA, C.G.S.; SILVA, S.C. Acúmulo de forragem durante a rebrotação de capim-xaraés submetido a três estratégias de desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, MG**, v.38, n.4, p.618-625, abr. 2009.

ROHLF, J. Morphometrics. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v.21, p. 299–316, Nov. 1990.

SEIFFERT, N. F.; ZIMMER, A. H. Contribución de *Calopogonium mucunoides* al contenido de nitrógeno em pasturas de *Brachiaria decumbens*. **Pasturas Tropicales**, Cali, v.10, n.3, p. 8-13, Dec. 1988.

SENDULSKY, T. Brachiaria: taxonomy of cultivated and native species in Brazil. **Hoehnea**, São Paulo, v.7, p. 99- 139, 1978.

SILVEIRA, M. C. T. da et al. Herbage accumulation and grazing losses on Mulato grass subjected to strategies of rotational stocking management. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 70, n. 4, p. 242-249, 2013.

TEODORO, R. B. et al. Leguminosas herbáceas perenes para utilização como coberturas permanentes de solo na Caatinga Mineira. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 2, p. 292-300, 2011.

THOMAS, R. J. The role of the legume in the nitrogen cycle of productive and sustainable pastures. **Grass and Forage Science**, v. 47, p. 133-142, 1992.

THOMAS, R. J. et al. Nitrogen fixation by three tropical forage legumes in an acid-soil savanna of Colombia. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 29, n. 5-6, p. 801-808, May-June, 1997.

VALLE, C. B.; ZIMMER, A. H. Leguminosas forrageiras em pastos consorciados: experiências do passado que podem fomentar o futuro. In: AS FORRAGEIRAS E AS SUAS RELAÇÕES COM O SOLO, O AMBIENTE E O ANIMAL. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1994. p. 17-28.

WIDIN, D.A.; RUSSELLE, M.P. Nutrient cycling in forage production systems. In: BARNES, R. F. et al. **Forages: the science of grassland agriculture**. Hardcover: Wiley-Blackwell, 2007. v. 2, p. 137-148.

## **CAPÍTULO 2**

### **MODELAGEM DA ESTIMATIVA DA ÁREA FOLIAR DE LEGUMINOSAS FORRAGEIRAS**

## RESUMO

Compreender as características morfogênicas das plantas forrageiras é fundamental para o sucesso do manejo de pastagens consorciadas, no entanto o método de mensuração do alongamento foliar utilizado para gramíneas não é ajustado para medir a expansão de folhas de leguminosas forrageiras. Objetivou-se com este trabalho ajustar modelos matemáticos para determinação da área foliar de quatro leguminosas forrageiras tropicais e padronizar um método rápido e prático de mensuração do crescimento foliar no campo. O procedimento foi dividido em duas etapas. Na primeira foram utilizadas 586, 578, 604 e 583 folhas de *Calopogonium mucunoides*, *Neonotonia wightii*, *Arachis pintoii* *Stylosantes* spp. para estimativa de modelos da área do folíolo e área foliar. Na segunda etapa, para avaliação da simetria dos folíolos iniciais *C. mucunoides*, *N. wightii*, *A. pintoii*, *Stylosantes* spp. e terminais de *A. pintoii* e validação dos modelos gerados foram colhidas 200 folhas de cada espécie. Nas duas etapas, foram medidos comprimento (C), largura (L) e área foliar de todos os folíolos. Para estimar o modelo elíptico ( $AF = C \times L \times \pi/4$ ) e o modelo exponencial de convergência ( $AF = C \times L \times \pi/4^{C^B}$ , sendo B um estimador para cada espécie e folíolos das leguminosas estudadas), para a área do folíolo, utilizou-se o procedimento NLIN do SAS. Para estimativa do modelo de avaliação da área foliar utilizou-se o procedimento PROC REG do SAS. Foi utilizado o teste de identidade dos modelos por meio do software estatístico SAS® a 5% de probabilidade e a partição do quadrado médio do erro da predição pelo software *Model Evaluation System* para as avaliações de simetria dos folíolos e validação dos modelos. O modelo exponencial de convergência mostrou-se adequado para estimativa da área dos folíolos. Identificou-se a igualdade entre os pares de folíolos iniciais de *C. mucunoides*, *N. wightii*, *A. pintoii* *Stylosantes* spp. e terminais *A. pintoii*. Foi gerado um modelo de mensuração da área foliar, sendo necessária apenas a medição do comprimento e da largura de um único folíolo inicial. Conclui-se que a utilização do modelo exponencial de convergência permite aumento na acurácia da estimativa da área dos folíolos e para mensurar a área foliar deve-se utilizar o modelo regressivo baseado na mensuração de um dos folíolos iniciais de cada genótipo.

**Palavras-chave:** Amendoim forrageiro. Calopogônio. Estilosantes. Soja Perene. Modelagem.

## ABSTRACT

Understanding the morphogenesis of forage plants is crucial for the successful management of mixed pastures. However, the leaf elongation measurement method used for grasses is not set to measure the expansion of leaves of legumes. The objective of this study was to fit mathematical models to determine the leaf area of four tropical forage legumes and standardize a quick and convenient method for measuring leaf growth in the field. The procedure was divided into two stages. In the first stage, 586, 578, 604 and 583 leaves of *Calopogonium mucunoides*, *Neonotonia wightii*, *Arachis pintoii* *Stylosantes spp.* were used to estimate the leaflet and leaf area. In the second stage, to evaluate the symmetry of the initial leaflets *C. mucunoides*, *N. wightii*, *A. pintoii*, *Stylosantes spp.* and *A. pintoii* terminals, besides the validation of the generated models, 200 leaves of each species were harvested. In both stages, length (L), width (W) and leaf area of all leaflets were measured. To estimate the elliptical ( $LA = L \times W \times \pi/4$ ) and the convergence model ( $LA = L \times W \times \pi/4^{L^B}$ , where B is an estimator for each species and leaflets of the studied legumes), the SAS NLIN procedure was used for the leaflet area. To estimate the valuation model, the SAS PROC REG procedure was used. The identity test of models using the statistical software SAS® was used at 5% probability, and the mean square partition software in the prediction of errors by the Model Evaluation System for the symmetry of assessments of leaflets and validation of models. The exponential convergence model was adequate to estimate leaflet area. It identified the equality between the pairs of initial leaflets of *C. mucunoides*, *N. wightii*, *A. pintoii* and *Stylosantes spp.* and terminals in *A. pintoii*. A measurement model of the leaf area was generated, and it was only necessary to measure the length and width of a single initial leaflet. It follows that the use of the exponential convergence model allows increased accuracy in the estimated area of the leaflets and, in order to measure the leaf area, the regression model based on the measurement of the initial leaflets of each genotype must be used.

**Keywords:** Peanut forage. Calopo. Stylo. Perennial soybean. Modeling.

## 1 INTRODUÇÃO

Em dosséis com mais de uma espécie vegetal, a estrutura da população é definida pela participação de cada espécie na demografia populacional, associado à estrutura de cada indivíduo (LEMAIRE et al., 1999). Estudos envolvendo características morfogênicas tornam-se então importantes, pois fornecem informações sobre o crescimento vegetal no espaço e no tempo e podem nortear estratégias de manejo que aumentem a eficiência do sistema de produção consorciado (GOMIDE et al., 2006).

O reconhecimento de padrões foliares pode representar uma linha interessante de investigação de processos eco-morfológicos (BORAZAN; BABAC, 2003). Tal processo pode auxiliar pesquisadores quanto ao desenvolvimento e padronização de métodos utilizados para mensurar o fluxo de tecidos de leguminosas sob condições variadas de produção em determinados ecossistemas.

Uma das medidas mais importantes no estudo do fluxo temporal de tecidos vegetais é a taxa de expansão de folhas, que em gramíneas é medida pela variação do comprimento foliar (BIRCHAM; HODGSON, 1983; CHAPMAN; LEMAIRES, 1993; GRANT; MARRIOTT, 1994; LEMAIRES; AGNUSDEI, 2000), porém para leguminosas forrageiras apenas o alongamento foliar não é suficiente para medir a expansão de folhas. Sabendo que as expansões dos folíolos ocorrem pelas variações conjuntas de comprimento e largura, é mais adequado expressar o crescimento foliar de leguminosas em área. Para parametrizar novos modelos de estimativa de área foliar é necessário adaptar a estrutura de mensuração para cada leguminosa forrageira.

Avaliar se o modelo elíptico recomendado por Lopes de Sá et al. (2014) pode ser usado para estimar a área foliar de outras espécies de leguminosas é um importante passo para a padronização da caracterização morfogênica em

estudos com leguminosas. Além disso, buscar modelos que estimem a área da folha pela avaliação da área de apenas um folíolo reduz o trabalho de mensuração de campo e torna a aplicação de modelos matemáticos na pesquisa forrageira uma ferramenta útil e indispensável.

Objetivou-se com este trabalho ajustar modelos matemáticos para determinação da área foliar de quatro leguminosas forrageiras tropicais e padronizar um método rápido e prático de mensuração do crescimento foliar no campo.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

A coleta de dados ocorreu em áreas experimentais do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras, localizada a 21°13'51.73'' de latitude sul, 44°58'10.47'' de longitude oeste e 911 metros de altitude. O clima da região é classificado pelo sistema de Köppen como Cwa mesotérmico úmido subtropical de inverno seco (SÁ JUNIOR, et al., 2012). Os dados climáticos referentes as épocas de coleta são encontrados na Figura 1.

Para modelagem da área foliar das leguminosas as atividades foram divididas em duas etapas: a primeira caracterizada pela determinação da área dos folíolos e da folha de cada espécie; e a segunda caracterizada pela constatação da simetria entre folíolos e a validação dos modelos propostos. Para tanto, o procedimento foi composto por passos que se iniciaram na coleta de folhas no campo e seguiram até a geração e validação dos modelos de estimação da área foliar (Figura 2).

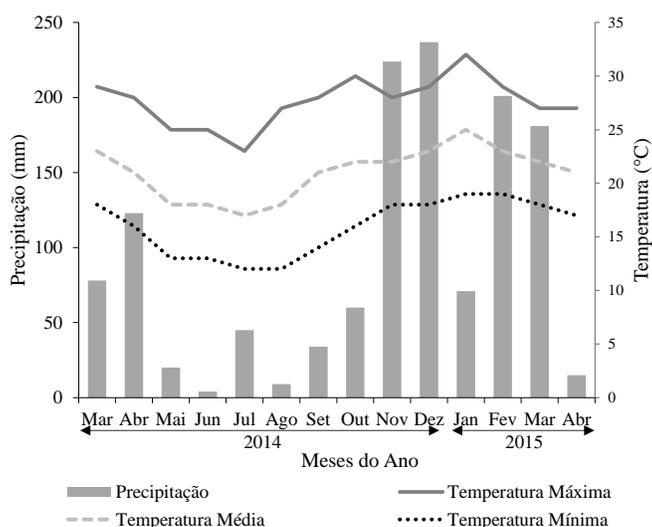


Figura 1 Médias climáticas mensais de Lavras-MG, durante o período pré-experimental de coleta das folhas.

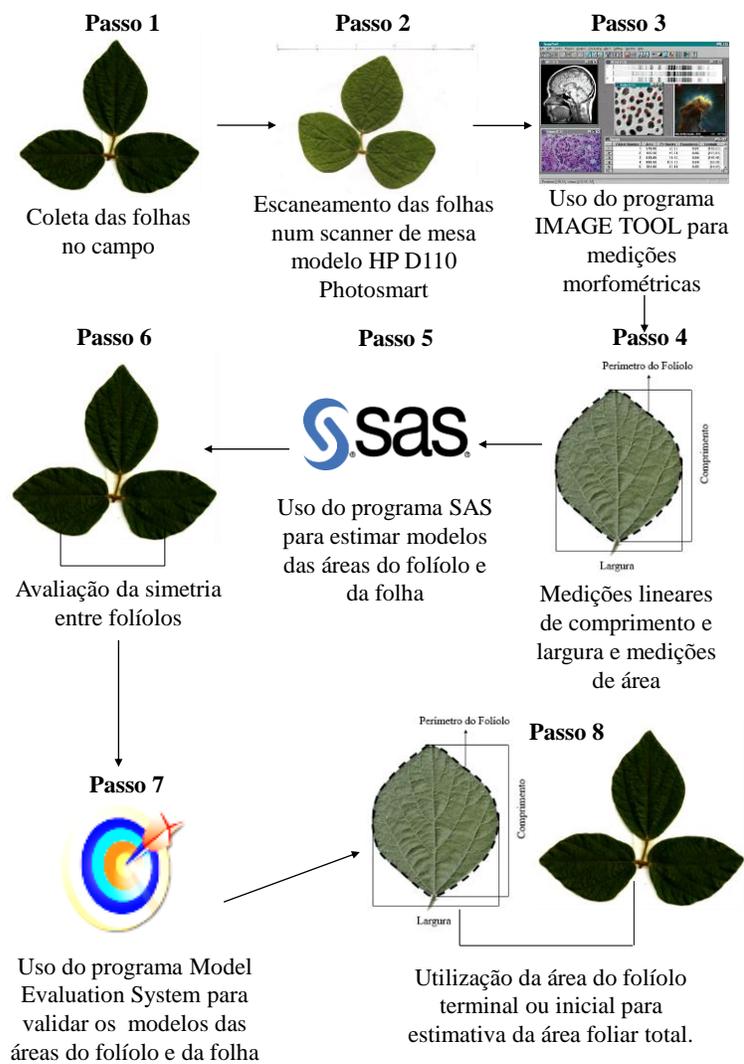


Figura 2 Exemplificação dos procedimentos realizados para estimar a área foliar de leguminosas.

## 2.1 Etapa 1: Geração de modelos para estimativa da área do folíolo e área foliar

Para gerar os modelos foram colhidas 586 folhas de *Calopogonium mucunoides* (Desv.) cv. Comum; 578 folhas de *Neonotonia wightii* (Wight e Arn. J.A. Lackey) cv. Comum; 604 folhas de *Arachis pintoi* (Krapov. & W.C. Greg.), sendo 201 folhas do cultivar Belomonte, 201 folhas do cultivar Amarillo e 202 folhas do cultivar BRS Mandobi; e 583 folhas de *Stylosantes*, sendo 291 folhas de *Stylosantes guianensis* var. *guianensis* cv. Mineirão e 292 folhas aleatórias da mistura varietal de *Stylosantes capitata* + *Stylosantes macrocephala* cv. Campo Grande em sistemas consorciados com gramíneas e em monocultivo. As folhas foram selecionadas de forma que houvesse grande amplitude de tamanho e posicionamento nos ramos. As folhas também foram colhidas ao longo do inverno e primavera de 2014 e verão de 2015 com a finalidade de ampliar a variabilidade nas proporções morfométricas dos folíolos. Desta forma, foram buscadas informações da amplitude dos valores de comprimento e largura dos folíolos de cada espécie. Os valores de comprimento e largura dos folíolos de Calopogônio, Soja Perene, Amendoim Forrageiro e Estilosantes variam de 4-10 cm X 2-5 cm; 1,5-15 cm X 1,3-12,5 cm; 1,7-4,5 cm X 1,2-3,5 cm; 0,5-4,5 X 0,2-2,0 cm (VEASEY, et al., 1999; BOGDAN, 1977; PAGANELLA; VALLS, 2002; STACE; EDYE, 1984). Com isto, foram coletados folíolos que atendessem a amplitude de tamanhos descritos para cada espécie.

Após a colheita das folhas, os folíolos foram identificados como iniciais direito e esquerdo e terminal para as folhas de Calopogônio, Soja Perene e Estilosantes; e como iniciais e terminais direito e esquerdo para Amendoim forrageiro (Figura 3). As folhas foram identificadas e escaneadas com uma escala milimétrica de referência num scanner de mesa modelo HP D110

Photosmart. Os arquivos digitalizados foram migrados para o software IMAGE TOOL 3.0 (UTHSCSA, 2002), sendo que cada imagem foi calibrada, por meio das escalas de referência, antes de realizar a mensuração dos folíolos. Em cada folíolo de cada folha foram medidos o comprimento (C), no sentido da nervura central, largura (L) medida na maior distância perpendicular à nervura central e a área foliar total do folíolo (LOPES de SÁ, et al.. 2014; Figura 4).

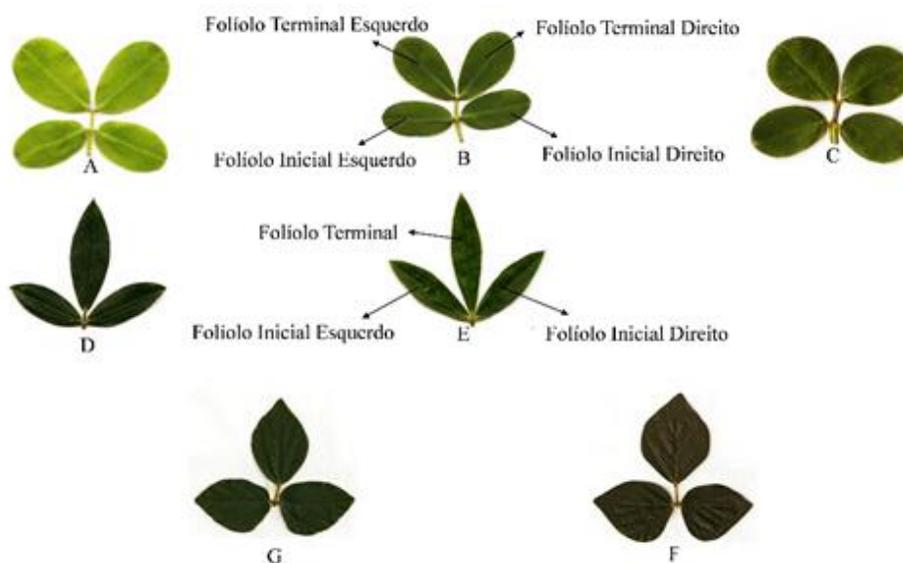


Figura 3 Folha de *Arachis Pinto* cv. Amarelo (A), *Arachis Pinto* cv. Belomonte (B) e *Arachis Pinto* cv. BRS Mandobi (C); *Stylosantes capitata* (D); *Stylosantes guianensis* var. *guianensis* cv. Mineirão (E); *Calopogonium mucunoides* cv. Comum (F); *Neonotonia wightii* cv. Comum (G). Nas imagens B e E são classificados os tipos de folíolos para leguminosas tetra e trifolioladas.

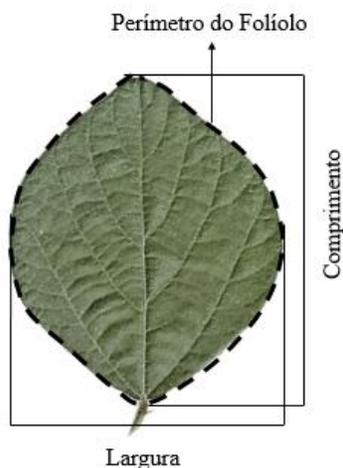


Figura 4 Medições lineares (comprimento e largura) e dimensionamento da área do folíolo por meio da demarcação do perímetro (- - -).

### 2.1.1 Estimativa da área do folíolo

Foram utilizados os dados de comprimento e largura dos folíolos iniciais e terminais de Calopogônio, Soja Perene e Estilosantes; e os dados de comprimento e largura dos folíolos iniciais e terminais do Amendoim Forrageiro, gerando-se um modelo para cada tipo de folíolo. Inicialmente foi testado o modelo elíptico proposto por Lopes de Sá et al. (2014) para estimar as áreas dos folíolos das quatro leguminosas, porém foi observado que o modelo não predizia com exatidão a área de folíolos grandes. Dessa forma, optou-se por gerar fatores de ajustes no modelo para correções dessas distorções, denominado como modelo exponencial de convergência.

Para gerar estes fatores, os dados entre os valores estimados e observados foram ajustados para um modelo de regressão não-linear, por meio do procedimento NLIN do SAS (SAS INSTITUTE, 2004). As estimativas dos

parâmetros foram obtidas por meio de processo iterativo de Gauss-Newton, desenvolvido por Hartley (1961) para modelos não-lineares. Os desvios residuais foram testados por modelos residuais de regressão nos valores preditos e realizou-se teste da média residual diferente de zero. Dessa forma, o modelo matemático básico utilizado para estimar a área dos folíolos de cada leguminosa foi:

$$AF = \frac{C \times L \times \pi^{C^E}}{4}$$

Sendo que AF é área do folíolo; C e L são comprimento e largura do folíolo; e E é o estimador usado como fator de correção. Além disso, foi estimado outro modelo com o objetivo de definir a área dos folíolos iniciais e terminais por meio de um único e simples modelo elíptico de convergência. A escolha do melhor modelo foi baseada no critério de informação de Akaike (AIC). A AIC é um procedimento para identificar o melhor ajuste do modelo, que considera o número de parâmetros e faz a avaliação livre de ambiguidades associadas aos testes de hipótese convencional (AKAIKE, 1974). A AIC foi estimada da seguinte forma (KAPS; LAMBERSON, 2004):

$$AIC = n \times \log(QMRES/n) + 2 \times p$$

Sendo que QMRES: quadrado médio do resíduo; n: número de observações e p: o número dos parâmetros do modelo.

Para cada leguminosa uma razão de F foi calculada para testar se um único modelo poderia estimar a área dos folíolos iniciais e terminais a partir de um conjunto de dados agrupados para estimativa de parâmetros. Tal avaliação estatística foi realizada seguindo o modelo:

$$F = \frac{(SQRES_A - SQRES_I - SQRES_T)/(GLRES_A - GLRES_I - GLRES_T)}{(SQRES_I + SQRES_T)/(GLRES_I + GLRES_T)}$$

Sendo que SQRES: soma de quadrado do resíduo; GLRES: grau de liberdade do resíduo; e subscritos A, I e T indicam modelo para ambos os folíolos, para os folíolos iniciais e para os terminais, respectivamente. O P-valor da distribuição F foi utilizado para avaliar se um único modelo seria eficiente na estimativa da área de folíolos iniciais e terminais das leguminosas estudadas.

### 2.1.2 Estimativa da área foliar

Para gerar dois modelos de estimativa da área da folha por intermédio da área de folíolos iniciais e terminais, foram utilizadas as áreas reais dos folíolos terminais e iniciais de cada espécie. A estimativa desses modelos foi realizada por meio do procedimento PROC REG do SAS® (SAS INSTITUTE, 2004).

## 2.2 Etapa 2: Simetria de folíolos e validação de modelos

A simetria perfeita entre folíolos basais (para leguminosas trifolioladas) ou basais e terminais (para leguminosas tetrafolioladas) pode ser utilizada para reduzir a quantidade de mensurações de folíolos no campo.

Para realizar as avaliações dessa etapa foram colhidas 200 folhas de *Calopogonium mucunoides* (Desv.) cv. Comum; 200 folhas de *Neonotonia wightii* (Wight e Arn. J.A. Lackey) cv. Comum; 200 folhas de *Arachis pintoi* (Krapov. & W.C. Greg.), sendo 66 folhas do cultivar Belomonte, 67 folhas do cultivar Amarillo e 67 folhas do cultivar BRS Mandobi; e 200 folhas de *Stylosantes spp.*, sendo 100 folhas de *Stylosantes guianensis* var. *guianensis* cv. Mineirão e 100 folhas de *Stylosantes capitata* + *Stylosantes macrocephala* cv.

Campo Grande em sistemas consorciados com gramíneas e em monocultivo. As folhas foram selecionadas e avaliadas com o mesmo rigor e procedimento da Etapa 1.

### **2.2.1 Simetria entre pares de folíolos**

Foi realizada a avaliação da simetria dos folíolos iniciais direito e esquerdo de Calopogônio, Soja Perene e Estilosantes e a simetria dos folíolos iniciais e terminais, esquerdo e direito de Amendoim Forrageiro. De posse dos resultados, a comparação entre os pares de folíolos foi realizada com base na área foliar observada, utilizando modelos de identidade proposto por Tedeschi (2006), ao nível de 5% de probabilidade. O modelo consiste no ajuste de uma equação de primeiro grau do tipo  $\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1.x$ , com as seguintes hipóteses  $H_0: \beta_0 = 0$  e  $H_0: \beta_1 = 1$  (MAYER et al., 1994). As análises foram realizadas por meio do procedimento REG do SAS® (SAS INSTITUTE, 2004).

Também foi avaliado o quadrado médio do erro da predição (QMEP) de ambos os modelos (BIBBY; TOUTENBURG, 1977), que é a estimativa mais comum e confiável para medir a precisão da previsão do modelo. O QMEP pode ser dividido como erro de tendência central (ou mudança significativa), erros devido a variação desigual (desvios) e erros devido a covariâncias incompletas. Esses três termos representam erros na tendência central (ou erros das médias), erros devido à regressão (ou erros sistemáticos) e erros devido a distúrbios (ou erros aleatórios) (THEIL, 1961; TEDESCHI, 2006). Estas variáveis estatísticas foram calculadas usando um Sistema de Avaliação de Modelos, por meio do software Model Evaluation System (MES, v.3.0.1) proposto por Tedeschi (2006).

### **2.2.2 Validação dos modelos**

Foi realizada a validação dos modelos de estimativa da área do folíolo e da área da folha. Para validação foi feita a comparação entre os dados reais e os estimados pelos respectivos modelos, utilizando modelo de identidade proposto por Tedeschi (2006), ao nível de 5% de probabilidade, e a avaliação do QMEP (BIBBY; TOUTENBURG, 1977).

### **3 RESULTADOS**

#### **3.1 Etapa 1: Geração de modelos para estimativa da área do folíolo e área foliar**

##### **3.1.1 Modelo de estimação da área do folíolo**

Os resultados da estimativa dos modelos exponenciais de convergência para estimar a área de folíolos das leguminosas estudadas estão descritos na Tabela 1. Todos os estimadores calculados tiveram diferença significativa ( $P < 0,0001$ ), onde os modelos corrigidos para os folíolos iniciais e terminais se ajustaram em equações exponenciais ( $P < 0,0001$ ). Na avaliação de AIC, somente com o *Estilosantes*, um único modelo exponencial de convergência para ambos os folíolos (iniciais e terminais) não foi diferente significativamente dos modelos individuais ( $P = 0,9986$ ). Assim, para o *Estilosantes*, um único modelo pode ser usado para estimar a área dos folíolos iniciais e terminais. Nas demais espécies, ganhos estatísticos serão alcançados utilizando os modelos individuais para os folíolos iniciais e terminais.

##### **3.1.2 Modelo de estimação da área foliar**

Os modelos gerados para estimar a área total foliar das leguminosas estudadas estão descritos na Tabela 2. Todos os modelos gerados para estimar a área total foliar tiveram ajustes lineares ( $P < 0,0001$ ), sendo que os modelos demonstraram adequados pelo fato de apresentarem valores de coeficiente de determinação considerados altos.

Tabela 1 Modelos de estimativa da área dos folíolos iniciais, terminais e para ambos os folíolos de quatro leguminosas forrageiras.

Espécie	Identificação dos Folíolos	Valor de E	Valor P do Estimador	Modelo Ambos os Folíolos
Amendoim Forrageiro	Inicial	-0,0459	<0,0001	-
	Terminal	0,1816	<0,0001	-
	Ambos	0,1148	<0,0001	<0,0001
Calopogônio	Inicial	0,0736	<0,0001	-
	Terminal	0,1911	<0,0001	-
	Ambos	0,1373	<0,0001	<0,0001
Estilosantes	Inicial	0,2107	<0,0001	-
	Terminal	0,1923	<0,0001	-
	Ambos	0,2015	<0,0001	0,9986
Soja Perene	Inicial	0,0638	<0,0001	-
	Terminal	0,2365	<0,0001	-
	Ambos	0,1616	<0,0001	<0,0001

Modelo Ambos os Folíolos: Teste AIC avaliando o uso ou não de apenas um modelo para estimar a área dos folíolos iniciais ou terminais. Ambos: Modelo calculado para estimar a área de folíolo inicial e terminal.

Tabela 2 Modelos de estimativa da área foliar com base na área dos folíolos iniciais e terminais de quatro leguminosas forrageiras.

Espécie	Identificação dos Folíolos	Modelo	R <sup>2</sup>	Valor P
Amendoim Forrageiro	Inicial	$\hat{Y} = 0,4796 + 4,4520 * A_i$	0,9545	<0,0001
	Terminal	$\hat{Y} = 0,1639 + 3,4452 * A_t$	0,9770	<0,0001
Calopogônio	Inicial	$\hat{Y} = 0,9855 + 3,1877 * A_i$	0,9741	<0,0001
	Terminal	$\hat{Y} = 3,2753 + 2,5348 * A_t$	0,9750	<0,0001
Estilosantes	Inicial	$\hat{Y} = 0,4131 + 3,1967 * A_i$	0,9280	<0,0001
	Terminal	$\hat{Y} = 0,3308 + 2,3714 * A_t$	0,9575	<0,0001
Soja Perene	Inicial	$\hat{Y} = 1,5788 + 3,1545 * A_i$	0,9836	<0,0001
	Terminal	$\hat{Y} = -0,1553 + 2,6453 * A_t$	0,9870	<0,0001

$\hat{Y}$ : Área Foliar estimada (cm<sup>2</sup>);  $A_i$ : Área do folíolo inicial (cm<sup>2</sup>);  $A_t$ : Área do folíolo terminal (cm<sup>2</sup>)

## **3.2 Etapa 2: Simetria de folíolos e validação de modelos**

### **3.2.1 Simetria entre pares de folíolos das folhas de leguminosas**

O teste de identidade simétrica entre os pares de folíolos terminais e iniciais estão apresentados na Tabela 3. As hipóteses  $H_0: \beta_0 = 0$   $H_0: \beta_1 = 1$  para os folíolos iniciais das espécies de Calopogônio, Soja Perene, Amendoim Forrageiro e Estilosantes e para o folíolo terminal de Amendoim Forrageiro não foram rejeitadas ( $P > 0,05$ ), sendo o intercepto dessa reta no ponto 0 (zero) (correspondendo à intercessão dos eixos X e Y) e o coeficiente angular desses parâmetros igual a 1. Na avaliação da distribuição do Quadrado Médio do Erro da Predição (QMEP), observou-se que em todos os modelos gerados mais de 99% corresponde a erro aleatório, o que é ideal para validação de modelos.

Tabela 3 Teste de identidade simétrica entre folíolos terminais e iniciais de quatro leguminosas forrageiras.

Espécie	Identificação do Folíolo	FD	FE	Equação	R <sup>2</sup>	H <sub>0</sub> : β <sub>0</sub> =0	H <sub>0</sub> : β <sub>1</sub> =1	Distribuição Erro		
								EM	ES	EA
Amendoim Forrageiro	Terminal	3,56	3,56	$\hat{Y} = 0,0161 + 0,9961X$	0,9645	0,7605	0,7799	0,008%	0,042%	99,950%
	Inicial	2,65	2,67	$\hat{Y} = 0,1009 + 0,9704X$	0,8878	0,1588	0,2409	0,417%	0,728%	98,855%
Calopogônio	Inicial	24,35	4,28	$\hat{Y} = 0,3780 + 0,9813X$	0,9546	0,3402	0,2218	0,153%	0,752%	99,096%
Estilosantes	Inicial	2,48	2,49	$\hat{Y} = 0,0022 + 0,9988X$	0,9939	0,8773	0,8347	0,020%	0,022%	99,958%
Soja Perene	Inicial	16,02	16,21	$\hat{Y} = -0,0285 + 1,0003X$	0,9991	0,5210	0,8791	0,624%	0,012%	99,364%

Ŷ: Área estimada dos folíolos iniciais (cm<sup>2</sup>); X: Área real dos folíolos iniciais (cm<sup>2</sup>); FD: Folíolo direito; FE: Folíolo esquerdo; EM: Erro das médias; ES: Erro sistemático; ER: Erro aleatório, sendo EM, ES e ER obtidos pelo software *Model Evaluation System*.

### 3.2.2 Validação dos modelos para estimar área do folíolo

As validações do modelo exponencial de convergência estão descritas na Tabela 4. As hipóteses  $H_0: \beta_0 = 0$  e  $H_0: \beta_1 = 1$  para os folíolos iniciais das espécies de Calopogônio, Soja Perene, Amendoim Forrageiro e Estilosantes não foram rejeitadas. Tal resposta demonstra que a área estimada do folíolo inicial de todas as espécies pelo modelo exponencial de convergência foi idêntica à área do folíolo inicial observada. Já para os folíolos terminais de Calopogônio, Soja Perene, Amendoim Forrageiro e Estilosantes, o uso do modelo exponencial de convergência apresentou-se com  $\beta_0$  sendo diferente de zero, indicando que a hipótese  $H_0$  foi rejeitada para o Calopogônio e Soja Perene, ou seja, o intercepto desta reta não é zero no ponto 0 (zero) dos eixos (X, Y); e  $\beta_1$  sendo diferente de um, indicando que o parâmetro  $\beta_1$  não se ajustou ao modelo de identidade para Calopogônio e Soja Perene. Desta forma, existe diferença entre a área do folíolo terminal estimada com o modelo corrigido com a área real do folíolo terminal.

As validações do modelo elíptico estão descritas na Tabela 5. Com relação à avaliação do modelo elíptico, tanto nos folíolos iniciais quanto nos terminais, algumas espécies de leguminosas tiveram  $\beta_0$  diferente de zero para os folíolos iniciais e para os folíolos terminais de Calopogônio, Soja Perene, Amendoim Forrageiro e Estilosantes, indicando que a hipótese  $H_0$  foi rejeitada para o Estilosantes nos folíolos iniciais; e Soja Perene e Estilosantes para os folíolos terminais.

Também foi observado  $\beta_1$  sendo diferente de um para os folíolos iniciais e para os folíolos terminais das leguminosas estudadas, indicando que o parâmetro  $\beta_1$  não se ajustou ao modelo de identidade para Calopogônio, Soja Perene e Estilosantes para os folíolos iniciais e Calopogônio, Soja Perene, Amendoim Forrageiro e Estilosantes para os folíolos terminais, pois a hipótese  $\beta_1=1$  foi rejeitada.

Para o modelo de estimação usando ambos os folíolos de estilosantes, as hipóteses de  $H_0 : \beta = 0$  e  $H_0: \beta = 1$  para o modelo exponencial de convergência foram aceitas (Tabela 4). Desta forma, o modelo exponencial de convergência foi capaz em estimar a área dos folíolos iniciais e terminais de maneira eficiente. Na avaliação da distribuição do Quadrado Médio do Erro da Predição (QMPE), observou-se que em todos os modelos corrigidos 99,37% do QMPE corresponde a erro aleatório, o que é ideal para validação de modelos. No entanto, nos modelos elípticos, apenas 34,22% corresponde a erro aleatório, sendo que 65,78% da distribuição do erro correspondem a erro de média e erro sistemático, ou seja, erro na estimação da média e erros no modelo.

A correlação entre as áreas reais e as áreas estimadas pelos modelos corrigido e elíptico dos folíolos iniciais e terminais de Calopogônio, Soja Perene, Amendoim Forrageiro e Estilosantes são demonstrados nas Figuras 5 a 8, respectivamente. A utilização do modelo exponencial de convergência foi mais precisa na estimativa das áreas dos folíolos, sendo que, com o modelo elíptico proposto por Lopes de Sá et al., (2014), principalmente nos folíolos terminais, houve tendência de superestimar a área do folíolo em relação a sua área real, sendo este efeito com maior intensidade em folíolos com maiores áreas.

Tabela 4 Validação do modelo exponencial de convergência gerado para estimar a área dos folíolos de leguminosas forrageiras.

Espécie	AR	AE	Equação	R <sup>2</sup>	H <sub>0</sub> : β <sub>0</sub> =0	H <sub>0</sub> : β <sub>1</sub> =1	Distribuição Erro		
							EM	ES	EA
<b>Folíolos Iniciais</b>									
Amen. Forrageiro	2,65	2,64	$\hat{Y} = 0,0394 + 0,9908X$	0,9888	0,0708	0,2329	2,000%	0,741%	97,259%
Calopogônio	24,30	24,13	$\hat{Y} = 0,0561 + 1,0049X$	0,9902	0,7605	0,4918	3,591%	0,232%	96,178%
Estilosantes	2,53	2,53	$\hat{Y} = 0,0013 + 1,0009X$	0,9759	0,9638	0,9317	0,143%	0,004%	99,853%
Soja Perene	16,02	16,13	$\hat{Y} = -0,1988 + 1,0086X$	0,9938	0,0878	0,1289	0,308%	1,157%	98,535%
<b>Folíolos Terminais</b>									
Amen. Forrageiro	3,56	3,57	$\hat{Y} = -0,0601 + 1,0293X$	0,9865	0,1364	0,0978	0,857%	8,055%	91,087%
Calopogônio	29,70	29,72	$\hat{Y} = -0,6314 + 1,0206X$	0,9837	0,0344	0,0286	0,015%	2,407%	97,577%
Estilosantes	3,44	3,43	$\hat{Y} = 0,0275 + 0,9953X$	0,9761	0,4821	0,6699	0,758%	0,091%	99,150%
Soja perene	22,45	22,62	$\hat{Y} = -0,6676 + 1,0221X$	0,9947	<0,0001	<0,0001	3,706%	7,791%	88,502%
<b>Modelo de ambos os folíolos</b>									
*Estilosantes	2,84	2,83	$\hat{Y} = -0,0094 + 1,0064X$	0,9816	0,5690	0,2591	0,573%	0,212%	99,215%

$\hat{Y}$  = Área estimada do folíolo (cm<sup>2</sup>); X = Área real do folíolo (cm<sup>2</sup>); AR: Área real; AE: Área estimada; EM: Erro das médias; ES: Erro sistemático; EA: Erro aleatório; sendo EM, ES e EA obtidos pelo software *Model Evaluation System*.

\*Estilosantes: Única espécie em que apenas um modelo é capaz de estimar a área dos folíolos iniciais e terminais

Tabela 5 Validação do modelo elíptico gerado para estimar a área dos folíolos de leguminosas forrageiras.

Espécie	AR	AE	Equação	R <sup>2</sup>	H <sub>0</sub> : β <sub>0</sub> =0	H <sub>0</sub> : β <sub>1</sub> =1	Distribuição Erro		
							EM	ES	EA
<b>Folíolos Iniciais</b>									
Amen. Forrageiro	2,65	2,61	$\hat{Y} = 0,0253 + 1,0056X$	0,9888	0,2480	0,4709	12,508%	0,242%	87,250%
Calopogônio	24,30	25,00	$\hat{Y} = 0,2757 + 0,9611X$	0,9899	0,1356	<0,0001	33,370%	9,270%	57,350%
Estilosantes	2,53	2,71	$\hat{Y} = 0,0801 + 0,9053X$	0,9782	0,0032	<0,0001	70,20%	9,813%	19,984%
Soja Perene	16,02	16,59	$\hat{Y} = -0,0445 + 0,9712X$	0,9936	0,7030	<0,0001	35,22%	7,786%	56,994%
<b>Folíolos Terminais</b>									
Amen. Forrageiro	3,56	3,74	$\hat{Y} = -0,0221 + 0,9557X$	0,9909	0,4079	<0,0001	64,519%	6,716%	28,765%
Calopogônio	29,79	33,40	$\hat{Y} = 0,3399 + 0,8791X$	0,9835	0,2416	<0,0001	75,440%	13,030%	11,530%
Estilosantes	3,44	3,69	$\hat{Y} = 0,1291 + 0,8975X$	0,9734	0,0015	<0,0001	69,407%	9,882%	20,711%
Soja perene	22,45	26,05	$\hat{Y} = 0,3054 + 0,8501X$	0,9948	0,0172	<0,0001	73,986%	22,292%	3,722%

$\hat{Y}$  = Área estimada do folíolo (cm<sup>2</sup>); X = Área real do folíolo (cm<sup>2</sup>); AR: Área real; AE: Área estimada; EM: Erro das médias; ES: Erro sistemático; EA: Erro aleatório; sendo EM, ES e EA obtidos pelo software *Model Evaluation System*.

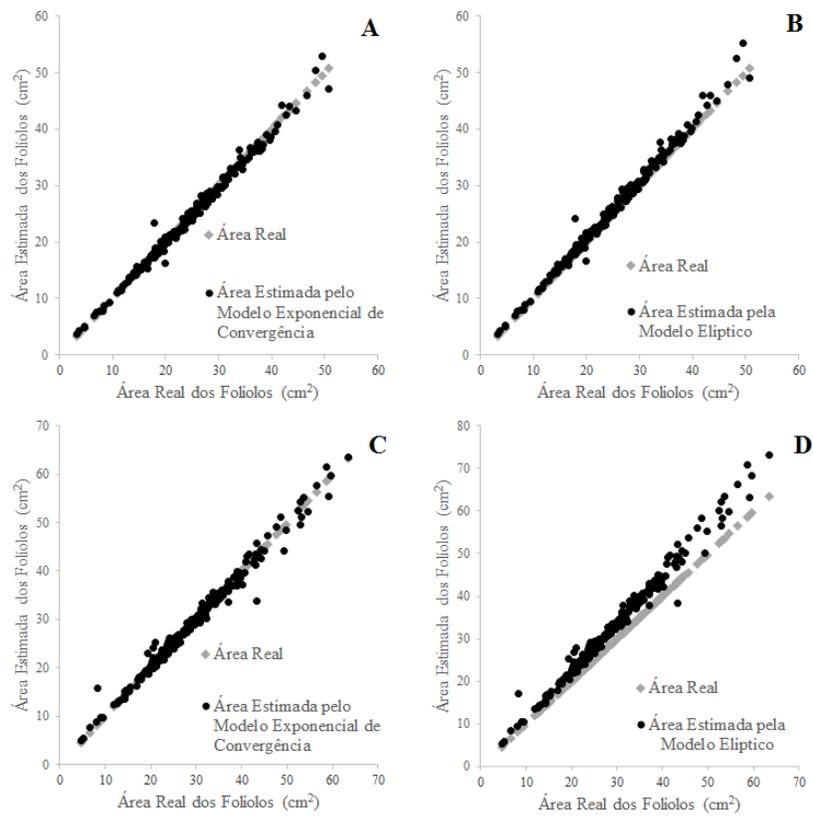


Figura 5 Correlação entre a área real com área estimada pelos modelos exponencial de convergência e elíptico dos folíolos iniciais (A e B) e terminais (C e D) de Calopogônio.

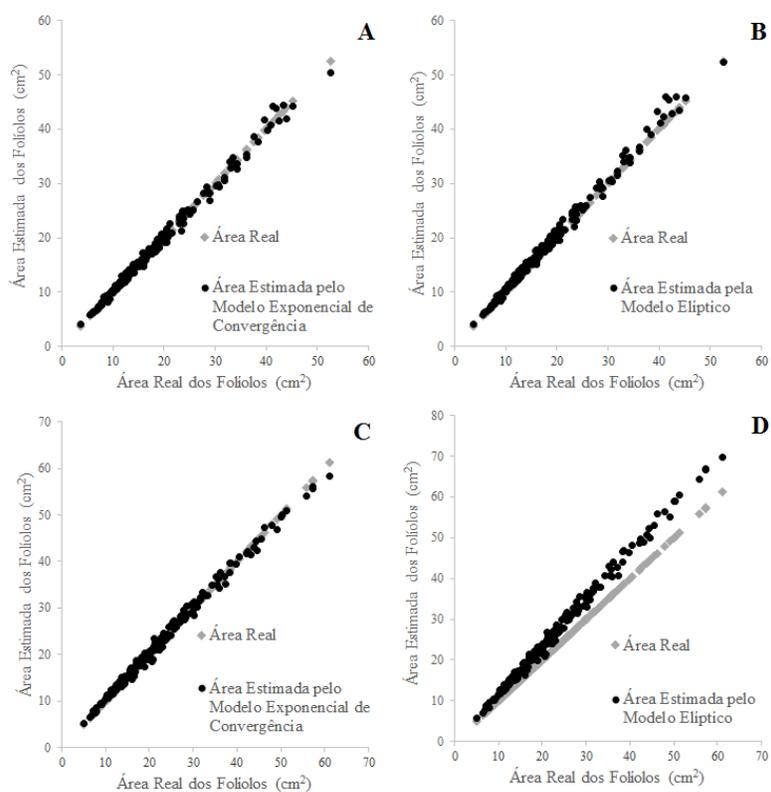


Figura 6 Correlação entre a área real com área estimada pelos modelos exponencial de convergência e elíptico dos folíolos iniciais (A e B) e terminais (C e D) de Soja Perene.

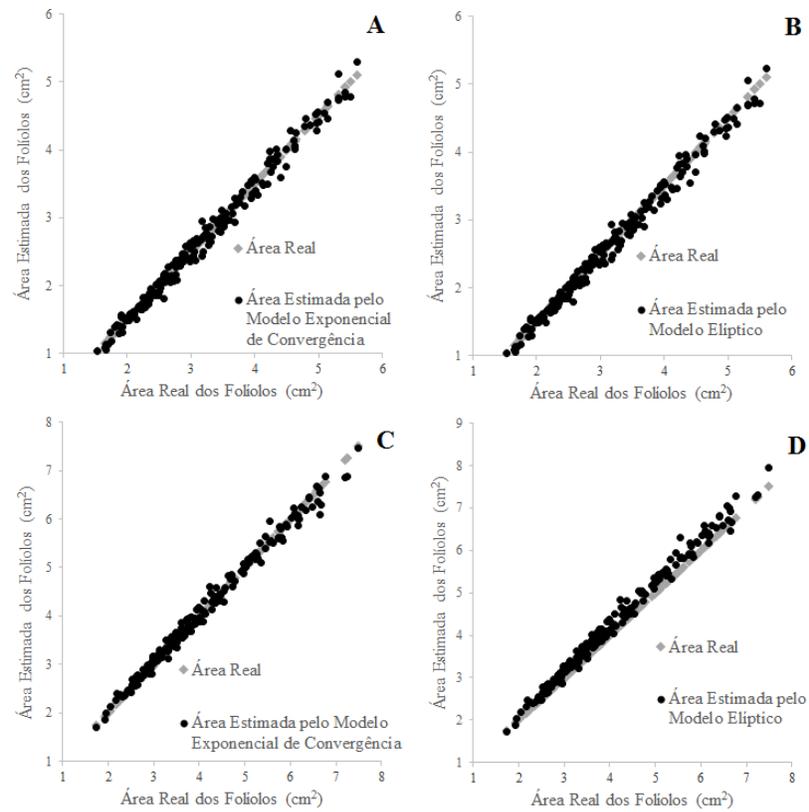


Figura 7 Correlação entre a área real com área estimada pelos modelos exponencial de convergência e elíptico dos folíolos iniciais (A e B) e terminais (C e D) de Amendoim Forrageiro.

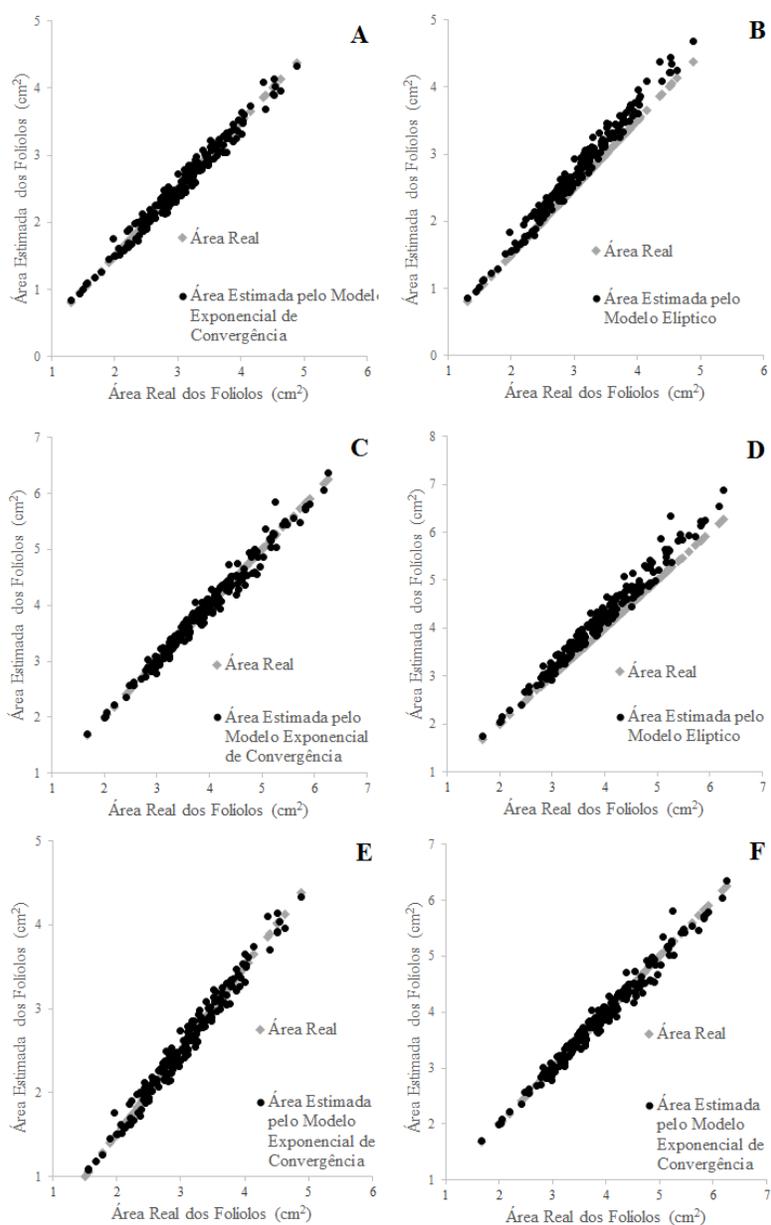


Figura 8 Correlação entre a área real com área estimada pelos modelos exponencial de convergência e elíptico dos folíolos iniciais (A e B), terminais (C e D) e o modelo de convergência para ambos os folíolos, iniciais (E) e terminais (F) de Estilosantes.

### 3.2.3 Validação dos modelos para estimar área da folha de leguminosas

As validações dos modelos lineares gerados estão descritas na Tabela 6. Para as leguminosas Calopogônio, Soja Perene, Amendoim Forrageiro e Estilosantes o modelo linear para a estimativa da área foliar total tiveram seus parâmetros testados,  $\beta_0$  sendo igual a zero para o modelo gerado utilizando da área dos folíolos inicial e terminal e  $\beta_1$  sendo igual a um para o modelo usando da área dos folíolos inicial e terminal. Isto indica que as hipóteses  $H_0 : \beta = 0$  e  $H_0 : \beta_1 = 1$  foram aceitas para todas as leguminosas, ou seja, o intercepto dessa reta é zero no ponto 0 (zero) (intercessão dos eixos X e Y), e o coeficiente angular desse parâmetro é igual a 1, indicando que tanto a área dos folíolos iniciais, quanto a área dos folíolos terminais são eficientes na estimativa da área foliar total das leguminosas (Figura 8).

Na avaliação da distribuição do Quadrado Médio do Erro da Predição (QMEP) para estes modelos, observa-se que nos modelos gerados para Calopogônio, Soja Perene, Amendoim Forrageiro e Estilosantes, em média 99,39%; 97,51%; 98,88% e 98,70% da distribuição do erro correspondeu a aleatório, o que é ideal para validação de modelos.

Tabela 6 Validação dos modelos lineares gerados para estimar a área foliar total de quatro leguminosas forrageiras.

Espécie	Identificação dos Folíolos	AR	AE	Equação	R <sup>2</sup>	H <sub>0</sub> :	H <sub>0</sub> :	Distribuição		Erro
						β <sub>0</sub> =0	β <sub>1</sub> =1	EM	ES	EA
Calopogônio	Inicial	78,37	78,46	$\hat{Y} = 0,1488 + 0,9969X$	0,9845	0,8419	0,7334	0,061%	0,059%	99,880%
	Terminal	78,37	78,57	$\hat{Y} = -0,2009 + 1,0128X$	0,9817	0,1455	0,1952	0,248%	0,848%	98,904%
Soja Perene	Inicial	58,84	58,94	$\hat{Y} = -0,2572 + 1,0112X$	0,9959	0,1317	0,1604	0,264%	2,886%	96,850%
	Terminal	58,84	59,23	$\hat{Y} = -0,1424 + 0,9958X$	0,9899	0,7654	0,5604	1,658%	0,169%	98,173%
Amendoim Forrageiro	Inicial	12,44	12,29	$\hat{Y} = 0,0615 + 1,0069X$	0,9499	0,7803	0,6809	2,002%	0,088%	97,910%
	Terminal	12,44	12,42	$\hat{Y} = -0,0143 + 1,0029X$	0,9785	0,9206	0,7865	0,109%	0,039%	99,852%
Estilosantes	Inicial	8,51	8,51	$\hat{Y} = -0,0923 + 1,0108X$	0,9809	0,2947	0,2836	0,000%	0,580%	99,419%
	Terminal	8,51	8,50	$\hat{Y} = -0,2354 + 1,0293X$	0,9600	0,0722	0,0506	0,111%	1,913%	97,976%

Y= Área estima da folha (cm<sup>2</sup>); X=Área real da folha (cm<sup>2</sup>); AR: Área real; AE: Área estimada; EM: Erro das médias; ES: Erro sistemático; ER: Erro aleatório, sendo EM, ES e ER obtidos pelo software *Model Evaluation System*.

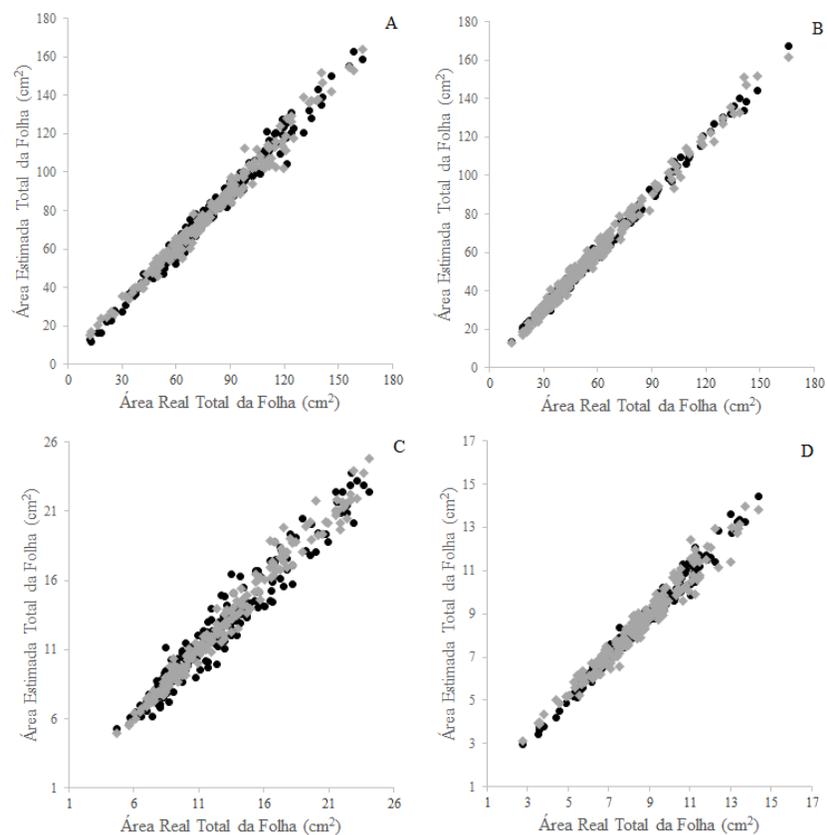


Figura 9 Avaliação da área total foliar estimada pelos modelos lineares com os folíolos iniciais e terminais de quatro leguminosas forrageiras. Sendo, A: Calopogônio; B: Soja Perene; C: Amendoim Forrageiro; D: Estilosantes. ● Área foliar estimada pela área do folíolo inicial (cm<sup>2</sup>); ◆ Área foliar estimada pela área do folíolo terminal (cm<sup>2</sup>).

#### 4 DISCUSSÃO

O modelo elíptico proposto por Lopes de Sá et al. (2014) não se ajustou como estimador da área dos folíolos iniciais e terminais nas leguminosas estudadas, sendo que em todas elas houve superestimação da área dos folíolos em relação a suas áreas reais. Para Calopogônio, Soja Perene e Estilosantes as diferenças entre as médias das áreas estimadas com as médias das áreas reais com o uso do modelo elíptico foram de 2,88%; 3,55% e 7,11% respectivamente, para os folíolos iniciais e, 12,15%; 16,03% e 7,27% respectivamente, para os folíolos terminais (Tabela 4). Já para o Amendoim Forrageiro, o modelo elíptico ajustou-se perfeitamente à base de dados, sendo eficiente na estimativa da área foliar dos folíolos iniciais; porém, com os folíolos terminais, o modelo superestimou em 5,05% a área foliar, uma vez que no presente trabalho foram coletados folíolos maiores que no trabalho de Lopes de Sá et al. (2014).

À medida que um folíolo de leguminosa cresce, sua área foliar perde a forma elíptica, tornando-se mais arredondada, o que causa a superestimação das áreas dos folíolos pelo modelo (Figura 3). Essa mudança na forma dos folíolos não pôde ser representada pelo modelo elíptico, resultado que afeta a maioria das hipóteses de que  $\beta_1$  seja igual a 1 (Tabela 5), ou seja, o modelo elíptico não detecta a variação morfológica de folíolos acima de 30 cm<sup>2</sup> em Calopogônio e Soja Perene e acima de 3 a 4 cm<sup>2</sup> para Amendoim Forrageiro e Estilosantes, fazendo com que o coeficiente angular seja diferente de um (Figuras 5 a 8).

No trabalho de Lopes de Sá et al. (2014), a média do comprimento, da largura e da área total dos folíolos iniciais de Amendoim Forrageiro foram de 1,64 cm, 0,89 cm e 1,18 cm<sup>2</sup> respectivamente, e dos folíolos terminais foram de 1,85 cm, 1,14 cm e 1,72 cm<sup>2</sup>. No presente estudo, a média do comprimento, da largura e da área total dos folíolos iniciais de Amendoim Forrageiro foram de 2,2 cm, 1,4 cm e 2,4 cm<sup>2</sup> e dos folíolos terminais foram de 2,5 cm, 1,7cm e 3,3

cm<sup>2</sup>, ou seja, foram coletados folíolos de Amendoim forrageiro três vezes o tamanho dos folíolos encontrados por Lopes de Sá et al., (2014).

No presente estudo, a maior área de uma folha de Amendoim Forrageiro encontrada foi de 7,5 cm<sup>2</sup>, enquanto Lopes de Sá et al. (2014) encontraram folhas que não passaram de 4,5 cm<sup>2</sup>. Dessa perspectiva, observou-se que a geração de erros pelo modelo elíptico para folhas maiores ficou oculta no trabalho de Lopes de Sá et al. (2014) pela menor amplitude de tamanhos de folhas avaliadas, uma vez que distorções entre a área real com a área estimada para o Amendoim Forrageiro começam a ser notadas a partir de folíolos com cerca de 4 cm<sup>2</sup> de área. Além disso, maiores efeitos de distorções na estimativa da área de folíolos de Amendoim Forrageiro pelo modelo elíptico são observados para os folíolos terminais (Figura 7), pelo fato de perderem o formato elipsoide.

O modelo exponencial de convergência proporcionou ganhos estatísticos na predição da área dos folíolos iniciais em relação ao modelo elíptico (Tabela 4). A dificuldade em mensurar o crescimento e a senescência de leguminosas torna o uso de modelos matemáticos um importante instrumento na análise e interpretação de dados (LOPES de SÁ et al., 2014). Já para os folíolos terminais, o modelo corrigido não foi eficaz como estimador da área foliar, principalmente para o Calopogônio e Soja Perene (Tabela 4). Nestas espécies são marcantes as diferenças geométricas entre os folíolos iniciais e terminais, sendo que os folíolos terminais são caracterizados por serem ovalados (Figura 3).

Apesar de o modelo exponencial de convergência não ser adequado para estimar a área dos folíolos terminais, isso não compromete a avaliação da área da folha de leguminosa (Tabelas 2 e 6, e Figura 9). Com a medição de comprimento e largura de apenas um folíolo inicial, consegue-se estimar a área total da folha das leguminosas estudadas.

Na realização do processo de modelagem da área foliar, verificou-se que para cada par de folíolos iniciais das leguminosas estudadas, ocorreu simetria aceitável para as avaliações morfogênicas (Tabela 3). A implicação prática da simetria está na redução do tempo de trabalho de campo, cuja necessidade de monitoramento de todos os folíolos de cada espécie não se faz necessário, sendo suficiente medir apenas um folíolo de cada par inicial, sem prejuízo à confiabilidade dos dados. Resultados semelhantes foram relatados por Lopes de Sá et al. (2014) em estudo com *Arachis pintoii* cv. Belomonte e cv. BRS Mandobi e por Fialho (2015) em estudo com *Arachis pintoii* cv. Belomonte.

O processo de validação de modelos é utilizado para verificar o potencial de uso de um determinado modelo e se ele cumpre com acurácia as definições para o qual foi proposto. Dessa forma, avaliações de validação como análise da identidade do modelo, ajuste dos parâmetros utilizados e a comparação dos resultados do modelo com dados reais são etapas essenciais e fundamentais para conclusão da fase de validação (HAMILTON, 1991).

O uso desse método no campo é factível de ser executado, marcando ramos e mensurando de forma periódica o comprimento e a largura de apenas um folíolo inicial para cada um dos genótipos estudados. A utilização desses modelos permite expressar o alongamento e senescência foliar, em  $\text{cm}^2 \text{ ramo}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ . O balanço entre expansão e senescência é fundamental na definição da área foliar da planta, a qual está associada ao potencial de interceptação de radiação fotossinteticamente ativa e, conseqüentemente, na capacidade produtiva da planta (CHAPMAN; LEMAIRE, 1993).

Diversos autores ressaltam a necessidade primária do conhecimento das respostas morfofisiológicas das espécies forrageiras utilizadas para que a aceleração no ritmo morfogênico seja explorada de forma correta e os ganhos em produtividade sejam duradouros e efetivos (LEMAIRE; AGNUSDEI, 2000; SUPLICK et al., 2002; ALEXANDRINO et al., 2004). Com isto, o uso de

modelos matemáticos torna possível compreender como fatores bióticos e abióticos determinam a área foliar de plantas de Calopogônio, Soja Perene, Amendoim Forrageiro e Estilosantes, gerando informações com as quais poderão ser definidas estratégias de manejo.

Para manejar pastos com leguminosas de forma eficiente é necessário conhecer a dinâmica de crescimento dessas plantas no tempo e no espaço. A falta do conhecimento morfogenético das leguminosas forrageiras pode resultar em manejos inadequados e causar prejuízos à estrutura do dossel e conseqüentemente à produtividade do sistema.

## 5 CONCLUSÕES

Com a simetria perfeita entre folíolos iniciais das quatro leguminosas estudadas, para medições morfogênicas é necessária apenas a medição de um folíolo inicial de cada espécie.

A utilização do modelo exponencial de convergência permite aumento na acurácia da estimativa da área de folíolos iniciais de todas as espécies estudadas em relação ao modelo elíptico.

Para padronizar a estimativa da área foliar total das leguminosas estudadas, deve-se utilizar o modelo regressivo baseado na mensuração de um dos folíolos iniciais de cada genótipo.

## REFERÊNCIAS

AKAIKE, H. **A new look at the statistical model identification.** IEEE transactions on Automatic Control AC-19, p.716-723, 1974.

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

ANDRADE, C. M. S.; GARCIA, R.; VALENTIM, J. F.; PEREIRA, O. G.. Dynamics of sward condition and botanical composition in mixed pastures of marandu grass, forage peanut and tropical kudzu. **R. Bras. Zootec.**, v.41, n.3, p.501-511, 2012.

BIBBY, J.; TOUTENBURG, H. **Prediction and improved estimation in linear models.** John Wiley & Sons, Berlin, Germany, 1977.

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**, v.38, n.4, p.323-331, 1983.

BODDEY, R. M.; SÁ, J. C. M.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. The contribution of biological nitrogen fixation for sustainable agricultural systems in the tropics. **Soil Biol. and Biochem.** v. 29, No. 516, p. 787-799, 1997.

BOGDAN, A.V. **Tropical Pasture and Fodder Plants (Grasses and Legumes).** pp. 357-364. (Longman: London and New York), 1977.

BULLER, R. E.; ARONOVICH, S.; QUINN, L. R.; BISSCHOFF, W. V. A. Performance of tropical legumes in upland savannah of Central Brazil, In: INTERNATIONAL GRASLAND CONGRESS, 11. **Proceedings...** Austrália, p. 143-146, 1970.

CHAPMAN, D.F.; LEMAIRE, G.. **Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation.** In: Baker, M.J. (ed.) Grassland of Our World. SIR Publishing, Wellington, New Zealand, p. 55–64, 1993.

COOK, B.G., B.C. PENGELLY, S.D. BROWN, J.L. DONNELLY, D.A. EAGLES, M.A. FRANCO, J. HANSON, B.F. MULLEN, I.J. PARTRIDGE, M. PETERS, AND R. SCHULTZE-KRAFT. **Tropical forages: an interactive selection tool.** CSIRO, DPI&F (Qld), CIAT, and ILRI, Brisbane, Australia, 2005.

EUCLIDES, V. P. B.; MACEDO, M. C. M.; OLIVEIRA, M. P. Produção de bovinos em pastagens de *Brachiaria spp.* consorciadas com *Calopogonium mucunoides* nos cerrados. **R. Bras. Zootec.**, v.27, n.2, p.238-245, 1998.

FERREIRA, A. L.; MAURÍCIO, R. M.; FERNANDES, F. D.; CARVALHO, M. A.; RAMOS, A. K. B.; JUNIOR, R. G. Ranking contrasting genotypes of forage peanut based on nutritive value and fermentation kinetics. **Animal Feed Science and Technology**, v.175, p.16–23, 2012.

FIALHO, C. A. **Características morfológicas e estruturais de amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* krapovickas & Gregory cv. Belmonte) submetido a intensidades de pastejo sob lotação contínua.** 2015. 121 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agronomia “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

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

GILLER, K.; CADISCH, G. Future benefits from biological nitrogen fixation: an ecological approach to agriculture. **Plant and Soil**, Crawley, v.174, n.1/2, p. 255-277, 1995.

GOMIDE, C. A. M.; GOMIDE, J. A.; PACIULLO, D. S. C. Morfogênese como ferramenta para o manejo de pastagens In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBZ, 2006. p. 554-579.

HAMILTON, M. A. Model validation: an annotated bibliography. *Communications in Statistics: Theory & Methods*, v.20, p.2207–2266, 1991.

HARTLEY, H.O. The modified Gauss-Newton method for the fitting of nonlinear regression functions by least squares. *Technometrics*, v.3, p.269-280, 1961.

HAYNES, R.J. Competitive aspects of the grass–legume association. *Advances in Agronomy*, v.33, p.227–256, 1980.

HERNANDEZ, M.; ARGEL, P.J.; IBRAHIM, M.A.; MANNETJE, T. Pasture production, diet selection and live weight gains of cattle grazing *Brachiaria-brizantha* with or without *Arachis-pintoi* at 2 stocking rates in the atlantic zone of Costa-rica. *Tropical Grasslands*, v. 29, n. 3, p: 134-141, 1995.

HERRIDGE, D. F.; PEOPLES, M. B.; BODDEY, R. M. Global inputs of biological nitrogen fixation in agricultural systems. *Plant and Soil*, v. 311, p. 1–18, 2008.

KAPS, M.; LAMBERSON, W. **Biostatistics for animal science**. Cambridge: CAB International, 2004. 445p.

LEMAIRE G.; MILLARD P. An ecophysiological approach to modelling resource fluxes in competing plants. *Journal of Experimental Botany*, v.50, p.15-28, 1999.

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

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

LOPES de SÁ, O. A. A.; LARA, M. A. S.; EVANGELISTA, A. R.; BERNARDES, T. F.; CASAGRANDE, D. R. Estimates of the leaf area of forage peanut for use in morphogenetic assessment. **Grass and Forage Science**, v.70, n.2, p. 335-340, 2014.

MAYER, D. G., STUART, M. A.; SWAIN, A. J. Regression of real-world data on model output: An appropriate overall test of validity. **Agricultural Systems**, v.45, p.93-104, 1994.

MUIR, J. P.; PITMAN, W.D.; FOSTER, J. L. Sustainable, low-input, warm-season, grass-legume grassland mixtures: mission (nearly) impossible? **Grass and Forage Science**, v. 66, p.301-315, 2011.

PAGANELLA, M.B.; VALLS, J.F.M. Caracterização morfológica de cultivares e acessos selecionados de *Arachis pintoi* Krapov. & Gregory. **Pasturas Tropicais**, v.24, p.22-29, 2002.

PEOPLES, M. B.; HERRIDGE, D. F.; LADHA, J. K. Biological nitrogen fixation: An efficient source of nitrogen for sustainable agricultural production? **Plant and Soil**, v. 174: 3-28, 1995.

SÁ JUNIOR, A.; CARVALHO, L. G.; SILVA, S. S.; ALVES, M. C. Application of the Köppen classification for climatic zoning in the state of Minas Gerais, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v.108, p.1-7, 2012.

SAS INSTITUTE (Cary, United States). **SAS user's guide: statistics**. Cary, 2004. 419p.

SCHUNKE, R. M.; SILVA, J. M. da. **Braquiária consorciada com estilosantes Campo Grande contribui para a sustentabilidade da pastagem**. Campo grande: Embrapa Gado de Corte, 2003, 5 fl. (Embrapa Gado de Corte- Comunicado Técnico).

SEIFFERT, N. F.; ZIMMER, A. H. Contribución de *Calopogonium mucunoides* al contenido de nitrógeno em pasturas de *Brachiaria decumbens*. **Pasturas Tropicales**, v.10, n.3, p. 8-13, 1988.

SINCLAIR, K.; LOWE, K.F.; PEMBLETON, K.G. Effect of defoliation interval and height on the growth and quality of *Arachis pintoi* cv. Amarillo. **Tropical Grasslands**, v.41, p. 260–268, 2007.

STACE, H.M.; EDYE, L.A. (eds). **'Biology and Agronomy of Stylosanthes'**. (Academic Press: Sydney), 1984.

SUPLICK, M.R.; READ, J.C.; MATUSON, M. A.; JOHNSON, J. P. Switchgrass leaf appearance and lamina extension rates in response to fertilizer nitrogen. **Journal of Plant Nutrition**, v.25, n.10, p.2115-2127, 2002.

TEDESCHI, L.O. Assessment of the adequacy of mathematical models. **Agricultural Systems**, v. 89, p.225–247, 2006.

THEIL, H. **Economic forecasts and policy**. In: Strotz, R.; Tinbergen, J.; Verdoorn, P. J.; Witteveen, H. J. (eds.) Contributions to economic analysis. p 6-48. North-Holland Publishing Company, Amsterdam, 1961.

UTHSCSA (2002). **ImageTool Version 3.0**. Acesso em: 20 de janeiro de 2016 <<http://compdent.uthscsa.edu/dig/itdesc.html#What>>

VALLE, L. da C. S.; SILVA, J. M. da; SCHUNKE, R. M. Ganho de peso de bovinos em pastagens de *Brachiraia decumbens* pura ou consorciada com *Stylosanthes* spp. cv. Campo Grande. In: REUNIÃO ANAUL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001, v.38, p. 175-176.

VEASEY, E.A., WERNER, J.C., COLOZZA, M.T., FREITAS, J.C.T. DE, LUCENA, M.A.C. DE, BEISMAN, D.A. AND GERDES, L. Evaluation of morphological, phenological and agronomic characters of tropical forage legumes in relation to seed production. **Boletim de Indústria Animal**, v.56, p.109-125, 1999.

### **CAPÍTULO 3**

## **UTILIZAÇÃO DO CALOPOGÔNIO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTAGENS CONSORCIADAS**

## RESUMO

Para planejar e definir estratégias de manejo do pastejo é necessário avaliar o padrão de resposta agrônômica das leguminosas sob diferentes estruturas de dossel. Objetivou-se com o presente trabalho definir estratégias de desfolhação que permitam o desenvolvimento equilibrado do *Calopogonium mucunoides* cv. Comum quando consorciado com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso e foram estudadas três frequências de desfolhação em intervalos variáveis, representados pelo tempo para o dossel atingir 90% (90IL), 95% (95IL) e 100% (100IL) de interceptação de luz incidente, e um tratamento sem a realização de pastejo, em crescimento livre (CL), com quatro repetições. Nos dois períodos avaliados foram estimados a massa de forragem, a estrutura do dossel, o acúmulo de forragem e a taxa de lotação. As variáveis foram analisadas pelo PROC MIXED do SAS e as médias comparadas pelo teste “t” de “Student” (10%). As frequências de desfolhação de 90IL, 95IL, 100IL e CL resultaram nas alturas médias no pré-pastejo de 21,1; 25,4; 32,9 e 52,1 cm (P=0,0020). No pré-pastejo, maiores massas de gramíneas e leguminosas foram obtidas nos tratamentos de 100IL e CL (P=0,0033 e 0,0016, respectivamente). Já no pós-pastejo, maior massa de gramínea foi obtida pela frequência de desfolhação de 90IL (P=0,0424), mas a massa de leguminosa foi semelhante entres os tratamentos (P=0,8200). À medida que a frequência de desfolhação ficou menor, ocorreu aumento da intensidade de desfolhação, causando maior estresse na leguminosa pelo pastejo ou pisoteio. As massas de leguminosas removidas dos dosséis foram de 5,5%, 57,1% e 79,1% para as frequências de desfolhação de 90IL, 95IL e 100IL, respectivamente. Maiores massas de folhas e colmos de gramínea no pré-pastejo foram observadas para as frequências de 100IL e CL (P=0,0327 e 0,0082); porém no pós-pastejo maiores massas de folhas e colmos foram obtidas para a frequência de desfolhação de 90IL (P=0,0394 e 0,0977, respectivamente). Em relação à taxa de acúmulo total de gramínea, no primeiro período de avaliação maiores valores de acúmulo foram encontrados para as frequências de 90IL e CL, mas no segundo período de avaliação, maiores acúmulos foram obtidos nas frequências de CL e 100IL (P=0,0222). Não houve diferença para a taxa de acúmulo total de leguminosa entre as frequências de desfolhações avaliadas (P=0,1390). Menor período de rebrotação foi obtido pela frequência de 90IL (P=0,0156); já para a taxa de lotação e lotação instantânea maior valor foi encontrado para a frequência de 100IL. Recomenda-se como meta de manejo de pastos consorciados de Capim-Marandu com Calopogônio frequências de desfolhação de 90% de interceptação luminosa, pelo fato que esta frequência de desfolhação proporcionou melhor estrutura do dossel misto e melhores condições para persistência da leguminosa.

**Palavras-chave:** Pasto consorciado. Interceptação de luz incidente. Manejo do pastejo.

## ABSTRACT

To define management strategies, it is necessary to assess the standard of the agronomic response of legumes under different canopy structures. The objective of this study was to set defoliation strategies to the balanced development of *Calopogonium mucunoides* cv. Common (Calopo), when intercropped with *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (Marandu palisadegrass). The experimental design was in randomized blocks and three defoliation frequencies were studied at variable intervals, represented by the time at which the canopy reaches 90% (90LI), 95% (95LI) and 100% (100LI) of incident light interception, and the treatment without conducting grazing in free growth (FG), with four replications. In both periods herbage mass, canopy structure, forage accumulation and stocking rate were estimated. The variables were analyzed using PROC MIXED of SAS and the means were compared by t-Student test (10%). The frequencies of defoliation 90LI, 95LI, 100LI and FG resulted in average heights in pre-grazing of 21.1; 25.4; 32.9 and 52.1cm ( $P = 0.0020$ ). In the pre-grazing, larger masses of grasses and legumes were obtained in the 100LI and FG treatments ( $P=0.0033$  and  $0.0016$ , respectively). In the post-grazing, most massive grass was obtained by the frequency of defoliation 90LI ( $P=0.0424$ ). However, legume mass was similar between treatments ( $P=0.8200$ ). As the frequency of defoliation was lower, there was an increase in defoliation intensity, causing greater stress on legumes for grazing or trampling. Legumes mass removed from the canopies were 5.5%, 57.1% and 79.1% for the frequencies of defoliation 90LI, 95LI and 100LI, respectively. Larger masses of leaves and grass stalk in pre-grazing were observed for frequency 100LI and FG ( $P=0.0327$  and  $0.0082$ ). However, the biggest post-grazing masses of leaves and stems were obtained for the frequency of defoliation 90LI ( $P=0.0394$  and  $0.0977$ , respectively). In relation to the total forage accumulation rate of grass, the first evaluation period showed the greatest accumulation values, which were found for the frequency 90LI and FG; in the second trial period, the largest accumulations were obtained in the frequency FG ( $P=0.0222$ ). There was no difference in the total forage accumulation rate of legumes between defoliation frequencies evaluated ( $P=0.1390$ ). A minor regrowth period was obtained by the frequency 90LI ( $P=0.0156$ ); on the other hand, for stocking rate and instant stocking, the highest value was found for the frequency 100LI. Defoliation frequencies of 90% light interception are recommended as a mixed pasture management goal for Marandu palisadegrass with Calopo, by the fact that the frequency of defoliation provided better structure of the mixed canopy and provided better conditions for persistence of the legume.

**Keywords:** Mixed pasture. Interception of incident light. Grazing management.

## 1 INTRODUÇÃO

As possíveis consequências da atividade humana sobre a sustentabilidade e segurança da produção de alimentos têm apreendido pesquisadores ao redor do mundo (BOYAZOGLU, 1998; GIBON et al., 1999; HOCHMAN et al., 2013; NARDONE et al., 2010). Quando a produção bovina com o uso de pastagens é citada como uma fonte poluidora do ambiente (OLIVEIRA SILVA et al., 2016), o uso de leguminosas como alternativa para adição de nitrogênio no sistema confere a estas plantas visibilidade ecológica relevante (PEIX et al., 2015).

Mesmo as leguminosas possuindo vários benefícios potenciais, pouco conhecimento foi gerado sobre o manejo eficiente dessas plantas, o que explica o sucesso e/ou insucesso de sistemas solteiros e consorciados (Da SILVA; PEREIRA, 2013). A maior parte do conhecimento gerado contempla aspectos relacionados à produção de forragem e seu valor nutritivo, e pouco se sabe sobre as relações que determinam a persistência das leguminosas e sua contribuição na produtividade das pastagens. Esse tipo de estudo requer a imposição de amplitudes de frequências e intensidades de pastejo de maneira a desafiar as plantas e induzir suas respostas adaptativas (FIALHO, 2015).

Dentre várias espécies forrageiras, o Calopogônio (*Calopogonium mucunoides* Desv.) é uma leguminosa forrageira tida como promissora para ambientes tropicais em situações de consórcio, devido a sua baixa aceitabilidade e ao mesmo tempo grande potencial de produção vegetal e de sementes (CARVALHO; PIRES, 2008). A baixa aceitabilidade pela presença de compostos fenólicos secundários na planta é um mecanismo eficaz de escape ao pastejo, uma vez que o Calopogônio possui hábito de crescimento volúvel, com alta exposição meristemática e foliar ao horizonte de pastejo.

Para planejar e definir estratégias de manejo é necessário avaliar o padrão de resposta agronômica das leguminosas sob diferentes estruturas do dossel (Da SILVA; NASCIMENTO JÚNIOR, 2007; GOMIDE et al., 2006). Em pastagens consorciadas, a estabilização da população de leguminosas é resultado da modificação da estrutura do dossel; assim, menores frequências de desfolhação contribuem para a persistência da leguminosa no sistema. Portanto, a compreensão destas características permite a visualização do potencial produtivo, do acúmulo de forragem (GOMIDE et al., 1997) e entender as respostas morfológicas e estruturais das plantas em pastos consorciados.

Objetivou-se com o presente trabalho definir estratégias de desfolhação que permitam o desenvolvimento equilibrado do *Calopogonium mucunoides* cv. Comum quando consorciado com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Local do experimento e período experimental**

O experimento foi conduzido em área pertencente ao setor de Forragicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, MG, localizada a 21°13'51.73'' de latitude sul, 44°58'10.47'' de longitude oeste e 911m de altitude. O clima, na classificação de Köppen, é definido como Cwa mesotérmico úmido subtropical de inverno seco (SÁ JUNIOR, et al., 2012).

O experimento iniciou em outubro de 2014 e teve duração de seis meses, resultando em dois períodos experimentais (02/10/2014 a 20/01/2015 e 21/01/2015 a 16/04/2015). Os tratamentos estudados foram três frequências de desfolhação em intervalos variáveis, representados pelo tempo para o dossel atingir 90% (90IL), 95% (95IL) e 100% (100IL) de interceptação de luz incidente, e um tratamento sem a realização de pastejo, em crescimento livre (CL). Os períodos experimentais foram determinados pela frequência de desfolhação de 100% de interceptação de luz incidente. Dados climáticos da região foram obtidos por meio de uma estação meteorológica, distante 1000 m da área experimental (Figura 1).

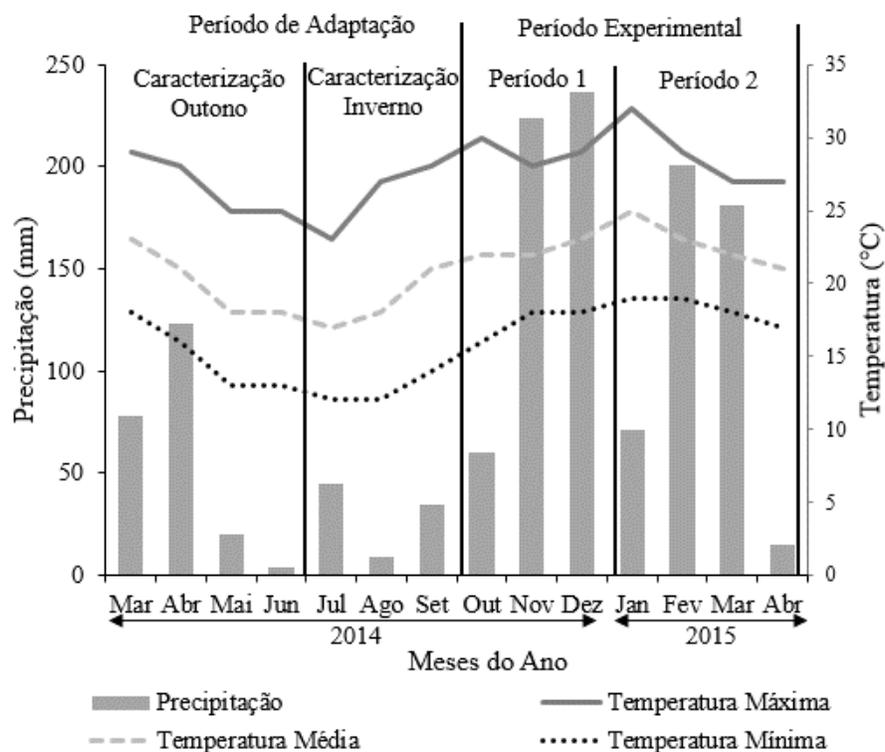


Figura 1 Médias climáticas mensais de Lavras-MG, durante o período pré-experimental e períodos experimentais baseados no tratamento com 100% de interceptação luminosa.

## 2.2 Implantação da área experimental, adubação e método de lotação

A área experimental possuía 0,6 ha de pastagem, implantada no verão de 2012 com *Brachiaria brizantha* (Hochst ex A. Rich) Stapf cv. Marandu e *Calopogonium mucunoides* (Desv.) cv. Comum. A semeadura do *C. mucunoides* e da *B. brizantha* foi realizada misturando-se as sementes com o adubo fosfatado e distribuído a lanço. A área foi dividida em 15 unidades experimentais (UE), nos quais o tamanho variou de acordo com o tratamento imposto. Cada UE

possuía área de descanso de 30 m<sup>2</sup>, com bebedouros e cocho para sal mineral. Além da área experimental, foi utilizado um pasto de aproximadamente 1,0 ha como pasto auxiliar formado por exclusivamente por *B. brizantha* cv. Marandu.

As áreas das unidades experimentais foram reguladas em função do tratamento. A área da UE do tratamento 90IL era de 540 m<sup>2</sup>; a área da UE do tratamento 95IL era de 480 m<sup>2</sup>; a área da UE do tratamento 100IL era de 450 m<sup>2</sup> e a UE do tratamento CL possuía 160 m<sup>2</sup>. Tal variação nas UE permitem melhor uniformização da quantidade de animais e tempo de pastejo destinado para o rebaixamento do dossel em cada UE.

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico de textura argilosa (EMBRAPA 1999). As características do solo da área experimental, antes do início do experimento (setembro de 2014) estão descritas na Tabela 1. No início da primavera, todas as unidades experimentais foram pastejadas até a altura de pós-pastejo de 15 cm. Após a saída dos animais realizou-se a adubação de manutenção de acordo com as recomendações contidas no manual 5<sup>a</sup> Aproximação, para médio nível tecnológico (RIBEIRO et al., 1999).

Tabela 1 Características químicas do solo da área experimental.

Resultados Analíticos							
pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al
H <sub>2</sub> O	..... mg.dm <sup>-3</sup> .....			..... cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> .....			
6,2	1,13	66	-	3,00	1,00	0	2,59
SB	(t)	(T)	V	m	ISNa	MO	P-rem
..... cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> .....		..... % .....		dag.kg <sup>-1</sup>		mg.L <sup>-1</sup>	
4,17	4,17	6,76	61,68	0	-	4,60	2,96

H+Al: Acidez Potencial; SB: Soma de Bases; (t): Capacidade de Troca Catiônica Efetiva; (T): Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; V: Saturação de Bases; m: Saturação por alumínio; ISNa: Índice de Saturação de Sódio; MO: Matéria Orgânica; P-rem: Fósforo Remanescente.

A adubação foi considerada básica para consórcio e continha 40 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 53 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O; 38 kg ha<sup>-1</sup> de Ca; 1,7 kg ha<sup>-1</sup> de S, 0,5 kg ha<sup>-1</sup> de B, 0,25 kg ha<sup>-1</sup> de Cu; 0,6 kg ha<sup>-1</sup> de Mn; 0,03 kg ha<sup>-1</sup> de Mo e 2,7 kg ha<sup>-1</sup> de Zn. Com o objetivo de favorecer a fixação biológica de nitrogênio não foi realizada adubação nitrogenada. A partir desse ponto as pastagens permaneceram em descanso até atingirem o momento de pastejo de acordo com os tratamentos impostos.

O método de lotação adotado foi o “mob stocking” (ALLEN et al., 2011), com período de rebrotação de acordo com os tratamentos e período de ocupação de 9 dias para cada UE. O pastejo foi realizado por novilhas da raça Tabapuã, com peso corporal de 254±52 kg com a finalidade de realizar o rebaixamento do dossel dentro do período estipulado. A cada 45 dias as bezerras utilizadas no experimento eram pesadas a fim de quantificar a taxa de lotação e a taxa de lotação instantânea. As mesmas foram quantificadas considerando em unidade animal (UA=450 kg de peso vivo) em cada UE e dividindo pela área requerida para um completo ciclo de pastejo (período de rebrotação + período de ocupação), segundo Menezes et al. (2015).

### **2.3 Caracterização da pastagem**

Antes do início do experimento foram realizadas duas caracterizações da massa de forragem de gramínea e de leguminosa na área experimental, uma no outono e outra no inverno de 2014. Objetivou-se com estas avaliações acompanhar a resposta da leguminosa aos sucessivos pastejos para implantação do experimento. Na avaliação do outono, antes do pastejo, a altura do dossel foi de 48,6 cm; com massa de forragem de gramínea de 4.877 kg ha<sup>-1</sup> e de leguminosa de 3.814 kg ha<sup>-1</sup>, sendo esta responsável por 44% da composição botânica do dossel. Após o pastejo, a altura do dossel foi 22,5 cm; com massa de

forragem de gramínea de 512 kg ha<sup>-1</sup> e de leguminosa de 3.187 kg ha<sup>-1</sup>, sendo que 86% da composição botânica do dossel foram representados por leguminosa.

Na avaliação do inverno, antes do pastejo, a altura do dossel foi de 17,2 cm; com massa de forragem de gramínea de 2.970 kg ha<sup>-1</sup> e de leguminosa de 1.724 kg ha<sup>-1</sup>, sendo 37% da composição botânica representados por leguminosa. As massas pós-pastejo já foram consideradas dados experimentais e estão presentes no tópico resultados.

## **2.4 Avaliações experimentais**

### **2.4.1 Massa e Taxa de Acúmulo de Forragem**

A massa de forragem (MF) foi mensurada no início e no final dos períodos de rebrotação (pré e pós-pastejo). A MF foi quantificada mediante corte da forragem ao nível do solo, de todo material contido no interior de molduras retangulares com dimensão de 0,5 x 1,0 m (0,5 m<sup>2</sup>). Foram realizadas marcações de três áreas de cada UE que representassem as condições médias de massa do dossel (altura x densidade do dossel e proporção de gramínea e leguminosa) para execução do corte.

Para estimativa da relação entre altura e densidade do dossel de cada UE foram coletadas 30 leituras com um prato ascendente de maneira sistematizada, calculando-se a média aritmética dos pontos. Já para avaliação da proporção de gramínea e leguminosa média do piquete foram quantificados 30 pontos antes da coleta de MF por meio da estimativa visual de um avaliador treinado, atribuindo porcentagens que correspondesse à proporção de leguminosa no dossel forrageiro no ponto avaliado.

Após a colheita da forragem foi realizada separação botânica e morfológica. A amostra de gramínea foi separada em planta inteira, folha (lâmina foliar), colmo (colmo + bainha), material morto e perfilhos reprodutivos, e a amostra de leguminosa em planta inteira, folha, haste e material morto. Com os valores de peso seco de cada componente foram estimadas a composição botânica do dossel (massa de gramínea + leguminosa, de gramínea e de leguminosa separados); composição morfológica da gramínea (massa de folhas, de colmos, de material morto e relação folha/colmo) e composição morfológica de leguminosa (Massa de folhas, de hastes, de material morto).

O acúmulo de forragem foi quantificado pela diferença entre a massa de forragem existente na condição de pré-pastejo e a massa pós pastejo do ciclo anterior. Já a taxa de acúmulo foi estimada pela divisão do acúmulo de forragem pelo número de dias de rebrotação. A taxa de acúmulo de forragem calculada foi: total de gramínea + leguminosa, apenas de gramínea, apenas de leguminosa; e taxa de acúmulo dos componentes morfológicos (folha e colmo em gramíneas; e folha e haste em leguminosas).

#### **2.4.2 Altura do dossel forrageiro e interceptação de luz incidente**

O monitoramento da interceptação luminosa (IL) do dossel foi realizado durante todo o período experimental em todas as UE, iniciando imediatamente após o pastejo de uniformização e, posteriormente, a cada semana. Quando o nível de IL estava próximo da meta estabelecida (90%, 95% e 100% de IL), a frequência dos monitoramentos foi aumentada nas UE até a entrada dos animais.

Para as medições da IL foi utilizado o aparelho analisador de dossel LI-COR (Line Quantum Sensor) modelo LAI-2200. (LI-COR, Lincoln Nebraska, EUA). O aparelho é composto por uma unidade de controle e um sensor instalado em uma barra articulada, que em sua extremidade encontra-se um

conjunto de lentes tipo olho de peixe. A técnica de medição da IL associa medidas adquiridas com o sensor acima do dossel, comparadas com medidas sob o dossel forrageiro ao nível do solo. As medições foram realizadas, aleatoriamente, nas pastagens totalizando 10 leituras acima e 100 leituras abaixo do dossel de cada unidade experimental.

As alturas foram monitoradas semanalmente, e quando a meta estabelecida de IL era alcançada mensurava-se a altura e IL imediatamente antes da entrada e após a saída dos animais. A determinação das alturas nos piquetes foi realizada com a utilização do “sward stick” (BARTHURAM, 1985). Foram medidos 50 pontos de cada UE, sendo a altura do dossel correspondente à média aritmética dos pontos.

## 2.5 Análise Estatística

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro tratamentos (frequências de desfolhação e crescimento livre), sendo quatro repetições para os tratamentos de frequências de desfolhação e três repetições para o tratamento de crescimento livre, com as caracterizações agrônômicas repetidas no tempo. Os dados foram analisados utilizando o método de modelos mistos (LITTELL et al., 1996), por meio do procedimento MIXED do software SAS (SAS INSTITUTE, 2004). Foi utilizado o critério AIC (Schwarz’s Bayesian Criterion) para a escolha da estrutura de covariância. As médias dos tratamentos foram estimadas por meio do “LSMEANS”, e a comparação entre elas foi realizada por meio da probabilidade da diferença (“PDIFF”), usando o teste “t” de “Student”, com nível de probabilidade de 10%. O seguinte modelo foi utilizado para análises dos dados:

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + A_j + \gamma_{ij} + E_k + (AE)_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

Onde:

$Y_{ijk}$  = Valor observado no  $i$ -ésimo bloco, da  $j$ -ésima frequência de desfolhação, do  $k$ -ésimo período avaliado;

$\mu$  = Média geral;

$B_i$  = Efeito aleatório associado ao  $i$ -ésimo bloco,  $i = 1,2,3,4$ ;

$A_j$  = Efeito fixo associado a  $j$ -ésima frequência de desfolhação,  $j = 1,2,3,4$  e  $j = 1,2,3$ ;

$\gamma_{ij}$  = Erro aleatório associado ao  $i$ -ésimo bloco no  $j$ -ésimo tratamento.

$E_k$  = Efeito fixo associado a  $k$ -ésima período avaliado,  $k = 1,2$ ;

$(AE)_{jk}$  = Efeito da interação do  $j$ -ésimo frequência de desfolhação com a  $k$ -ésima período avaliado;

$\epsilon_{ijk}$  = Erro aleatório associado ao  $i$ -ésimo bloco na  $j$ -ésima frequência de desfolhação com o  $k$ -ésimo período de avaliado (erro residual).

### **3 RESULTADOS**

#### **3.1 Características agronômicas do pasto consorciado na condição de pré-pastejo**

Os resultados de massa de forragem, altura e densidade volumétrica estão descritos na Tabela 2. A Massa de gramínea + leguminosa teve efeito da interação entre frequência de desfolhação (FD) e período experimental (PE) ( $P=0,0030$ ). As maiores massas foram obtidas nos dosséis em condição de crescimento livre (CL).

Em relação aos períodos de avaliação, somente o tratamento CL que foi diferente, incrementando 77% mais massa no segundo período em relação ao primeiro. Para a massa de gramínea e a de leguminosa, também houve efeito da interação entre FD x PE ( $P=0,0033$  e  $P=0,0016$ , respectivamente). A de gramínea respondeu de forma similar aos resultados de massa de gramínea + leguminosa tanto em relação à frequência de desfolhação quanto ao período experimental. Já para a massa de leguminosa não houve diferença significativa no primeiro PE entre as frequências de desfolhação. Entretanto, no segundo PE a mesma aumentou com a diminuição das frequências de desfolhação. Em todos os tratamentos houve diferença significativa para massa de leguminosa entre os períodos experimentais, obtendo aumentos na ordem de 36, 28, 110 e 240% do segundo PE em relação ao primeiro, para as frequências de 90IL, 95IL, 100IL e CL, respectivamente.

A altura pré-pastejo do dossel teve efeito da interação entre FD com PE ( $P=0,0020$ ). Nos dois PE, a altura do dossel foi maior com a diminuição das frequências de desfolhação. Dosséis manejados a 100IL e CL tiveram os maiores valores de altura na ordem de 16 e 35%, respectivamente no segundo PE em relação ao primeiro.

Tabela 2 Massa de forragem e altura na condição de pré-pastejo de pastos consorciados de *B. brizantha* cv. Marandu e *C. mucunoides* cv. Comum manejados sob diferentes frequências de desfolhação em dois períodos experimentais.

Período Experimental	Frequência de desfolhação (%)				Média	EPM	Valor P		
	90IL	95IL	100IL	CL			FD	PE	FD*PE
Massa de Gramínea + Leguminosa (kg MS ha <sup>-1</sup> )									
I	6187Ac	6102Ac	8280Ab	10729Ba	7824	735	<0,0001	0,0018	0,0030
II	6760Ac	6650Ac	8997Ab	18938Aa	10336				
Média	6474	6376	8639	14833					
Massa de Gramínea (kg MS ha <sup>-1</sup> )									
I	6187Ac	6102Ac	8280Ab	10729Ba	7824	718	<0,0001	0,0023	0,0033
II	6724Ac	6622Ac	8887Ab	18698Aa	10232				
Média	6455	6362	8584	14713					
Massa de Leguminosa (kg MS ha <sup>-1</sup> )									
I	0Ba	0Ba	0Ba	0Ba	0	15	0,0033	<0,0001	0,0016
II	36Ac	28Ac	110Ab	240Aa	103				
Média	18	14	55	120					
Altura (cm)									
I	21,4Ad	25,1Ac	30,5Bb	44,3Ba	30,33	2,20	<0,0001	0,0007	0,0020
II	20,9Ad	25,7Ac	35,4Ab	59,8Aa	35,46				
Média	21,14	25,42	32,98	52,06					

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste t<sup>2</sup> de “Student” (P>0,10). 90IL: 90% de interceptação da luz incidente; 95IL: 95% de interceptação da luz incidente; 100IL: 100% de interceptação da luz incidente; CL: Dossel em crescimento livre; EPM: Erro padrão da média; FD: Frequência de desfolhação; PE: Período experimental.

Os resultados da massa dos componentes morfológicos de leguminosa estão descritos na Tabela 3. Os dois componentes morfológicos avaliados, massa de folha e de caule, tiveram efeito da interação entre FD x PE ( $P=0,0215$  e  $P<0,0001$ , respectivamente). Tanto para folha quanto para caule de leguminosa, não houve diferença significativa entre as FD no primeiro PE. No segundo PE as maiores massas de folha e de caule foram obtidas no CL, seguidas do 100 IL, e com menores valores os tratamentos 95IL e 90IL. As maiores massas dos componentes morfológicos de leguminosa foram sempre maiores no segundo PE.

As massas dos componentes morfológicos de gramínea estão descritas na Tabela 4. A massa de folha de gramínea teve efeito das FD ( $P=0,0327$ ), não havendo diferença entre os PE avaliados ( $P=0,1304$ ). As maiores massas foram obtidas nas FD de CL e 100IL, que não apresentaram diferença significativa, seguidas de 95IL e 90IL. Em relação a massa de colmo de gramínea, resposta similar a massa de folha foi observada.

A massa de material morto de gramínea teve efeito da interação entre FD com PE ( $P<0,0001$ ). No primeiro PE, maiores massas foram obtidas nas FD de CL, 100IL e 90IL, nos quais não diferiram significativamente. Já no segundo PE, maior massa de material morto foi alcançada pelo CL.

A massa de perfilhos reprodutivos de gramínea também teve efeito da interação entre FD com PE ( $P<0,0006$ ). Maior quantidade de perfilhos reprodutivos foi encontrada na FD de CL, em ambos os períodos, sendo que as demais frequências de desfolhação não tiveram diferenças significativas. A relação folha/colmo de gramínea sofreu efeito apenas da frequência de desfolhação ( $P=0,0040$ ).

Tabela 3 Massa de componentes morfológicos de leguminosa na condição de pré-pastejo de pastos consorciados de *B. brizantha* cv. Marandu e *C. mucunoides* cv. Comum manejados sob diferentes frequências de desfolhação em dois períodos experimentais.

Período Experimental	Frequência de desfolhação (%)				Média	EPM	Valor P		
	90IL	95IL	100IL	CL			FD	PE	FD*PE
Massa de Folha de Leguminosa (kg MS ha-1)									
I	0Ba	0Ba	0Ba	0Ba	0	8	0,0272	<0,001	0,0215
II	30Ac	20Ac	76Ab	110Aa	59				
Média	15	10	38	55					
Massa de Haste de Leguminosa (kg MS ha-1)									
I	0Ba	0Ba	0Ba	0Ba	0	7	0,0003	<0,0001	<0,0001
II	6Ac	8Ac	34Ab	130Aa	44				
Média	3	4	17	65					

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste t” de “Student” (P>0,10). 90IL: 90% de interceptação da luz incidente; 95IL: 95% de interceptação da luz incidente; 100IL: 100% de interceptação da luz incidente; CL: Dossel em crescimento livre; EPM: Erro padrão da média; FD: Frequência de desfolhação; PE: Período experimental.

Tabela 4 Massa de componentes morfológicos de gramínea na condição de pré-pastejo de pastos consorciados de *B. brizantha* cv. Marandu e *C. mucunoides* cv. Comum manejados sob diferentes frequências de desfolhação em dois períodos experimentais.

Período Experimental	Frequência de desfolhação (%)				Média	EPM	Valor P		
	90IL	95IL	100IL	CL			FD	PE	FD*PE
Massa de Folha de Gramínea (kg MS ha <sup>-1</sup> )									
I	3037	3407	4284	4739	3867A	139	0,0327	0,1304	0,2236
II	3194	3318	4007	3417	3484A				
Média	3116b	3363b	4146a	4078a					
Massa de Colmo de Gramínea (kg MS ha <sup>-1</sup> )									
I	1958	1827	2735	4164	2671A	177	0,0082	0,2297	0,4952
II	1870	1904	2489	3068	2333A				
Média	1914c	1866c	2612b	3616a					
Massa de Material Morto de Gramínea (kg MS ha <sup>-1</sup> )									
I	1167Bab	867Ab	1236Aab	1620Ba	1222	310	<0,0001	<0,0001	<0,0001
II	1366Ab	1215Ab	1762Ab	6709Aa	2763				
Média	1266	1041	1499	4164					
Massa de Perfílos Reprodutivos de Gramínea (kg MS ha <sup>-1</sup> )									
I	24Ab	0Ab	24Ab	206Ba	63	317	0,0001	0,0004	0,0006
II	294Ab	184Ab	628Ab	5504Aa	1652				
Média	159	92	326	2855					
Relação Folha/Colmo									
I	1,56	1,88	1,60	1,19	1,56A	0,07	0,0040	0,4806	0,2390
II	1,95	1,80	1,67	1,07	1,62A				
Média	1,76a	1,84a	1,64a	1,13b					

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste t<sup>2</sup> de “Student” (P>0,10). 90IL: 90% de interceptação da luz incidente; 95IL: 95% de interceptação da luz incidente; 100IL: 100% de interceptação da luz incidente; CL: Dossel em crescimento livre; EPM: Erro padrão da média; FD: Frequência de desfolhação; PE: Período experimental.

### 3.2 Características agrônômicas do pasto consorciado na condição de pós-pastejo

As massas de forragem na condição de pós-pastejo estão descritas na Tabela 5. A massa de gramínea + leguminosa teve efeito da interação entre FD x PE ( $P=0,0387$ ). No período de uniformização (PU) não houve diferença significativa entre as frequências de desfolhação. No primeiro período experimental (PE), maiores valores de massa de gramínea + leguminosa foram obtidas nos dosséis manejados em 90IL e 100IL. Já no segundo PE, maior massa foi encontrada na frequência de desfolhação (FD) de 90IL e menores valores nos dosséis de 95IL e 100IL. Em relação aos PEs, os dosséis de 90IL aumentaram significativamente a massa de gramínea + leguminosa com o avançar do experimento. Na FD de 95IL, maior valor foi obtido no segundo PE e menores valores foram encontrados no PU e no primeiro PE.

A massa de gramínea também teve interação entre FD x PE ( $P=0,0424$ ). No PU não houve diferença significativa entre as FD, alcançando o valor médio de 1.821 kg MS ha<sup>-1</sup>. No primeiro PE, maiores valores foram obtidos nos dosséis manejados em 90IL e 100IL. No segundo PE, maior massa de gramínea foi encontrada na FD de 90IL. Na frequência de desfolhação de 95IL, maior valor de massa de gramínea foi obtido no segundo PE. Nos dosséis manejados a 100IL, menor valor foi obtido no PU e maiores valores no primeiro e segundo PE.

A massa de leguminosa teve efeito apenas do PE ( $P<0,0001$ ), alcançando uma média de 397 kg MS ha<sup>-1</sup> entre as frequências de desfolhação ( $P=0,8200$ ).

Os resultados de altura e interceptação luminosa estão descritos na Tabela 6. A altura do dossel no pós-pastejo teve efeito da interação entre frequência de desfolhação (FD) com período experimental (PE) ( $P=0,0335$ ). No

pastejo de uniformização (PU) não houve diferença significativa entre as frequências de desfolhação, porém tanto no primeiro PE quanto no segundo, maiores alturas foram obtidas na FD de 100IL, seguidas de 90IL e 95IL. Com relação ao PE, as FD de 90IL e 100IL aumentaram com o avançar dos períodos.

A interceptação luminosa (IL) também teve efeito da interação entre FD com PE ( $P < 0,0001$ ). No PU, a frequência de desfolhação de 95IL obteve maior IL, seguida das FD de 90IL e 100IL, que não tiveram diferença significativa. Já no primeiro e segundo PE, resposta da IL entre as frequências de desfolhação foi similar, onde a diminuição das frequências promoveu decréscimo na IL do dossel em pós-pastejo.

Tabela 5 Massa de forragem na condição de pós-pastejo de pastos consorciados de *B. brizantha* cv. Marandu e *C. mucunoides* cv. Comum manejados sob diferentes frequências de desfolhação em três períodos experimentais.

Período Experimental	Frequência de desfolhação (%)			Média	EPM	Valor P		
	90IL	95IL	100IL			FD	PE	FD*PE
	Massa de Gramínea + Leguminosa (kg MS ha <sup>-1</sup> )							
Uniformização	2804Ca	3122Ba	3047Aa	2991	163	0,0896	0,0006	0,0387
I	3639Ba	2784Bb	3603Aa	3342				
II	4977Aa	3684Ab	3585Ab	4082				
Média	3806	3197	3412					
	Massa de Gramínea (kg MS ha <sup>-1</sup> )							
Uniformização	1614Ca	2032Ba	1818Ba	1821	216	0,1139	<0,0001	0,0424
I	3639Ba	2584Bb	3603Aa	3275				
II	4943Aa	3672Ab	3562Ab	4059				
Média	3399	2763	2994					
	Massa de Leguminosa (kg MS ha <sup>-1</sup> )							
Uniformização	1190	1090	1229	1169A	97	0,8200	<0,0001	0,9594
I	0	0	0	0B				
II	34	12	23	23B				
Média	408a	367a	417a					

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste t<sup>2</sup> de “Student” (P>0,10). 90IL: 90% de interceptação da luz incidente; 95IL: 95% de interceptação da luz incidente; 100IL: 100% de interceptação da luz incidente; CL: Dossel em crescimento livre; EPM: Erro padrão da média; FD: Frequência de desfolhação; PE: Período experimental.

Tabela 6 Altura e interceptação luminosa na condição de pós-pastejo de pastos consorciados de *B. brizantha* cv. Marandu e *C. mucunoides* cv. Comum manejados sob diferentes frequências de desfolhação em três períodos experimentais.

Período Experimental	Frequência de desfolhação (%)			Média	EPM	Valor P		
	90IL	95IL	100IL			FD	PE	FD*PE
	Altura (cm)							
Uniformização	12,0Ca	11,9Ba	11,5Ca	11,8				
I	13,9Bb	13,9Ab	14,7Ba	14,2	0,24	0,1185	<0,0001	0,0335
II	14,6Ab	14,5Ab	15,5Aa	14,9				
Média	13,5	13,4	13,9					
	Interceptação Luminosa (%)							
Uniformização	51,2Bb	55,4Ba	51,9Bb	52,7				
I	78,1Aa	77,4Ab	69,7Ac	74,0	1,83	<0,0001	<0,0001	<0,0001
II	79,7Aa	77,2Ab	67,9Ac	74,3				
Média	69,6	66,8	63,2					

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste t<sup>2</sup> de “Student” (P>0,10). 90IL: 90% de interceptação da luz incidente; 95IL: 95% de interceptação da luz incidente; 100IL: 100% de interceptação da luz incidente; CL: Dossel em crescimento livre; EPM: Erro padrão da média; FD: Frequência de desfolhação; PE: Período experimental.

As massas dos componentes morfológicos de leguminosa estão descritos na Tabela 7. A massa de folha de leguminosa teve efeito apenas do PE ( $P=0,0040$ ), alcançando uma média de 9 kg MS ha<sup>-1</sup> entre as frequências de desfolhação ( $P=0,1626$ ). Maiores massas de folha foram encontradas no PU e no segundo PE, alcançando aumentos na ordem de 10 e 17%, respectivamente, em relação ao primeiro PE.

A massa de haste de leguminosa teve efeito apenas do PE ( $P<0,0001$ ), alcançando uma média de 123 kg MS ha<sup>-1</sup> entre as frequências de desfolhação ( $P=0,7324$ ). Maior valor de massa de hastes foi obtido no PU, seguido do segundo PE. Para massa de material morto de leguminosa houve efeito apenas do PE ( $P<0,0001$ ), alcançando uma média de 265 kg MS ha<sup>-1</sup> entre as frequências de desfolhação ( $P=0,7750$ ). Padrão de resposta similar à haste também foi observada para massa de material morto em relação ao PE, onde maior valor foi obtido no PU, seguido do segundo PE.

Os resultados de massa dos componentes morfológicos de gramínea estão descritos na Tabela 8. A massa de folha de gramínea teve efeito da interação entre FD x PE ( $P=0,0394$ ). Não houve diferença significativa entre as FD no PU, cuja média de massa de folha foi de 132 de kg MS ha<sup>-1</sup>. No primeiro PE, maiores massas nos dosséis de pós-pastejo foram encontradas para as frequências de desfolhação de 90IL e 100IL e menor para a FD de 95IL. No segundo PE, maiores valores de massa de folha de gramínea foram observados nas FD de 90IL e 95IL. Em relação aos PE, na frequência de desfolhação de 90IL, maiores valores de massas de folha foram encontrados no primeiro e no segundo PE, diferente da FD de 95IL que obteve aumento da mesma com o decorrer do experimento.

A massa de colmo de gramínea teve efeito da interação entre FD x PE ( $P=0,0977$ ). Não houve diferença significativa entre as frequências de desfolhação no PU, obtendo média 601 de kg MS ha<sup>-1</sup> entre as FD. No primeiro

PE, maiores massas de colmo foram encontradas para as FD de 90IL e 100IL e menor para a FD de 95IL. No entanto, no segundo PE, maior valor foi obtida na FD de 90IL, seguida de 95IL e 100IL. Na avaliação dos PE, as FD de 90IL e 95IL tiveram resposta crescente com o decorrer do experimento.

A massa de material morto de gramínea teve efeito apenas do PE ( $P < 0,0009$ ), alcançando uma média de  $1303 \text{ kg MS ha}^{-1}$  entre as frequências de desfolhação ( $P = 0,2173$ ). A relação folha/colmo de gramínea teve efeito tanto da FD ( $P = 0,0942$ ), quanto do PE ( $P = 0,0003$ ). Maiores relações folha/colmo foram obtidas pelos dosséis manejados com as FD de 90IL e 95IL e menor na FD de 100IL. Em relação ao PE, maior valor de relação folha/colmo foi observado no primeiro PE, seguido do segundo PE e do PU.

Tabela 7 Massa dos componentes morfológicos de leguminosa na condição de pós-pastejo de pastos consorciados de *B. brizantha* cv. Marandu e *C. mucunoides* cv. Comum manejados sob diferentes frequências de desfolhação em três períodos experimentais.

Período	Frequência de desfolhação (%)			Média	EPM	Valor P		
	90IL	95IL	100IL			FD	PE	FD*PE
Massa de Folha de Leguminosa (kg MS ha <sup>-1</sup> )								
Uniformização	13	5	11	10A				
I	0	0	0	0B	2	0,1626	0,0040	0,3784
II	29	8	15	17A				
Média	14a	4a	9a					
Massa de Caule de Leguminosa (kg MS ha <sup>-1</sup> )								
Uniformização	311	393	389	365A	32	0,7324	<0,0001	0,8486
I	0	0	0	0B				
II	5	2	7	5B				
Média	105a	132a	132a					
Massa de Material Morto de Leguminosa (kg MS ha <sup>-1</sup> )								
Uniformização	866	692	828	795A	71	0,7750	<0,0001	0,8925
I	0	0	0	0B				
II	0	2	1	1B				
Média	288a	231a	276a					

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste t<sup>2</sup> de “Student” (P>0,10). 90IL: 90% de interceptação da luz incidente; 95IL: 95% de interceptação da luz incidente; 100IL: 100% de interceptação da luz incidente; CL: Dossel em crescimento livre; EPM: Erro padrão da média; FD: Frequência de desfolhação; PE: Período experimental.

Tabela 8 Massa de componentes estruturais de gramínea na condição de pós-pastejo de pastos consorciados de *B. brizantha* cv. Marandu e *C. mucunoides* cv. Comum manejados sob diferentes frequências de desfolhação em três períodos experimentais.

Período	Frequência de desfolhação (%)			Média	EPM	Valor P		
	90IL	95IL	100IL			FD	PE	FD*PE
	Massa de Folha de Gramínea (kg MS ha <sup>-1</sup> )							
Uniformização	139Ba	139Ca	123Ca	132				
I	933Aa	559Bb	832Aa	775	60	0,0423	<0,0001	0,0394
II	836Aa	857Aa	353Bb	682				
Média	636	519	436					
	Massa de Colmo de Gramínea (kg MS ha <sup>-1</sup> )							
Uniformização	493Ca	666Ca	644Ba	601				
I	1552Ba	1135Bb	1602Aa	1430	92	0,2485	<0,0001	0,0977
II	1821Aa	1532Ab	1524Ab	1626				
Média	1289	1111	1256					
	Massa de Material Morto de Gramínea (kg MS ha <sup>-1</sup> )							
Uniformização.	982	1227	1051	1087B				
I	1154	889	1169	1070B	89	0,2173	0,0009	0,1197
II	2286	1283	1685	1751A				
Média	1474a	1133a	1301a					
	Relação Folha:Colmo							
Uniformização	0,29	0,23	0,21	0,24C				
I	0,61	0,53	0,51	0,55A	0,03	0,0942	0,0003	0,1286
II	0,46	0,62	0,23	0,44B				
Média	0,45a	0,46a	0,32b					

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste t<sup>2</sup> de “Student” (P>0,10). 90IL: 90% de interceptação da luz incidente; 95IL: 95% de interceptação da luz incidente; 100IL: 100% de interceptação da luz incidente; CL: Dossel em crescimento livre; EPM: Erro padrão da média; FD: Frequência de desfolhação; PE: Período experimental.

### 3.3 Taxa de acúmulo de forragem

As taxas de acúmulo de forragem estão descritas na Tabela 9. A taxa de acúmulo total de gramínea + leguminosa teve efeito tanto da FD ( $P=0,0222$ ), quanto do PE ( $P=0,0392$ ). Maiores valores foram obtidos nas FD de CL e 100IL seguido dos dosséis manejados a 95IL e 90IL. Em relação ao PE, maior valor de taxa de acúmulo total de gramínea + leguminosa foi obtido no primeiro PE em relação ao segundo. Padrão de resposta semelhante foi observado para a taxa de acúmulo total de gramínea, que teve efeito da FD ( $P=0,0156$ ) e do PE ( $0,0339$ ). A resposta da taxa de acúmulo total de gramínea foi idêntica taxa de acúmulo total de gramínea + leguminosa. Em relação a taxa de acúmulo total de leguminosa, houve efeito apenas do PE ( $P<0,0001$ ), obtendo uma média de  $5,95 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  entre as FD ( $P=0,1390$ ). Em relação aos PE, maior valor de taxa de acúmulo total de leguminosa foi observada no segundo PE do que em relação ao primeiro.

A taxa de acúmulo de forragem verde de gramínea + leguminosa teve apenas efeitos do PE ( $P=0,0109$ ), obtendo uma média de  $56,19 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ . Em relação ao PE, maior valor foi obtido no primeiro PE em relação ao segundo, com acréscimo de 83%. A taxa de acúmulo de forragem verde de gramínea teve padrão de resposta similar a taxa de acúmulo de forragem verde de gramínea + leguminosa, sofrendo apenas efeito do PE ( $P=0,0085$ ), obtendo uma média de  $55,69 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ . Em relação ao PE, maior valor de taxa para gramínea foi obtido no primeiro PE em relação ao segundo, acréscimo esse em torno de 88%. O mesmo ocorreu para a taxa de acúmulo de forragem verde de leguminosa, que sofreu efeito somente do PE ( $P<0,0001$ ), alcançando uma média de  $-1,58 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ . Em relação ao PE, maior valor foi obtido no segundo PE em relação ao primeiro.

As taxas de acúmulo dos componentes morfológicos estão descritas na Tabela 10. A taxa de acúmulo total de folha de leguminosa teve efeito somente do PE ( $P < 0,0001$ ), alcançando uma média de  $0,28 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ . Em relação ao PE, maior valor de taxa de acúmulo de folha de leguminosa foi obtido no segundo PE em relação ao primeiro. O mesmo foi observado para a taxa de acúmulo total de haste de leguminosa, tendo efeito somente do PE ( $P < 0,0001$ ) e as FD alcançando uma média de  $-1,87 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ . Em relação ao PE, maior valor de taxa de acúmulo de haste foi obtido no segundo PE em relação ao primeiro.

A taxa de acúmulo total de folha de gramínea teve efeito da interação entre FD x PE ( $P = 0,0005$ ). No primeiro PE não houve diferença significativa entre as FD, obtendo um valor médio de  $48,42 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ . No segundo PE, maiores valores de taxa de acúmulo total de folha de gramínea foram observados para os dosséis manejados com as frequências de desfolhação de 90IL, 95IL e 100IL. Em relação aos PE, apenas as FD de 100IL e CL tiveram diferença significativa entre períodos, onde, em ambos, maiores valores foram observados no segundo PE. A taxa de acúmulo total de colmo de gramínea só foi influenciada pela FD ( $P = 0,0009$ ), com um valor médio entre os PE de  $20,80 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ . Maior valor de taxa de acúmulo total de colmo de gramínea foi obtida nas frequências de desfolhação de CL, seguida do 100IL e 95IL e por último.

Tabela 9 Taxa de acúmulo de forragem de pastos consorciados de *B. brizantha* cv. Marandu e *C. mucunoides* cv. Comum manejados sob diferentes frequências de desfolhação em dois períodos experimentais.

Período	Frequência de desfolhação (%)				Média	EPM	Valor P		
	90IL	95IL	100IL	CL			FD	PE	FD*PE
Taxa de Acúmulo Total de Gramín. + Legumin. (kg MS ha <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )									
I	81,4	57,5	79,1	84,7	75,7A	4,71	0,0222	0,0392	0,1596
II	37,3	61,7	56,7	73,8	57,4B				
Média	59,3b	59,6b	67,9ab	79,3a					
Taxa de Acúmulo Total de Gramínea (kg MS ha <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )									
I	81,4	57,5	79,1	84,7	75,7A	4,80	0,0156	0,0339	0,1878
II	36,6	61,3	55,5	71,7	56,3B				
Média	59,0b	59,4b	67,3ab	78,2a					
Taxa de Acúmulo Total de Leguminosa (kg MS ha <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )									
I	-11,8	-15,4	-14,9	-9,8	-13,0B	1,37	0,1390	<0,0001	0,2975
II	0,7	0,4	1,1	2,1	1,1A				
Média	-5,58a	-7,49a	-6,88a	-3,86a					
Taxa de Acúmulo Verde de Gram. + Leguminosa (kg MS ha <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )									
I	76,6	55,5	76,7	82,4	72,8A	4,78	0,6754	0,0109	0,3254
II	36,2	59,8	50,5	28,0	43,6B				
Média	56,4a	57,6a	63,6a	55,0a					
Taxa de Acúmulo Verde de Gramínea (kg MS ha <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )									
I	76,6	55,5	76,7	82,4	72,8A	4,81	0,6460	0,0085	0,2987
II	35,5	59,3	49,4	25,9	42,5B				
Média	56,0a	57,4a	63,0a	54,1a					
Taxa de Acúmulo Verde de Leguminosa (kg MS ha <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )									
I	-3,2	-5,6	-4,7	-3,4	-4,2B	0,55	0,1192	<0,0001	0,2656
II	0,7	0,4	1,1	2,0	1,1A				
Média	-1,2a	-2,6a	-1,8a	-0,6a					

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste t<sup>2</sup> de “Student” (P>0,10). 90IL: 90% de interceptação da luz incidente; 95IL: 95% de interceptação da luz incidente; 100IL: 100% de interceptação da luz incidente; CL: Dossel em crescimento livre; Uni.: Uniformização; EPM: Erro padrão da média; FD: Frequência de desfolhação; PE: Período experimental.

Tabela 10 Taxa de acúmulo dos componentes morfológicos de pastos consorciados de *B. brizantha* cv. Marandu e *C. mucunoides* cv. Comum manejados sob diferentes frequências de desfolhação em dois períodos experimentais.

Período	Frequência de desfolhação (%)				Média	EPM	Valor P		
	90IL	95IL	100IL	CL			FD	PE	FD*PE
Taxa de Acúmulo Total de Folha Leguminosa (kg MS ha <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )									
I	-0,13	-0,07	-0,13	-0,06	-0,10B	0,09	0,1779	<0,0001	0,1072
II	0,61	0,32	0,78	0,97	0,67A				
Média	0,24a	0,12a	0,33a	0,45a					
Taxa de Acúmulo Total de Caule de Leguminosa (kg MS ha <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )									
I	-3,10	-5,57	-4,66	-3,36	-4,17B	0,48	0,1454	<0,0001	0,2529
II	0,12	0,12	0,37	1,10	0,43A				
Média	-1,49a	-2,72a	-2,14a	-1,13a					
Taxa de Acúmulo Total de Folha de Gramínea (kg MS ha <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )									
I	52,1Aa	45,9Aa	50,6Aa	44,9Aa	48,43	3,78	0,0004	<0,0001	0,0005
II	42,3Aa	44,1Aa	33,5Ba	-11,9Bb	27,03				
Média	47,2	45,0	42,1	16,5					
Taxa de Acúmulo Total de Colmo de Gramínea (kg MS ha <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )									
I	24,4	16,3	26,0	37,4	26,0A	3,29	0,0009	0,1286	0,3214
II	-6,8	15,2	15,8	37,8	15,5A				
Média	8,8c	15,7bc	20,9b	37,6a					

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste t<sup>2</sup> de “Student” (P>0,10). 90IL: 90% de interceptação da luz incidente; 95IL: 95% de interceptação da luz incidente; 100IL: 100% de interceptação da luz incidente; CL: Dossel em crescimento livre; Uni.: Uniformização; EPM: Erro padrão da média; FD: Frequência de desfolhação; PE: Período experimental.

### 3.4 Período de rebrotação e taxa de lotação

O período de rebrotação e a taxa de lotação estão descritos na Tabela 11. O período de rebrotação teve efeito da interação entre FD x PE ( $P=0,0548$ ). No primeiro PE, à medida que houve diminuição nas frequências de desfolhação ocorreu um aumento no período de rebrotação. No entanto, no segundo PE, maior valor de foi obtido pelas frequências de desfolhação de 100IL, seguida das frequências de desfolhação de 95IL e 90IL. Em relação ao PE, somente a frequências de desfolhação de 100IL que houve diferença significativa, com maior valor de período de rebrotação para o segundo PE.

A taxa de lotação (TL) também teve efeito da interação entre FD x PE ( $P=0,0369$ ). No primeiro PE, a maior TL foi alcançada pelas frequências de desfolhação de 100IL, seguida da 90IL e 95IL. Já no segundo PE, a maior TL registrada também foi para a FD de 100IL, porém não houve diferença significativa entre as TLs das frequências de desfolhação de 90IL e 95IL. Na avaliação dos PE, nas frequências de desfolhação de 100IL não houve diferença significativa, o que não ocorreu nas demais frequências de desfolhação onde maior valor de TL foi encontrado no segundo PE. Já com a taxa de lotação instantânea (TLI), efeitos foram observados para as frequências de desfolhação ( $P<0,0001$ ) e para PE ( $P=0,0078$ ). Maior TLI foi alcançada nas frequências de desfolhação de 100IL, seguida das FD de 95IL e 90IL. Em relação ao PE, maior valor de TLI foi encontrado para o segundo PE em relação ao primeiro.

Tabela 11 Período de rebrotação e taxa de lotação de pastos consorciados de *B. brizantha* cv. Marandu e *C. mucunoides* cv. Comum manejados sob diferentes frequências de desfolhação em dois períodos experimentais.

Período	Frequência de desfolhação (%)			Média	EPM	Valor P		
	90	95	100			FD	PE	FD*PE
Período de Rebrotação (dias)								
I	49Ac	66Ab	77Ba	64	3,43	0,0009	0,5009	0,0548
II	48Ab	59Ab	91Aa	66				
Média	48	62	84					
Taxa de Lotação (UA ha <sup>-1</sup> )								
I	3,1Bb	2,7Bc	4,7Aa	3,49	0,17	0,0023	0,0007	0,0369
II	3,8Ab	3,6Ab	4,7Aa	4,04				
Média	3,5	3,1	4,7					
Taxa de Lotação Instantânea (UA ha <sup>-1</sup> )								
I	59,6	69,7	163,7	97,6B	9,66	<0,0001	0,0078	0,7214
II	68,6	78,5	169,6	105,5A				
Média	64,1b	74,1b	166,1a					

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste t” de “Student” (P>0,10). 90IL: 90% de interceptação da luz incidente; 95IL: 95% de interceptação da luz incidente; 100IL: 100% de interceptação da luz incidente; CL: Dossel em crescimento livre; Uni.: Uniformização; EPM: Erro padrão da média; FD: Frequência de desfolhação; PE: Período experimental.

#### 4 DISCUSSÃO

Apesar da variação entre manejos possibilitar a modificação da composição botânica das pastagens, a participação do Calopogônio na biomassa total diminuiu desde o início do experimento (Tabela 2 e 5). O pastejo de uniformização reduziu as folhas de leguminosa à quase zero (Tabela 5) praticamente extinguindo do dossel as plantas de Calopogônio no primeiro período experimental (Tabela 2).

Plantas de Calopogônio são caracterizadas por terem maior crescimento vegetativo durante o verão, tornando-se perenes em climas úmidos com precipitação acima de 1.100mm, bem distribuídas ao longo do ano. No entanto, em regiões com estações secas bem definidas ou com ocorrência de geadas fracas, as plantas usualmente perdem as folhas e podem morrer durante o período seco. Posteriormente as plantas se regeneram na estação chuvosa por meio da ressemeadura natural, formando uma densa camada de vegetação num período de quatro a cinco meses (SEIFFERT; ZIMMER, 1988).

A percentagem de leguminosas em pastagens consorciadas está diretamente relacionada com a quantidade de nitrogênio fixado por unidade de área (THOMAS et al., 1997). A maior parte do nitrogênio fixado por leguminosas é transferida para gramíneas através da deposição e decomposição de serrapilheira, raízes e nódulos (CADISCH et al., 1994). A decomposição de resíduos ocorre gradualmente ao longo do tempo (REZENDE et al., 1999), o que mantém a produtividade das pastagens, mesmo após o desaparecimento de leguminosas.

Com a morte da leguminosa na estação seca do ano de 2014, grande quantidade de serrapilheira foi depositada, provavelmente contribuindo com um grande aporte de nitrogênio no sistema. Esse possível aporte de nitrogênio via serrapilheira contribuiu para uma alta taxa de acúmulo de gramínea, alcançando

um valor médio de 66,5 kg MS ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> entre as frequências de desfolhação estudadas (Tabela 9). Usando o modelo CROPGRO de forragem (software DSSAT 5,1), que foi validado para uso com *B. brizantha* (PEDREIRA et al., 2011), estimou-se que seria necessário aplicar 130-150 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio para obter uma taxa de acúmulo média igual a deste experimento. Essa taxa de acúmulo obtida resultou em taxa de lotação média de 3,77 UA ha<sup>-1</sup> (Tabela 11), o que pode ser considerado vantajoso em sistemas de produção tropical com baixa entrada de nutrientes.

A produção da gramínea na condição de pré-pastejo aumentou de maneira significativa com a diminuição das frequências de desfolhação (Tabela 2). Resultados que corroboram com os encontrados por Difante et al. (2011), Trindade et al. (2007) para Capim-Marandu, além de Pedreira et al. (2007, 2009) para capim-Xarás.

O prolongamento do intervalo entre pastejos além da condição de 95% de IL resulta em aumento da massa de forragem, porém, constituída basicamente por colmos e material morto. A partir do IAF crítico ocorre maior competição por luz e a planta prioriza a alocação de carbono no alongamento dos entrenós para posicionar novas folhas nas camadas menos sombreadas do dossel. Tal processo acelera a morte de folhas que estão na base do dossel, que perdem função fotossintética pelo sombreamento (LEMAIRE, 2001). Na Tabela 4 as frequências de desfolhação de 100IL e CL tiveram aumento significativo da massa de colmos e de material morto de gramínea. À medida que se reduz a frequência de desfolhação é incrementada no dossel a proporção de colmo, onde maiores acúmulos de folhas são encontrados em dosséis com frequentes desfolhações (Tabelas 9 e 10; Da SILVA; NASCIMENTO JÚNIOR, 2007).

Períodos de rebrotação mais longos, ou a ausência do pastejo, promoveu maior desenvolvimento do Calopogônio (Tabelas 2 e 9). A maior massa do Calopogônio na frequência de desfolhação de 100IL é devida ao maior período

de rebrotação que os dosséis deste tratamento tiveram para atingir a interceptação luminosa requerida. À medida que a frequência de desfolhação diminui ocorrem mudanças na composição morfológica do Calopogônio, sendo que na frequência de desfolhação de 90IL houve 84% de folha e 16% de haste, com 95IL houve 72% de folha e 28% de haste, com 100IL houve 69% de folha e 31% de haste e sob crescimento livre houve 54% de folha e 46% de haste (Tabela 2). Maiores frequências de desfolhação foram caracterizadas por plantas novas, com presença de muitas folhas. À medida que a frequência diminui ocorre aumento da massa de gramínea (Tabela 2) e aumento da altura do dossel (Tabela 2), resultando no aumento da participação de haste na composição morfológica da leguminosa.

Avaliando a introdução de leguminosas no Cerrado de Rondônia, Costa et al. (1979) observaram que apesar de também não produzir biomassa no inverno, esta espécie produziu mais de 3000 kg MS ha<sup>-1</sup> durante o período chuvoso, com um teor de proteína bruta superior a 14%. Seiffert; Zimmer (1988), avaliando a produção de massa seca e a fixação de N em pasto de *B. decumbens* consorciado com *C. mucunoides*, nas condições ambientais de Mato Grosso do Sul, estimaram que a leguminosa aumentou em 60% a disponibilidade de N no pasto, além de aumentar em 50% a produção de forragem no período seco. Euclides et al. (1998) avaliando o desempenho animal em pastos de *B. decumbens* e *B. brizantha* consorciados com *C. mucunoides* com taxa de lotação de 3,1 animais ha<sup>-1</sup>, tiveram maior produção por animal e por área do que pastos exclusivos com essas gramíneas.

Avaliando apenas características dessa leguminosa em condição de pré-pastejo, definições de manejo podem ser equivocadas devido a influência da maior massa de Calopogônio nos dosséis de menor frequência de uso. O termo compatibilidade de leguminosa com gramínea pode ser definido pelo hábito de crescimento, estratégia de escape do pastejo e manejo de desfolhação a que a

leguminosa é submetida. Em pastos consorciados, almeja-se a capacidade de rebrotação e a elasticidade da estrutura do dossel, para que a recuperação de ambas as espécies seja vigorosa e persistente, após cada evento de desfolhação (CASAGRANDE et al., 2014). Além da preocupação com a melhor frequência de desfolhação para alcançar um consórcio vigoroso e persistente, necessita-se atentar à capacidade de rebrotação da leguminosa após um evento de desfolhação.

Avaliando a massa de Calopogônio na condição de pós-pastejo, conclusões podem ser definidas de outra forma (Tabela 5). É possível observar que não houve diferença estatística para a massa de leguminosa na condição de pós-pastejo, porém outra característica exerce influência sobre esses valores, a intensidade de desfolhação. Mesmo com a altura de resíduo fixada em 15 cm, diferentes intensidades de desfolhação são proporcionadas pelas diferentes frequências de desfolhação avaliadas.

Observando os valores das massas de gramínea + leguminosa médias dos dois períodos avaliados pode-se observar que na frequência de desfolhação de 90IL a massa de gramínea + leguminosa pré-pastejo foi de 6474 kg ha<sup>-1</sup> e pós-pastejo de 3806 kg ha<sup>-1</sup>; a frequência de desfolhação de 95IL a massa de gramínea + leguminosa pré-pastejo foi de 6376 kg ha<sup>-1</sup> e pós-pastejo de 3197 kg ha<sup>-1</sup>; e na frequência de desfolhação de 100IL a massa de gramínea + leguminosa média pré-pastejo foi de 8639 kg ha<sup>-1</sup> e pós-pastejo de 3412 kg ha<sup>-1</sup>. Desta forma, as eficiências de pastejo foram de 41%, 50% e 60% para as frequências de desfolhação de 90IL, 95IL e 100IL, respectivamente.

À medida que a frequência de desfolhação fica menor ocorre aumento da intensidade de desfolhação, causando maior estresse na leguminosa pelo pastejo ou pisoteio. As massas de leguminosa removidas dos dosséis foram de 5,5%, 57,1% e 79,1% para as frequências de desfolhação de 90IL, 95IL e 100IL, respectivamente. Desta forma, na frequência de desfolhação de 90IL, por mais

que possuísse menor massa de leguminosa, uma pequena parte desta massa era removida pelo pastejo, o que faz com que o dossel torne-se mais equilibrado. Com a frequência de 100IL, a maior massa de leguminosa acumulada é quase totalmente removida pelo pastejo, tornando o dossel instável. À medida que o dossel se eleva com a competição de luz na frequência de 100IL, o Calopogônio aloca energia para maior síntese de haste para acondicionar seu meristema apical no topo do dossel, o que acarreta em um evento de pastejo em grande remoção da massa da leguminosa.

De acordo com Cook et al. (2005), o Calopogônio não tolera desfolhações severas, pois sob essas condições a recuperação é lenta, com intervalos de 3 a 4 meses para reconstituição total no dossel. Os autores ainda citam que, no Acre, essa leguminosa ocorre de forma natural em algumas áreas de pastagens cultivadas, aonde vem sendo observada melhor persistência quando manejada em lotação contínua, com menos de  $1,5 \text{ UA ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ .

Avaliando as características morfológicas e produtivas de leguminosas forrageiras tropicais submetidas às duas frequências de corte, Silva et al. (2010) observaram que não houve diferença significativa para biomassa acumulada do Calopogônio, sendo colhido com 28 ou 56 dias. Julier et al. (2007) relatam que características morfogênicas são influenciadas por fatores genéticos e relacionadas a diversas características agronômicas das plantas e podem expressar a capacidade de produção e qualidade da planta como forragem. Assim, o número de folhas presentes em um vegetal está relacionado ao potencial de acúmulo de biomassa da planta, característica importante para recomendações de utilização das espécies, principalmente em ajuste de intervalo de pastejo.

A permanência da altura de resíduo fixa, promovendo diferentes intensidades de pastejo com as frequências de desfolhação, não somente influenciou a leguminosa, mas também exerceu efeito sobre a gramínea,

modificando sua estrutura. No dossel com frequência de desfolhação de 90IL, a menor intensidade de pastejo proporcionou maior massa de forragem de gramínea pós-pastejo (Tabela 5), o que aumentou a interceptação luminosa no pós-pastejo (Tabela 6). Além disso, a menor intensidade na frequência de desfolhação de 90IL proporcionou maior massa de colmo e material morto no resíduo (Tabela 8).

Essa maior massa de colmo nos dosséis manejados a 90IL pode estar ligada a maior densidade populacional de perfilhos, em que dosséis manejados com maiores frequências de desfolhação tendem a ter maior densidade de perfilhos pela frequente entrada de luz na base do dossel (LEMAIRE; CHAPMAN, 1996). Resultados semelhantes a estes foram encontrados por Lara (2011), que observou maior produção de colmo e material morto de cinco cultivares de *Brachiaria* com intensidade de desfolhação de 15 cm do que em relação à de 7,5 cm, onde todas foram submetidas a períodos de rebrotação simultâneos, 28 dias na estação chuvosa e 42 dias na estação seca. O autor cita ainda que a maior remoção de massa do resíduo promove melhores condições de circulação de ar e iluminação da base do dossel, estimulando o perfilhamento e a rápida recuperação da estrutura do dossel.

Mesmo nos dosséis de 90IL com menor intensidade de pastejo, ele mostrou-se eficiente, alcançando uma taxa de lotação média de 3 UA ha<sup>-1</sup> (Tabela 11). Em dosséis manejados com maiores frequências maior número de ciclos de pastejos pode ser feito em uma mesma estação, devido a maiores taxas de crescimento que a planta apresenta, principalmente de folhas (Tabela 10), sendo caracterizada por apresentar perfilhos jovens. Nos dosséis de 100IL, mesmo apresentando maior taxa de acúmulo (Tabela 10), a mesma é caracterizada basicamente na sua maior parte de colmo. Isso indica que o pasto de Capim-Marandu consorciado com Calopogônio pode ser colhido com 90% de interceptação luminosa incidente.

## **5 CONCLUSÃO**

Recomenda-se como meta de manejo de pastos consorciados de Capim-Marandu com Calopogônio frequências de desfolhação de 90% de interceptação luminosa, pelo fato que esta frequência de desfolhação proporcionou melhor estrutura do dossel misto e melhores condições para persistência da leguminosa com resíduo de 15 cm.

## REFERÊNCIAS

ALLEN, V. G.; BATELLO, C.; BERRETTA, et al. An international terminology for grazing lands and grazing animals. **Grass and Forage Science**, v. 66, p. 2-28, 2011.

BARTHAM, G.T. Experimental techniques: the HFRO sward stick. In: ALCOCK, M.M. (Ed.) **Biennial Report of the Hill Farming Research Organization**. Midlothian: Hill Farming Research Organization, 1985. p.29-30.

BOYAZOGLU, J. Position paper Livestock farming as a factor of environmental, social and economic stability with special reference to research Department of Animal Sciences, Aristotle University, Thessaloniki. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 57, n. 1, p. 1-14, 1998.

CADISCH, G.; SCHUNKE, R. M.; GILLER, K. E. Nitrogen cycling in a pure grass pasture and a grass-legume mixture on a red latosol in Brazil. **Tropical Grasslands**, v. 28, p. 43-52, 1994.

CARVALHO, G.G.P. PIRES, A.J.V. Leguminosas tropicais herbáceas em associação com pastagens. **Arch. Zootec.**, 57:103-113, 2008.

CASAGRANDE, D.R.; LARA, M.A.S.; VIEIRA, B.R. Leguminosas de Clima Tropical e Subtropical. In: REIS, R.A.; BERNARDES, T.F.; SIQUEIRA, G.R. **Forragicultura: Ciência, Tecnologia e Gestão de Recursos Forrageiros**. Jaboticabal: Maria de Lourdes Brandel-ME, 2014, 744p.

COOK, B.G., B.C. PENGELLY, S.D. BROWN, J.L. DONNELLY, D.A. EAGLES, M.A. FRANCO, J. HANSON, B.F. MULLEN, I.J. PARTRIDGE, M. PETERS, AND R. SCHULTZE-KRAFT. **Tropical forages: an interactive selection tool**. CSIRO, DPI&F (Qld), CIAT, and ILRI, Brisbane, Australia, 2005.

COSTA, A. L. da; BRITO, P. F. A.; LUZ, E. A. T.; VALENTIM, J. F.  
**Introdução e avaliação de leguminosas forrageiras, Estado do Acre.** Rio Branco, EMBRAPA-UEPAE Rio Branco, 1979. 14 p. (EMBRAPA-UEPAE Rio Branco. Comunicado Técnico, 9).

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

DA SILVA, S. C.; PEREIRA, L. E. T. Desafios e perspectivas para a pesquisa e uso de leguminosas em pastagens tropicais: uma reflexão. In: SIMPÓSIO EM FORRAGICULTURA E PASTAGENS, 4, 2013, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2013. p. 111-142.

DIFANTE, G.S.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; SILVA, S.C.; EUCLIDES, V.P.B.; MONTAGNES, D.B.; SILVEIRA, M.C.T.; PENNA, K.S. Características morfogênicas e estruturais do capim-marandu submetido a combinações de alturas e intervalos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.5, p.955-963, 2011.

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

EUCLIDES, V. P. B.; MACEDO, M. C. M.; OLIVEIRA, M. P. Produção de bovinos em pastagens de *Brachiaria spp.* consorciadas com *Calopogonium mucunoides* nos cerrados. **R. Bras. Zootec.**, v.27, n.2, p.238-245, 1998.

FIALHO, C. A. **Características morfogênicas e estruturais de amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* krapovickas & Gregory cv. Belmonte) submetido a intensidades de pastejo sob lotação contínua.** 2015. 121 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agronomia "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

GIBON, A. R.; SIBBALD, A.R.; FLAMANT, J.C.; LHOSTE, P.; REVILLA, R.; RUBINO, R.; SORENSEN, J.T.. Livestock farming systems research in Europe and its potential contribution for managing towards sustainability in livestock farming. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 61, n. 2/3, p. 121-137, 1999.

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

GOMIDE, C. A. M.; GOMIDE, J. A.; PACIULLO, D. S. C. Morfogênese como ferramenta para o manejo de pastagens In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBZ, 2006. p. 554-579.

HOCHMAN, Z.; CARBERRY, P. S.; ROBERTSON, M. J.; GAYDON, D. S.; BELL, L. W.; MCLINTOSH, P. C. Prospects for ecological intensification of Australian agriculture. **European Journal of Agronomy**, London, v. 44, p. 109-123, 2013.

JULIER, B.; HUGUET, T.; CHARDON, F.; AYADI, R.; PIERRE, J. B.; PROSPERI, J. M.; BARRE, P.; HUYGHE, C.. Identification of quantitative trait loci influencing aerial morphogenesis in the model legume *Medicago truncatula*. **Theoretical and Applied Genetic**, v.114, p.1391-1406, 2007.

LARA, M. A. S. **Respostas morfofisiológicas de genótipos de *Brachiaria* spp. sob duas intensidades de desfolhação e modelagem da produção de forragem em função das variações estacionais da temperatura e fotoperíodo: adaptação do modelo CROPGRO. 2011.** 212 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agronomia “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

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

LEMAIRE, G. Ecophysiology of grasslands: dynamics aspects of forage plant populations in grazed swards. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001, São Pedro. **Proceedings...** São Pedro: [s.n.], 2001. p. 29-37.

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

MENEZES, R. C.; ALVES, E. B.; CASAGRANDE, D. R.; LARA, M. A. S.; EVANGELISTA, A. R.; BERNARDES, T. F.. Xaraés palisadegrass remains productive after the disappearance of stylo in tropical legume-grass pasture. **Sci. agric. (Piracicaba, Braz.)**, Piracicaba, v. 72, n. 6, p. 484-488, 2015.

NARDONE, A.; RONCHI, B.; LACETERA, N.; RANIERI, M. S.; BERNABUCCI, U. Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. **Livestock Science**, New York, v. 130, n. 1/3, p. 57-69, 2010.

OLIVEIRA SILVA, R; BARIONI, L. G.; HALL, J. A. J.; MATSUURA, M. F.; ALBERTINI, T. Z.; FERNANDES, F. A.; MORAN, D. Increasing beef production could lower greenhouse gas emissions in Brazil if decoupled from deforestation. **Nature Climate Change**, Published Online 18 January, 2016.

PEDREIRA, B.C.; PEDREIRA, C.G.S.; DA SILVA, S.C. Estrutura do dossel e acúmulo de forragem de *Brachiaria brizantha* cultivar Xaraés em resposta a estratégias de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.2, p.281-287, 2007.

PEDREIRA, B. C.; PEDREIRA, C. G. S.; DA SILVA, S. C. Acúmulo de forragem durante a rebrotação de capim-xaraés submetido a três estratégias de desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.38, n.4, p.618-625, 2009.

PEDREIRA, B.C.; PEDREIRA, C.G.S.; BOOTE, K.J.; LARA, M.A.S.; ALDERMAN, P.D. Adapting the CROPGRO perennial forage model to predict growth of *Brachiaria brizantha*. **Field Crops Research**, v.120, p. 370-379, 2011.

PEIX, A.; RAMÍREZ-BAHENA, M. H.; VELÁZQUES, E.; BEDMAR, E. J. Bacterial associations with legumes. **Critical Reviews in Plant Sciences**, Abingdon, v. 34, n. 1/3, p. 17-42, 2015.

REZENDE, C. de P.; CANTARUTTI, R. B.; BRAGA, J. M.; GOMIDE, J. A.; PEREIRA, J. M.; FERREIRA, E.; TARRÉ, R. M.; MACEDO, R.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; CADISCH, G.; GILLER, K. E.; BODDEY, R. M. Litter deposition and disappearance in *Brachiaria* pastures in the forest region of the South of Bahia, Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Bonn, v. 54, n. 2, p. 99-112, 1999.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVARES, V.H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª Aproximação**. Viçosa, MG: 1999. 359p.

SÁ JUNIOR, A.; CARVALHO, L. G.; SILVA, S. S.; ALVES, M. C. Application of the Köppen classification for climatic zoning in the state of Minas Gerais, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v.108, p.1-7, 2012.

SAS INSTITUTE (Cary, United States). **SAS user's guide: statistics**. Cary, 2004. 419p.

SEIFFERT, N. F.; ZIMMER, A. H. Contribución de *Calopogonium mucunoides* al contenido de nitrógeno em pasturas de *Brachiaria decumbens*. **Pasturas Tropicales**, v.10, n.3, p. 8-13, 1988.

SILVA, V. J. da; DUBEUX JUNIOR, J. C. B.; TEIXEIRA, V. I.; SANTOS, M. V. F.; LIRA, M. A.; MELLO, A. C. L. Características morfológicas e produtivas de leguminosas forrageiras tropicais submetidas a duas frequências de corte. **R. Bras. Zootec.**, Viçosa , v. 39, n. 1, p. 97-102, 2010.

THOMAS, R. J.; ASAKAWA, N. M.; RONDON, M. A.; ALARCON, H.F.; Nitrogen fixation by three tropical forage legumes in an acid-soil savanna of Colombia. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 29, n. 5-6, p. 801-808, 1997.

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