



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO**  
**CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE SINOP**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS**  
**PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**Potencial de produção e modelagem da assimilação de carbono  
para *Panicum maximum* cv. Mombaça e *Brachiaria brizantha* cv.**

**Marandu**

**Mariely Lopes dos Santos**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Mato Grosso, *Campus* Universitário de Sinop, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Área de concentração: Produção animal.

**Sinop, Mato Grosso**

**Dezembro de 2016**

**MARIELY LOPES DOS SANTOS**

**Potencial de produção e modelagem da assimilação de carbono  
para *Panicum maximum* cv. Mombaça e *Brachiaria brizantha* cv.**

**Marandu**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação  
em Zootecnia da Universidade Federal de Mato Grosso,  
*Campus* Universitário de Sinop, como parte das exigências  
para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Área de concentração: Zootecnia.

Orientador: Prof. Dr. Bruno Carneiro e Pedreira

Coorientador: Prof. Dr. Dalton Henrique Pereira

**Sinop, Mato Grosso**

**Dezembro de 2016**

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

### **Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.**

L864p Lopes dos Santos, Mariely.

Potencial de produção e modelagem da assimilação de carbono para Panicum maximum cv. Mombaça e Brachiaria brizantha cv. Marandu / Mariely Lopes dos Santos. -- 2016

xiv, 109 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Bruno Carneiro e Pedreira.

Co-orientador: Dalton Henrique Pereira.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Sinop, 2016.

Inclui bibliografia.

1. acúmulo de forragem. 2. adubação nitrogenada,. 3. fotossíntese. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

**Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.**



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA  
Avenida Alexandre Ferronato, 1200 - Reserva 35 - Distrito Industrial - Cep: -Sinop/MT  
Tel : - Email : ppgzootecnia@ufmt.br

## FOLHA DE APROVAÇÃO

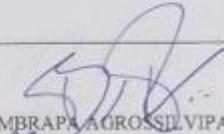
**TÍTULO : "Potencial de produção e modelagem da assimilação de carbono para *Panicum maximum* cv. Mombaça e *Brachiaria brizantha* cv. Marandu"**

AUTOR : Mestranda MARIELY LOPES DOS SANTOS

Dissertação defendida e aprovada em 09/12/2016.

Composição da Banca Examinadora:

---

Presidente Banca / Orientador	Doutor(a)	Bruno Carneiro e Pedreira	
Instituição :		EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA AGROSSILVIPASTORIL	
Coorientador	Doutor(a)	Dalton Henrique Pereira	
Instituição :		UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO	
Examinador Interno	Doutor(a)	Rafaella Teles Arantes Felipe	
Instituição :		UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO	
Examinador Externo	Doutor(a)	Patricia Menezes Santos	
Instituição :		Embrapa - Pecuária Sudeste	
Examinador Suplente	Doutor(a)	Fabiano André Petter	
Instituição :		UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO/CÂMPUS UNIVERSITÁRIO DE SINOP	

SINOP, 14/12/2016.

## **DEDICATÓRIA**

Dedico ao meu pai Maurinho dos Santos, à minha mãe Maria Lopes dos Santos e minha irmãs Maraisa Lopes dos Santos e Marília Lopes dos Santos.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, à Deus pela oportunidade e capacidade recebida para realização do curso de mestrado. Agradeço aos meus pais e minhas irmãs pela confiança, reconhecimento e por todo apoio emocional, financeiro e espiritual. Ao meu orientador, professor e pesquisador da Embrapa Agrossilvipastoril, Dr. Bruno Carneiro e Pedreira, pela oportunidade de trabalhar com ele e sua equipe tanto no estágio da graduação, como no programa de mestrado. Ao meu co-orientador professor Dr. Dalton Henrique Pereira e demais professores do PPGZ – Programa de Pós Graduação em Zootecnia – da UFMT.

Aos amigos Fagner Gomes, Mariana Kamoi e Tarcio Rocha, que me acompanharam desde o estágio da graduação, Renan Tavanti, Leidimar Moraes, Marcos Euzébio, Willian Franco, Tiago Bernardo, Fernanda Gregolin, por todos os bons e maus momentos compartilhados, pela cumplicidade e amizade. À igreja Batista Getsêmani de Sinop pelo acolhimento e ensinamentos que tem mantido meu psicológico e espiritual em equilíbrio. Aos meus colegas de turma: Josiana Cavalli, Nagela Maria Faustino e Alisson Diego Sedano, pelo companheirismo, pelas várias noites de estudo, troca de conhecimento, pelos sentimentos de felicidade e desespero compartilhados que levarei por toda a vida. Aos que fizeram e ainda fazem parte da equipe do Dr. Bruno “Os Pedreiras”: Fagner Gomes, Josiana Cavalli, Yuri Jorge, Solange Holschuch, Maira Bourscheidt, Alisson Sedano, Nagela da Silva, Josiane Devens, Leandro Domiciano, Mircéia Mombach, Jurandy Gouveia, Fabrício Resende, Hemython Nascimento, Isadora Macedo, José Cavalcante, Lidyane Aragão, Perivaldo Carvalho, Priscila Pereira, Rafael Marciano, Gabriel Pedroso e Debora Moraes.

Ao GEPI – Grupo de Estudos sobre Pecuária Integrada – da UFMT pela troca de experiência profissional e conhecimento agregado.

Aos funcionários Joabe e Edegar Jezur pelos serviços prestados à campo, auxiliando nas coletas dos dados. Aos técnicos dos laboratórios da Embrapa Agrossilvipastoril, João

Carlos Magalhães, Fábio Peixoto, Rodrigo Chelegão e Rogério Bicudo pela ajuda e ensino sobre o processamento das análises de laboratório.

Aos pesquisadores da Embrapa Agrossilvipastoril, Dr. Cornélio Zollin, Dr. Ciro Magalhães, Dr. Flávio Tardin pela disposição em ajudar e pelo tempo que tomei deles tirando várias dúvidas desde solos à estatística.

À Dra. Patricia dos Santos Menezes, coordenadora do projeto ao qual estou vinculada e ao Dr. Márcio Lara pelo norte e contribuições para a melhoria desse trabalho.

À Universidade Federal de Mato Grosso/Campus Sinop, pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela concessão da bolsa de mestrado e pelo apoio financeiro para a realização desta pesquisa.

## EPÍGRAFE

“Ainda que eu fale a língua dos homens e dos anjos, se não tiver amor, serei como o sino que ressoa ou como o prato que retine. Ainda que eu tenha o dom da profecia e saiba todos os mistérios e todo o conhecimento, e tenha uma fé capaz de mover montanhas, se não tiver amor, nada serei. Ainda que eu dê aos pobres tudo o que possuo e entregue o meu corpo para ser queimado, se não tiver amor, nada disso me valerá.

O amor é paciente, o amor é bondoso. Não inveja, não se vangloria, não se orgulha. Não maltrata, não procura seus interesses, não se ira facilmente, não guarda rancor. O amor não se alegra com a injustiça, mas se alegra com a verdade. Tudo sofre, tudo crê, tudo espera, tudo suporta”. (I Coríntios 13. 1 – 6)

“Meu filho, guarde consigo a sensatez e o equilíbrio, nunca os perca de vista; trarão vida a você e serão um enfeite para o seu pescoço. Então você seguirá o seu caminho em segurança e não tropeçará; quando se deitar, não terá medo e o seu sono será tranquilo”. (Provérbios 3. 21 – 24)

## **BIOGRAFIA**

Filha da Maria Lopes dos Santos e do Maurinho dos Santos, irmã mais nova da Maraisa Lopes dos Santos e da Marília Lopes dos Santos. Nascida em Ivinhema – MS, no dia 17 de agosto de 1994, se mudou aos 9 anos de idade para o estado de Mato Grosso. Estudou ensino fundamental e médio em escola pública e concluiu o ensino médio no ano de 2009. Em 2010 iniciou o curso de Engenharia Agrônômica oferecido pela Universidade do Estado de Mato Grosso, *Campus* Universitário de Alta Floresta. Realizou o estágio obrigatório de graduação na Embrapa Agrossilvipastoril, no município de Sinop, no ano de 2014. Concluiu a graduação no ano de 2015 aos 20 anos e nesse mesmo ano iniciou o curso de mestrado oferecido pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), *Campus* Universitário de Sinop. Atualmente é aluna do Programa de Pós Graduação em Zootecnia da UFMT e bolsista CAPES com projeto em desenvolvimento na Embrapa Agrossilvipastoril.

## RESUMO

SANTOS, Mariely. Dissertação de Mestrado (Zootecnia), Universidade Federal de Mato Grosso, *Campus* Universitário de Sinop, Dezembro de 2016, 124 f. **Potencial de produção e modelagem da assimilação de carbono para *Panicum maximum* cv. Mombaça e *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.** Orientador: Prof. Dr. Bruno Carneiro e Pedreira. Coorientador: Prof. Dr. Dalton Henrique Pereira.

A pecuária brasileira utiliza a pastagem como recurso basal dos sistemas de produção. O conhecimento prévio das características das plantas forrageiras e suas respostas são fundamentais para o planejamento forrageiro. Objetivou-se avaliar respostas fisiológicas, modelagem de assimilação de carbono potencial, características produtivas e qualitativas da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e *Panicum maximum* cv. Mombaça com ou sem adubação nitrogenada. O delineamento foi em blocos casualizados, em arranjo fatorial 2 x 2 (duas cultivares: Mombaça e Marandu; e duas adubações: 0 e 550 kg N/ha.ano) em 5 estações do ano (out/15, inv/15, prim/15, verão/15 e out/16) com três repetições. O período experimental foi de 21 de março de 2015 à 21 de junho de 2016. Foi simulada lotação intermitente, por meio de cortes a cada 28 dias nas águas e 42 na seca, com altura de resíduo de 15 cm para Marandu e 40 cm para Mombaça. No verão, as pastagens adubadas apresentaram maiores taxas de fotossíntese foliar e dossel com valores de 29,8 e 67,21  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , respectivamente. Marandu apresentou taxa de fotossíntese foliar (23,9  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) superior, além da transpiração, condutância estomática e teor de clorofila *a*, *b* e total, bem como maior eficiência no uso da água instantânea (2,41  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ ) em condições de estresse hídrico. No entanto, Mombaça apresentou maior eficiência no uso da água instantânea (11,89  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ ) quando houve excedente hídrico. A adubação com nitrogênio aumentou o acúmulo de forragem de Marandu e Mombaça, sobretudo no verão (7,5 e 13,4 Mg MS/ha), além de proporcionar maiores teores de PB (20,2%) e redução de FDN (47,3%) em FDA (21,6%) na prim/15. O maior acúmulo forragem anual foi verificado nas pastagens adubadas (24,4 Mg/ha.ano). Conclui-se que a adubação nitrogenada é determinante na intensificação da produção de forragem e deve ser utilizada sem que haja restrição hídrica. Além disso, o manejo do pastejo com a adição de nitrogênio deve ser intensificado e adequado de acordo com época, para evitar perdas de forragem devido ao crescimento acelerado na estação chuvosa, sobretudo para Mombaça.

## ABSTRACT

SANTOS, Mariely. Dissertação de Mestrado (Zootecnia), Federal University Federal of Mato Grosso, University campus of Sinop, December 2016, 124 f. **Production potential and modeling of carbon assimilation for *Panicum maximum* cv. Mombaça and *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.** Adviser: Prof. Dr. Bruno Carneiro e Pedreira. Co-adviser: Prof. Dr. Dalton Henrique Pereira.

Brazilian livestock uses pasture as the basal resource of production systems. Previous knowledge of the characteristics of forage plants and their responses are fundamental for forage planning. It aimed to evaluate physiological responses, modeling of potential carbon assimilation, productive and qualitative characteristics of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu and *Panicum maximum* cv. Mombaça with or without nitrogen fertilization. The design was a randomized block design in factorial arrangement 2 x 2 (two cultivars: Mombaça and Marandu; unfertilized and fertilized with 550 kg N ha<sup>-1</sup> year) in five seasons (Aut/15, winter/15, spring/15, summer/15 e aut/16) with three replications. The experimental period was from March 21 2015 on June 21 2016, including autumn, winter, spring and summer 2015 and autumn 2016 seasons. It was simulated intermittent stocking, by cutting every 28 days and residual height of 15 cm and 40 cm to Marandu and Mombaça. In the summer, fertilized pastures presented higher rates of foliar and canopy photosynthesis with values of 29.8 and 67.21  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , respectively. Marandu presented higher leaf photosynthesis rate (23.9  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), in addition to transpiration, stomatal conductance, a, b and total chlorophyll content, as well as greater water use efficiency (2.41  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ Mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ ) under conditions of water stress. However, Mombaça showed higher efficiency in water use (11.89  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ ) when there was water surplus. Nitrogen fertilization increased Marandu and Mombasa herbage accumulation, especially in the summer (7.5 and 13.4 Mg DM/ha), in addition to providing higher CP (20.2%) and reduction of NDF (47,3%) and FDA (21.6%) in prim/15. The greatest annual forage accumulation was verified in fertilized pastures (24.4 Mg/ha.year). It is concluded that nitrogen fertilization is determinant in the intensification of forage production and should be used without any water restriction. In addition, grazing management with the addition of nitrogen should be intensified and adapted according to the season to avoid forage losses due to accelerated growth in the rainy season, especially for Mombaça.

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIACOES

A - assimilação líquida de CO<sub>2</sub> (fotossíntese foliar)

AF - acúmulo de forragem

AFt - acúmulo de forragem total anual

E - taxa de transpiração das folhas

EUA - eficiência no uso da água instantânea

EUAi - eficiência no uso da água intrínseca

FDA - fibra insolúvel em detergente cido

FDN - fibra insolúvel em detergente neutro

gs - condutância estomática

IAF - ndice de área foliar

ICF - ndice de clorofila Falker

IL - intercepao luminosa

k - coeficiente de extinção luminosa

PB - proteína bruta

RFA - radiação fotossnteticamente ativa

RT - razão de transpiração

TAF - taxa de acúmulo diário de forragem

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL .....	1
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
1.1 Planejamento forrageiro .....	3
1.2 Forrageiras <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu e <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça .....	4
1.3 Fatores ambientais que afetam a produção de forragem em pastagens de clima tropical ....	7
1.4 Características estruturais do dossel forrageiro.....	8
1.5 Respostas morfofisiológicas de gramíneas forrageiras em função da adubação nitrogenada. ....	11
1.6 Fotossíntese e crescimento em forrageiras de clima tropical .....	12
1.7 Valor nutritivo da forragem.....	16
1.8 Nitrogênio e o teor de clorofila .....	19
1.9 Modelos matemáticos.....	21
1.9.1 Modelagem na agricultura.....	23
1.9.2 DSSAT - Sistema de Apoio à Decisão para Transferência de Agrotecnologia .....	25
1.9.3 Modelos de crescimento de pastagens .....	26
1.9.4 O modelo CROPGRO forragem .....	28
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	30
CAPÍTULO 1 .....	42
Respostas fisiológicas e modelagem da assimilação de carbono em forrageiras na Amazônia brasileira .....	42
1 Introdução.....	44
2 Material e Métodos: .....	46
2.1 Acúmulo de forragem.....	47
2.2 Índice de área foliar .....	48
2.3 Fotossíntese e teor de clorofila foliar .....	48
2.4 Modelagem de assimilação de carbono.....	49
2.5 Análise estatística.....	51
3 Resultados .....	52
4 Discussão.....	55
5 Conclusão .....	59
6 Referências .....	60
CAPÍTULO 2 .....	63

Potencial de produção e indicadores qualitativos de Marandu e Mombaça na Amazônia brasileira .....	63
1 Introdução.....	65
2 Material e métodos .....	66
2.1 Acúmulo de forragem e composição morfológica .....	68
2.2 Estrutura do dossel .....	69
2.3 Composição bromatológica.....	69
2.4 Análise estatística .....	70
3 Resultados .....	71
3.1 Acúmulo de forragem.....	71
3.1.1 Acúmulo de forragem por época e anual .....	71
3.1.2 Composição morfológica .....	72
3.1.3 Estrutura .....	73
3.1.4 Composição bromatológica.....	74
3.2 Massa de forragem .....	75
3.2.1 Massa de forragem por época do ano .....	75
3.2.2 Estrutura .....	76
3.2.3 Composição bromatológica.....	77
4 Discussão.....	78
5 Conclusão .....	86
6 Referências .....	88
CONCLUSÕES GERAIS .....	91
ANEXOS I .....	92
ANEXOS II.....	101

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

2

3 O Brasil é possuidor de um rebanho bovino com cerca de 215,2 milhões de  
4 cabeças criadas principalmente em pastagens e o segundo colocado no ranking mundial  
5 de maior rebanho comercial bovino, atrás apenas da Índia. A região Centro-Oeste é a  
6 principal produtora, responsável por 33,5% do gado bovino de corte e de leite nacional.  
7 Mato Grosso, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso do Sul e Pará respondem, juntos, por  
8 mais da metade (54,0%) do rebanho efetivo nacional (IBGE, 2016).

9 A pecuária brasileira utiliza principalmente pastagens de gramíneas de clima  
10 tropical como recurso basal devido a sua extensão de área e por ser mais econômico  
11 quando comparado com outras fontes de alimento para a nutrição animal, além do clima  
12 propício para o crescimento de plantas forrageiras. Estima-se que a área ocupada por  
13 pastagens no território brasileiro seja de 174 milhões de hectares (FAO, 2016), com  
14 cerca de 100 milhões de hectares estabelecidos com pastagens cultivadas, sobretudo  
15 com gramíneas do gênero *Brachiaria* spp. (IBGE, 2007). Em regiões de clima tropical e  
16 subtropical o plantio de cultivares de *Panicum maximum* é notável devido às suas  
17 características agrônomicas, como a alta produção de matéria seca (MS) (até 41 Mg ha  
18 ano<sup>-1</sup>), alta proporção de folhas (82%) e boa aceitabilidade pelos animais (Torres et  
19 al., 2015).

20 Apesar do grande potencial produtivo, cerca de 70% das pastagens cultivadas  
21 existentes no território brasileiro encontram-se degradadas ou em algum grau de  
22 degradação (Dias-Filho 2011), decorrente da má exploração da atividade, como a falta  
23 de reposição de nutrientes no solo. O esgotamento da fertilidade do solo, em  
24 consequência da ausência de adubação, tem sido apontado como uma das principais  
25 causas da degradação de pastagens cultivadas (Costa et al., 2010). A baixa  
26 disponibilidade de nitrogênio é um dos fatores químicos que limitam com mais

27 intensidade a produção forrageira nos solos de regiões com clima tropical (Santos et al.,  
28 2002).

29 Diante desse cenário, deve-se destacar a importância do manejo, tanto da  
30 pastagem quanto do pastejo dentro do sistema de produção intensivo para melhorar a  
31 eficiência de produção e utilização da forragem produzida. O manejo adequado  
32 possibilita maiores resultados de acordo com o potencial produtivo de cada espécie  
33 forrageira, desde que seja compatível com as condições edafoclimáticas em que está  
34 submetida, mantendo assim, os níveis de matéria orgânica do solo satisfatórios e o  
35 sistema produtivo ao longo do tempo.

36 Espera-se que o estabelecimento e extensão de métodos adequados de manejo  
37 sejam capazes de manter a produtividade das pastagens, de forma a garantir o  
38 rendimento do sistema de produção devido à minimização da degradação da pastagem  
39 como pelo incremento da produção animal, além de contribuir para a mitigação e efeitos  
40 deletérios ao ambiente por meio da manutenção da produtividade das pastagens  
41 (Euclides et al., 2014).

42 Essas tomadas de decisões podem ocorrer com o subsídio de ferramentas como  
43 os modelos de simulação, que tem se mostrado ferramentas importantes no auxílio a  
44 agricultores e pesquisadores no planejamento de parâmetros de pastejo do rebanho,  
45 como entrada e saída de animais (Pezzopane et al., 2013).

46 Por isso é dada a importância ao desenvolvimento e adaptação de modelos  
47 preditores de produção de forragem como ferramentas de apoio à tomada de decisão. Os  
48 modelos podem viabilizar o planejamento agropecuário, com o conhecimento prévio  
49 das características e respostas de gramíneas forrageiras tropicais em determinadas  
50 condições de meio ambiente e de manejo. Dessa forma, seria promovida a melhoria e

51 expansão do desenvolvimento de projetos, análises de risco para a produção ou  
52 liberação de financiamentos no meio agropecuário.

53 Para isso, a geração de bancos de dados sobre a produção de forrageiras de clima  
54 tropical submetida à diversas condições se torna necessária. Pois são usados para  
55 adaptação, calibração e validação de modelos de simulação já existentes para outras  
56 culturas.

## 57 **REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

58

### 59 **1.1 Planejamento forrageiro**

60 A pastagem é um ecossistema dinâmico, na qual os processos de produção de  
61 novos tecidos, perdas por senescência e por pastejo ocorrem simultaneamente e quase  
62 que continuamente (Silva & Pedreira, 1997). Devido essa dinâmica envolver fatores  
63 bióticos e abióticos que se inter-relacionam, primeiramente deve-se considerar as  
64 condições edafoclimáticas, para que se sejam compatíveis com o potencial de produção  
65 da espécie forrageira a ser utilizada, bem como o objetivo final da produção (carne ou  
66 leite) e manejo a ser adotado.

67 O manejo do pastejo pode afetar tanto a fisiologia quanto a morfologia das  
68 plantas forrageiras conforme a intensidade e a frequência de desfolha repetida sobre  
69 uma mesma unidade e, com isso, o crescimento da planta pode ser afetado (Rodrigues  
70 & Rodrigues, 1987; Mazzanti, 1997).

71 Assim, o conhecimento das exigências nutricionais limitantes ao crescimento  
72 das forrageiras para regiões específicas do país é de grande importância para a  
73 formação, o manejo e a persistência das pastagens cultivadas (Belarmino et al., 2003).

74 No Brasil, existem dificuldades quanto à previsão de oferta e demanda no  
75 mercado pecuário, pois com estacionalidade de produção das pastagens, todo o sistema  
76 é afetado, prejudicando muitos produtores na época seca, pela perda de peso dos

77 animais, redução da fertilidade, atraso na terminação do rebanho e maior necessidade de  
78 suplementação. Enquanto que na época chuvosa, podem ocorrer perdas de forragem  
79 pelo excesso de produção ou perda da qualidade pela redução do valor nutritivo  
80 (Pedreira e Pedreira, 2014).

81 Estratégias de manejo contrastantes podem resultar em variações na estrutura do  
82 dossel, influenciando o desempenho animal, pois afeta a quantidade e o valor nutritivo  
83 da forragem ofertada e consumida. Pedreira et al. (2009) verificaram que a estratégia de  
84 desfolhação com 28 dias, apesar de ser a mais recomendada, quando comparada com o  
85 manejo baseado em interceptação luminosa (IL), esse manejo com dias pré-  
86 determinados, facilita o planejamento do pastejo rotativo, embora em algumas épocas,  
87 possa restringir as possibilidades de ganhos em eficiência do sistema e possa gerar um  
88 padrão menos uniforme de respostas fisiológicas de plantas e estruturais do dossel.

89 Portanto, o aperfeiçoamento do planejamento forrageiro requer o conhecimento  
90 prévio sobre respostas de plantas forrageiras em relação à estacionalidade da produção e  
91 qualidade da forragem produzida ao longo do ano, dentro das estações ou rebrotações  
92 específicas sob os diversos fatores que as afetam, como, luz, temperatura, água, solo,  
93 CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> e nutrientes de acordo com o seu potencial produtivo em determinada  
94 condição. E, assim, adequar o sistema de produção com uma previsão mais segura do  
95 crescimento das forrageiras.

96

## 97 **1.2 Forrageiras *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e *Panicum maximum* cv.**

### 98 **Mombaça**

99 A *Brachiara brizantha* cv. Marandu consiste em uma planta cespitosa, muito  
100 robusta, com altura de até 120 cm (FAO, 2004) com colmos iniciais prostrados,  
101 seguidos da produção de perfilhos predominantemente eretos. Rizomas muito curtos e

102 encurvados, colmos floríferos eretos, freqüentemente com perfilhamento nos nós  
103 superiores, que leva à proliferação de inflorescências, especialmente sob regime de  
104 corte ou pastejo. Bainhas pilosas e com cílios nas margens, geralmente mais longas que  
105 os entre-nós, escondendo os nós, o que aparenta a presença de uma densa pilosidade nos  
106 colmos vegetativos (Nunes et al., 1984).

107 O Marandu foi lançado pela Embrapa em 1984 (Nunes et al., 1984) como  
108 alternativa ao problema com cigarrinhas das pastagens *Notozulia entreriana* (Berg),  
109 *Deois flavopicta* (Stal) e *Deois schach* (Fab), às quais tanto a *B. decumbens* como a *B.*  
110 *ruziziensis* são muito suscetíveis (Soares Filho, 2002). Esse cultivar apresentou grande  
111 aceitação dentro do cenário pecuário brasileiro devido ao desempenho em clima  
112 tropical, tolerância à seca e adaptação a solos pouco férteis. Sua produção é, em média,  
113 de 10 a 18 Mg MS ha<sup>-1</sup> ano (EMBRAPA, 1984). Não tolera solos com encharcamento e  
114 sua temperatura ótima de crescimento é em torno de 30 e 35°C e temperatura base de  
115 16,3 °C (FAO, 2004; Lara, 2007)

116 O Mombaça é uma planta com hábito de crescimento cespitoso, chegando a  
117 altura de até 2.00 m em crescimento livre, com digestibilidade acima de 60%, teor de  
118 proteína de 6% no inverno e 15% no verão. É uma forrageira de dia curto, com  
119 temperatura ótima de crescimento entre 30 e 35°C e temperatura base de 17,5°C com  
120 pouca tolerância à seca, à solos salinos e sensível à cigarrinha e à lagarta do cartucho  
121 (Mcwilliam, 1978; FAO, 2004; Moreno, 2004).

122 Os capins do gênero *Panicum* spp. são fortemente citados na literatura como  
123 referência de alto potencial produtivo. A espécie *Panicum maximum* cv. Mombaça foi  
124 lançada em 1993, apresenta o número médio 4,0 folhas vivas por perfilho, elevada  
125 produção (até 41 Mg MS ha<sup>-1</sup> ano) e proporção de folhas (82%), além de ser mais  
126 produtiva e apresentar uma menor sazonalidade de produção quando comparada ao *P.*

127 *maximum* cv. Colonião (EMBRAPA, 1990; Gomide & Gomide, 1997; Jank et al.,  
128 2008). É uma das principais forrageiras cultivada nas regiões de clima tropical e  
129 subtropical, valorizada por sua alta capacidade de produção de MS, qualidade de  
130 forragem, facilidade de estabelecimento e preferência pelos animais (Torres et al.,  
131 2015), porém, sensível a solos ácidos e exigente em fertilidade do solo, principalmente  
132 em fósforo (Silva, 1995).

133 O Mombaça está comumente associado a sistemas mais intensivos e  
134 tecnificados. O uso da adubação com nitrogênio aumenta a produção de matéria verde e  
135 seca, a taxa de acúmulo de MS, a altura do dossel e o número de perfilhos dessa cultivar  
136 (Castagnara, 2011). Pesquisas no estado de São Paulo sobre a cultivar Mombaça  
137 mostram resultados de acúmulos entre 20 a 42 Mg MS ha<sup>-1</sup> ano (Herling et al., 1998;  
138 Sisti, et al., 1999; Moreno, 2004; Souza et al., 2005; Carnevalli et al., 2006), tal  
139 diferença devido principalmente pela diferença em manejo do pastejo, irrigação e  
140 adubação nitrogenada. No entanto, maiores taxas de acúmulo de MS podem refletir em  
141 menores relações folha:colmo.

142 Gomide et al. (2007) ao avaliar o Mombaça em períodos de descanso com base  
143 no número de folhas por perfilho, encontraram maiores valores de MS por ciclo de  
144 pastejo (7 Mg MS ha<sup>-1</sup>) com período de descanso de 4,5 folhas por perfilho, porém a  
145 relação folha:colmo foi menor (1,7) quando comparada com a relação folha:colmo do  
146 período de descanso de 2,5 folhas por perfilho (4,6) com valor médio de MS por ciclo  
147 de pastejo de 4 Mg ha<sup>-1</sup>.

148

149 **1.3 Fatores ambientais que afetam a produção de forragem em pastagens de**  
150 **clima tropical**

151 O crescimento e desenvolvimento das plantas se dão a partir do processo de  
152 conversão da energia luminosa e fixação de carbono (C) atmosférico para a  
153 transformação em compostos orgânicos que são utilizados nos processos metabólicos da  
154 planta. Esse processo descrito como fotossíntese depende de uma gama de variáveis  
155 ambientais, como a radiação solar, temperatura, fotoperíodo, concentração de CO<sub>2</sub> na  
156 atmosfera e disponibilidade de água e nutrientes no solo. Assim, as taxas de  
157 crescimento, desenvolvimento, produção e qualidade do valor nutritivo da forragem são  
158 afetadas pelo efeito acumulativo do ambiente (Buxton e Fales, 1994). Por isso, é difícil  
159 a interpretação da estacionalidade da produção e valor nutritivo na forragem  
160 considerando apenas uma variável climática (Wilson, 1982).

161 No Brasil Central, a radiação solar normalmente recebida entre os meses de  
162 maio e agosto equivale a cerca de 66% daquela dos meses mais produtivos, entre  
163 novembro e fevereiro (Soto, 1981). Portanto, se não houver limitação de outros fatores  
164 do meio que, apenas da radiação, a produção de forragem se mantém proporcional à  
165 quantidade de folhas expostas a luz (Dovrat, 1993). A utilização da radiação solar  
166 depende do padrão de distribuição das folhas no dossel, este juntamente com o índice de  
167 área foliar (IAF) permite a penetração da radiação no dossel, definindo um coeficiente  
168 de extinção luminosa (k) (Sheehy e Cooper, 1973), que descreve quanta radiação não é  
169 absorvida pelo dossel em um dado ângulo zênital e ângulo de distribuição foliar.

170 No entanto, juntamente com a grande radiação solar incidente na região Centro-  
171 Oeste do Brasil, há grandes variações estacionais de temperatura e umidade. Altas  
172 temperaturas com baixas amplitudes, precipitação elevada e dias mais longos são  
173 características do período chuvoso e temperaturas noturnas mais amenas, baixa umidade

174 e precipitação, e fotoperíodo curto são características da época seca, podem causar  
175 marcante resposta estacional na produção de gramíneas tropicais predominantes nessa  
176 região como as do gênero *Brachiaria* (Valle et al., 2000) e do gênero *Panicum* (FAO,  
177 2004). Euclides et al. (2008) encontraram maiores taxas de acúmulos de forragem paras  
178 os capins *P. maximum* cv. Mombaça e cv. Massai nos meses de verão, intermediários  
179 nos meses de primavera e outono e muito baixas nos meses de inverno, além das  
180 variações nas características morfológicas da pastagem.

181 A temperatura ideal para o crescimento das gramíneas de clima tropical (a  
182 maioria de metabolismo C4) varia de 30°C a 35 °C, enquanto que de 10°C a 15 °C o  
183 crescimento é praticamente nulo, o que provocaria a estacionalidade na produção de  
184 forragem, mesmo em sistemas irrigados (McWilliam, 1978). Segundo Costa et al.  
185 (2005) os fatores que mais influenciam na produtividade e qualidade da *B. brizantha* cv.  
186 Marandu e do *P. maximum* cv. Mombaça são as baixas temperaturas e os baixos índices  
187 pluviométricos, o que reflete o efeito da estacionalidade na produção de forragem.

188

#### 189 **1.4 Características estruturais do dossel forrageiro**

190 A produção das gramíneas forrageiras é determinada pelas características  
191 estruturais, que, além de determinarem o índice de área foliar, apresentam alta  
192 correlação com o consumo de forragem pelos animais em pastejo (Carvalho et al., 2001)  
193 e com a qualidade nutricional da pastagem.

194 As características estruturais do dossel, tais como tamanho e número de folhas  
195 por perfilho e população de perfilhos definem o IAF na população de plantas e são  
196 calculadas pelas taxas de aparecimento e alongamento das folhas e pela duração de vida  
197 das mesmas, sob influência do ambiente (Lemaire & Chapman, 1996).

198 O florescimento em forrageiras é estimulado principalmente pelo fotoperíodo e  
199 espécies de *P. maximum*, de modo geral, são plantas de dias curtos (Felippe, 1978;  
200 Loch, 1980). Quando se inicia o florescimento, ocorre a diferenciação meristemática,  
201 em que a formação dos primórdios foliares é interrompida e os tecidos reprodutivos  
202 passam a ser originados (Taiz & Zeiger, 2013; Reinheimer et al., 2005). Devido a  
203 isso, ocorrem mudanças na composição morfológica dos perfilhos como a redução  
204 da relação folha/colmo devido à diminuição na taxa de aparecimento de folhas

205 O início da fase reprodutiva, com o alongamento de colmo, posiciona o  
206 meristema apical nos horizontes de pastejo, em que a possibilidade de eliminação do  
207 mesmo passa a ser uma possibilidade real. Portanto, quando o meristema apical é  
208 removido, a persistência da planta depende da formação de um perfilho novo nas gemas  
209 basais ou do perfilhamento aéreo nas gemas axilares a partir de perfilhos já existentes  
210 (Chapman & Lemaire, 1993).

211 De acordo com Corsi & Nascimento Jr., (1986), o índice de área foliar  
212 remanescente, como fonte de produção de carboidratos, tem maior importância  
213 enquanto as folhas remanescentes mantêm elevada eficiência fotossintética, mas a  
214 manutenção de área foliar remanescente pode estar associada com a manutenção do  
215 meristema apical dos perfilhos. Pois a presença ou ausência do meristema apical pode  
216 também alterar sobremaneira a resposta da rebrotação das plantas forrageiras.

217 Se a área foliar remanescente após o pastejo for insuficiente ou formada por  
218 tecidos de baixa eficiência fotossintética, poderá haver menor vantagem no aumento do  
219 resíduo pós corte (Korte et al., 1985), sendo mais vantajoso permitir acúmulo de  
220 reservas por meio de um maior intervalo de pastejo.

221 As estratégias de manejo do pastejo focadas no IAF residual (IAFr) forçam os  
222 animais a ingerir colmos até que o IAFr alvo seja alcançado, para que então os animais

223 possam ser retirados da área. Isso pode contribuir para que, mesmo em florescimento, a  
224 proporção de colmos na massa de forragem não seja aumentada.

225 Geralmente, os meristemas ficam abaixo da altura de desfolhação, exceto na fase  
226 reprodutiva, o que garante a persistência das gramíneas forrageiras (Davies, 1988).  
227 Woledge (1978) afirma que, na época do florescimento, o alongamento do colmo é  
228 acelerado, bem como quando as plantas se encontram sombreadas ou sob baixa  
229 quantidade e qualidade de luz, assim o alongamento ocorre para que as folhas novas  
230 cheguem ao topo do dossel e o processo de fotossíntese seja maximizado.

231 Em contrapartida, desfolhações severas (superpastejo) podem eliminar grande  
232 parte dos meristemas apicais, comprometendo assim, o IAFr e a recuperação da planta,  
233 em razão do tamanho da área foliar e da baixa eficiência fotossintética das folhas velhas  
234 (Corsi & Nascimento Jr, 1986), principalmente se há um reduzido número de gemas  
235 basais ativas (Humphreys, 1997). No subpastejo ocorre o acúmulo de material de baixa  
236 capacidade fotossintética como folhas velhas e senescentes e colmos, resultando em  
237 menor área foliar ativa, o que causa uma queda nos teores de carboidratos não  
238 estruturais (CNE), provocando produção de forragem com baixo valor nutritivo (Costa  
239 et al., 2004).

240 Carnevalli et al. (2006) verificaram maior acúmulo líquido de folhas com menor  
241 alongamento de colmos e incremento de material senescente para o *P. maximum* cv.  
242 Mombaça aos 95% de interceptação luminosa (IL) e 90 cm de altura antes de 23 dias de  
243 rebrotação, sugerindo que a estratégia de manejo do pastejo com base na IL é eficiente.  
244 Enquanto que Euclides et al. (2008) verificaram porcentagem de folhas (40,9±1,75%)  
245 bem abaixo do potencial dessa forrageira no pré pastejo, e porcentagens de material  
246 morto de 36,3 ± 1,75% e de colmo de 22,8± 0,72%, quando foi manejada sob lotação  
247 intermitente, com sete dias de utilização e 35 dias de descanso.

248

249 **1.5 Respostas morfofisiológicas de gramíneas forrageiras em função da**  
250 **adubação nitrogenada**

251 A atmosfera contém aproximadamente 78% de nitrogênio (N) na forma gasosas  
252 ( $N_2$ ) e vários óxidos de N, os quais podem ser disponibilizados para a planta através da  
253 fixação biológica ou industrial.

254 O suprimento dos macronutrientes N, fósforo (P) e o potássio (K) é de suma  
255 importância para a manutenção do crescimento de plantas em pastagens. Esses  
256 nutrientes podem estar disponíveis para a planta por meio de processos intempéricos no  
257 solo, mineralização de resíduos de plantas ou animais durante a decomposição e através  
258 da adição de fertilizantes no solo (Hodgson, 1990).

259 O nitrogênio é considerado um macronutriente de papel importante para o  
260 crescimento de planta, pois faz parte de compostos orgânicos e essenciais como  
261 aminoácidos e proteínas, ácidos nucleicos, hormônios e clorofila (Lavres Junior &  
262 Monteiro, 2003). Além de possuir marcante influência sobre a taxa de aparecimento de  
263 folhas (Korte et al., 1987) e taxa de alongamento de folhas (Lemaire & Chapman,  
264 1996).

265 Segundo Primavesi et al. (2005), o nitrogênio é um dos minerais mais  
266 importante quantitativamente para o crescimento da planta. A forma de fertilizantes  
267 nitrogenados usados na adubação pode influenciar o balanço entre cátions e ânions nas  
268 plantas (Engels & Marschner, 1995). Diante disso, as plantas podem diferir a forma  
269 como absorvem esse nutriente, sendo o nitrato ( $NO_3^-$ ) e amônio ( $NH_4^+$ ), as principais  
270 formas inorgânicas absorvidas via sistema radicular (Williams & Miller, 2001). Em  
271 solos calcareados e aerados, o nitrato é a principal forma de N mineral disponível para o

272 crescimento das plantas, enquanto que, em caso de acidez e de inundação, o amônio é  
273 predominante (Raij, 1991).

274 Quando o suprimento de N é adequado e não existe competição severa por  
275 espaço entre as plantas do relvado, o perfilhamento é estimulado, porém a deficiência  
276 desse nutriente inibe esse processo. Além do potencial produtivo, as características  
277 morfogênicas e morfofisiológicas do dossel de gramíneas forrageiras também podem  
278 responder a adubação nitrogenada (Premazzi et al., 2003; Langer, 1963), como o  
279 aumento do índice de área foliar (IAF), taxa de aparecimento de folhas, aumento da  
280 interceptação luminosa (IL) e intensificação dos processos de fotossíntese tanto a nível  
281 de folhas quanto de dossel.

282 A adubação nitrogenada também promove alterações no valor nutritivo das  
283 forrageiras, promovendo variações na composição química da MS das plantas (França et  
284 al., 2007). Lavres & Monteiro (2003) constataram que doses de N e K interagem com a  
285 produção de área foliar, comprimento radicular, superfície radicular e perfilhamento do  
286 Mombaça. e de acordo com Cecato et al. (2001), o nitrogênio proporciona incremento  
287 nos teores de PB, e redução nos teores de FDN e FDA na MS da forragem produzida.

288

## 289 **1.6 Fotossíntese e crescimento em forrageiras de clima tropical**

290 A síntese de tecido vegetal tem como base carboidratos simples (energia) que são  
291 produzidos quando os cloroplastos dos tecidos das folhas verdes são expostos à luz.  
292 Essa energia luminosa absorvida é utilizada para reduzir o C do dióxido de carbono  
293 (CO<sub>2</sub>) para formação de carboidratos por meio do processo da fotossíntese (Hodgson,  
294 1990).

295 Esse processo em gramíneas de metabolismo C4 possui uma rota alternativa para  
296 a assimilação de C, em que enzima fosfoenolpiruvato carboxilase concentrada no

297 mesofilo e nas células da bainha dos feixes vasculares (Anatomia de Kranz) fixam  
298 somente o C atmosférico, evitando assim, perdas com fixação de oxigênio, comumente  
299 observadas em plantas de metabolismo C3. Estas assimilam o tanto o C atmosférico  
300 quanto o oxigênio (fotorrespiração) pela ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase oxigenase,  
301 dependendo da concentração de ambos na atmosfera. Portanto, as taxas de assimilação  
302 de C nessas gramíneas são maiores, se em ambiente favorável como, em comparação às  
303 plantas C3, além de menores perdas de água por não depender tanto do controle de  
304 abertura e fechamento estomático (Taiz & Zeiger, 2013).

305 Outra característica importante desse tipo de gramínea é que o seu ponto de  
306 saturação por luz ( $>2000 \mu\text{mol fóton m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) e temperatura ótima (30 a 45 °C) para a  
307 fotossíntese são mais altos que em plantas C3 (Taiz & Zeiger, 2013). Por isso, o seu  
308 crescimento é favorecido em clima tropical devido as altas temperaturas médias e  
309 radiação ao longo do ano.

310 Além da fotossíntese, outros processos fisiológicos importantes como a respiração  
311 são afetados pelas condições do meio ambiente em que as plantas são submetidas. Por  
312 isso, para adequação de práticas que otimizem a eficiência de utilização da pastagem, é  
313 necessário o entendimento de como e com que intensidade atuam os fatores limitantes  
314 desses processos (temperatura, água, luz, nutrientes, corte ou pastejo) (Hodgson, 1990).

315 Verhagen et al. (1963) constataram que a produção de MS depende  
316 fundamentalmente da eficiência das folhas em utilizar a luz incidente e de como essa luz  
317 é distribuída ao longo do dossel. As folhas de mais alto nível de inserção no perfilho,  
318 mais jovens e melhor iluminadas, fotossintetizam mais e geralmente contribuem mais  
319 para o *pool* de fotoassimilados da planta que as folhas mais velhas, de mais baixos  
320 níveis de inserção (Robson et al., 1988). Folhas completamente expandidas fazem  
321 fotossíntese com intensidade máxima e os assimilados formados servem não apenas

322 para sua própria manutenção, mas também para atender às necessidades do meristema  
323 apical, do sistema radicular e das folhas em formação. A folha cujo limbo está  
324 parcialmente exposto, não transloca assimilados para outras partes do perfilho, usando-  
325 os para o próprio desenvolvimento (Milthorpe & Davidson, 1966).

326 Pedreira et al. (2015) encontram taxas média de fotossíntese de  $26,5 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$   
327 para o Mombaça aos 14 dias de rebrotação, o qual era cortado a cada 4 semanas a  
328 uma altura de 35 cm. No final do verão e início do outono (março), a taxa fotossintética  
329 foi de  $37,5 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  para esse capim, sugerindo que o que havia sido relatado  
330 por Alexandrino et al. (2005), que pastos de *P. maximum* cv. Mombaça possuem hábito  
331 de crescimento mais ereto em meados do verão, e mais prostrado no outono, com folhas  
332 mais horizontais, com maior coeficiente de extinção luminosa (k), interceptando, assim,  
333 mais luz pelo dossel. De acordo com Ludlow & Charles-Edwards (1980), a taxa  
334 fotossintética diminui progressivamente com a diminuição dos níveis de irradiância e  
335 está diretamente relacionada com o grau de extinção luminosa dentro do perfil vertical  
336 do dossel.

337 A quantidade e disposição das folhas determinam a interceptação de luz pelo  
338 dossel, fator chave na realização da fotossíntese, que depende não somente do índice de  
339 área foliar, mas das propriedades ópticas das folhas (Parsons, 1988). Assim, a estratégia  
340 de pastejo focada no IAFr como resíduo pós-pastejo é importante, pois, mesmo em  
341 diferentes locais do país, é uma estratégia que garante quantidade de folhas ideal para o  
342 restabelecimento da atividade fotossintética e por consequência, o processo de  
343 rebrotação.

344 A intensidade de desfolhação, representada pelo índice de área foliar residual,  
345 influencia a rebrotação das plantas forrageiras. Quando o IAFr é mais elevado, a planta  
346 apresenta um período menor de dependência dos carboidratos de reserva, em

347 consequência da melhor utilização da área foliar residual, o que proporciona maiores  
348 taxas de fotossíntese foliar (Pedreira et al., 2007).

349 No entanto, dependendo do grau de desfolhação, o tecido foliar remanescente  
350 pode não ser fotossinteticamente capaz de suprir a quantidade necessária de CNE para o  
351 novo crescimento, neste caso, ocorre uma mobilização dos CNE de outras partes da  
352 planta como fonte de energia ou como substrato para o crescimento estrutural (Costa &  
353 Saibro, 1985; Botrel, 1990).

354 Após o pastejo ou corte que reduza drasticamente a área foliar, observa-se uma  
355 queda acentuada na concentração de carboidratos de reservas, já que com a interrupção  
356 do processo de fotossíntese, estes são utilizados como fonte de energia para a respiração  
357 e constituição de novos tecidos (rebrotação). Conforme o restabelecimento da área  
358 foliar, com aumento da capacidade fotossintética da planta, o acúmulo de carboidratos  
359 de reserva será crescente, enquanto o processo de fotossíntese se equivaler ou superar o  
360 de respiração (Costa et al., 2004).

361 Pedreira et al. (2009) encontraram taxa fotossintética foliar para *B. brizantha* cv.  
362 Xaraés de  $13,7 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$  na fase inicial de rebrotação com intervalo fixo de 28  
363 dias, um potencial fotossintético interessante para o pós-pastejo e semelhante ao  
364 intervalor com base em 95% de IL ( $14,2 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ), enquanto que no maior  
365 intervalo de pastejo (100% IL), esse potencial foi bastante reduzido no pós-pastejo ( $3,3$   
366  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ). Isso implica que maiores intervalos entre pastejos aumentam muito o  
367 IAF e após o corte, a área foliar remanescente que seria responsável pela recuperação da  
368 planta, não possui potencial fotossintético adequado por ter passado a maior parte do  
369 seu ciclo sombreada. Nesse mesmo estudo, no pré-pastejo, a estratégia de 95% de IL  
370 apresentou os maiores valores de fotossíntese foliar ( $26,1 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) quando  
371 comparado com a estratégias 100% IL ( $24,5 \text{ CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) e de intervalos de pastejo com

372 28 dias ( $21,3 \text{ CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ), porém na média durante o ciclo de rebrotação, a estratégia  
373 com 28 dias e 95% de IL foram semelhantes. Essa estratégia possibilita a manutenção  
374 de um IAF médio (2,08) que permite maior entrada de luz no dossel e  
375 consequentemente, maiores taxas fotossintéticas. Em casos em que não ocorre a colheita  
376 da forragem, após a expansão completa da folha, a fotossíntese foliar diminui com o  
377 aumento da idade da folha, devido à senescência de tecido, e devido à alteração da  
378 posição relativa dentro da folha dossel (Pedreira et al., 2015).

379

### 380 **1.7 Valor nutritivo da forragem**

381 Qualidade da forragem é definida como a associação entre valor nutritivo e  
382 consumo da forragem pelo animal. O valor nutritivo, por sua vez, é dado pela  
383 composição química e digestibilidade (Reis & Rodrigues, 1993). Assim, a qualidade da  
384 forragem é influenciada tanto por fatores nutricionais, quanto pelos não nutricionais,  
385 como a quantidade de forragem ofertada ao animal (Poppi et al., 1987).

386 Sabe-se que à medida que aumenta a quantidade de forragem disponível, há a  
387 tendência de diminuição de qualidade devido ao incremento de colmos e material  
388 senescente. Além das modificações da estrutura do dossel, maiores acúmulos causam  
389 alterações em nível celular, representado pelo aumento dos teores de carboidratos  
390 estruturais e lignina (componentes da parede celular) e reduções no conteúdo celular  
391 (Reis & Rodrigues, 1993; Van Soest, 1994). Por isso, se deve buscar o ponto adequado  
392 para obter o máximo rendimento, com a melhor qualidade possível, o que  
393 corresponderia ao emprego de uma intensidade de pastejo e intervalo de rebrotação em  
394 equilíbrio com a capacidade de suporte da pastagem (Evangelista, 2000).

395 O manejo para qualidade da oferta de forragem abrange um conjunto de práticas  
396 para alterar a morfologia ou retardar a maturidade da planta, e assim, aumentar o nível  
397 de nutrientes digestíveis na dieta dos animais.

398 Características químicas da planta forrageira, como elevadas concentrações de  
399 lignina na parede celular, afetam a digestibilidade e a alta concentração de parede  
400 celular limita o consumo pelos animais. Apesar das grandes proporções de parede  
401 celular nos tecidos das forrageiras e de serem a maior fonte de energia para ruminantes,  
402 comumente menos de 50 % da parede é prontamente digestível e utilizada pelo animal  
403 (Paciullo, 2000).

404 Quando a planta em desenvolvimento inicia o estágio reprodutivo, o valor  
405 nutritivo diminui, apesar do alto rendimento de biomassa, pois ocorre um aumento nos  
406 teores de fibra e um decréscimo nos teores de proteína e carboidrato não estrutural  
407 (CNE) (açúcar e amido), além da redução na relação folha:colmo da composição total  
408 da biomassa. Portanto, o estágio de desenvolvimento da forrageira assume grande  
409 importância, pois o potencial de produção animal está diretamente associado ao  
410 consumo com alta porcentagem de folhas, proteínas e digestibilidade (Simioni, 2014).

411 *A. B. brizantha* cv. Marandu apresenta de 10 a 12% de PB nas folhas e 6 a 7% na  
412 planta inteira (EMBRAPA, 1984). Vasconcelos et al. (2009) encontraram de teores de  
413 8,1% de PB e 55,8% de FDN na MS para *P. maximum* cv. Mombaça aos 35 dias de  
414 rebrotação, tendendo a diminuir o teor de PB e aumentar o FDN com maiores períodos  
415 de rebrotação.

416 Segundo Alencar et al. (2014), as adubações, principalmente a nitrogenada, além  
417 de aumentar a produção de MS, aumentam o teor de proteína bruta da forragem e, em  
418 alguns casos, diminuem o teor de fibra, contribuindo, dessa forma, para a melhoria da  
419 qualidade. Esses autores encontraram teores de PB de 7,28% entre os meses de abril e

420 setembro (outono/inverno) e 5,69% de outubro a março (primavera/verão) para  
421 Marandu e teores de 8,02% e 5,20% nos mesmos meses avaliados para Mombaça,  
422 ambos com 100kg N ha<sup>-1</sup> ano, tendendo a aumentar conforme a elevação da dose de N.

423 O teor de FDN encontrado por Santos et al. (2003) ao trabalhar em diversas  
424 forrageiras irrigadas no município de Recife, PE, foi menor no Marandu (74,8%)  
425 quando comparado com Mombaça (77,5%) e Tanzânia (79,2%). Esses teores sob  
426 adubação nitrogenada tiveram efeito linear positivo para o Mombaça e linear negativo  
427 para o Marandu, geralmente maiores na estação primavera/verão devido ao rápido  
428 alongamento de folhas nessa época (Alencar et al., 2014).

429 Gerdes et al. (2000) apesar de não terem encontrado diferenças significativas para  
430 a digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS) entre o Marandu (65,5%) e Tanzânia  
431 (62,3%), inferiram que as cultivares de *Panicum maximum* possuem DIVMS inferior ao  
432 das gramíneas do gênero *Brachiaria*. Essa diferença foi constatada por Alencar et al.  
433 (2014), em que de modo geral, o Marandu apresentou maior DIVMS que o Mombaça, e  
434 ambas as cultivares apresentaram maiores teores na estação primavera/verão em todos  
435 os níveis de adubação avaliados (100, 300, 500 e 700 kg N ha<sup>-1</sup> ano).

436 As variações de temperatura e fotoperíodo, distribuição irregular das chuvas ao  
437 longo do ano, característica das regiões de clima tropical, não permitem uma produção  
438 uniforme de forragem durante o ano, o que também acarreta variações nos teores de  
439 proteína bruta e de digestibilidade de algumas gramíneas tropicais nos períodos de  
440 águas e seca (Euclides et al., 2008).

441 Como alternativa para garantir forragem com valor nutritivo, mesmo diante da  
442 estacionalidade de produção, os pastejos são realizados quando a forrageira está em  
443 estágio de produção de perfilhos mais novos e com folhas mais jovens, viabilizando  
444 assim, concentrações de proteína bruta entre 14 a 18% e digestibilidade da MS de 60 a

445 70% (Silva et al., 2009; Barbosa et al., 2007; Difante et al., 2010). Teores dessa ordem  
446 são compatíveis com níveis satisfatórios de desempenho animal, aumentando assim, a  
447 eficiência de utilização do pasto.

448

#### 449 **1.8 Nitrogênio e o teor de clorofila**

450 Além de o nitrogênio ser componente da molécula da clorofila, pigmento  
451 presente no cloroplasto responsável pela fotossíntese e reflexo da cor verde na maioria  
452 das plantas, 50 a 70% do nitrogênio total das folhas é integrante de proteínas e enzimas  
453 associadas aos cloroplastos (Chapman & Barreto, 1997).

454 O cloroplasto é uma organela da célula vegetal que possui a clorofila como seu  
455 pigmento. A clorofila *a* ocorre em todos os eucariontes fotossintetizantes e  
456 cianobactérias, tendo como função transformar a energia luminosa em energia química.  
457 A clorofila *b* tem um espectro de absorção diferente da clorofila *a* que funciona como  
458 acessório, ampliando assim, o espectro de absorção de luz. A clorofila *c* substitui a  
459 clorofila *b* em algumas situações em diatomáceas (Martins, 2011).

460 A clorofila também está localizada no complexo da antena, que é um centro de  
461 reação constituído de um complexo de proteínas e moléculas de clorofila que  
462 possibilitam a conversão de energia luminosa em energia química. Esses fotossistemas  
463 são capazes de absorver fótons por meio da excitação das clorofilas, localizadas na parte  
464 central do centro de reação de cada fotossistema (P700 e P680). Ambos fotossistemas  
465 contém clorofila *a* e *b*, mas em proporções diferentes (Taiz & Zeiger, 2013).

466 Dentre as técnicas mais recentes com potencial para avaliar o estado de  
467 nitrogênio da planta em tempo real destaca-se a análise da intensidade do verde das  
468 folhas, por existir correlação significativa entre a intensidade do verde e o teor de  
469 clorofila com a concentração de nitrogênio na folha (Lara et al., 2014). Ademais, as

470 clorofilas estão relacionadas de forma direta com a produtividade das plantas por se  
471 relacionarem com a quantidade de radiação solar absorvida (Streit et al., 2005).

472 Sendo assim, a deficiência de nitrogênio reflete em baixas concentrações de  
473 clorofilas e rápida inibição do crescimento vegetal, apresentando geralmente, o  
474 amarelecimento de folhas mais velhas por ser um elemento móvel na planta e assim, de  
475 fácil redistribuição de tecidos mais velhos para tecidos mais jovens.

476 O uso do teor de clorofila na avaliação do estado nutricional das plantas em  
477 relação ao nitrogênio demonstra eficácia para predizer a necessidade desse elemento  
478 para as culturas (Maia et al., 2013). Pesquisas têm mostrado correlação entre o aumento  
479 no teor de clorofila da folha com o incremento de adubação nitrogenada em *Brachiaria*  
480 (Costa et al., 2008). O mesmo foi reportado por Lara et al. (2014) para *B. brizantha*  
481 submetida a adubação orgânica (esterco de poedeira) e mineral (NPK), em que as doses  
482 de 40 e 80 t ha<sup>-1</sup> de esterco de poedeira obtiveram índices de clorofila *a*, *b* e total  
483 superior ao tratamento NPK. Para Tifton 85, o índice máximo de clorofila Falker (52,1)  
484 foi resgistrado após 16 dias de rebrotação com 150 kg N ha<sup>-1</sup> na forma de uréia,  
485 enquanto o menor valor foi observado no tratamento sem N (30) (Barbieri Junior et al.,  
486 2012).

487 A validade dos resultados pode ser aferida indiretamente uma vez que há  
488 registro de que os dados do ClorofiLOG (FALKER, Porto Alegre, RS, Brasil) possuem  
489 correlação positiva e satisfatória com os gerados pelo “Soil Plant Analysis  
490 Delevopment/SPAD” (Konica Minolta, Japão) ou seja, o primeiro e mais difundido  
491 instrumento para aferir, de forma indireta e não destrutiva, os teores de clorofila com  
492 base nas propriedades óticas das folhas ( $r = 0,721$ ;  $P = 0,0081$ ), ou mesmo com métodos  
493 destrutivos com uso de acetona 80 % (Rodrigues et al., 2014). No estudo de Costa et al.  
494 (2008) em Marandu, foram verificados teores de clorofila de 44,23, 45,03, e 46,14

495 unidades SPAD nas doses máximas de N, mostrando aumento em relação à não  
496 aplicação de N de 27, 28, e 30 % para os anos de 2004, 2005 e 2006, respectivamente.

497 Além de ser mostrar eficaz, o uso de clorofilômetros para a avaliação do teor de  
498 clorofila nas folhas é uma ferramenta de fácil utilização. Barbieri Junior et al. (2012), ao  
499 verificarem o desempenho do ClorofiLOG para a utilização no manejo de adubação  
500 nitrogenada em Tifton 85, observaram que o aparelho constitui um instrumento  
501 adequado para a determinação indireta dos teores relativos das clorofilas *a*, *b* e total na  
502 gramínea forrageira Tifton 85.

503

#### 504 **1.9 Modelos matemáticos**

505 A modelagem procede da análise de sistemas a fim de simplificar a realidade,  
506 originando uma ferramenta, o modelo, que permite a combinação de diversos atributos  
507 pertencentes a esses sistemas, simulando um cenário (Mertens, 1976). O objetivo é  
508 avaliar os possíveis resultados desses cenários, embasando a decisão por um  
509 determinado modo de ação, assim como, entender a maneira como esses atributos se  
510 relacionam e identificar os de maior influência no sistema em questão (Thornley &  
511 Johnson, 1990; Dourado Neto et al., 1998). No entanto, o modelo traz consigo erros que  
512 estão associados à estrutura considerada para gerá-lo (Dias, 1996). Ao se aumentar a  
513 complexidade do modelo considerando mais componentes e processos, reduz-se o erro  
514 associado à estrutura, já que essa é mais realista, mas amplia-se o erro ligado à  
515 parametrização (Barioni, 2002). Além do modelo depender de um número maior de  
516 valores para as variáveis de entrada, que nem sempre estão disponíveis ou facilmente  
517 adquiridas pelo usuário final (Tonato, 2009).

518 O arremate para a efetividade de um modelo está no nível de simplificação,  
519 abstração da realidade que é adotado em sua confecção (Santos, 1986) e nos

520 levantamentos que são feitos para o seu funcionamento. Diante disso, apesar da  
521 modelagem ser relacionada às ciências exatas, ainda é considerada algum tipo de arte,  
522 pois depende fortemente do processo intuitivo no estabelecimento das características a  
523 serem usadas no desenvolvimento dos modelos e sua manipulação nesse processo  
524 (Mertens, 1976).

525       Conforme Ragsdale (1997), o desenvolvimento de um modelo é um processo  
526 multifásico que segue uma sequência lógica: inicia-se com a identificação de um  
527 problema; formulação das respostas que se quer que o modelo forneça; depois para a  
528 determinação dos limites, as variáveis e processos que farão parte do modelo, sua  
529 hierarquização e níveis de agregação; parametrização do modelo, seja por  
530 experimentação ou por análise bibliográfica; validação do modelo. Avaliação é um  
531 “teste”, checando se o modelo reproduz de maneira coerente as situações que se  
532 pretende representar, por meio de parâmetros estatísticos (Neslon, 1995).

533       Existem três tipos básicos de modelos: físicos, conceituais e matemáticos. Os  
534 modelos matemáticos são os mais aplicados, pois descrevem o sistema de acordo com  
535 equações matemáticas e algoritmos (Thornley, 1998; Fialho, 1999) que formam relação  
536 quantitativas entre uma ou um conjunto de variáveis iniciais, denominadas de entrada, e  
537 outro grupo de variáveis resposta, denominadas de saída (Barioni et al., 2003).

538       Os modelos matemáticos podem ser classificados (France & Thornley, 1984;  
539 Haefner, 1996) quanto à forma como tratam as mudanças no tempo físico (Dinâmico ou  
540 Estático), quanto à maneira como consideram os dados (Empírico ou Mecanicista) e  
541 quanto à forma como geram as respostas (Determinista ou Estocástico).

542       *Dinâmico*: quando incluem o tempo físico como uma de suas variáveis, em que  
543 descreve as mudanças ocorridas e as respostas obtidas em função do tempo. *Estáticos*:  
544 quando o tempo não é uma variável, originando uma resposta para um momento fixo.

545           *Empíricos*: baseiam-se em dados observados. *Mecanicistas*: baseiam-se em leis  
546 da física, química e biologia envolvidas no processo (Thornley, 2001), construindo o  
547 modelo a partir de níveis de agregação mais baixos e gradativamente aumentando  
548 (Tedeschi, et al., 2005).

549           *Deterministas*: que sempre obtém a mesma solução para um determinado  
550 conjunto de variáveis de entrada (Cezar, 1982). *Estocásticos*: em que o processo é  
551 descrito por meio das leis das probabilidades, gerando uma distribuição de respostas  
552 para um certo conjunto de variáveis de entrada (Nelson, 1995).

553           Não existe o pior ou o melhor modelo, pois a escolha do modelo depende dos  
554 objetivos do usuário e das diferentes aplicações de cada um. A classificação  
555 simplesmente melhora a sistematização de acordo com os objetivos e utilidades de cada  
556 tipo de modelo (Tonato, 2009).

557           O uso da modelagem facilita a pesquisa e a prática das técnicas desenvolvidas  
558 pela pesquisa, pois principalmente na agricultura, as simulações reduzem o tempo gasto  
559 com a instalação de experimentos para a coleta de dados, além de ser uma ferramenta de  
560 pesquisa não destrutível. No entanto, precisa-se de um grande banco de dados com  
561 valores observados para a calibração e validação dos modelos.

562

### 563 **1.9.1 Modelagem na agricultura**

564           O uso da modelagem na agricultura ainda é recente, talvez a dificuldade de  
565 acesso a informação e a carência de informações confiáveis para o desenvolvimento de  
566 modelos, devido ao distanciamento da pesquisa experimental tradicional da área de  
567 modelagem (Velooso et al., 2003). Outro empecilho se dá na pequena interação e troca  
568 de informações entre os grupos de pesquisa no Brasil e exterior (Villaschi Filho et al.,

569 2005), o que não ocorre na produção animal, especialmente quando se trata da área de  
570 nutrição animal.

571 São várias as aplicações de modelos na agropecuária, permitindo desde o  
572 simples entendimento dos fatores envolvidos na produção de uma cultura ou animal em  
573 um determinado local, até o desenvolvimento de sistemas complexos que são suporte à  
574 tomada de decisão (Costa & Barros, 2001).

575 O uso de modelos na agricultura existe há décadas, em 1960 e 1970, os modelos  
576 iniciais para cultivos agrícolas se baseavam na transpiração, fotossíntese, clima e água  
577 no solo (Monteith, 1996), muitos com o objetivo de simular o desenvolvimento vegetal,  
578 como acúmulo de massa nos diversos componentes e índice de área foliar em função de  
579 parâmetros climáticos e fenológicos (Van Keulen et al., 1982; Spitters et al., 1986a,b).  
580 Porém, com aplicação para estimativas em condições distintas limitada, pois foram  
581 desenvolvidos para condições climáticas específicas (Detomini, 2004).

582 Foram lançados então, na década de 80, sistemas de aplicação mais genérica,  
583 permitindo o uso de modelos em condições mais amplas, em que um conjunto de  
584 modelos integrados simulam os principais processos fisiológicos da planta, como a  
585 fotossíntese, respiração, acúmulo e partição de assimilados e massa, crescimento de  
586 folhas, colmos e raízes nos diversos estádios fenológicos, e os processos físicos no solo,  
587 tais como extração, disponibilidade e evapotranspiração de água (Dallacort et al., 2006).

588 Para tanto, o Grassland, Soil and Water Research Laboratory (Unidade do  
589 departamento de Agricultura dos Estados Unidos em Temple no Texas) criou o CERES  
590 (Crop Environmental Resource Systems), que consiste em uma série de modelos de  
591 simulação dos processos fisiológicos de culturas (Jones & Kiriny, 1986), o Instituto de  
592 Pesquisas Científicas na Agricultura e Indústria da Bélgica desenvolveu o modelo  
593 WAVE (Water and Agrochemical Vardose Environment) (Figueredo Jr, 2004) e o

594 ICASA (Internacional Consortium for Agricultural Systems Applications) lançou o  
595 DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer) (Boote et al., 1998a).

596 No entanto, são pacotes complexos de simulação, carecendo de uma grande  
597 quantidade de parâmetros de entrada, o que limita a sua utilização prática devido à  
598 dificuldade de aquisição dos dados requeridos para as simulações (Detomini, 2004).

599

### 600 **1.9.2 DSSAT - Sistema de Apoio à Decisão para Transferência de Agrotecnologia**

601 O DSSAT é apoiado em banco de dados de programas de manejo para solo,  
602 clima, manejo cultural e dados de experimentos, e por meio de programas de utilização  
603 e aplicações. Os modelos de simulação de culturas simulam o crescimento,  
604 desenvolvimento e produção em função da dinâmica solo-planta-atmosfera. Modelos  
605 tem sido usados para várias aplicações que vão desde a exploração e gestão de precisão  
606 para avaliações regionais sobre o impacto da variabilidade climática e da mudança  
607 climática. Os modelos de culturas requerem dados meteorológicos diários, informações  
608 de perfil e superfície do solo, e manejo da cultura detalhado como dados de entrada.  
609 Informações genéticas de culturas são definidas em um arquivo de espécies de culturas  
610 que é fornecido pelo DSSAT e informações sobre cultivar ou variedade devem ser  
611 fornecidas pelo usuário. As simulações são iniciadas tanto no plantio ou antes do plantio  
612 por meio da simulação de um período de pousio. Estas simulações são conduzidas com  
613 rotinas diárias, em alguns casos, de hora em hora, dependendo do processo e o modelo  
614 de cultura. No final do dia, a planta e os balanços de água no solo, nitrogênio e carbono  
615 são atualizados, bem como os estádios de desenvolvimento vegetativo e reprodutivo  
616 (Hoogenboom et al., 2012).

617 Para aplicações, DSSAT combina cultura, solo e bases de dados  
618 meteorológicos com modelos de culturas e programas de aplicação para simular

619 resultados de vários anos para estratégias de manejo da cultura. DSSAT integra os  
620 efeitos de solo, fenótipo de culturas, clima e opções de manejo, e permite que os  
621 usuários perguntem "e se?" por meio da realização de experimentos de simulação virtual  
622 em um Desktop de computador em minutos, que consomem uma parte significativa da  
623 carreira de engenheiro agrônomo, se realizada com um experimento real (Jones et al.,  
624 2003).

625 DSSAT também prevê a avaliação dos resultados do modelo de culturas com  
626 dados experimentais, permitindo assim que os usuários comparem os resultados  
627 simulados com os resultados observados. Isso é fundamental antes de qualquer  
628 aplicação de um modelo de cultura, especialmente se as decisões do mundo real ou  
629 recomendações são baseadas em resultados modelados. Avaliação do modelo cultura é  
630 realizada com a introdução de dados mínimos do usuário, executando o modelo, e  
631 comparando saídas com os dados observados. Simulando resultados prováveis de  
632 estratégias de manejo da cultura, DSSAT oferece aos usuários informações com as  
633 quais para avaliar rapidamente novas culturas, produtos e práticas para adoção  
634 (Hoogenboom et al., 2012).

635

### 636 **1.9.3 Modelos de crescimento de pastagens**

637 Os modelos de simulação são ferramentas que permitem descrever o  
638 funcionamento de um sistema de produtivo e inter-relacionar os seus componentes. Para  
639 pesquisadores, o modelo pode ser usado para identificar lacunas de conhecimento e  
640 fornecer subsídio teórico para estudos mais amplos e complexos, já para os produtores,  
641 pode auxiliar no planejamento das atividades na propriedade, pois pode estimar a  
642 produção de forragem, viabilizando o controle de oferta e demanda de alimentos  
643 (Barioni, 2003).

644 Modelos que descrevem a produção animal em pastagens são muito complexos,  
645 pois além dos sub-modelos necessários para a modelagem de culturas agrícolas,  
646 envolvendo as relações entre a planta e o meio, necessitam também de sub-modelos que  
647 descrevam os processos fisiológicos do animal em pastejo e a interação do animal com a  
648 pastagem que ofertada (Loewer, 1998), como por exemplo, o modelo GRAZE (Loewer,  
649 1998).

650 Devido à complexidade das interações envolvidas no processo produtivo, o  
651 desenvolvimento de modelos é lento e carece de bancos de dados mais amplos e  
652 completos com todas as áreas e disciplinas envolvidas (Moreno, 2004). Em geral, a  
653 maior limitação para o desenvolvimento e melhoria de modelos para culturas é a  
654 limitada disponibilidade de informação e conhecimento sobre os processos físicos e  
655 fisiológicos (Marin et al., 2014). Além disso, os modelos de simulação são pouco  
656 usados em regiões de clima tropical por falta de conhecimento, capacitação, experiência  
657 em calibração e avaliação de modelos (Andrade et al., 2015).

658 Na simulação de pastagens, os modelos empíricos ganham destaque por  
659 exigirem variáveis independentes mais acessíveis e técnicas estatísticas mais simples.  
660 Para tanto, há a necessidade de avaliar os modelos após a sua parametrização com dados  
661 independentes, para que seu desempenho seja corretamente avaliado (Araújo, 2011).

662 Os modelos mecanicistas consideram a relação de causa-efeito entre as  
663 variáveis, enquanto os modelos empíricos consideram a correlação da produção da  
664 cultura com uma ou mais variáveis, como temperatura, água, radiação, nutrientes,  
665 especialmente o nitrogênio. O conhecimento básico dos principais processos  
666 fisiológicos de plantas e as interações com outros processos no sistema de produção é a  
667 base para a modelagem mecanicista da cultura. Este conhecimento também ajuda na

668 tomada de decisões, desde a seleção de genótipos e local de campo, para a definição de  
669 estratégia de manejo da cultura e investimentos em infraestrutura (Lisson et al., 2005).

670 Como alternativa, o meio científico brasileiro tem realizado a adaptação de  
671 vários modelos já desenvolvidos, para as condições de clima tropical (Tonato, 2009),  
672 como o modelo CROPGRO, adaptado por Pedreira (2011) para respostas agronômicas e  
673 morfofisiológicas do Xaraés; por Lara (2011) para respostas morfofisiológicas de  
674 genótipos de *Brachiaria* spp.; por Lara et al. (2012) para prever o crescimento de *P.*  
675 *maximum* e por Pequeno et al. (2014) para o crescimento dos capins Convert HD 364®  
676 (*Brachiaria* híbrida CIAT 36061), Marandu {*B. brizantha* (Hochst. ex. A. Rich.) RD  
677 Webster [syn. *Urochloa brizantha* (A. Rich.) Stapf]; CIAT 6297} e Tifton 85 (*Cynodon*  
678 spp.). Além do modelo APSIM, adaptado por Araújo (2011) para a sazonalidade de  
679 produção do Mombaça.

680

#### 681 **1.9.4 O modelo CROPGRO forragem**

682 O CROPGRO é um modelo mecanicista (implementado por FORTRAN), que  
683 prediz o crescimento e a dinâmica da composição de culturas com base em plantas,  
684 manejo de solo, clima e uso de insumos (Boote, 1998a). A capacidade do modelo  
685 CROPGRO para simular água no solo e saldos de N, matéria orgânica, dinâmica de  
686 resíduos e os danos causados por doenças e pragas melhoram a sua utilidade (Jones et  
687 al., 2003; Rymph, 2004).

688 Esse modelo está incluído no software DSSAT (Sistema de Apoio à Decisão  
689 para Transferência de Agrotecnologia), que tem modelos para simular o crescimento de  
690 28 culturas. Após a liberação da versão 3.1 do DSSAT em 1996, o código origem de  
691 computador para o modelo CROPGRO foi reestruturado em um formato modular. O  
692 código foi organizado em sub-rotinas individuais para simular os diferentes processos

693 da planta e são estruturados para permitir a fácil substituição ou adição de módulos. O  
694 modelo de sistema de cultivo inclui agora todas as culturas com módulos usando um  
695 único modelo de solo e um único módulo clima (Jones et al., 2003).

696 O módulo de crescimento de planta CROPGRO se enquadra como um dos  
697 principais modelos utilizados na plataforma DSSAT para leguminosas (soja, amendoim,  
698 feijão, grão de bico, feijão-caupi, mucuna, feijão e fava), hortícolas (tomate, pimentão,  
699 repolho e feijão verde), forrageiras (*Paspalum notatum*, *Brachiaria* spp.) e culturas de  
700 fibras (algodão) (Hoogenboom et al., 2012).

701 O CROPGRO prediz o crescimento e composição dinâmica de culturas baseada  
702 na inserção de dados sobre processos fisiológicos das plantas, características de solo,  
703 clima e manejo (Boote et al., 1998b). Lara (2011) sugere que esse modelo é uma  
704 ferramenta eficiente para integrar aspectos fisiológicos de *B. brizantha* e pode ser usado  
705 para simular o crescimento com boa exatidão.

706 O modelo é orientado por processos que usam dados diários do clima e de  
707 manejo para prever mudanças diárias na composição e crescimento da cultura. A  
708 composição trata de aspectos qualitativos previstos pelo modelo, incluindo teor de  
709 proteína bruta, carboidratos, lipídios, lignina, ácidos orgânicos e cinzas. O crescimento e  
710 componentes de produção preditos são proporção de folhas, colmos, sementes e massa  
711 de raiz. O modelo também pode simular a matéria orgânica do solo, nitrogênio e  
712 balanço hídrico, fornecendo assim, informações sobre ciclagem de nitrogênio,  
713 incrementos e perdas (Pedreira et al., 2011).

714

715

716

717

718

719

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

720  
721

722 ABIEC – Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. Disponível em <  
723 [http://www.abiec.com.br/3\\_pecuaria.asp](http://www.abiec.com.br/3_pecuaria.asp)>. Acesso em: 01 set 2016.

724

725 ALENCAR, C.A.B.; MARTINS, C.E.; OLIVEIRA, R.A. et al. Bromatologia e  
726 digestibilidade de gramíneas manejadas por corte submetidas à adubações nitrogenadas  
727 e estações anuais= Chemical composition and digestibility of the grasses cultivated  
728 under cut submitted the nitrogen fertilization and annual seasons. **Bioscience Journal**,  
729 v. 30, n. 1, 2013.

730

731 ALEXANDRINO, E.; GOMIDE, J.A.; GOMIDE, C.A.M. Canopy growth and  
732 development of *Panicum maximum* cv. Mombaça. **Revista Brasileira de Zootecnia** 34:  
733 2164–2173, 2005.

734

735 ANDRADE, A. S.; SANTOS, P.M.; PEZZOPANE, L.C. et al. Simulating tropical forage  
736 growth and biomass accumulation: an overview of model development and application.  
737 **Grass and Forage Science**, 2015.

738

739 ARAUJO, L.C. **Modelos matemáticos para estimar a sazonalidade de produção em**  
740 **pastagens de *Panicum maximum* cv. Mombaça, em regiões do Estado de São Paulo.**  
741 2011. 87p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) Escola Superior de  
742 Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

743

744 BARBIERI JUNIOR, E.; ROSSIELLO, R.O.P.; SILVA, R.V.M.M. et al. Um novo  
745 clorofilômetro para estimar os teores de clorofila em folhas do capim Tifton 85. **Ciência**  
746 **Rural**, Santa Maria, v.42, n.12, p.2242-2245, 2012.

747

748 BARBOSA, R.A.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.D.; EUCLIDES, V.P.B. et al. Capim-  
749 tanzânia submetido a combinações entre intensidade e frequência de pastejo. **Pesquisa**  
750 **Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 3, p. 329-340, 2007.

751

752 BARIONI, L.G. **Modelagem dinâmica e otimização metaheurística para apoio à**  
753 **tomada de decisões na recria e engorda de bovinos de corte.** 2002. 100p. Tese  
754 (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) Escola Superior de Agricultura “Luiz de  
755 Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

756

757 BARIONI, L.G.; MARTHA JR., G.B.; RAMOS, A.K.B. et al. Planejamento e gestão do  
758 uso de recursos forrageiros na produção de bovinos em pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE  
759 MANEJO DA PASTAGEM, 20., 2003. Piracicaba. **Anais...**Piracicaba: FEALQ, 2003.  
760 p.105-153.

761

762 BELARMINO, M.C.J. et al. Altura de perfilho e rendimento de MS de capim – Tanzânia  
763 em função de diferentes doses de superfosfato simples e sulfato de amônio. **Ciência**  
764 **Agrotécnica**, v.27, n.4, p.879-885, 2003.

765

766 BOOTE, K.J.; JONES, J.W.; HOOGENBOOM G. et al. The CROPGRO model for grain  
767 legumes. In: Tsuji G.Y. (ed.) Understanding options for agricultural production, pp. 99–  
768 128. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic, 1998b.

769

- 770BOOTE, K.J.; JONES, J.W.; HOOGENBOOM, G. Simulation of crop growth: CROPGRO  
771 model. In: PEART, R.M.; CURRY, R. B. (Ed.) **Agricultural systems modeling and**  
772 **simulation**. New York: Marcel Dekker, 1998a. chap. 18 p.651-691.  
773
- 774BOTREL, M.A. **Bases fisiológicas para o manejo de pastagem**. Coronel Pacheco:  
775 Embrapa Gado de Leite, 1990. 19p. (Embrapa Gado de Leite. Documentos, 35).  
776
- 777BUXTON, D.R.; FALES, S.L. Plant environment and quality. In: FAHEY, G. C. (Ed.)  
778 **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: American Society Agronomy,  
779 1994. p.155-199.  
780
- 781CARNEVALLI, R.A.; DA SILVA, S.C.; BUENO, A.A.O. et al. Herbage production and  
782 grazing losses in *Panicum maximum* cv. Mombaça under four grazing managements.  
783 **Tropical Grasslands**, Brisbane, v. 40, n. 1, p. 165-176, 2006.  
784
- 785CARVALHO, C.A.B.; SILVA, S.C.; SBRISIA, A.F. et al. Carboidratos não estruturais e  
786 acúmulo de forragem em pastagens de *Cynodon* spp. sob lotação contínua. **Scientia**  
787 **Agricola**. 58: 667-674, 2001.  
788
- 789CASTAGNARA, D.D.; ZOZ, T.; KRUTZMANN, A.A. et al. Produção de forragem,  
790 características estruturais e eficiência de utilização do nitrogênio em forrageiras  
791 tropicais sob adubação nitrogenada. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 4,  
792 p. 1637-1648, 2011.  
793
- 794CECATO, U.; CASTRO, C.R. C.; CANTO, M.W. et al. Perdas de forragem em capim  
795 Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq cv. Tanzânia-1) manejado sob diferentes alturas de  
796 pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 30: 295-301, 2001.  
797
- 798CEZAR, I.M. Modelo bioeconômico de produção de bovinos de corte I, Descrição do  
799 Modelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v.17, n.6, p.941-949, 1982.  
800
- 801CHAPMAN, D.F.; LEMAIRE, G. Morphogenetic and structural determinants of plant  
802 regrowth after defoliation. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS (17.:  
803 1993: Palmerston North). **Proceedings**, 1993. p. 96- 104.  
804
- 805CHAPMAN, S.C.; BARRETO, H.J. Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf  
806 nitrogen of tropical maize during vegetative growth. *Agron. J.*, 89:557-562, 1997.  
807
- 808CORSI, M.; NASCIMENTO JR, D. Princípios de fisiologia e morfologia de plantas  
809 forrageiras aplicadas no manejo das pastagens. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C. de  
810 FARIA, V.P. de (eds.). **Pastagens: fundamentos da exploração racional**. Piracicaba.  
811 FEALQ, 1986. p. 11 -37.  
812
- 813COSTA, L.C.; BARROS, A.H.C. Desenvolvimento e teste de um modelo de simulação de  
814 crescimento, desenvolvimento e rendimento da cultura do milho. **Revista Brasileira de**  
815 **Agrometeorologia**, Santa Maria, v.9, n.1, p.75-82, 2001.  
816
- 817COSTA, K.A.P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I. P. Doses e fontes de nitrogênio na  
818 recuperação de pastagens do capim-marandu. **Arquivo Brasileiro de Medicina**  
819 **Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 62, n. 1, p. 192-199, 2010.

820

821 COSTA, K.A.P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I.P. et al. Doses e fontes de nitrogênio em  
822 pastagem de capim-marandu: II - nutrição nitrogenada da planta. **Revista Brasileira de**  
823 **Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.4, 2008.

824

825 COSTA, K.A.P.; ROSA, B.; OLIVEIRA, I.P. et al. **Ciência Animal Brasileira**. Santo  
826 Antônio de Goiás – GO. 2005. v.6, n.3, p.187-193.

827

828 COSTA, N.L.; MAGALHÃES, J.A.; TOWNSEND, C.M. et al. **Fisiologia e manejo de**  
829 **plantas forrageiras**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, (Documentos; 85) 2004. 27p.

830

831 COSTA, N.L.; SAIBRO, J.C. Reservas orgânicas em plantas forrageiras. **Lavoura**  
832 **Arrozeira**, Porto Alegre, v.38, n.358, p.34-37, 1985.

833

834 CRUZ, P.G.; SANTOS, P.M.; PEZZOPANE, J.R.M. et al. Interceptação da radiação  
835 fotossinteticamente ativa e coeficiente de extinção em forrageiras tropicais. In:  
836 REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 49., 2012,  
837 Brasília. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2012. (CD-ROM).

838

839 DALLACORT, R.; FREITAS, P.S.L.; FARIAS, R.T. et al. Utilização do Modelo Cropgro-  
840 Soybean na determinação de melhores épocas de semeadura da cultura da soja, na  
841 região de Palotina, Estado do Paraná. **Acta Science Agronomy**, Maringá, v.28, n.4,  
842 p.583-589, 2006.

843

844 DAVIES, A. The regrowth of grass swards. In: JONES, M.B.; LAZENBY, A. (eds.). The  
845 grass crop: the physiological basis of production. London: Chapman and Hall, 1988. p.  
846 85-127.

847

848 DETOMINI, E.R. **Modelagem da produtividade potencial de *Brachiaria brizantha***  
849 **(variedades cultivadas Marandu e Xaraés)**. 2004. 112p. Dissertação (Mestrado em  
850 Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São  
851 Paulo, Piracicaba, 2004.

852

853 DIAS, C.T.S. **Planejamento de uma fazenda em condições de risco: programação**  
854 **linear e simulação multidimensional**. 1996. 100p. Tese (Doutorado em Economia  
855 Aplicada) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São  
856 Paulo, Piracicaba, 1996.

857

858 DIAS-FILHO, M.B. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de**  
859 **recuperação**. 4 ed. Belém, Embrapa Amazônia Oriental. 215p. 2011.

860

861 DIFANTE, G.D.S.; EUCLIDES, V.P.B.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.D. et al.  
862 Desempenho e conversão alimentar de novilhos de corte em capim-tanzânia submetido  
863 a duas intensidades de pastejo sob lotação rotativa. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.  
864 39, n. 1, p. 33-41, 2010.

865

866 DOURADO NETO, D.; TERUEL, D.A.; REICHARDT, K. et al. Principles of crop  
867 modeling and simulation: I, Uses of mathematical models in agricultural science.  
868 **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.55, p.46-50, 1998.

869

- 870DOVRAT, A. **Irrigated forage production**. Amsterdam: Elsevier, 1993. 257p  
871 (Developments in Crop Science 24).  
872
- 873EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte. *Brachiaria brizantha* cv.  
874 Marandu. Campo Grande, MS: EMBRAPA – CNPGC, 1984. 31p. (EMBRAPA –  
875 CNPGC. Documentos, 21).  
876
- 877EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte. Registro de 25 acessos  
878 selecionados de *Panicum maximum*. Campo Grande, 1990. 68 p. (Documento, 44).  
879
- 880ENGELS, C.; MARSCHNER, H. Plant uptake and utilization of nitrogen. In: BACON,  
881 P.E., ed. Nitrogen fertilization in the environment. New York, Marcel Dekker, 1995.  
882 p.41-81.  
883
- 884EUCLIDES, V. P. B. Algumas considerações sobre o manejo de pastagens. Campo Grande:  
885 EMBRAPA/CNPGC, 1995. 31 p. (Documentos, 57).  
886
- 887EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M.; ZIMMER, A.H. et al. Avaliação dos capins  
888 mombaça e massai sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 1, p.  
889 18-26, 2008.  
890
- 891EUCLIDES, V.P.B.; MONTAGNER, D.B.; BARBOSA, R.A. et al. Manejo do pastejo de  
892 cultivares de *Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf e de *Panicum maximum* Jacq.  
893 **Revista Ceres, Viçosa**, v. 61, Suplemento, p. 808-818, 2014.  
894
- 895EVANGELISTA, A. R., **Formação e manejo de pastagens tropicais**, UFLA, Lavras - v.1,  
896 p.7. MG, p. 5-45, 2000.  
897
- 898FAO – 2004. **Food and Agriculture Organization of the United Nations Brazilian**  
899 <<http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/Gbase/Latin.htm>>. Acesso em: 12 out. 2016.  
900
- 901FELIPPE, G.M. Effects of photoperiod, GA<sub>3</sub> and CCC on flowering of *Panicum maximum*.  
902 **Hoehnea**, São Paulo, v. 7, p. 11-16, 1978.  
903
- 904FIALHO, F.B. Sistemas de apoio à decisão de produção de suínos e aves, In: Reunião anual  
905 da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 36., 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre:  
906 SBZ, 1999. P.307-317.  
907
- 908FIGUEREDO JÚNIOR, L.G.M. **Modelo para estimação da produtividade de grãos de**  
909 **milho no Estado de São Paulo**. 2004. 67p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem)  
910 Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo,  
911 Piracicaba, 2004.  
912
- 913FRANÇA, A.F.S.; BORJAS, A.L.R.; OLIVEIRA, E.R. et al. Parâmetros nutricionais do  
914 capim-tanzânia sob doses crescentes de nitrogênio em diferentes idades de corte.  
915 **Ciência Animal Brasileira**, 8: 695-703, 2007.  
916
- 917FRANCE, J.; THORNLEY, J.H.M. Mathematical models in agriculture: A quantitative  
918 approach to problems in agriculture and related sciences. London: **Butterworths**, 1984.  
919 335p.

920

921 GERDES, L.; WERNER, J.C.; COLOZZA, M.T. et al. Avaliação de características de  
 922 valor nutritivo das gramíneas forrageiras Marandu, Setária e Tanzânia nas estações do  
 923 ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 955-963, 2000.

924

925 GOMIDE, C.A.M.; GOMIDE, J.A.; ALEXANDRINO, E. Características estruturais e  
 926 produção de forragem em pastos de capim-mombaça submetidos a períodos de  
 927 descanso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.10, p.1487-1494, 2007.

928

929 GOMIDE, J.A.; GOMIDE, C.A.M. Análise de Crescimento de Cultivares de *Panicum*  
 930 *maximum* Jacq. **Revista brasileira de zootecnia**. v.28, n.4, p.675-680, 1999.

931

932 HAEFNER, J.W. **Modeling biological systems: principles and applications**. New York:  
 933 Chapman & Hall, 1996. 473p.

934

935 HERLING, V.R.; PIAZZA, C.; JANTALIA, C.P. et al. Efeito de períodos de descanso e de  
 936 matérias secas residuais sobre o capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq) sob pastejo.  
 937 1. MS disponível. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE  
 938 ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998. 1 CD-ROM.

939

940 HODGSON, J. **Grazing management: science into practice**. New York: John Wiley e  
 941 Sons, 1990. 203p.

942

943 HOOGENBOOM, G.; JONES, J.W.; WILKENS, P.W. et al. Decision Support System for  
 944 Agrotechnology, 2012.

945

946 HUMPHREYS, L.R. **The evolving science of grassland improvement**. Cambridge:  
 947 Cambridge University Press, 1997. p. 108-127.

948

949 IBGE. Censo agropecuário 1920/2006. Até 1996, dados extraídos de: Estatística do Século  
 950 XX. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. Disponível em: < [http://seriesestatisticas.ibge.](http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/)  
 951 [gov.br/](http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/)>. Acesso em: 12 out. 2016.

952

953 IBGE. Censo agropecuário 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2016. Disponível em: <  
 954 <http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 12 out. 2016.

955

956 JANK, L.; RESENDE, R.M.S.; VALLE, C.B. et al. Melhoramento genético de *Panicum*  
 957 *maximum*. In: R.M.S. Resende et al., editors, Melhoramento de forrageiras tropicais.  
 958 EMBRAPA, Campo Grande, MS, Brazil. p. 55-87, 2008.

959

960 JONES, C.A.; KIRINY, J.R. **CERES-Maize: a simulation model of maize growth and**  
 961 **development**. College Station: Texas: A & M University Press, 1986. 194p.

962

963 JONES, J.W., HOOGENBOOM, G.; PORTER, C.H. et al. DSSAT Cropping System  
 964 Model. **European Journal of Agronomy** 18:235-265., 2003.

965

966 KORTE, C.J., WATKIN, B.R., HARRIS, W. Tillering in ‘Grasslands Nui’ perennial  
 967 ryegrass swards. 1. Effect of cutting treatments on tiller appearance and longevity,  
 968 relationship between tiller age and weight, and herbage production. **New Zealand**  
 969 **Journal of Agricultural Research.**, v.28, n.4, p.437-447, 1985.

- 970  
971 LANGER, R.H.M. Tillering in herbage grass. A review. **Herbage Abstracts**, v.33, p.141-  
972 148, 1963.
- 973  
974 LARA, M.A.S. **Respostas morfofisiológicas de genótipos de *Brachiaria* spp. sob duas**  
975 **intensidades de desfolhação e modelagem da produção de forragem em função das**  
976 **variações estacionais da temperatura e fotoperíodo: adaptação do modelo**  
977 **CROPGRO**. 2011. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens), Universidade de  
978 São Paulo: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP, 2011.
- 979  
980 LARA, M.A.S.; PEDREIRA, C.G.S.; BOOTE, K.J. et al. Predicting growth of *Panicum*  
981 *maximum*: an adaptation of the CROPGRO-Perennial Forage model. **Agronomy**  
982 **Journal**, v. 104, n. 3, p. 600-611, 2012.
- 983  
984 LARA, O.G.; BONI, D.; PICHEK, D.B. et al. Índices de clorofila em *Brachiaria brizantha*  
985 submetida à adubação orgânica e mineral na zona da mata rondoniense. In: II Reunião  
986 de Ciência do Solo da Amazônia Ocidental. Porto Velho, 2014. **Anais...**Porto Velho:  
987 Núcleo Regional Amazônia Ocidental da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.  
988 2014. 380p.
- 989  
990 LAVRES JUNIOR, J.; MONTEIRO, F. A. Perfilamento, área foliar e sistema radicular do  
991 capim-Mombaça submetido a combinações de doses de nitrogênio e potássio. **Revista**  
992 **Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 1068-1075, 2003.
- 993  
994 LEMAIRE, E., CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plant communities. In: HODGSON,  
995 I., ILLIUS, A.W. (Eds.) *The ecology and management of grazing systems*. p. 3-36,  
996 1996.
- 997  
998 LISSON S.N.; INMAN-BAMBER N.G.; ROBERTSON M.J. et al. The historical and  
999 future contribution of crop physiology and modelling research to sugarcane production  
1000 systems. **Field Crops Research**. 92, 321–335, 2005.
- 1001  
1002 LOCH, D.S. Selection of environment and cropping system for tropical grass seed  
1003 production. **Tropical Grasslands**, Brisbane, v. 14, n. 3, p. 159-168, 1980.
- 1004  
1005 LOEWER, O. J. Graze: a beef-forage model of selective grazing, In: PEART, R.M.;  
1006 CURRY, R.B. (Ed.) **Agricultural systems modeling and simulation**. New York:  
1007 Marcel Dekker, 1998. p.301-418.
- 1008  
1009 LUDLOW, M.M.; CHARLES-EDWARDS, D.A. Analysis of the regrowth of a tropical  
1010 grass/legume sward subjected to different frequencies and intensities of defoliation.  
1011 **Australian Journal of Agricultural Research**.31: 673–692, 1980.
- 1012  
1013 MAIA, S.C.M.; SORATTO, R.P.; BIAZOTTO, F.D.O. et al. Sidedressing nitrogen need  
1014 estimation on common bean IAC Alvorada using chlorophyll meter. **Semina: Ciências**  
1015 **Agrárias (Londrina)**, v. 34, n. 5, p. 2229-2238, 2013.
- 1016  
1017 MARIN, F.R.; RIBEIRO, R.V.; MARCHIORI P.E.R. How can crop modeling and plant  
1018 physiology help to understand the plant responses to climate change? A case study with  
1019 sugarcane. **Theoretical and Experimental Plant Physiology**. 26, 49–63, 2014.

- 1020
- 1021 MARTINS, N. F. Uma síntese sobre aspectos da fotossíntese. **Revista de Biologia e**  
1022 **Ciências da Terra**, v. 11, n. 2, p. 10-14, 2011.
- 1023
- 1024 MAZZANTI, A. Adaptacion de espécies forrajeras a la defoliacion. In: SIMPÓSIO SOBRE  
1025 AVALIAÇÃO DE PASTAGENS COM ANIMAIS. Maringá, 1997. **Anais...** Maringá:  
1026 Cooper Graf. Artes Gráficas Ltda., 1997. p. 75-84.
- 1027
- 1028 McWILLIAM, J. R. Response of pasture plants to temperature. In: WILSON, J. R. (Ed.).  
1029 **Plant relation in pasture**. Melbourne: CSIRO, 1978. p.17-34.
- 1030
- 1031 MERTENS, D.R. Principles of modeling and simulation in teaching and research. **Journal**  
1032 **of Dairy Science**. Lancaster, v.60, p.1176-1186, 1976.
- 1033
- 1034 MILTHORPE, F. L.; DAVIDSON, J. L. Physiological aspects of regrowth in grasses. In:  
1035 MILTHORPE, F. L.; IVINS (Eds.) The growth of cereals and grasses, 1966, p. 241-254.
- 1036
- 1037 MONTEITH, J.L. The quest for balance in crop modeling. **Agronomy Journal**, Madison,  
1038 v.88, p.696-697, 1996.
- 1039
- 1040 MORENO, L.S.B. **Produção de forragem de capins do gênero *Panicum* e modelagem**  
1041 **de respostas produtivas e morfofisiológicas em função de variáveis climáticas.**  
1042 2004. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens), Universidade de São  
1043 Paulo: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP, 2004.  
1044 Disponível em <[http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11139/tde-13122004-](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11139/tde-13122004-103013/pt-br.php)  
1045 [103013/pt-br.php](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11139/tde-13122004-103013/pt-br.php)>. Acessado em: 06 set. 2016.
- 1046
- 1047 NELSON, B.L. **Stochastic Modeling**: Analysis and simulation. New York: McGraw-Hill,  
1048 1995. 321p.
- 1049
- 1050 NUNES, S.G.; BOOCK, A.; PENTEADO, M.I.O. et al. ***Brachiaria brizantha* cv.**  
1051 **Marandu**. Campo Grande: EMBRAPA Gado de Corte. Documentos 21, 1984. 31p.
- 1052
- 1053 PACIULLO, D.S.C. 2000. **Características anatômicas e nutricionais de lâminas coliares**  
1054 **e Colmos de gramíneas forrageiras, em função do nível de inserção no perfilho, da**  
1055 **idade e da estação de crescimento**. Tese (Doutorado em Zootecnia). Viçosa.  
1056 Universidade Federal de Viçosa. 104p.
- 1057
- 1058 PARSONS, A.J.; JOHNSON, I.R.; HARVEY, A. Use of a model to optimize the  
1059 interaction between frequency and severity of intermittent defoliation to provide a  
1060 fundamental comparison of the continuous and intermittent defoliation of grass. **Grass**  
1061 **and Forage Science.**, v.43, p.49-59, 1988.
- 1062
- 1063 PEDREIRA, B.C.; PEDREIRA, C.G.S. Fotossíntese foliar do capim-xaraés [*Brachiaria*  
1064 *brizantha* (A. Rich.) Stapf. cv. Xaraés] e modelagem da assimilação potencial de  
1065 dosséis sob estratégias de pastejo rotativo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 4,  
1066 p. 773-779, 2007.
- 1067

1068 PEDREIRA, B.C.; PEDREIRA, C.G.S.; BOOTE, K.J. et al. Adapting the CROPGRO  
1069 perennial forage model to predict growth of *Brachiaria brizantha*. **Field Crops**  
1070 **Research.**, 2011. p.370-379.  
1071

1072 PEDREIRA, B.C.; PEDREIRA, C.G.S.; LARA, M. A. Leaf age, leaf blade portion and  
1073 light intensity as determinants of leaf photosynthesis in *Panicum maximum* Jacq.  
1074 **Grassland Science**, v. 61, n. 1, p. 45-49, 2015.  
1075

1076 PEDREIRA, B.C.; PEDREIRA, C.G.S.; SILVA, S.C. Acúmulo de forragem durante a  
1077 rebrotação de capim-xaraés submetido a três estratégias de desfolhação. **Revista**  
1078 **Brasileira de Zootecnia**. v.38, n.4, p.618-625, 2009.  
1079

1080 PEDREIRA, B.C.; PEDREIRA, C.G.S.; SILVA, S.C. Estrutura do dossel e acúmulo de  
1081 forragem de *Brachiaria brizantha* cultivar Xaraés em resposta a estratégias de pastejo.  
1082 **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.281-287, 2007. DOI: 10.1590/  
1083 S0100-204X2007000200018.  
1084

1085 PEDREIRA, B.C.; PEDREIRA, C.G.S. Manejo de pastagens tropicais para intensificação  
1086 da produção. In: PEDREIRA, B.C.; PEREIRA, D.H.; Pina, D.S. et al. Intensificação da  
1087 produção animal em pastagens. **Anais...** 1º Simpósio de Pecuária Integrada. 2014.  
1088

1089 PEQUENO, D.N.L.; PEDREIRA, C.G.S.; BOOTE, K.J. Simulating forage production of  
1090 Marandu palisade grass (*Brachiaria brizantha*) with CROPOGRO-Perennial Forage  
1091 model. **Crop & Pasture Science**. 2014. 65, 1335-1348p.  
1092

1093 PEQUENO, D.N.L.; PEDREIRA, C.G.S.; SOLLEBERGER, L.E. et al. Forage  
1094 Accumulation and Nutritive Value of Brachiariagrasses and Tifton 85 Bermudagrass as  
1095 Affected by Harvest Frequency and Irrigation. **Agronomy Journal**, v. 107, n. 5, p.  
1096 1741-1749, 2015.  
1097

1098 PEZZOPANE, J.R.M.; CRUZ, P.G.; SANTOS, P.M. et al. Simple agrometeorological  
1099 models for estimating Guineagrass yield in Southeast Brazil. **International Journal of**  
1100 **Biometeorology**. 2013.  
1101

1102 POPPI, D.P.; HUGHES, T.P.; L'HUILLIER, P.J. Intake of pasture by grazing ruminants.  
1103 In: LIVESTOCK FEEDING ON PASTURE. New Zealand Society of Animal  
1104 Production, Occasional Symposium, 10, Hamilton, 1987. **Anais...** Hamilton: Lincoln  
1105 College, p. 55-63.  
1106

1107 PREMAZZI, L.M.; MONTEIRO, F.A.; CORRENTE, J. E. Perfilamento em Capim  
1108 bermuda cv. Tifton 85 em resposta a doses e ao momento de aplicação do nitrogênio  
1109 após o corte. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, n. 3, p. 565- 571, 2003.  
1110

1111 PRIMAVESI, A.C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L.A. et al. Nutrientes na fitomassa de  
1112 capim-marandu em função de fontes e doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia.**,  
1113 30:562-568, 2006.  
1114

1115 RAGSDALE, C.T. **Spreadsheet modeling and decision analysis: a practical introduction**  
1116 **to management science**. Cincinnati: South Western College Publishing, 1997. 730p.  
1117

- 1118RAIJ, B.van. Avaliação da fertilidade do solo. 2.ed. Piracicaba, **Potafos**, 1991. 142p.  
1119
- 1120REINHEIMER, R.; POZNER, R.; VEGETTI, A.C. inflorescence, spikelet, and floral  
1121 development in *Panicum Maximum* and *Urochloa Plantaginea* (poaceae). **American**  
1122 **Journal of Botany**. Columbus, v. 92, n. 4, p. 565-575, 2005.  
1123
- 1124REIS, R.A.; RODRIGUES, L.R.A. **Valor nutritivo de plantas forrageiras**. Jaboticabal.  
1125 FUNEP, 1993. 26p.  
1126
- 1127ROBSON, M.J.; RYLE, G.J.A.; WOLEDGE, J. The grass plant – its form and function. In:  
1128 Jones, M.B.; Lazenby, A. (Eds.) **The grass crop**. London: Chapman & Hall Ltda, 1988.  
1129 p.25-83.  
1130
- 1131RODRIGUES, L. R. de A.; RODRIGUES, T. de J. D. Ecofisiologia de plantas forrageiras.  
1132 In: CASTRO, P. R. C. et al. (Eds.) Ecofisiologia da produção Agrícola. Piracicaba:  
1133 POTAFOS, 1987. p. 203-230.  
1134
- 1135RODRIGUES, T.C.J.; TRASPADINI, E.I.F.; DUBBERSTEIN, D. et al. Avaliação de  
1136 diferentes fontes de cálcio e fósforo em relação aos níveis de clorofila em capim  
1137 Mombaça. In: Cipriani, H. N.; Marcolan, A. L.; Pfeifer, F. M.; Passos, A. M. A. dos;  
1138 Espindula, M. C.; Mansur, A. M. Anais da II Reunião de Ciência do Solo da Amazônia  
1139 Ocidental. 14 a 17 de outubro de 2014, Porto Velho, RO. **Anais...** Porto Velho: Núcleo  
1140 Regional Amazônia Ocidental da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2014.  
1141
- 1142RYMPH, S. J. **Modeling growth and composition of perennial tropical forage grasses**.  
1143 2004. 316p. Thesis (Ph.D. in Agronomy) – University of Florida, Gainesville, 2004.  
1144
- 1145SANTOS, I.P.A.; PINTO, J.C.; SIQUEIRA, J.O. et al. Influência do fósforo, micorriza e  
1146 nitrogênio no conteúdo de minerais de *Brachiaria brizantha* e *Arachis pintoi*  
1147 consorciados. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 31: 605- 616, 2002.  
1148
- 1149SANTOS, J.E. Procedimentos básicos para a modelagem ecológica. **Ciência e Cultura**.  
1150 Rio de Janeiro, v.36, n.6, p.983-992, 1986.  
1151
- 1152SANTOS, M. V. F. et al. Produtividade e composição química de gramíneas tropicais na  
1153 zona da mata de Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 4, p.  
1154 821-827, 2003.  
1155
- 1156SHEEHY, J. E., COOPER, J. P. 1973. Light interception, photosynthetic activity, and crop  
1157 growth rate in canopies of six temperature forage grasses. **Journal of Applied Ecology**,  
1158 v.10, p. 239-250  
1159
- 1160SILVA, S. C. Condições edafo-climáticas para a produção de *Panicum* sp. In: SIMPÓSIO  
1161 SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 12., 1995, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fealq,  
1162 1995. p. 129-146.  
1163
- 1164SILVA, L.V.; CÂNDIDO, M.J.D.; PESSOA, J.P.M. et al. Componentes da biomassa e  
1165 características estruturais em capim-aruana sob diferentes frequências e intensidades de  
1166 desfolhação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.50, n.12, p.1192-1200,  
1167 2015.

- 1168
- 1169 SILVA, S.C.; PEDREIRA, C.G.S. Princípios de ecologia aplicados ao manejo de pastagem.
- 1170 In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMAS DE PASTAGENS, 3., Jaboticabal, 1997.
- 1171 **Anais...** Jaboticabal: Funep, 1997. p. 1-12.
- 1172
- 1173 SILVA, S.C.D.; BUENO, A.A.D.O.; CARNEVALLI, R.A. et al. Sward structural
- 1174 characteristics and herbage accumulation of *Panicum maximum* cv. Mombaça subjected
- 1175 to rotational stocking managements. **Scientia Agricola**, v. 66, n. 1, p. 8-19, 2009.
- 1176
- 1177 SIMIONI, T.A.; HOFFMANN, A.; GOMES, F.J. et al. Senescência, remoção e
- 1178 translocação de nutrientes e valor nutritivo em gramíneas tropicais. **Publicações em**
- 1179 **Medicina Veterinária e Zootecnia**. Londrina, V. 8, N. 13. Ed. 262, Art. 1743, 2014.
- 1180
- 1181 SISTI, C.P.J.; HERLING, V.R.; LUZ, P.H.C. Efeito de ofertas de forragem e de períodos
- 1182 de descanso sobre a produção, perdas e resíduo de MS do capim mombaça (*Panicum*
- 1183 *maximum* Jacq.) In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE
- 1184 ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. **Anais...** São Paulo: SBZ, 1999. 1 CD-ROM.
- 1185
- 1186 SOARES FILHO, C.V. Recomendações das espécies e variedades de *Brachiaria* para
- 1187 diferentes condições. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. (Ed).
- 1188 SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DAS PASTAGEM, 11., 2002. Piracicaba.
- 1189 **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2002. P.25-47.
- 1190
- 1191 SOTO, A.H. **Um modelo simples de estimativa de produção de forragem para colônia**
- 1192 **(*Panicum maximum* Jacq.) e pangola (A-24 *Digitaria pentzii* Stent) usando**
- 1193 **parâmetros climáticos**. Piracicaba, 1981. 58p. Dissertação (Mestrado) – Escola
- 1194 Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- 1195
- 1196 SOUZA, E.M.; ISEPON, O.J.; ALVES, J.B. et al. Efeitos da irrigação e adubação
- 1197 nitrogenada sobre a massa de forragem de cultivares de *Panicum maximum* Jacq.
- 1198 **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 4, 2005.
- 1199
- 1200 SPITTERS, C.J.T.; TOUSSAINT, H.A.J.; GOUDRIAAN, J. Separating the diffuse and
- 1201 direct component of global radiation and its implications for modeling canopy
- 1202 photosynthesis, I. Components of incoming solar radiation. **Agricultural and Forest**
- 1203 **Meteorology**, Amsterdam, v.38, p.217-229, 1986a.
- 1204
- 1205 SPITTERS, C.J.T.; TOUSSAINT, H.A.J.; GOUDRIAAN, J. Separating the diffuse and
- 1206 direct component of global radiation and its implications for modeling canopy
- 1207 photosynthesis, II. Calculation of canopy photosynthesis. **Agricultural and Forest**
- 1208 **Meteorology**, Amsterdam, v.38, p.231-242, 1986b.
- 1209
- 1210 STREIT, N.M. As clorofilas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.3, June 2005.
- 1211
- 1212 TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.
- 1213
- 1214 TEDESCHI, L.O.; FOX, D.G.; SAINZ, R.D. et al. Mathematical models in ruminant
- 1215 nutrition. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.62, n.1, p.76-91, 2005.
- 1216

- 1217 THORNLEY, J.H.M. **Grassland dynamics**: An ecosystem simulation model. Wallingford:  
 1218 CAB International, 1998. 256p.  
 1219
- 1220 THORNLEY, J.H.M. Modeling grassland ecosystems. In: International grassland congress,  
 1221 19., 2001. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p.1029-1036.  
 1222
- 1223 THORNLEY, J.H.M.; JOHNSON, I.R. **Plan and crop modeling**. Oxford: Oxford  
 1224 University Press, 1990. 669p.  
 1225
- 1226 TONATO, F. **Desenvolvimento e avaliação de modelos preditores de acúmulo de**  
 1227 **forragem em pastagens tropicais para apoio à tomada de decisão**. 2009. 110p. Tese  
 1228 (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) Escola Superior de Agricultura “Luiz de  
 1229 Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.  
 1230
- 1231 TORRES, F.E.; SILVA-FILHO, N.M.; TEODORO, P.E. et al. Crescimento e produção de  
 1232 forragem de cultivares de *Panicum maximum* em função do tipo de semente. **Global**  
 1233 **Science and Technology**, Rio Verde, v.08, n.01, p.40, 2015.  
 1234
- 1235 VALLE, C.B.; EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M. Características das plantas  
 1236 forrageiras do gênero *Brachiaria*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM,  
 1237 17., 2000, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2000. p. 65-108.  
 1238
- 1239 VAN KEULEN, H.V; DE VRIES, F.W.T.P; DRESS, E.M. A summary model for crop  
 1240 growth. In: DE VRIES, F.W.T.P; VAN LAAR, H.H. (Ed.). **Simulation of plant**  
 1241 **growth and crop production**. Wageningen: Pudoc, 1982, p.87-97.  
 1242
- 1243 VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. New York: Cornell University  
 1244 Press, 1994. 476p.  
 1245
- 1246 VASCONCELOS, W.A.; SANTOS, E.M.; ZANINE, A.M. et al. Valor nutritivo de silagens  
 1247 de capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq.) colhido em função de idades de  
 1248 rebrotação. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.10, n.4, p.874-884,  
 1249 2009.  
 1250
- 1251 VELOSO, R.F.; BARIONI L.G.; MARTHA JUNIOR, G.B. **Emprego de modelos**  
 1252 **matemáticos para pesquisa e gerenciamento de sistemas integrados de lavoura e**  
 1253 **pecuária**. Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2003. 24p. (EMBRAPA Cerrados  
 1254 Documentos, 96).  
 1255
- 1256 VERHAGEN, A.M.W.; WILSON, J.H., BRITTEN, E.J. Plant production in relation to  
 1257 foliage illumination. **Annal of Botany**, N. S., v. 27, n. 108, p. 626-640. 1963.  
 1258
- 1259 VILLASCHI FILHO, A.C.; COSTA, L.C.; FREITAS, P.M. et al. Sistema integrado de  
 1260 modelos de produtividade – SIMPRO. In: Congresso Brasileiro de Agroinformática.  
 1261 5.,2005, Londrina. **Anais...** Londrina: SBI-AGRO, 2005.  
 1262
- 1263 VOLTOLINI, T.V. **Adequação protéica em rações com pastagens ou com cana-de-**  
 1264 **açúcar e efeito de diferentes intervalos entre desfolhas da pastagem de capim**  
 1265 **Elefante sobre o desempenho lactacional de vacas leiteiras**. 2006. Tese (Doutorado

1266 em Ciência Animal e Pastagens), Universidade de São Paulo: Escola Superior de  
1267 Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP, 2006.  
1268  
1269 VOLTOLINI, T.V.; SANTOS, F.A.P.; MARTINEZ, J.C. et al. Características produtivas e  
1270 qualitativas do capim-elefante pastejado em intervalo fixo ou variável de acordo com a  
1271 interceptação da radiação fotossinteticamente ativa. **Revista Brasileira de Zootecnia**,  
1272 v. 39, n. 5, p. 1002-1010, 2010.  
1273  
1274 WILLIAMS, L.E.; MILLER, A.J. Transporters responsible for the uptake and partitioning  
1275 of nitrogenous solutes. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular**  
1276 **Biology**, 52:59-688, 2001.  
1277  
1278 WILSON, J.R. Environmental and nutritional factors affecting herbage quality. In:  
1279 HACKER, J.B. (Ed.). **Nutritional limits to animal production from**  
1280 **pastures**,.1982.p.111-131.  
1281  
1282 WOLEDGE, J. The effect of shading during vegetative and reproductive growth on the  
1283 photosynthetic capacity of leaves in a grass sward. **Annals of Botany**, v.42, p.1085-  
1284 1089, 1978.  
1285



1312 aumento IAF nos dosséis de pastos adubados. Conclui-se que Marandu, durante a  
1313 estação seca no Bioma Amazônia (inverno), apresentou as melhores respostas  
1314 fisiológicas, o que possibilita melhor eficiência de uso de água e, conseqüentemente,  
1315 maior produção de forragem. O aporte nitrogenado é fator determinante da  
1316 intensificação da produção de forragem e deve ser explorado sem que haja restrição  
1317 hídrica. Sistemas de produção com Mombaça são agronomicamente responsivos com  
1318 alto aporte nitrogenado durante as estações chuvosas.

1319 Palavras-chave: fotossíntese, taxa de acúmulo, teor de clorofila, modelos de  
1320 crescimento de forragem

1321

1322 **ABSTRACT** – Previous knowledge of the characteristics of forage plants and  
1323 their responses to the specific management and edaphoclimatic conditions are  
1324 fundamental for the forage planning within the livestock systems. The objective of this  
1325 study was to evaluate the physiological responses and modeling of potential carbon  
1326 assimilation of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu and *Panicum maximum* cv. Mombaça  
1327 with and without nitrogen fertilization under fixed harvest management. The experiment  
1328 was carried out at Embrapa Agrossilvipastoril, Sinop, Mato Grosso, Brazil, with  
1329 randomized block design in factorial arrangement 2 x 2 x 5 (two cultivars: Mombaça  
1330 and Marandu; unfertilized and fertilized with 550 kg N ha<sup>-1</sup> year; five seasons: aut/15,  
1331 winter/15, spring/15, summer/15 e aut/16) with three replications. The experimental  
1332 period was from March 21 2015 on June 21 2016, including autumn, winter, spring and  
1333 summer 2015 and autumn 2016. It was simulated intermittent stocking, by harvest  
1334 every 28 days and residual height of 15 cm and 40 cm to Marandu and Mombaça. In  
1335 general, Mombaça fertilized showed a higher rate of forage accumulation, especially in  
1336 the summer, with 147.6 kg DM ha<sup>-1</sup> day. In the summer, fertilized pastures presented

1337 higher rates of foliar and canopy photosynthesis with values of 29.8 and 67.21  $\mu\text{mol}$   
1338  $\text{CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , respectively. Marandu presented higher leaf photosynthesis rate (23.9  $\mu\text{mol}$   
1339  $\text{CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), in addition to transpiration, stomatal conductance, *a*, *b* and total  
1340 chlorophyll content, as well as greater water use efficiency (2.41  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ Mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ )  
1341 under conditions of water stress. However, Mombaça showed higher efficiency in the  
1342 use of water (11.89  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ ) with water surplus. Nitrogen fertilization  
1343 promoted an increase in chlorophyll b content, due to auto shading caused by IAF  
1344 increasing in canopies of fertilized pastures. It can be concluded that Marandu, during  
1345 the dry season in the Amazon biome (winter), presented the best physiological  
1346 responses, which allows better water use efficiency and, consequently, higher forage  
1347 production. The nitrogen input is a determining factor of the intensification of forage  
1348 production and should be explored without water restriction. Production systems with  
1349 Mombaça are agronomically responsive with high nitrogen inputs during rainy seasons.

1350 Key-words: photosynthesis, accumulation rate, chlorophyll content, forage  
1351 modeling

1352

## 1353 **1 Introdução**

1354 A síntese de tecido vegetal tem como base energética carboidratos simples que  
1355 são produzidos quando os cloroplastos dos tecidos das folhas verdes são expostos à luz.  
1356 Essa energia luminosa absorvida é utilizada para reduzir o carbono (C) do dióxido de  
1357 carbono ( $\text{CO}_2$ ) para formação de carboidratos por meio do processo da fotossíntese  
1358 (Hodgson 1990).

1359 Sabe-se que o nitrogênio é um macronutriente essencial para o crescimento das  
1360 plantas. E, além de ser componente da molécula da clorofila, 50 a 70 % do nitrogênio

1361 total das folhas é integrante de proteínas e enzimas associadas aos cloroplastos  
1362 (Chapman e Barreto 1997).

1363 O nitrogênio é absorvido, principalmente, por fluxo de massa pelas raízes das  
1364 plantas na forma de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) ou amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) (xilema) e redistribuído pelos  
1365 vasos condutores do floema no interior da planta. Tanto o  $\text{NO}_3^-$  quanto o  $\text{NH}_4^+$  podem  
1366 ser convertidos em glutamina e glutamato, e assim, fazer com que o N seja transferido  
1367 para muitos outros compostos orgânicos por meio de várias reações, equilibrando o  
1368 metabolismo de N na planta.

1369 As respostas fisiológicas das plantas, bem como a produção de forragem, tendem  
1370 a ser diferentes na ausência e presença de nitrogênio devido às mudanças  
1371 morfofisiológicas que esse nutriente é capaz de promover em dosséis de plantas  
1372 forrageiras de clima tropical.

1373 A adubação nitrogenada tem sido adotada em sistemas pecuários que visam  
1374 intensificação da produção, o que não é comumente visto no Bioma Amazônia devido à  
1375 grande extensão de terras e utilização de sistema de produção mais extensivo, que  
1376 resultam, ainda, em baixos índices zootécnicos.

1377 Assim, como outra ferramenta de intensificação da produção pecuária, o uso de  
1378 modelos matemáticos que simulam o crescimento de plantas forrageiras tem sido uma  
1379 ferramenta de auxílio às tomadas de decisão. Com isso, é possível realizar a  
1380 orçamentação forrageira e definir estratégias de manejo frente ao planejamento da  
1381 atividade pecuária, e ainda será possível simular alterações causadas pelas mudanças  
1382 climáticas (Pedreira et al. 2011; Lara et al. 2012).

1383 Com o intuito de alimentar o banco de dados de duas das espécies mais utilizadas  
1384 no Brasil para o posterior uso em modelos de simulação de crescimento, objetivou-se  
1385 avaliar as respostas fisiológicas bem como a modelagem de assimilação de carbono e a

1386 taxa de acúmulo de forragem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e *Panicum*  
1387 *maximum* cv. Mombaça sob ausência e presença de adubação com nitrogênio.

1388 O capítulo I foi redigido conforme as normas da revista Fiel Crops Research.

## 1389 **2 Material e Métodos:**

1390 O experimento foi conduzido na área experimental da Embrapa Agrossilvipastoril,  
1391 Sinop, Mato Grosso, Brasil, latitude -11°51'N, longitude 55°36'O e altitude de 370 m,  
1392 localizada no Bioma Amazônia.

1393 O clima da região foi classificado, segundo os critérios de Köppen, como Am -  
1394 clima de monções, ou seja, alternância entre a estação das chuvas e a estação seca bem  
1395 definida (Alvares et al. 2013). O histórico de temperatura média, mínima e máxima  
1396 anuais entre 2004 e 2013 foram, respectivamente, de 25°C, 20°C e 34°C, com umidade  
1397 relativa de 73,5% e precipitação anual de 1800 a 2300 mm (Alvares et al. 2013; INMET  
1398 2016).

1399 Calculou-se o balanço hídrico mensal (Fig. 1) e a média de radiação  
1400 fotossinteticamente ativa (RFA) mensal entre as 06:00 e 18:00 horas (Fig. 2) do período  
1401 experimental por meio dos dados climáticos obtidos da estação meteorológica da  
1402 Embrapa Agrossilvipastoril distante cerca de 1 km da área experimental.

1403 O solo foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, de acordo  
1404 com o sistema brasileiro de taxonomia de solos (Embrapa et al. 2013), e classificado  
1405 como Rhodic Hapludox pelo sistema americano de taxonomia de solos (Soil Survey  
1406 Staff 2014), com textura argilosa e relevo suavemente inclinado. Foram realizadas  
1407 análises química do solo antes e depois da instalação do experimento na camada de 0–  
1408 20 cm (Tabela 1) e física antes da implantação do experimento. O solo apresentou 356,  
1409 59 e 586 g/kg de areia, silte e argila, respectivamente, com densidade de 1,22 g/cm<sup>3</sup>. As

1410 recomendações de calagem foram realizadas com meta de saturação por bases de 70%,  
1411 conforme descrito no Boletim Técnico 100 (Raij et al. 1997).

1412 A semeadura das cultivares *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e *Panicum*  
1413 *maximum* cv. Mombaça ocorreram em 25 de novembro de 2014. No dia 4 de dezembro  
1414 realizou-se a aplicação de 100 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na forma de superfosfato simples e  
1415 primeira calagem no dia 15 de dezembro de 2014, ambos em cobertura. A segunda  
1416 calagem ocorreu em 18 de setembro de 2015 seguida das aplicações de 100 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>  
1417 na forma de superfosfato simples de 60 kg/ha de fertilizante granulado micro FTE. O  
1418 período experimental foi de 458 dias, compreendidos entre 21 março de 2015 e 21 de  
1419 junho de 2016.

1420 O delineamento experimental foi em blocos casualizados em arranjo fatorial 2 x 2  
1421 (duas cultivares: Mombaça e Marandu; adubado com 550 kg N/ha.ano e não adubado)  
1422 em 5 estações do ano (out/15, inv/15, prim/15, verão/15 e out/16) com três repetições.  
1423 As unidades experimentais corresponderam a parcelas de 32 m<sup>2</sup> (8 x 4 m), espaçadas  
1424 por 2 metros entre parcelas e 2 metros entre blocos.

1425 O fertilizante utilizado para a adubação nitrogenada foi o sulfato de amônio. Para  
1426 que não houvesse restrição de potássio foram aplicados 550 kg de K<sub>2</sub>O/ha.ano, na forma  
1427 de cloreto de potássio em todas as parcelas. Tanto o sulfato de amônio, quanto o cloreto  
1428 de potássio foram aplicados, em todos os ciclos, sempre no pós-corte (50 kg/ha).

## 1429 **2.1 Acúmulo de forragem**

1430 A colheita simulou lotação intermitente e o acúmulo de forragem (AF) foi  
1431 determinado por meio de cortes a cada 28 dias entre os meses de novembro e abril e a  
1432 cada 42 dias entre maio e outubro. O corte para a amostragem da massa de forragem foi  
1433 realizado deixando-se um resíduo de 15 cm para Marandu e 40 cm para Mombaça,  
1434 delimitado por 2 retângulos de 0,5 m<sup>2</sup> (0,5 x 1,0 m). Cada amostra de forragem foi

1435 subamostrada, pesada e levada à estufa de circulação de ar forçada a 55°C por 72 horas  
1436 para a determinação da matéria seca (MS).

1437 A taxa de acúmulo diário de forragem (TAF) por estação foi calculado a partir do  
1438 somatório do AF dos ciclos dentro de cada estação dividido pelo número de dias de  
1439 cada estação avaliada (out/15, inv/15, prim/15, verão/15 e out/16).

## 1440 **2.2 Índice de área foliar**

1441 O índice de área foliar não destrutivo (IAF) foi analisado com o auxílio do  
1442 ceptômetro AccuPAR® LP-80 (Decagon Devices, Pullman, WA, EUA). Antes do corte,  
1443 cinco leituras por parcela foram tomadas ao nível do solo entre 10:30 e 12:00 horas, em  
1444 dias não nublados.

1445 Para a determinação do índice de área foliar destrutivo (IAFd), a partir de maio  
1446 de 2015, antes de cada corte foram separadas e pesadas 50 folhas em perfilhos  
1447 aleatórios por parcela. As folhas foram levadas ao laboratório, processadas no  
1448 integrador de área foliar LI-3100 (LI-COR, Lincoln, Ne, USA). E, posteriormente,  
1449 foram levadas à estufa a 55°C para determinação da MS e do cálculo da área foliar  
1450 específica. Assim, o IAFd foi determinado utilizando a massa de folhas do retângulo  
1451 de amostragem e a área foliar específica.

## 1452 **2.3 Fotossíntese e teor de clorofila foliar**

1453 A avaliação de parâmetros fisiológicos foi realizada em dias ensolarados com o  
1454 aparelho medidor portátil de trocas gasosas por radiação infravermelha (Infra Red Gas  
1455 Analyser – IRGA) modelo LCI-SD (ADC BioScientific Ltd., Hoddesdon, UK). As  
1456 avaliações de fotossíntese foliar foram feitas no pré-pastejo, de abril de 2015 até maio  
1457 de 2016, entre às 08:30 e 11:00 horas da manhã. Em cada ocasião foram avaliados três  
1458 perfilhos por parcela, utilizando a folha mais nova completamente expandida (com  
1459 lâmina foliar verde e limpa). A radiação fotossinteticamente ativa (RFA) utilizada na

1460 câmara foi de 2000  $\mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (Pedreira et al. 2015). Avaliou-se a assimila\u00e7\u00e3o  
1461 l\u00edquida de  $\text{CO}_2$  (fotoss\u00edntese foliar) ( $A$ ), concentra\u00e7\u00e3o intracelular de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ),  
1462 condut\u00e2ncia estom\u00e1tica ( $g_s$ ), a taxa de transpira\u00e7\u00e3o das folhas ( $E$ ), efici\u00eancia no uso da  
1463 \u00e1gua instant\u00e2nea (EUA), calculada pela raz\u00e3o entre  $A$  e  $E$ , efici\u00eancia no uso da \u00e1gua  
1464 intr\u00ednseca ( $\text{EUAI}$ ), que \u00e9 a raz\u00e3o de  $A/g_s$ , e a raz\u00e3o de transpira\u00e7\u00e3o ( $\text{RT}$ ), resultante da  
1465 raz\u00e3o  $E/A$ .

1466 Na mesma folha, em que foi realizada a medi\u00e7\u00e3o das trocas gasosas, foi avaliado o  
1467 \u00edndice de clorofila utilizando clorofil\u00f4metro ClorofiLOG (FALKER, Porto Alegre, RS,  
1468 BR) para a determina\u00e7\u00e3o do \u00edndice de clorofila Falker (ICF) de clorofila  $a$ ,  $b$  e total.

#### 1469 **2.4 Modelagem de assimila\u00e7\u00e3o de carbono**

1470 A taxa fotossint\u00e9tica do dossel ( $F_d$ ) foi estimada pelo modelo de assimila\u00e7\u00e3o de  
1471  $\text{CO}_2$  de folhas “de sol” e folhas “de sombra”, proposto por Boote e Jones (1987),  
1472 que leva em considera\u00e7\u00e3o o coeficiente de extin\u00e7\u00e3o luminosa ( $k$ ) e tamb\u00e9m a reflex\u00e3o  
1473 e a transmiss\u00e3o de luz pelo dossel (Tabela 2). Assim, um IAF de sol \u00e9 calculado  
1474 analiticamente usando IAF total e  $k$  (equa\u00e7\u00e3o 1) e um IAF de sombra \u00e9 calculado  
1475 subtraindo-se do IAF total (equa\u00e7\u00e3o 2). Os valores de  $k$  foram calculados a partir do  
1476 IAF destrutivo, exceto para o inv/15, o qual foi feito com IAF n\u00e3o destrutivo.

$$1477 \quad \text{IAF}_{\text{sol}} = (1/k)[1 - \exp(-k \cdot \text{IAF}_{\text{total}})] \quad (\text{eq.1})$$

$$1478 \quad \text{IAF}_{\text{somb}} = \text{IAF}_{\text{total}} - \text{IAF}_{\text{sol}} \quad (\text{eq.2})$$

1479 A assimila\u00e7\u00e3o de  $\text{CO}_2$  pelas folhas de sol \u00e9 calculada por uma curva  
1480 de resposta exponencial negativa, onde a ass\u00edntota \u00e9 dada pela fotoss\u00edntese m\u00e1xima  
1481 de folhas, o coeficiente angular pela efici\u00eancia de utiliza\u00e7\u00e3o de luz e a  
1482 vari\u00e1vel de entrada \u00e9 a irradi\u00e2ncia fotossinteticamente ativa absorvida [ $k(1-$   
1483  $\sigma)\text{PAR}$ ], conforme a equa\u00e7\u00e3o 3:

$$1484 \quad F_{\text{sol}} = F_{\text{max}} \{ 1 - \exp[-Q_e \cdot k(1 - \sigma)\text{PAR}/F_{\text{max}}] \} \quad (\text{eq.3})$$

1485 em que:  $F_{\max}$  = fotossíntese de folhas individuais ( $\mu\text{g m}^{-2}\text{s}^{-1}$  de  $\text{CO}_2$ );  $Q_e$  =  
1486 eficiência de utilização de luz ( $\mu\text{g m}^{-2}\text{s}^{-1}$  de  $\text{CO}_2$  /  $\text{J m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ); PAR = radiação  
1487 fotossinteticamente ativa ( $\text{J m}^{-2} \text{s}^{-1}$ );  $\sigma$  = coeficiente de reflexão e transmissão. A  
1488 PAR incidente para a fotossíntese de folhas sombreadas, considerando o mesmo  $k$   
1489 e a mesma eficiência no uso da luz refletida e transmitida por todas as folhas  
1490 sombreadas, é dada pela equação 4:

$$1491 \quad \text{PAR}_{\text{somb}} = \sigma \cdot \text{PAR} [1 - \exp(-k \cdot \text{IAF}_{\text{somb}})] / \text{IAF}_{\text{somb}} \quad (\text{eq.4})$$

1492 em que:  $\text{PAR}_{\text{somb}}$  = radiação fotossinteticamente ativa para folhas de sombra.  
1493 Deste modo, a assimilação por folhas de sombra é calculada de maneira análoga à de  
1494 folhas de sol:

$$1495 \quad F_{\text{somb}} = F_{\max} [1 - \exp(-Q_e \cdot \text{PAR}_{\text{somb}} / F_{\max})] \quad (\text{eq.5})$$

1496 em que:  $F_{\text{somb}}$  = assimilação de  $\text{CO}_2$  por folhas de sombra. Por fim, a  
1497 assimilação total do dossel é a soma de ambas as categorias de folhas (equação 6):

$$1498 \quad F_d = F_{\text{sol}} \cdot \text{IAF}_{\text{sol}} + F_{\text{somb}} \cdot \text{IAF}_{\text{somb}} \quad (\text{eq.6})$$

1499 em que:  $F_d$  = assimilação total  $\text{CO}_2$  pelo dossel.

1500 A partir dessas simulações, foram estimadas as taxas fotossintéticas dos dosséis.  
1501 Assumiu-se que  $Q_e$  para espécies de metabolismo  $\text{C}_4$  é de aproximadamente 0,0497  
1502 (Pedreira et al. 2015). Também foi assumido um valor de 20% para o coeficiente de  
1503 reflexão e transmissão de luz no interior do dossel (Pedreira e Pedreira 2007).

1504 O coeficiente de extinção de luz ( $k$ ), conforme descrito por Sheehy e Cooper  
1505 (1973) foi calculado (equação 7):

$$1506 \quad k = - [\log_e (I/I_0)] / \text{IAF} \quad (\text{eq.7})$$

1507 com  $I$  e  $I_0$  correspondendo aos valores de irradiância abaixo e acima do dossel,  
1508 respectivamente.

1509 **2.5 Análise estatística**

1510 O modelo utilizado para análise dos dados foi:

1511 
$$Y_{ijkl} = \mu + B_i + C_j + A_k + (CA)_{jk} + e_{ijk} + E_l + (CE)_{jl} + (AE)_{kl} + (CAE)_{jkl} +$$

1512 
$$\varepsilon_{ijkl}$$

1513 Em que:

1514  $Y_{ijkl}$  = valor observado no  $i$ -ésimo bloco do  $j$ -ésimo cultivar da  $k$ -ésima adubação do  $l$ -  
1515 ésima estação do ano;

1516  $\mu$  = constante geral;

1517  $B_i$  = efeito aleatório associado ao  $i$ -ésimo bloco,  $i = 1, \dots, 3 \sim \text{NID}(0, \sigma^2 B)$ ;

1518  $C_j$  = efeito fixo associado ao  $j$ -ésimo cultivar,  $j = 1, \dots, 2$ ;

1519  $A_k$  = efeito fixo associado a  $k$ -ésima adubação,  $k = 2$ ;

1520  $(CA)_{jk}$  = efeito da interação do  $j$ -ésimo cultivar com a  $k$ -ésima adubação;

1521  $e_{ijk}$  = erro aleatório associado ao  $j$ -ésimo cultivar e  $k$ -ésima adubação, no  $i$ -ésimo bloco  
1522 assumindo que  $\varepsilon_{ijk} \sim \text{NID}(0, \sigma^2 e)$ , sendo que  $\text{I}\sigma^2 e$  é a matriz de variância e covariância,  
1523 pois se assume independência dos erros;

1524  $E_l$  = efeito fixo associado a  $l$ -ésima estação do ano,  $l = 5$ ;

1525  $(CE)_{jl}$  = efeito da interação do  $j$ -ésimo cultivar com a  $l$ -ésima estação do ano;

1526  $(AE)_{kl}$  = efeito da interação da  $k$ -ésima adubação com a  $l$ -ésima estação do ano;

1527  $(CAE)_{jkl}$  = efeito da interação do  $j$ -ésimo cultivar com a  $k$ -ésima adubação na  $l$ -ésima  
1528 estação do ano;

1529  $\varepsilon_{ijkl}$  = erro aleatório associado ao  $j$ -ésimo cultivar e  $k$ -ésima adubação, no  $i$ -ésimo  
1530 bloco, da  $l$ -ésima estação do ano assumindo que assumindo que  $\varepsilon_{ijkl} \sim \text{ND}(0, \sigma^2 \varepsilon)$ ,  
1531 sendo que  $\sigma^2 \varepsilon$  é a matriz de variância e covariância, pois se assume dependência dos  
1532 erros.

1533 Os dados foram analisados utilizando o método de modelos mistos com estrutura  
1534 paramétrica especial na matriz de covariância, com medidas repetidas no tempo, por  
1535 meio do procedimento MIXED do software estatístico SAS®. Cultivar, adubação e  
1536 estação foram considerados como efeitos fixos e o bloco como efeito aleatório (Littell et  
1537 al. 2006). Para a escolha da matriz de covariância foi usado o critério de informação de  
1538 Akaike (Akaike information criterion, AIC) (Wolfinger 1993). As médias dos  
1539 tratamentos foram estimadas através do LSMEANS e a comparação entre elas foi  
1540 realizada por meio da probabilidade da diferença “PDIFF”. Considerou-se um nível de  
1541 significância de 0,05 para o erro tipo I.

### 1542 **3 Resultados**

1543 Houve interação cultivar x adubação x estação ( $P < 0001$ ) para a TAF. No out/15,  
1544 Mombaça respondeu à adubação, enquanto que o Marandu só começou a responder na  
1545 prim/15. Na prim/15, Mombaça adubado foi semelhante ao Marandu adubado (76,2  
1546 kg/ha.dia), superiores em 52% e 73% ao Marandu e Mombaça, respectivamente, sem  
1547 adubação. No verão/15 e no out/16, Mombaça com adubação apresentou TAF de 147,6  
1548 e 58,0 kg/ha.dia, superior em 44 e 33% ao Marandu adubado, no entanto, quando não  
1549 foram adubados, ambos os cultivares apresentaram TAF semelhantes. (Tabela 3).

1550 Houve interação adubação x estação ( $P < 0001$ ), no entanto não houve efeito de  
1551 cultivar ( $P = 0,4545$ ) para o IAFd. A médias dos cultivares foi  $3,6 \pm 0,2$ . Os pastos  
1552 adubados começaram a responder a partir da prim/15. Os cultivares não adubados  
1553 apresentaram 47,6, 51,7 e 37,2% dos valores dos adubados na prim/15, verão/15 e  
1554 out/16, respectivamente. De modo geral, os maiores valores de IAFd foram mensurados  
1555 no out/15 (6,5) e os menores no inv/15 (0,5) (Tabela 4).

1556 A A foi afetada pelo cultivar ( $P = 0,0010$ ) e interação adubação x estação  
1557 ( $P = 0,0010$ ). Marandu apresentou A de  $23,9 \pm 0,6 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , superior ao Mombaça

1558 (19.3±0,6  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) em 17%. No verão/15, a *A* dos cultivares adubados (29,8  
1559  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) foi 16% superior à sem adubação (24,9  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) (Tabela 5).  
1560 Não houve diferença entre as demais estações, com maiores taxas ocorridas no verão/15  
1561 e out/15, e menores no inv/15.

1562 Houve interação adubação x estação para a *Fd* ( $P=0,0004$ ). A partir da prim/15, as  
1563 forrageiras responderam de maneira diferente à adubação nitrogenada. Os maiores  
1564 valores de *Fd* foram verificados no out/15, prim/15 e verão/15 (64,92  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ),  
1565 enquanto que os menores foram registrados no inv/15 (4,33  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ),  
1566 independente da adubação (Tabela 5).

1567 Houve efeito de cultivar ( $P=0,0027$ ), adubação ( $P=0,0249$ ) e estação ( $P<0001$ )  
1568 para *Ci*. O *Ci* no Mombaça (145.3±13.1 vpm) foi superior em 18% ao Marandu  
1569 (119.9±13.1 vpm). As pastagens adubadas (140.3±13.1 vpm) apresentaram *Ci* 11%  
1570 maior em relação as não adubadas (124.9±13.1 vpm). Nas estações de out/15  
1571 (147.4±13.6 vpm), inv/15 (145.2±13.6 vpm) e prim/15 (146.2±13.6 vpm), o *Ci* foi  
1572 semelhante e superior em 18% aos valores no verão/15 (120.4±13.6 vpm), seguido do  
1573 out/16 (103.7±13.6 vpm).

1574 Tanto a *E* ( $P=0,0159$ ) como a *gs* ( $P=0,0023$ ) foram afetadas pela interação cultivar  
1575 x estação. No verão/15 e out/16, as taxas de *E* e *gs* foram maiores no Marandu. Os  
1576 maiores valores foram verificados no out/15 e os menores no out/16 para ambas os  
1577 cultivares (Tabela 6).

1578 Houve interação cultivar x estação ( $P=0,0001$ ) para a *EUA*. No inv/15, a *EUA* de  
1579 2,41  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$  no Marandu foi 37% superior ao Mombaça, com 1,52  $\mu\text{mol}$   
1580  $\text{CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ , enquanto que no verão, o Mombaça (11,89  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ )  
1581 apresentou superioridade de 25%. Não houve efeito de adubação ( $P=0.1162$ ) para *EUA*

1582 (6,89  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ ). A maior EUA, em ambos cultivares, foi verificada no  
1583 verão e out/16 (Tabela 7).

1584 A EUAi foi afetada pela interação cultivar x adubação x estação ( $P=0,0017$ ). No  
1585 out/15, a EUAi no Marandu adubado ( $105,82 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) foi superior em  
1586 41,4% ao Mombaça com adubação ( $62,01 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ). No inv/15, os  
1587 tratamentos com Marandu ( $52,43 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) foram superiores em 48% aos  
1588 tratamentos com Mombaça ( $27,12 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) (Tabela 7).

1589 A RT foi afetada pela interação cultivar x estação ( $P<0001$ ). No inv/15, Mombaça  
1590 apresentou maior RT que Marandu. No entanto, no verão/15 e out/16 foram verificados  
1591 maiores valores de RT para Marandu ( $0,11 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O} \mu\text{mol CO}_2$ ). Os maiores valores  
1592 de RT ocorreram no inv/15 e os menores no verão/15 e out/16 (Tabela 7).

1593 O ICF *a* foi afetada pela interação cultivar x estação ( $P=0,0083$ ), no entanto não  
1594 houve efeito de adubação ( $P=0,2829$ ). O ICF de clorofila *a* tanto em pastagens adubadas  
1595 quanto não adubadas foi 29,9. Marandu apresentou maior ICF de clorofila *a* em todas as  
1596 estações avaliadas. Os maiores teores foram verificados no out/15, enquanto que os  
1597 menores foram no out/16 (Tabela 8).

1598 Houve efeito de adubação ( $P=0,0289$ ) e interação cultivar x estação ( $P=0,0029$ )  
1599 para o ICF *b*. As pastagens adubadas ( $8.7\pm 0.2$ ) tiveram ICF *b* superior às sem adubação  
1600 ( $8.0\pm 0.2$ ) em 8%. O ICF *b* no Marandu foi maior que no Mombaça em todas as estações  
1601 avaliadas, com maiores valores no inv/15 e prim/15. Os menores ICF *b* ocorreram no  
1602 out/16, para quaisquer cultivares (Tabela 8).

1603 O ICF total foi afetado pela interação cultivar x estação ( $P=0,0049$ ), e não houve  
1604 efeito de adubação ( $P=0,1014$ ). O ICF total dos pastos adubados e sem adubação foi  
1605 38.2. De modo análogo ao ICF *a* e *b*, o ICF total no Marandu foi maior que no  
1606 Mombaça em todas as estações avaliadas (Tabela 8).

1607

#### 1608 **4 Discussão**

1609 As forrageiras, quando submetidas à adubação nitrogenada, principalmente o  
1610 Mombaça, apresentaram as maiores taxas de AF, sobretudo no verão/15, estação com  
1611 maior disponibilidade hídrica (Fig. 1). Tanto a adubação, quanto a precipitação  
1612 estimulam os processos fisiológicos, favorecendo a fotossíntese e o crescimento das  
1613 plantas por meio do suprimento de água e de nitrogênio. Isso aumenta a síntese de  
1614 proteínas e enzimas como a fosfoenolpiruvato carboxilase (PEPcase), enzima  
1615 responsável pela assimilação de CO<sub>2</sub> no mesófilo de plantas com metabolismo C<sub>4</sub> (Taiz  
1616 e Zeiger 2013). Silva et al. (2016), trabalhando com Mulato II (*B. brizantha* × *B.*  
1617 *decumbens* × *B. ruziziensis*) com 50 e 250 kg N ha<sup>-1</sup> ano e diferentes alturas de dossel,  
1618 relataram que a maior dose de N contribuiu para a maior assimilação de CO<sub>2</sub>, o que  
1619 resulta em aumento no acúmulo de forragem.

1620 A aceleração dos processos fisiológicos das plantas causada pela adição de N  
1621 proporcionaram a intensificação dos processos fotossintéticos, tanto a nível de folhas  
1622 quanto de dossel. Isso pode estar relacionado com o aumento do índice de área foliar  
1623 (IAF) e consequente aumento da interceptação luminosa (IL) pelo dossel das pastagens  
1624 com N, pois o modelo é fortemente influenciado pelo IAF. Silva et al. (2016)  
1625 constataram no híbrido Mulato II que a combinação do aumento do IAF e de  
1626 assimilação de CO<sub>2</sub> foliar, devido à adubação nitrogenada de 50 para 250 kg N ha<sup>-1</sup> ano,  
1627 contribuiu para aumentar a assimilação de CO<sub>2</sub> do dossel, o que resultou em maior AF.  
1628 E que o principal componente do AF, folha, aumentou, assim como os componentes  
1629 colmo e material morto.

1630 Resultados semelhantes foram reportados por Lara e Pedreira (2011) em  
1631 cultivares de *Brachiaria* (Marandu, Xaraés, Arapoty, Capiporã e Basilisk) irrigadas e

1632 adubadas com 120 kg N ha<sup>-1</sup>ano, em que a Fd por meio do modelo de assimilação de  
1633 carbono de Boote e Jones (1987) foi influenciada positivamente pelo IAF até o nível  
1634 crítico de luz interceptada pelo dossel.

1635 Pedreira e Pedreira (2007), que trabalharam com *B. brizantha* (A. Rich.) Stapf. cv.  
1636 Xaraés adubado com 120 kg N ha<sup>-1</sup> e 100 kg K ha<sup>-1</sup> submetido à lotação rotativa,  
1637 verificaram A e Fd pré pastejo de 26,1 e 45,8  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  quando 95% da luz era  
1638 interceptada pela planta, 24,5 e 46,8  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  com 100% de interceptação  
1639 luminosa (IL) e 21,3 e 41,2  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  aos 28 dias de rebrotação. Observando que  
1640 ao longo do período de rebrotação, aumenta-se o IAF e a quantidade de luz interceptada,  
1641 ocorrendo o incremento da capacidade fotossintética do dossel até o nível crítico,  
1642 tendendo a diminuir após 95% de IL. Pois maiores frequências de pastejo aumentam o  
1643 potencial fotossintético devido ao menor intervalo de pastejo que proporciona  
1644 arquitetura do dossel com menor competição por luz, ou seja, com menor coeficiente de  
1645 extinção luminosa e, portanto, menor auto-sombreamento.

1646 Os menores valores de A para Mombaça, podem ter sido causados pelo intervalo  
1647 de corte com dias fixos. Esse manejo resulta em valores de IAF além do crítico (95%),  
1648 comprometendo a eficiência fotossintética pelo aumento na proporção de colmos e  
1649 material morto.

1650 A E e a gs foram maiores para Marandu no verão/15 e no out/16 e gs maior no  
1651 Mombaça em out/15. Este fato pode ser explicado devido à maior permeabilidade de  
1652 gases através dos estômatos (menor resistência estomática) nessas estações, indicando  
1653 que não há restrição hídrica. A principal limitação à difusão do CO<sub>2</sub> é estabelecida pela  
1654 resistência estomática, pois quanto maior a condutância estomática, menor é a  
1655 resistência estomática, favorecendo assim as trocas gasosas com a saída de vapor de  
1656 água e entrada de CO<sub>2</sub> (Taiz e Zeiger 2013).

1657 Brito et al. (2012) relatam que os valores de  $E$  e  $g_s$  variam em função da  
1658 disponibilidade hídrica ao avaliar plantas de citros (*Citrus* spp.). Assim, verificaram  
1659 diminuição dos valores com a redução da disponibilidade hídrica (50, 75, 100 e 125%  
1660 da evapotranspiração real) e aumento quando as plantas foram submetidas à maior  
1661 lâmina de irrigação.

1662 A maior EUA do Mombaça nas estações com maiores excedentes hídricos e a  
1663 maior EUA e EUAi no Marandu em condições de deficiência hídrica sugerem que as  
1664 espécies respondem com aproveitamento da água de forma diferente de acordo com as  
1665 condições climáticas (Fig 1.), independentemente da adubação nitrogenada. Esses  
1666 parâmetros são importantes medidas da capacidade das espécies em se desenvolverem  
1667 em ambientes com limitação de recursos hídricos (Ferreira et al. 2012).

1668 Portanto, Marandu apresentou maior capacidade de adaptação no uso da água,  
1669 com conseqüente menor RT, quando os recursos hídricos são limitantes. Isso indica o  
1670 potencial dessa planta como forrageiras em sistemas de produção com base em  
1671 pastagens, principalmente em que não há aporte de volumoso suplementar na estação  
1672 seca. Com isso, Marandu mantém, ainda que pequeno, potencial de crescimento e  
1673 produção de forragem na época com pouca ou sem chuvas.

1674 Por outro lado, em condições de alta disponibilidade hídrica, Mombaça  
1675 apresentou maior eficiência, pois foi capaz de realizar fotossíntese com menores perdas  
1676 de água (menor  $E$ ,  $g_s$  e RT, com maior EUA no verão). Isso explica seu potencial  
1677 produtivo nas águas e coloca-o como uma forrageira apta para sistemas mais  
1678 intensificados, em que é necessário alcançar maiores produtividades e maiores respostas  
1679 para viabilizar a utilização de nitrogênio.

1680 A  $C_i$  foi menor no Marandu que no Mombaça, e menor no verão/15 e out/16. Isso  
1681 pode estar relacionado à maior  $E$  e  $g_s$  no Marandu durante essas estações. Pois o

1682 aumento de taxa fotossintética provoca queda na concentração interna de CO<sub>2</sub>,  
1683 exercendo forte efeito retroativo negativo, podendo, conseqüentemente, causar queda na  
1684 fotossíntese (Machado e Lagôa 1994). No entanto, a queda na concentração interna de  
1685 CO<sub>2</sub> estimula maior abertura estomática, permitindo maior penetração de CO<sub>2</sub> na  
1686 câmara subestomática (Dai et al. 1992) e ao mesmo tempo, maior perda de água pela  
1687 transpiração.

1688 Os teores de clorofila *a* e total não variaram em função da adubação nitrogenada,  
1689 e foram maiores no Marandu, assim como a clorofila *b*. No entanto, a clorofila *b*  
1690 aumentou com a maior dose de N, pois esse nutriente faz parte de diversos compostos  
1691 na planta, como proteínas e clorofilas. Portanto, o suprimento de N via adubação pode  
1692 promover aumento significativo no teor de clorofila e aumentar a capacidade  
1693 fotossintética. Pois a clorofila *b* é um pigmento acessório que amplia a faixa de  
1694 absorção no espectro visível, absorvendo menores comprimentos de onda (vermelho  
1695 distante) no complexo antena para o centro de reação fotossistema II (P680),  
1696 responsável pela oxidação da água, liberação de O<sub>2</sub>, e transporte de elétrons para o  
1697 centro de reação fotossistema I (P700). Após isso, a clorofila *a* poderá realizar a  
1698 conversão da energia solar em energia química que será utilizada nas reações  
1699 bioquímicas da fotossíntese (Taiz e Zeiger 2013).

1700 No entanto, Júnior et al. (2012) reportaram aumento significativo dos valores do  
1701 ICF para clorofila *a*, *b* e total em *Cynodon* spp. cv. Tifton 85 com o aumento das doses  
1702 de N (0, 75 e 150 kg N ha<sup>-1</sup>). Silva et al. (2011), também, constataram aumento de  
1703 clorofila total nesse cultivar com o aumento da dose de N (de 0 a 600 kg/ha<sup>-1</sup>.corte),  
1704 tanto por meio de extração com N,N- dimetilformamida, como por meio do ICF, com  
1705 valor máximo de 37 aos 28 dias de rebrotação com a dose de 450 kg/ha<sup>-1</sup>.corte.

1706 Assim, pode-se sugerir que o aumento do IAF nos dosséis adubados aumentou a  
1707 concentração de clorofila *b* devido ao aumento da competição por luz entre plantas.  
1708 Santos et al. (2014) associaram o sombreamento com o aumento do ICF em 16%, 29% e  
1709 21% de clorofila *a* (43,6) *b* (27,7) e total (71,3) em feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.)  
1710 Walp. cv. Vinagre) consorciado com milho (*Zea mays* ssp.), comparado com feijão-  
1711 caupi em monocultivo (36,5, 19,6 e 56,1, respectivamente). Os autores também  
1712 observaram maior teor de clorofila *a* em relação à clorofila *b*, assim como observado no  
1713 atual estudo, devido ao aumento de proteínas do fotossistema II (PSII) nos cloroplastos.  
1714 Isso eleva a razão de PSII:PSI para 1,5 (Taiz e Zeiger 2013).

## 1715 **5 Conclusão**

1716 Marandu, durante a estação seca no Bioma Amazônia (inverno), apresentou as  
1717 melhores respostas fisiológicas, o que possibilita melhor eficiência de uso de água e,  
1718 conseqüentemente, maior produção de forragem.

1719 O aporte nitrogenado é fator determinante da intensificação da produção de  
1720 forragem e deve ser explorado sem que haja restrição hídrica.

1721 Sistemas de produção com Mombaça são agronomicamente responsivos com alto  
1722 aporte nitrogenado durante as estações chuvosas.

1723

1724

1725 **6 Referências**

- 1726 Alvares, C.A., Stape, J.L., Sentelhas, P.C., De Moraes, G., Leonardo, J., Sparovek, G.  
1727 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22,  
1728 n. 6, p. 711-728.
- 1729
- 1730 Boote, K.J., Jones, J.W. 1987. Equations to define canopy photosynthesis from quantum  
1731 efficiency, maximum leaf rate, light extinction, leaf area index, and photon flux density.  
1732 In: BIGGINS, J. (Ed). *Progress in photosynthesis research*. The Hague: Martinus  
1733 Nijhoff Publ. v. 4
- 1734
- 1735 Boote, K.J., Loomis, R.S. 1991. The prediction of canopy assimilation. In: BOOTE,  
1736 K.J.; LOOMIS, R.S. (Ed.). *Modeling crop photosynthesis – from biochemistry to  
1737 canopy*. Madison: CSSA; ASA, p.109-140.
- 1738
- 1739 Brito, M.E.B., Soares, L.A.A., Fernandes, P.D., Lima, G.S., Sá, F.V.S., Melo, A.S.  
1740 2012. Comportamento fisiológico de combinações copa/porta-enxerto de citros sob  
1741 estresse hídrico. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 7, p. 857-865
- 1742
- 1743 Chapman, S.C., Barreto, H.J. 1997. Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf  
1744 nitrogen of tropical maize during vegetative growth. *Agronomy Journal*, 89:557-562
- 1745
- 1746 Dai, Z., Edward, G.E., Ku, M.S.B. 1992. Control of photosynthesis and stomatal  
1747 conductance in *Ricinus communis* L. (Castor bean) by leaf to air vapor pressure deficit.  
1748 *Plant Physiology*, Lancaster, 99(4): 1426- 1434
- 1749
- 1750 EMBRAPA. 2013. Sistema brasileiro de classificação de solos. Centro Nacional de  
1751 Pesquisa de Solos: Rio de Janeiro
- 1752
- 1753 Ferreira, M.J., Gonçalves, J.F.C., Ferraz, J.B.S. 2012. Crescimento e eficiência do uso  
1754 da água de plantas jovens de castanheira-da-amazônia em área degradada e submetidas  
1755 à adubação. *Ciência Florestal*, v. 22, n. 2, p. 397-405
- 1756
- 1757 Hay, R.K.M., Walker, A.J. 1989. An introduction to the physiology of the crop yield.  
1758 New York: Longman Scientific & Technical, 292p.
- 1759
- 1760 Hodgson, J. *Grazing management: science into practice*. New York: John Wiley e Sons,  
1761 1990. 203p.
- 1762
- 1763 Instituto Nacional De Meteorologia. Instituto Nacional de Meteorologia. 2016.  
1764 Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso  
1765 em: 01 set. 2016.
- 1766
- 1767 Junior, É.B., Rossiello, R.O.P., Silva, R.V.M.M., Ribeiro, R.C., Morenz, M.J.F. 2012.  
1768 Um novo clorofilômetro para estimar os teores de clorofila em folhas do capim Tifton  
1769 85. *Ciência Rural*, v. 42, n. 12, p. 2241-2245
- 1770

- 1771 Lara, M.A.S., Pedreira, C.G.S. 2011. Estimativa da assimilação potencial de carbono  
1772 em dosséis de espécies de braquiária. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 46, n. 7, p.  
1773 743-750  
1774
- 1775 Lara, M.A.; Pedreira, C.G.; Boote, K.J.; Pedreira, B.C.; Moreno, L.S.; Alderman, P.D.  
1776 2012. Predicting Growth of: An Adaptation of the CROPGRO–Perennial Forage Model.  
1777 Agronomy journal, v. 104, n. 3, p. 600-611  
1778
- 1779 Littell, R.C., Milliken, G.A., Stroup, W.W., Wolfinger, R.D., Schabenberger, O. 2006.  
1780 Sas for mixed models. 2nd ed. Cary: SAS Institute, 813p.  
1781
- 1782 Machado, E.C., Lagôa, A.M.M.A. 1994. Trocas gasosas e condutância estomática em  
1783 três espécies de gramíneas. Bragantia, v. 53, n. 2, p. 141-149  
1784
- 1785 Moreno, L.S.B. Produção de forragem de capins do gênero Panicum e modelagem de  
1786 respostas produtivas e morfofisiológicas em função de variáveis climáticas. 2004. 86p.  
1787 Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de  
1788 Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, p. 415-418.  
1789
- 1790 Pedreira, B.C., Pedreira, C.G., Lara, M.A. 2015. Leaf age, leaf blade portion and light  
1791 intensity as determinants of leaf photosynthesis in *Panicum maximum* Jacq. Grassland  
1792 Science, v. 61, n. 1, p. 45-49  
1793
- 1794 Pedreira, B.C., Pedreira, C.G., Boote, K.J., Lara, M.A., Alderman, P.D. 2011. Adapting  
1795 the CROPGRO perennial forage model to predict growth of *Brachiaria brizantha*. Field  
1796 Crops Research, v. 120, n. 3, p. 370-379  
1797
- 1798 Pedreira. B.C, Pedreira, C.G.S. 2007. Fotossíntese foliar do capim-xaraés [*Brachiaria*  
1799 *brizantha* (A. Rich.) Stapf. cv. Xaraés] e modelagem da assimilação potencial de  
1800 dosséis sob estratégias de pastejo rotativo. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 36, n. 4,  
1801 p. 773-779  
1802
- 1803 Raij, B.V., Andrade, J.C., Cantarela, H., Quaggio, J.A. 2001. Análise Química para  
1804 fertilidade de solos tropicais. 1.ed., Campinas: INSTITUTO AGRONÔMICO –  
1805 FUNDAÇÃO IAC, 285p  
1806
- 1807 Sheehy, J.E., Cooper, J.P. 1973. Light interception, photosynthetic activity, and crop  
1808 growth rate in canopies of six temperature forage grasses. Journal of Applied Ecology,  
1809 v.10, p. 239-250  
1810
- 1811 Santos, E.R., Salgado, F.H.M., Santos, W.R., Ferraz, E.C., Silva, Á.R. 2014.  
1812 Consorciação de milho e feijão-caupi para produção de espigas verdes e grãos verdes  
1813 em Tocantins. Nucleus, v. 11, n. 2, p. 291-299  
1814
- 1815 Silva, V.J., Pedreira, C.G., Sollenberger, L.E., Silva, L.S., Yasuoka, J.I., Almeida, I.C.  
1816 2016. Carbon Assimilation, Herbage Plant-Part Accumulation, and Organic Reserves of  
1817 Grazed ‘Mulato II’ Brachiariagrass Pastures. Crop Science, v. 56, n. 5, p. 2853-2860  
1818

- 1819 Silva, R.V.M.M., Rossiello, R.O.P., Morenz, M.J.F., Junior, É.B., Gomes, R.L.T. 2011.  
1820 Uso de clorofilometro na avaliação da adubação nitrogenada e potássica no capim  
1821 Tifton 85. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal, v. 12, n. 3  
1822  
1823 Soil Survey Staff. 2014. Keys to soil taxonomy. Department of Agriculture: Natural  
1824 Resources Conservation Service  
1825  
1826 Taiz, L., Zeiger, E. 2013. Fisiologia vegetal. Porto Alegre: Artmed, p. 918  
1827  
1828 Wolfinger, R.D. 1993. Covariance structure selection in general mixed models.  
1829 Communications in Statistics: Simulation Computation, 22pp. 1079-1106  
1830

## CAPÍTULO 2

1831  
1832

### 1833 **Potencial de produção e indicadores qualitativos de Marandu e Mombaça na** 1834 **Amazônia brasileira**

#### 1835 **Resumo**

1836 A pecuária brasileira, responsável pela maior exportação de carne bovina e detentora do  
1837 segundo maior rebanho bovino do mundo, utiliza a pastagem como recurso basal dos  
1838 sistemas de produção. Assim, o planejamento forrageiro se torna fundamental diante da  
1839 crescente demanda por produção de carne e leite. Objetivou-se avaliar características  
1840 produtivas e qualitativas da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e *Panicum maximum* cv.  
1841 Mombaça com ou sem adubação nitrogenada. O delineamento foi em blocos  
1842 casualizados, em arranjo fatorial 2 x 2 (duas cultivares: Mombaça e Marandu; e duas  
1843 adubações: 0 e 550 kg N/ha.ano) em 5 estações do ano (out/15, inv/15, prim/15,  
1844 verão/15 e out/16) com três repetições. O período experimental foi de 21 de março de  
1845 2015 à 21 de junho de 2016. Foi simulada lotação intermitente, por meio de cortes a  
1846 cada 28 dias nas águas e 42 na seca, com altura de resíduo de 15 cm para Marandu e 40  
1847 cm para Mombaça. A adubação com nitrogênio aumentou o acúmulo de forragem de  
1848 Marandu e Mombaça, sobretudo no verão (7,5 e 13,4 Mg MS/ha), além de proporcionar  
1849 maiores teores de PB (20,2%) e redução de FDN (47,3%) em FDA (21,6%) na prim/15.  
1850 O maior acúmulo forragem anual foi verificado nas pastagens adubadas (24,4  
1851 Mg/ha.ano). Características estruturais como altura, IAF e IL também aumentaram em  
1852 função da adubação, principalmente no out/15 e verão/15. Portanto, essas gramíneas  
1853 respondem positivamente à adubação nitrogenada e são fortemente influenciadas pelas  
1854 condições climáticas de cada estação. Assim, o manejo do pastejo com a adição de  
1855 nitrogênio deve ser intensificado e adequado de acordo com época, para evitar perdas de  
1856 forragem devido ao crescimento acelerado na estação chuvosa.

1857 Pavras-chave: acúmulo de forragem, Amazônia, adubação nitrogenada, composição  
1858 bromatológica

1859

1860 **Abstract**

1861 The Brazilian livestock, which is responsible for the largest beef export and the holder  
1862 of the second largest cattle herd in the world, uses pasture as a basal resource of  
1863 production systems. Thus, forage planning becomes fundamental to the growing  
1864 demand for meat and milk production. This study aimed to evaluate productive and  
1865 qualitative characteristics of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu and *Panicum maximum*  
1866 cv. Mombaça with or without nitrogen fertilization. The design was a randomized block  
1867 design in factorial arrangement 2 x 2 x 5 (two cultivars: Mombaça and Marandu;  
1868 unfertilized and fertilized with 550 kg N ha<sup>-1</sup> year; five seasons: Aut/15, winter/15,  
1869 spring/15, summer/15 e aut/16) with three replications. The experimental period was  
1870 from March 21 2015 on June 21 2016, including autumn, winter, spring and summer  
1871 2015 and autumn 2016 seasons. It was simulated intermittent stocking, by cutting every  
1872 28 days and residual height of 15 cm and 40 cm to Marandu and Mombaça. Nitrogen  
1873 fertilization increased Marandu and Mombasa herbage accumulation, especially in the  
1874 summer (7.5 and 13.4 Mg DM/ha), in addition to providing higher CP (20.2%) and  
1875 reduction of NDF (47,3%) and ADF (21.6%) in prim/15. The greatest annual forage  
1876 accumulation was verified in fertilized pastures (24.4 Mg/ha.year). Structural  
1877 characteristics such as height, IAF and IL also increased as a function of fertilization,  
1878 mainly in the out/15 and summer/15. Therefore, these grasses respond positively to  
1879 nitrogen fertilization and they are strongly influenced by the climatic conditions of each  
1880 season. Thus, grazing management with the addition of nitrogen should be intensified

1881 and appropriate according to the season, to avoid forage losses due to accelerated  
1882 growth in the rainy season.

1883 Key-words: herbage accumulation, Amazon, nitrogen fertilization, nutritional value

1884

## 1885 **1 Introdução**

1886 A pecuária brasileira, devido à grande extensão de terras disponíveis e condições  
1887 edafoclimáticas, utiliza como principal fonte de alimentação do rebanho bovino  
1888 pastagens formadas com forrageiras de clima tropical. Isso torna o sistema de produção  
1889 mais econômico quando comparado com outras fontes de alimento para a nutrição  
1890 animal. Especialmente, o clima do Bioma Amazônia é propício para o crescimento de  
1891 plantas forrageiras, pois apresenta alta radiação fotossinteticamente ativa, alta  
1892 precipitação anual e solos com boa estrutura, necessitando apenas de correção e  
1893 adubação para atingir altas produções.

1894 Estima-se que a área ocupada por pastagens no território brasileiro seja em torno  
1895 de 174 milhões de hectares (ABIEC 2016) e cerca de 117 milhões de hectares destes  
1896 estabelecidos com pastagens cultivadas, com lotação média de 1,0 animal/ha, sobretudo  
1897 com gramíneas do gênero *Brachiaria* (Macedo *et al.* 2013). Em regiões de clima  
1898 tropical e subtropical, o cultivo de *Panicum maximum* é expressivo devido às suas  
1899 características agronômicas, como alta produção (até 41 Mg MS/ha.ano) e alta  
1900 proporção de folhas (acima de 82%) (Torres *et al.* 2015).

1901 No entanto, o manejo inadequado da pastagem tem sido o principal fator de  
1902 degradação em muitas regiões, devido a escolha de espécies não adaptadas ao local,  
1903 altas taxas de lotação e, principalmente, a não reposição de nutrientes no solo,  
1904 ocasionando perdas em produtividade, vigor e sobrevivência das plantas forrageiras.

1905            Como forma de minimizar os efeitos nocivos da degradação das pastagens (perda  
1906 de produtividade, desempenho animal e aumento nas emissões de gases de efeito estufa)  
1907 deve-se conhecer as relações entre demanda e produção de forragem. Para isso, o  
1908 planejamento forrageiro é ferramenta fundamental e requer o entendimento das  
1909 respostas de plantas forrageiras em relação à estacionalidade da produção e qualidade da  
1910 forragem produzida ao longo do ano. Diversos fatores, como luz, temperatura, água,  
1911 CO<sub>2</sub>, tipo de solo e nutrientes interferem no potencial produtivo das forrageiras.

1912            Diante disso, conhecer o potencial de produção de forragem de cada espécie para  
1913 poder adequar a orçamentação da forrageira no sistema de produção é fundamental.  
1914 Além de dessas informações servirem de banco de dados para a parametrização de  
1915 modelos de simulação da produção de plantas forrageiras de clima tropical, como os  
1916 utilizados por Pedreira *et al.* (2011) para *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés e Lara *et al.*  
1917 (2012) para *Panicum maximum* cv. Tanzânia. Tais modelos são ferramentas eficazes  
1918 que podem auxiliar no planejamento da atividade.

1919            Objetivou-se avaliar o potencial de produção, valor nutritivo e características  
1920 morfológicas e estruturais de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e *Panicum maximum*  
1921 cv. Mombaça com e sem adubação nitrogenada em intervalos de rebrotação fixos.

1922 O capítulo II foi redigido conforme as normas da revista Crop and Pasture Science.

## 1923 **2 Material e métodos**

1924            O experimento foi conduzido na área experimental da Embrapa Agrossilvipastoril,  
1925 Sinop, Mato Grosso, Brasil, latitude -11°51'N, longitude 55°36'O e altitude de 370 m,  
1926 localizada no Bioma Amazônia.

1927            O clima da região foi classificado, segundo os critérios de Köppen, como Am -  
1928 clima de monções, ou seja, alternância entre a estação das chuvas e a estação seca  
1929 (Alvares *et al.* 2013). O histórico de temperatura média, mínima e máxima anual entre

1930 2004 e 2013 foram, respectivamente, de 25°C, 20°C e 34°C, com umidade relativa de  
1931 73,5% e precipitação anual de 1800 a 2300 mm (Alvares *et al.* 2013; INMET 2016).

1932 Calculou-se o balanço hídrico mensal, a média de temperatura e radiação  
1933 fotossinteticamente ativa (RFA) mensal entre as 06:00 e 18:00 horas (Fig. 1) do período  
1934 experimental utilizando dos dados climáticos obtidos da estação meteorológica da  
1935 Embrapa Agrossilvipastoril distante cerca de 1 km da área experimental.

1936 O solo foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, de acordo  
1937 com o sistema brasileiro de taxonomia de solos (Embrapa *et al.* 2013), e classificado  
1938 como Rhodic Hapludox pelo sistema americano de taxonomia de solos (Soil Survey  
1939 Staff 2014), com textura argilosa e relevo suavemente inclinado. Foram realizadas  
1940 análises química antes e depois da instalação do experimento na camada de 0–20 cm  
1941 (Tabela 1) e física antes da implantação do experimento. O solo apresentou 356, 59 e  
1942 586 g/kg de areia, silte e argila, respectivamente, com densidade de 1,22 g/cm<sup>3</sup>.

1943 A semeadura das cultivares *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e *Panicum*  
1944 *maximum* cv. Mombaça ocorreram em 25 de novembro de 2014. No dia 4 de dezembro  
1945 realizou-se a aplicação de 100 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na forma de superfosfato simples e  
1946 primeira calagem no dia 15 de dezembro de 2014. A segunda calagem ocorreu em 18 de  
1947 setembro de 2015 seguida das aplicações de 100 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na forma de superfosfato  
1948 simples de 60 kg/ha de fertilizante granulado micro FTE. O período experimental foi de  
1949 458 dias, compreendidos entre 21 março de 2015 e 21 de junho de 2016.

1950 O delineamento experimental foi em blocos casualizados em arranjo fatorial 2 x 2  
1951 (duas cultivares: Mombaça e Marandu; adubado com 550 kg N/ha.ano e não adubado)  
1952 em 5 estações do ano (out/15, inv/15, prim/15, verão/15 e out/16) com três repetições.  
1953 As unidades experimentais corresponderam a parcelas de 32 m<sup>2</sup> (8 x 4 m), espaçadas  
1954 por 2 metros entre parcelas e 2 metros entre blocos.

1955 O fertilizante utilizado para os tratamentos com adubação foi o sulfato de amônio.  
1956 Foi aplicado 550 kg de K<sub>2</sub>O/ha.ano na forma de cloreto de potássio em todas as parcelas  
1957 para que não houvesse restrição desse nutriente. Tanto o sulfato de amônio quanto o  
1958 cloreto de potássio foram aplicados sempre na condição pós-pastejo, utilizando 50 kg/ha  
1959 de N ou K<sub>2</sub>O.

## 1960 **2.1 Acúmulo de forragem e composição morfológica**

1961 A colheita simulou lotação intermitente e o acúmulo de forragem (AF) foi  
1962 determinado por meio de cortes a cada 28 dias entre os meses de novembro e abril e a  
1963 cada 42 dias entre maio e outubro. O corte para a amostragem do AF foi realizado  
1964 deixando-se resíduo de 15 cm para o Marandu e 40 cm para o Mombaça, delimitado por  
1965 2 retângulos de 0,5 m<sup>2</sup> (0,5 x 1,0 m). Cada amostra foi subamostrada, pesada e levada à  
1966 estufa de circulação de ar forçada a 55°C por 72 horas para a determinação da matéria  
1967 seca (MS).

1968 Nas datas pré-determinadas para ciclos representativos das estações do ano  
1969 (07/05/2015 para outono, 10/09/2015 para inverno, 19/11/2015 para primavera,  
1970 12/02/2016 para verão e 05/05/2016 para outono), além das amostras de AF, também  
1971 foram retiradas amostras do resíduo ao nível do solo nos mesmos locais e dimensões  
1972 onde foram retiradas as amostras de AF para determinação da massa de forragem total  
1973 (MF).

1974 O AF por estação foi calculado a partir do somatório do AF dos ciclos dentro de  
1975 cada estação. O acúmulo de forragem total anual (AFt) compreendeu o somatório de  
1976 todo o acúmulo do ano de 2015. A MF por estação foi calculada por meio do somatório  
1977 da massa residual com o AF de cada ciclo representativo.

1978 Nas datas pré-determinadas para ciclos representativos das estações do ano, as  
1979 amostras de AF foram subamostradas para a separação dos componentes morfológicos

1980 da planta: folha (lâmina foliar), colmo (colmo + bainha) e material morto (tecido com  
1981 acima de 50% de senescência). Posteriormente, as amostras separadas também foram  
1982 secas em estufa para a determinação da MS e quantificação da massa de cada  
1983 componente, e sua proporção na massa de forragem.

## 1984 **2.2 Estrutura do dossel**

1985 As avaliações de interceptação luminosa (IL), índice de área foliar não destrutivo  
1986 (IAF) e radiação fotossinteticamente ativa (RFA) no dossel foram realizadas com o  
1987 auxílio do ceptômetro AccuPAR® LP-80 (Decagon Devices, Pullman, WA, EUA).  
1988 Foram realizadas avaliações antes de cada corte e a cada duas semanas nos ciclos de  
1989 rebrotação, nos ciclos representativos de cada estação do ano foram realizadas  
1990 avaliações semanais. Cinco leituras por parcela foram tomadas ao nível do solo e cinco  
1991 leituras na altura do resíduo, entre 10:30 e 12:00 horas, em dias não nublados.

1992 A avaliação da altura do dossel foi realizada com o auxílio de régua e  
1993 transparência antes e após o corte de todos os ciclos e semanalmente nos ciclos  
1994 representativos das estações. Foram realizadas 20 leituras em pontos aleatórios de cada  
1995 parcela, anotando os dados de maior e menor altura dos dois lados da transparência.

## 1996 **2.3 Composição bromatológica**

1997 As amostras de AF das estações de outono, inverno, primavera e verão de 2015  
1998 foram moídas no moinho de facas tipo Willey com peneira de 1 mm para as análises  
1999 bromatológicas. Fibra insolúvel em detergente neutro (FDN - que inclui hemicelulose,  
2000 celulose e lignina) e fibra insolúvel em detergente ácido (FDA - que inclui celulose e  
2001 lignina) foram determinadas utilizando o aparelho ANKOM 2000 Automated Fiber  
2002 Analyzer (ANKOM Technology Corporation, NY, US), de acordo com o método de  
2003 Van Soest (1991). Proteína bruta (PB) foi feita pelo método da análise elementar  
2004 (Dumas 1831) de nitrogênio por meio do Vario Macro Cube CHNS (Elementar

2005 Analysensysteme, Hanau, Alemanha), multiplicado pelo fator de conversão 6,25. A  
2006 determinação da FDN, FDA e PB na MF foi dada pelo somatório das proporções de  
2007 FDN, FDA e PB na MS do AF e da MFr. Não houve análise de FDN, FDA e PB do  
2008 Mombaça no inv/15, pois não houve AF desse cultivar.

#### 2009 **2.4 Análise estatística**

2010 O modelo utilizado para análise dos dados foi:

$$2011 Y_{ijkl} = \mu + B_i + C_j + A_k + (CA)_{jk} + e_{ijk} + E_l + (CE)_{jl} + (AE)_{kl} + (CAE)_{jkl} +$$

$$2012 e_{ijkl}$$

2013 Em que:

2014  $Y_{ijkl}$  = valor observado no  $i$ -ésimo bloco do  $j$ -ésimo cultivar da  $k$ -ésima adubação do  $l$ -  
2015 ésima estação do ano;

2016  $\mu$  = constante geral;

2017  $B_i$  = efeito aleatório associado ao  $i$ -ésimo bloco,  $i = 1, \dots, 3 \sim \text{NID}(0, \sigma^2_B)$ ;

2018  $C_j$  = efeito fixo associado ao  $j$ -ésimo cultivar,  $j = 1, \dots, 2$ ;

2019  $A_k$  = efeito fixo associado a  $k$ -ésima adubação,  $k = 2$ ;

2020  $(CA)_{jk}$  = efeito da interação do  $j$ -ésimo cultivar com a  $k$ -ésima adubação;

2021  $e_{ijk}$  = erro aleatório associado ao  $j$ -ésimo cultivar e  $k$ -ésima adubação, no  $i$ -ésimo bloco

2022 assumindo que  $e_{ijk} \sim \text{NID}(0, \sigma^2_e)$ , sendo que  $\text{I}\sigma^2$  e é a matriz de variância e covariância,

2023 pois se assume independência dos erros;

2024  $E_l$  = efeito fixo associado a  $l$ -ésima estação do ano,  $l = 5$ ;

2025  $(CE)_{jl}$  = efeito da interação do  $j$ -ésimo cultivar com a  $l$ -ésima estação do ano;

2026  $(AE)_{kl}$  = efeito da interação da  $k$ -ésima adubação com a  $l$ -ésima estação do ano;

2027  $(CAE)_{jkl}$  = efeito da interação do  $j$ -ésimo cultivar com a  $k$ -ésima adubação na  $l$ -ésima

2028 estação do ano;

2029  $\varepsilon_{ijkl}$  = erro aleatório associado ao  $j$ -ésimo cultivar e  $k$ -ésima adubação, no  $i$ -ésimo  
2030 bloco, da  $k$ -ésima estação do ano assumindo que  $\varepsilon_{ijkl} \sim \text{ND}(0, \sigma^2\varepsilon)$ ,  
2031 sendo que  $\sigma^2\varepsilon$  é a matriz de variância e covariância, pois se assume dependência dos  
2032 erros.

2033 Os dados foram analisados utilizando o método de modelos mistos com estrutura  
2034 paramétrica especial na matriz de covariância, por meio do procedimento MIXED do  
2035 software estatístico SAS®. O cultivar, a adubação e a estação foram considerados como  
2036 efeitos fixos e o bloco como efeito aleatório (Littell et al. 2006). Para a escolha da  
2037 matriz de covariância foi usado o critério de informação de Akaike (Akaike information  
2038 criterion, AIC) (Wolfinger 1993). As médias dos tratamentos foram estimadas através  
2039 do LSMEANS e a comparação entre elas foi realizada por meio da probabilidade da  
2040 diferença “PDIF”. Considerou-se um nível de significância de 0,05 para o erro tipo I.

### 2041 **3 Resultados**

#### 2042 **3.1 Acúmulo de forragem**

##### 2043 **3.1.1 Acúmulo de forragem por época e anual**

2044 Houve interação entre cultivar x adubação x estação para o AF ( $P < 0001$ ). Na  
2045 prim/15, o AF no capim Marandu com adubação foi semelhante ao Mombaça adubado  
2046 (6,9 Mg/ha) e superior ao Marandu sem adubação em 50,0%. No verão/15, os valores  
2047 registrados para o Mombaça com adubação foram superiores (13,4 Mg/ha) ao Marandu  
2048 adubado (7,5 Mg/ha) com diferença de 44,0%, seguido das forrageiras sem adubação.  
2049 No out/16, o AF do Mombaça adubado também foi superior (5,3 Mg/ha) e o Marandu  
2050 adubado acumulou 32,1% desse valor (3,6 Mg/ha), seguido das cultivares sem adubação  
2051 (Tabela 2). De modo geral, os menores valores de AF ocorreram no inv/15 (0,6 Mg/ha),  
2052 independente do cultivar ou adubação. Os maiores acúmulos foram registrados nos

2053 pastos adubados durante a prim/15 e verão/15 para Marandu (6,6 e 7,5 Mg/ha,  
2054 respectivamente) e verão/15 para Mombaça (13,4 Mg/ha).

2055 TABELA 2

2056 O AF anual foi afetado pela adubação ( $P=0,0490$ ). O AF anual de  $24,4\pm 6,68$   
2057 Mg/ha.ano dos pastos adubados foi superior em 50% ao dos sem adubação nitrogenada  
2058 ( $12,2\pm 6,68$  Mg/ha.ano). Não houve efeito de cultivar para o AF anual ( $P=0,2021$ ). A  
2059 média do Marandu e Mombaça foi  $16,9\pm 0,67$  e  $19,7\pm 0,67$  Mg/ha.ano, respectivamente.

### 2060 3.1.2 Composição morfológica

2061 A quantidade de folhas foi afetada pela interação cultivar x adubação x estação  
2062 ( $P=0,0013$ ). Quando adubados, os pastos de Marandu registram acúmulo de quantidade  
2063 de folhas superiores (1590 kg/ha) aos de Mombaça (1075 kg/ha), seguidos de Marandu  
2064 (820 kg/ha) e Mombaça (470 kg/ha) sem adubação na prim/15. Enquanto no verão/15,  
2065 quando as maiores quantidades de folhas foram registradas, Mombaça com adubação foi  
2066 superior ao Marandu adubado, seguidos do Mombaça e do Marandu sem adubação. No  
2067 out/16, Mombaça adubado acumulou quantidade de folhas, semelhante ao Marandu  
2068 com adubação e superior ao Mombaça sem adubação (Tabela 3).

2069 Houve efeito de cultivar ( $P=0,0141$ ) e interação adubação x estação ( $P=0,0051$ )  
2070 para a quantidade de colmo. A quantidade de colmo no AF do Marandu foi  $109\pm 12,7$   
2071 kg/ha. No verão/15 e out/16, os pastos adubados apresentaram 88,0% e 65,4% a mais de  
2072 colmo que os não adubados, respectivamente (Tabela 3).

2073 A quantidade de material morto foi afetada pela interação cultivar x adubação x  
2074 estação ( $P=0,0014$ ). Na prim/15, o Mombaça com adubação produziu maior acúmulo de  
2075 material morto (148 kg/ha), enquanto que no out/16 acumulou 92,0% a mais de material  
2076 morto em relação à condição não adubada, com média semelhante à dos pastos com  
2077 Marandu (Tabela 3).

2078

### TABELA 3

2079 A proporção de folhas foi afetada pela interação cultivar x adubação x estação  
2080 ( $P=0,0177$ ). Mombaça sem adubação teve proporção de folhas, semelhante ao Marandu  
2081 com adubação e superior aos demais tratamentos na prim/15, enquanto no verão/15 foi  
2082 superior ao Marandu adubado e semelhante aos demais tratamentos (Tabela 4). As  
2083 maiores proporções de folhas ocorrem no out/16 (92,05%) e prim/15 (92,62%), e as  
2084 menores no inv/15 (45,1%).

2085 Houve interação cultivar x estação ( $P=0,0369$ ) e adubação x estação ( $P=0,0177$ )  
2086 para a proporção de colmos. Marandu apresentou maior proporção de colmos do que  
2087 Mombaça, sobretudo no out/15, inv/15 e verão/15 (9,9%). Os pastos adubados (11,9 e  
2088 4,7%) apresentaram proporções de colmos superiores aos não adubadas (4,4 e 2,6%) no  
2089 verão/15 e no out/16 (Tabela 4). De modo geral, na primavera foram mensuradas as  
2090 maiores proporções de folhas e menores proporções de colmos.

2091 Houve interação cultivar x adubação x estação ( $P=0,0012$ ). A maior proporção de  
2092 material morto foi mensurada na prim/15 (6,3%) com maior acréscimo no Mombaça  
2093 adubado (12,1%), seguido do Marandu sem adubação (7,1%) (Tabela 4). Com exceção  
2094 do inv/15, nas demais estações os tratamentos foram semelhantes.

2095

### TABELA 4

#### 2096 3.1.3 Estrutura

2097 Houve interação cultivar x adubação x estação para a IL acima altura do resíduo  
2098 ( $P=0,0015$ ). Na prim/15, verão/15 e out/16, a IL de ambas as cultivares adubadas (61,2,  
2099 89,5 e 65,9%) foram superiores em 21,1, 24,3 e 11,5%, respectivamente ao Marandu  
2100 sem adubação, seguido do Mombaça não adubado (Tabela 5). De modo geral, os  
2101 maiores valores de IL foram apresentados no out/15 (88,0%) e os menores no inv/15  
2102 (15,2%).

2103 O IAF foi afetado pela interação cultivar x adubação x estação ( $P=0,0052$ ). Na  
2104 prim/15, os pastos adubados apresentaram IAF semelhante (3,0) e os sem adubação  
2105 foram 56,7% inferiores (1,3). No verão/15, Mombaça com adubação apresentou IAF de  
2106 4,4 e o Marandu adubado (3,6) 18,2% a menos, seguido do Marandu sem adubação e do  
2107 Mombaça sem adubação. Já no out/16, o IAF do Marandu adubado foi semelhante ao  
2108 do Mombaça adubado (2,8) e superior ao Marandu sem adubação (2,0), seguido do  
2109 Mombaça sem adubação (0,9) (Tabela 5). Assim como a IL, o IAF também apresentou  
2110 os maiores valores no out/15 (4,4) e os menores no inv/15 (0,3).

2111 A RFA no dossel foi afetada pela interação cultivar x adubação x estação  
2112 ( $P=0,0019$ ). Na prim/15, a RFA no dossel do Mombaça sem adubação (1120  $\mu\text{mol}$   
2113  $\text{m}^2/\text{s}$ ) foi superior ao Marandu na mesma condição, com diferença de 10,3%, seguidos  
2114 das cultivares adubadas que foram semelhantes entre si (738  $\mu\text{mol m}^2/\text{s}$ ). No verão/15, a  
2115 RFA mensurada nos pastos adubados foi 73,2% da RFA nos pastos sem adubação (622  
2116  $\mu\text{mol m}^2/\text{s}$ ). Enquanto que no out/16, Mombaça sem adubação (1199  $\mu\text{mol m}^2/\text{s}$ )  
2117 registrou maior RFA que os demais tratamentos (Tabela 5). De modo geral e  
2118 inversamente à IL e ao IAF, os maiores valores de RFA no dossel (1314  $\mu\text{mol m}^2/\text{s}$ )  
2119 foram apresentados no inv/15 e os menores no out/15.

2120 TABELA 5

#### 2121 3.1.4 Composição bromatológica

2122 Houve efeito de cultivar ( $P=0,0027$ ) e interação adubação x estação ( $P=0,0012$ )  
2123 para FDN. O teor de FDN do Marandu foi de  $54,9\pm 0,9\%$ . Na prim/15, quando foi  
2124 registrado os menores teores de FDN, os cultivares sem adubação (53,3%) tiveram 6%  
2125 mais de FDN que os cultivares adubados (47,3%) (Tabela 6).

2126 O teor de FDA foi afetado pela interação cultivar x estação ( $P=0,0341$ ) e  
2127 adubação x estação ( $P=0,0168$ ). O teor de FDA do Mombaça foi superior ao Marandu

2128 em 2,2% na prim/15 (23,8%) e 4,9% no verão/15 (32,5%) (Tabela 6). Ademais, na  
2129 prim/15, ocorreram os menores valores de FDA no AF, quando os pastos sem adubação  
2130 apresentaram 23,8% de FDA e os adubados 21,6% (Tabela 6).

2131 O teor de PB foi afetado pela interação cultivar x estação ( $P=0,0263$ ) e adubação  
2132 x estação ( $P<0001$ ). No verão/15, Marandu apresentou 2,4% a mais de PB em  
2133 comparação ao Mombaça (Tabela 6). Na prim/15 e verão/15, os pastos adubados  
2134 registraram valores de 20,2 e 14,6% de PB, respectivamente, os quais foram superiores  
2135 aos sem adubação (12,3 e 10,0%). Os maiores teores de PB foram apresentados na  
2136 prim/15 (16,2%) (Tabela 6).

2137 Não foi verificada diferença nos teores de FDN, FDA e PB entre as cultivares e entre os  
2138 tratamentos com e sem adubação no out/15.

2139 TABELA 6

## 2140 3.2 Massa de forragem

### 2141 3.2.1 Massa de forragem por época do ano

2142 A MF foi afetada pela interação cultivar x adubação x estação ( $P=0,0083$ ). No  
2143 inv/15, a MF do Mombaça não adubado (6,5 Mg/ha) foi superior ao adubado (5,6  
2144 Mg/ha) e superior aos pastos com Marandu (4,2 Mg/ha). Na prim/15, Mombaça  
2145 adubado (7,5 Mg/ha) apresentou maior MF, seguido do Marandu adubado (6,2 Mg/ha),  
2146 que foi semelhante ao Mombaça sem adubação (5,5 Mg/ha). No verão/15, Mombaça  
2147 adubado também apresentou maior MF (10,0 Mg/ha), seguido de Mombaça sem  
2148 adubação (7,1), que foi semelhante ao Marandu adubado (5,9 Mg/ha). No out/16, a MF  
2149 do Mombaça adubado (10,4 Mg/ha) também foi superior aos demais tratamentos, os  
2150 quais foram semelhantes (5,8 Mg/ha) (Tabela 7). Os maiores valores de MF foram  
2151 registrados no verão/15 e out/15 (6,9 Mg/ha) e os menores no inv/15 (5,1 Mg/ha).

### 2152 3.2.2 Estrutura

2153 A altura foi afetada pela interação cultivar x adubação x estação ( $P<0001$ ). Na  
2154 prim/15, verão/15 e out/16, pastos de Mombaça adubados (75,4, 114,8 e 78,8 cm)  
2155 atingiram maiores alturas que Marandu (40,3, 48,1 e 30,3 cm). As maiores alturas  
2156 ocorreram no verão/15 para os pastos adubados e no out/15 para os sem adubação.  
2157 Enquanto que as menores alturas foram verificadas no inv/15, tanto para Marandu (20,3  
2158 cm) quanto para Mombaça (45,5 cm), independentemente da adubação (Tabela 8).

2159 Houve interação cultivar x adubação x estação para a IL ( $P=0,0078$ ). No out/15,  
2160 Mombaça em qualquer condição de adubação interceptou 3,9% a mais de luz (97,7%)  
2161 que o Marandu (93,8%). No inv/15, Mombaça sem adubação foi semelhante ao adubado  
2162 (75,8%) e superior ao Marandu sem adubação (66,5%), seguido do Marandu adubado  
2163 (54,1%). Já na prim/15, Mombaça adubado (92,5%) interceptou 8,8% mais luz que os  
2164 demais tratamentos (83,7%). No verão/15, os pastos adubados foram semelhantes e  
2165 interceptaram em média 96,4% de luz, superiores ao Marandu sem adubação (86,4%),  
2166 seguido do Mombaça sem adubação (79,8%; Tabela 8).

2167 O IAF foi afetado pela interação cultivar x adubação x estação ( $P=0,0421$ ). No  
2168 out/15, o IAF do Mombaça adubado foi semelhante ao sem adubação e superior ao  
2169 Marandu, independentemente da adubação, em 17,1%. No inv/15, Mombaça sem  
2170 adubação (3,0) foi superior ao demais (1,9) em 37,8%. Na prim/15, Mombaça adubado  
2171 teve 23,3% a mais de IAF pré que o Marandu adubado, seguido das cultivares sem  
2172 adubação (3,6) que foram semelhantes. No verão/15, as cultivares adubadas foram  
2173 semelhantes (5,7) e superiores em 36,8% ao Marandu sem adubação, seguido do  
2174 Mombaça sem adubação. No out/16, os tratamentos foram semelhantes (4,2) (Tabela  
2175 10). Os maiores valores de IAF pré ocorreram no outono de 2015 (6,1) e os menores  
2176 valores foram verificados no inverno (2,1).

2177 A RFA mensurada ao nível do solo foi afetada pela interação cultivar x adubação  
2178 x estação ( $P=0,0234$ ). No out/15, a RFA foi semelhante para os tratamentos com  
2179 Marandu ( $103 \mu\text{mol m}^2/\text{s}$ ) e superior aos pastos com Mombaça, que foram semelhantes  
2180 entre si ( $36 \mu\text{mol m}^2/\text{s}$ ). No inv/15, Mombaça sem adubação favoreceu RFA abaixo do  
2181 dossel ( $726 \mu\text{mol m}^2/\text{s}$ ) em relação aos demais tratamentos, que tivera 44,8% desse  
2182 valor. Na prim/15, Marandu sem adubação ( $363 \mu\text{mol m}^2/\text{s}$ ) foi superior ao adubado que  
2183 foi semelhante ao Mombaça sem adubação ( $287 \mu\text{mol m}^2/\text{s}$ ) e seguido do Mombaça  
2184 adubado ( $144 \mu\text{mol m}^2/\text{s}$ ). No verão/15, Mombaça sem adubação ( $361 \mu\text{mol m}^2/\text{s}$ ) foi  
2185 superior ao Marandu sem adubação ( $211 \mu\text{mol m}^2/\text{s}$ ), que apresentou 41,5% desse valor,  
2186 seguido do adubado que foram semelhantes ( $54 \mu\text{mol m}^2/\text{s}$ ). No out/16, Mombaça sem  
2187 adubação foi semelhante aos pastos com Marandu ( $301 \mu\text{mol m}^2/\text{s}$ ) e superior ao  
2188 Mombaça adubado, que apresentou 41,9% do maior valor (Tabela 8). De modo geral e  
2189 inversamente aos valores de IL e IAF, os maiores valores de RFA foram verificados no  
2190 inv/15 e os menores out/15.

#### 2191 TABELA 8

2192

### 2193 **3.2.3 Composição bromatológica**

2194 Houve efeito de cultivar ( $P=0,0090$ ) e interação adubação x estação ( $P<0001$ )  
2195 para FDN na MF. Mombaça apresentou 4,0% a mais de FDN ( $64,7\pm 0,6\%$ ) que Marandu  
2196 ( $60,7\pm 0,6\%$ ). Os pastos sem adubação tiveram teores superiores aos adubados em  
2197 12,2% na prim/15 (61,8%) e em 3,3% no verão/15 (66,7%) (Tabela 9).

2198 O teor de FDA foi afetado pelo cultivar ( $P<0001$ ) e pela interação adubação x  
2199 estação ( $P=0,0004$ ). Mombaça apresentou 1,2% a mais de FDA (37,0%) que Marandu  
2200 (31,3%). Na prim/15, os pastos sem adubação apresentaram teores de FDA superiores

2201 (33,3%) aos adubados (29,3%) em 4% (Tabela 9). Os menores valores de FDN e FDA  
2202 ocorreram na prim/15 para os cultivares adubados.

2203 Houve efeito de cultivar ( $P=0,0003$ ) e interação adubação x estação ( $P<0001$ )  
2204 para PB. O teor de PB do Marandu ( $10,0\pm 0,3\%$ ) foi superior ao do Mombaça  
2205 ( $7,6\pm 0,3\%$ ) em 2,4%. No inv/15, prim/15 e verão/15, nos pastos adubados (7,2, 14,2 e  
2206 11,6%) foram registrados os maiores teores de PB, enquanto os sem adubação  
2207 apresentaram 25,0, 55,6 e 50,9%, respectivamente, desses valores (Tabela 9). De modo  
2208 geral, no inv/15 foram verificados os menores teores de PB na MF.

2209 TABELA 9

#### 2210 4 Discussão

2211 Os pastos de capim Mombaça, quando adubados, acumularam mais forragem do  
2212 que os de Marandu na mesma condição, sobretudo no out/15 e verão/15, pois foram as  
2213 estações com maiores valores de RFA, maior índice pluviométrico (323 e 674 mm) e  
2214 com temperatura média de 25,9 °C (Fig. 1). Em contraste a estes resultados, os menores  
2215 valores de AF e MF de ambas as cultivares foram mensurados nos meses de inverno,  
2216 em função do déficit hídrico médio de -127 mm e precipitação acumulada de 5,8 mm  
2217 nessa estação (Fig. 1), mesmo quando os pastos foram adubados. Ademais, essa região  
2218 (-11°51' N, longitude 55°36' O) apresenta alta incidência de RFA, com pouca cobertura  
2219 por nuvens nos horários de pico de assimilação fotossintética (Fig. 1) durante o inverno.  
2220 Portanto, apesar de boas condições de temperatura média e radiação, a adubação nessa  
2221 época não foi eficiente pela falta de água. A adubação foi realizada para garantir a  
2222 ausência de restrição nutricional e, assim, entender o potencial de produção em função  
2223 do clima. Para o planejamento forrageiro essa informação é de suma importância.

2224 Santos *et al.* (2004) observaram que a baixa produção do Mombaça no  
2225 outono/inverno, além das restrições hídrica e de temperatura, também estava associada

2226 com o período do florescimento que interferiu tanto na produtividade, reduzindo as  
2227 taxas de acúmulo de forragem, quanto na qualidade da pastagem devido ao aumento da  
2228 relação colmo/folha. Portanto, os autores recomendam que o manejo nessa fase seja  
2229 feito com intuito de controle do desenvolvimento de colmos, tendo em vista que o  
2230 acúmulo de forragem é diminuto.

2231 No presente estudo, Marandu apresentou AF de 7,5 e 4,1 Mg MS/ha com e sem  
2232 adubação, respectivamente, no verão/15 e 0,8 Mg MS/ha independente da adubação no  
2233 inv/15. Sugerindo que essa gramínea não responde à adubação com N no inverno,  
2234 devido à restrição hídrica, pois as médias de temperatura ao longo do período  
2235 experimental eram favoráveis ao crescimento (26,7°C; Fig. 1). Esses valores foram  
2236 maiores que os encontrados por Lara *et al.* (2011), quando trabalharam com Marandu  
2237 irrigado e adubado com 220 kg N/ha.ano, cortado a cada 28 dias durante o verão e 42  
2238 dias durante o inverno, com resíduo de 15 cm. Os autores verificaram acúmulo de 1,5  
2239 Mg MS/ha no verão e 0,3 Mg MS/ha no inverno, com temperatura média inferior a  
2240 ótima para o crescimento (35-38 °C de acordo com Lara *et al.* 2012), uma vez que a  
2241 média do verão foi 23,6°C e a do inverno 13,3°C. Nesse caso, a temperatura foi o fator  
2242 limitante da produção para Marandu.

2243 O AF do Marandu para o ano de 2015 foi de 13,4 Mg MS/ha sem adubação e 20,4  
2244 Mg MS/ha na condição de 550 kg N/ha.ano, apresentando um acréscimo de 34,5%  
2245 com adubação. Com 5,9 Mg MS/ha sem adubação e 6,2 Mg MS/ha adubado no  
2246 outono/inverno de 2015 e 7,4 Mg MS/ha sem adubação e 14,1 Mg MS/ha com  
2247 adubação na primavera/verão de 2015. Implicando maiores incrementos de MS/ha em  
2248 resposta à adubação nitrogenada, pois com adubação esses valores foram maiores que  
2249 os de Pequeno *et al.* (2015), ao utilizar 400 kg N ha.ano, pois constataram acúmulo  
2250 anual para Marandu com intervalo de rebrotação 28 dias em condições de sequeiro de

2251 17,8 Mg MS/ha.ano, acúmulo estacional de 5,2 Mg MS/ha de abril a setembro (estação  
2252 seca/outono inverno) e 13,9 Mg MS/ha de setembro a abril (estação chuvosa/primavera  
2253 e verão).

2254 Quanto ao Mombaça, Braga *et al.* (2004) ao trabalhar com essa gramínea cortada  
2255 à 20 cm do nível do solo, encontraram resposta linear dessa forrageira à adubação  
2256 nitrogenada, com produções no verão de 11, 38 e 61 Mg MS/ha no verão com as doses  
2257 de 0, 250 e 500 kg N/ha, respectivamente, na forma de nitrato de amônio (33% N).  
2258 Valores acima dos encontrados no presente estudo, pois esse cultivar foi cortado à 40  
2259 cm do nível do solo, resultando em AF de 21 Mg/ha nas estações consideradas chuvosas  
2260 (primavera/verão). Além disso, o veranico incomum ocorrido no verão/15 (Fig. 1)  
2261 também contribuiu para menor AF nessa estação.

2262 Santos *et al.* (2004) relataram que o Mombaça pastejado a cada 28 dias de  
2263 setembro a maio (primavera a outono) teve produção média de 5,5 Mg MS/ha, próximo  
2264 ao acumulado para o Mombaça sem adubação na prim/15, verão/15 e out/16 (6,1 Mg  
2265 MS/ha) nesse estudo, no entanto quando adubado essa forrageira chegou a acumular  
2266 25,9 Mg MS/ha.

2267 Quanto à composição morfológica, a quantidade de folha no AF aumentou em  
2268 ambas as cultivares sob influência da adubação nitrogenada, sobretudo na prim/15,  
2269 verão/15 e out/16 (1411 a 3432 kg/ha), embora as proporções tenham sido mantidas,  
2270 independente da adubação, com maiores valores para Mombaça (97 a 98%). O mesmo  
2271 ocorreu para a quantidade de colmo no verão/15 e out/16 (350 e 78 kg/ha com N), com  
2272 proporções maiores para o Marandu (11,3 e 5,5%) e nos tratamentos com adubação  
2273 (11,9 e 4,7%), enquanto que a quantidade de material morto do Mombaça adubado foi  
2274 maior na prim/15 e out/16. Assim, as maiores produções de forragem no verão se  
2275 devem às maiores produções de folha e colmo com redução de material morto,

2276 sobretudo para as cultivares com adubação nitrogenada. Pois o N causa aceleração do  
2277 crescimento e, portanto, emissão de folhas novas no dossel em detrimento do menor  
2278 tempo entre o aparecimento de duas folhas sucessivas (Silva *et al.* 2009).

2279 Euclides *et al.* (2008), avaliando a composição morfológica da forragem  
2280 acumulada em pastos de Mombaça adubado com 50 kg/ha de N na forma de ureia, com  
2281 sete dias de utilização e 35 dias de descanso, encontraram proporção de folhas de  
2282 57,8%, 20,3% de colmo e 22,1% de material morto na estação chuvosa e 24,0% de  
2283 folha, 16,4% de colmo e 58,8% de material morto na estação seca. Em relação ao atual  
2284 estudo, as quantidades e proporções de folhas foram menores, enquanto que as de  
2285 colmos e material morto foram maiores, pois com intervalo de rebrotação deste estudo  
2286 foi menor, interrompendo o incremento de colmo e material senescente no dossel.

2287 A alta dose de N também proporcionou aumento nas quantidades de folha e colmo  
2288 do Marandu, assim como no estudo de Silva *et al.* (2013), em que as doses de N  
2289 influenciaram linearmente o acúmulo de folhas em pastos de Marandu com aumento de  
2290 212 e 151%, na dose de 300 kg/ha.ano, em relação a não aplicação de nitrogênio,  
2291 respectivamente, para as fontes sulfato de amônio e ureia. Em estudo com Marandu com  
2292 adubação de 50 kg /ha de N e K<sub>2</sub>O e 12,5 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> a cada ciclo, manejado com  
2293 intervalo de rebrotação variável (95%IL) e dias fixos (30 dias) de outubro de 2011 a  
2294 maio de 2012 (estação chuvosa) no estado de Minas Gerais, com precipitação mensal  
2295 máxima de aproximadamente 150 mm e temperatura média de 21 °C, foi constatado por  
2296 Anjos *et al.* (2016) que com 95% de IL, a proporção de folhas (48,3%) foi maior do que  
2297 com intervalo de 30 dias (41,1%), enquanto que a proporção de material morto foi  
2298 menor (19,0%) do que com 30 dias (25,4%). Essas proporções de folhas foram menores  
2299 do que as verificadas para Marandu no presente estudo, durante a estação chuvosa

2300 (87,7%), pois a dose de N foi maior, além das condições climáticas mais favoráveis,  
2301 como temperatura e precipitação média mensal (Fig. 1)

2302 De acordo com os valores de AF, as cultivares cresceram mais no out/15 e  
2303 verão/15, sobretudo as adubadas, e menos no inv/15. Devido às condições climáticas, as  
2304 forrageiras que apresentaram em maior AF, também apresentaram maior IAF e IAFd,  
2305 principalmente nos pastos que receberam adubação. O mesmo ocorreu com os valores  
2306 de IL, pois quanto maior o acúmulo de forragem, maior é o IAF e a necessidade de  
2307 organizar a área foliar exposta a RFA incidente. Com isso, ocorre o alongamento de  
2308 colmos em busca de melhorar a quantidade de luz interceptada pelo dossel forrageira.  
2309 De modo semelhante, em estudo com doses de N para Marandu, Silva *et al.* (2013)  
2310 constatou aumento quadrático do IAF em função das doses de nitrogênio, efeito  
2311 decorrente do aumento do tamanho das plantas, ou seja, alongamento das folhas e do  
2312 maior número de folhas devido à maior densidade de perfilhos, obtidos com o aumento  
2313 das doses de N.

2314 Esses valores de IAF e IL estão relacionados positivamente (Galzerano *et al.*  
2315 2014), pois com o aumento do IAF eleva-se a taxa de fotossíntese e a taxa de produção  
2316 de tecidos (Parsons *et al.* 1983), os quais em maior proporção são capazes aumentar a  
2317 interceptação de luz pelo dossel forrageiro. Paula *et al.* (2012) reportaram valores de 2,0  
2318 para IAF e 58,2% de IL em pastos de Marandu mantidos a 15 cm de altura sob lotação  
2319 contínua, tendendo a aumentar conforme aumentou a altura do pasto, pois mantido à 30  
2320 cm o IAF foi de 3,2 e a IL de 81,3% e com 45 cm esses valores foram de 4,3 e 87,8%,  
2321 respectivamente. Relatando que o Marandu apresenta grande flexibilidade de manejo,  
2322 podendo ser utilizado entre 15 e 45 cm de altura do dossel e que as características  
2323 morfogênicas e estruturais dessa forrageira são altamente influenciadas pela estação do  
2324 ano.

2325 Os maiores valores de IAF e IL no out/15 para ambas as cultivares e no verão/15  
2326 sob adubação nitrogenada, refletiram nos menores valores de RFA no dossel e abaixo  
2327 do dossel. Por outro lado, os menores valores de IAF e IL proporcionaram maior RFA  
2328 na altura do resíduo e no solo. A RFA foi maior no dossel e abaixo do dossel dos  
2329 cultivares sem adubação nitrogenada, sobretudo no inverno. Pois, com a diminuição e  
2330 até mesmo paralização do crescimento nessa época em função do déficit hídrico, tanto a  
2331 altura do dossel como o IAF e IAFd foram reduzidos, assim as plantas tiveram menor  
2332 área foliar exposta e, por conseguinte, menor capacidade de interceptar a RFA  
2333 incidente. No out/15 e verão/15, essa condição foi diferente porque houve excedente de  
2334 chuva (323 e 674 mm) e maior variação na RFA incidente, além de as plantas estarem  
2335 com maior IAF e, assim, maior IL (Fig. 1).

2336 Alexandrino *et al.* (2005) observaram que para o Mombaça os valores de IAF e IL  
2337 foram mais altos no verão que no outono e atribuíram essa diferença principalmente a  
2338 alta pluviosidade no verão, à maior evaporação no outono e à maior biomassa residual  
2339 inicial da área avaliada no verão. No entanto, mesmo com adubação no verão/15, os  
2340 cultivares do atual estudo não apresentaram maiores valores de IAF e IL nessa estação  
2341 em comparação ao out/15, e essa resposta pode ser atribuída ao veranico que ocorreu no  
2342 mês de fevereiro de 2016 com déficit hídrico de -22,6 mm.

2343 Esse foi um ano atípico em relação à média histórica, pois o out/16 apresentou  
2344 maiores acúmulos de chuva (432 mm) que o out/15 (323 mm), além de maior variação  
2345 da RFA incidente pela formação de nuvens devido às chuvas.

2346 De modo geral, o IAFr e a ILr foram maiores no Mombaça, principalmente no  
2347 out/15. Tendo em vista que o Mombaça intercepta mais RFA que o Marandu após o  
2348 corte devido seu maior IAFr e que sua capacidade de recuperação de área foliar, seja  
2349 mais eficiente que a do Marandu. Dessa forma, a rebrotação do Mombaça foi mais

2350 rápida, com altura, IAF e IL superiores, além do maior AF, sobretudo com a adição de  
2351 nitrogênio. Resposta semelhante foi reportada por Castagnara *et al.* (2014), em que a  
2352 adubação nitrogenada alterou as características estruturais, de morfogênese e a produção  
2353 do Mombaça, proporcionando aumentos substanciais no fluxo de tecidos, contribuindo  
2354 para maior AF e produção de biomassa.

2355 O manejo do pastejo com dias fixos pode causar, sobretudo com a adubação  
2356 nitrogenada, alterações na estrutura das plantas, como o aumento IAF, IL e altura dos  
2357 pastos, em caso de menor frequência de pastejo. Anjos *et al.* (2016) verificaram que  
2358 com intervalos de rebrotação fixos (30 dias) a altura dos pastos com Marandu foi maior  
2359 (42,3 cm) do que com 95% de IL (35,9 cm). No entanto, quando a IL passou do ponto  
2360 ótimo de entrada dos animais (98,1%) resultou em menores proporções de folhas e  
2361 maiores de material morto. Além disso, os autores afirmam que os menores AF  
2362 registrados para o capim Marandu com 95% de IL são compensados pelo maior número  
2363 de ciclos de rebrotação que esse manejo proporciona.

2364 Quanto à composição bromatológica, a adubação nitrogenada proporcionou  
2365 redução de FDN e FDA no AF e MF em ambos cultivares nas estações consideradas  
2366 chuvosas. Além disso, Mombaça apresentou maior FDA no AF que o Marandu. Isso  
2367 ocorreu devido a maior produção de tecidos jovens, proporcionada pela que adubação,  
2368 além do aumento na PB. Pois o incremento de N, com disponibilidade hídrica, além de  
2369 aumentar a produção de MS, aumenta o teor de PB da forragem, possivelmente pelo  
2370 aumento da absorção de N pelas plantas (fluxo de massa) e concentração desse nutriente  
2371 nos tecidos vegetais, devido a maior disponibilidade de N no solo. Além disso, pode  
2372 diminuir o teor de fibra, contribuindo para a melhoria da qualidade (Alencar *et al.*  
2373 2013), desde que, os intervalos de rebrotação sejam adequados para a espécie e a  
2374 colheita da forragem em época adequada. O crescimento mais acelerado do Mombaça e

2375 maior deposição de parede celular, que é necessária para a sustentação (nervura central  
2376 das folhas e colmos) (Magalhães *et al.* 2012) contibuem para o aumento dos teores de  
2377 FDA no AF. Além disso, o intervalo de corte foi suficiente para alterar estrutura do  
2378 dossel sob adubação nitrogenada (incremento de colmos) influenciando a composição  
2379 bromatológica.

2380 Resultados semelhantes foram registrados por Silva *et al.* (2016), que encontraram  
2381 teores de FDN, FDA e PB na MF do capim Marandu de 56,33, 24,05 e 9,31%,  
2382 respectivamente, adubado com 100 mg/dm<sup>3</sup> de N e colhido ao nível do solo com 41 dias  
2383 de rebrotação. Para Mombaça, os autores constataram valores de 64,58, 28,51 e 8,56%  
2384 de FDN, FDA e PB, respectivamente.

2385 Valores semelhantes de PB foram observados no atual estudo para os tratamentos  
2386 sem adubação nitrogenada independentemente da estação do ano. No entanto, quando  
2387 houve adubação, o teor de PB foi maior na prim/ e verão/15. Alencar *et al.* (2013)  
2388 encontraram teores de PB de 7,28% nos meses de abril e setembro (outono/inverno) e  
2389 5,69% de outubro a março (primavera/verão) para Marandu e teores de 8,02% e 5,20%  
2390 nos mesmos meses avaliados para Mombaça, ambos com 100kg N/ha.ano. Enquanto  
2391 que na dose de 500 kg/ha.ano, o teor de PB de Marandu foi 10,72 (outono/inverno) e  
2392 7,18% (Primavera/verão) e para Mombaça, 10,95% no outono/inverno e 5,55 na  
2393 primavera/verão. Assim, os autores também demonstraram o aumento do teor de PB  
2394 conforme a elevação da dose de N.

2395 Enquanto que Vasconcelos *et al.* (2009) encontraram teores de 8,1% de PB e  
2396 55,8% de FDN para Mombaça aos 35 dias de rebrotação, tendendo a diminuir o teor de  
2397 PB e aumentar o FDN com maiores períodos de rebrotação. Pois maiores acúmulos,  
2398 oriundos de maiores intervalos de pastejo, resultam em maior incremento na proporção

2399 de colmos na estrutura do dossel e maior lignificação de parede celular, fazendo com  
2400 que forrageiras alcancem maiores teores de FDN e FDA.

2401 Pequeno *et al.* (2015) verificaram, de abril de 2011 a abril de 2013, teor de PB de  
2402 14,4% para Marandu em condições de sequeiro, e média de 13,9% e 13,2% com  
2403 intervalos de 28 e 42 dias de rebrotação, respectivamente. Para os valores de FDN, os  
2404 autores encontram de abril a setembro (estação seca), teor de FDN de 54,3% e de  
2405 setembro a abril (estação chuvosa), teor de 55,6%, e para a média de ciclo de 28 dias na  
2406 estação seca, o valor de FDN foi de 55,8% e 55,5% na estação chuvosa. Portanto, tanto  
2407 a adubação quanto a redução do intervalo de rebrotação podem influenciar de maneira  
2408 positiva no valor nutritivo da forragem, pois em períodos de rebrotação mais longos há  
2409 tendência da diminuição de qualidade devido ao incremento de colmos e material  
2410 senescente.

## 2411 **5 Conclusão**

2412 Na Amazônia brasileira, as variáveis climatológicas apresentam efeito marcante  
2413 na eficiência de adubação nitrogenada, evidenciando a necessidade de adequação da  
2414 fertilização às condições meteorológicas favoráveis, principalmente pluviosidade e  
2415 radiação.

2416 Para os cultivares adubados, sobretudo Mombaça, em época com maior índice  
2417 pluviométrico (primavera/verão), recomenda-se menores intervalos de desfolhação,  
2418 aumento na intensidade do pastejo ou o uso de técnicas de conservação da forragem  
2419 produzida para evitar perdas. Enquanto que na época seca (outono/inverno), quando as  
2420 forrageiras não respondem tanto à adubação nitrogenada devido à deficiência hídrica,  
2421 são requeridos maiores intervalos de rebrotação, devido à redução na capacidade  
2422 suporte da pastagem. Isso evita que o processo de degradação das pastagens seja  
2423 iniciado ou agravado.

2424           A partir desses resultados é possível parametrizar modelos matemáticos para  
2425 auxiliar na tomada de decisão e tornar sistemas de produção pecuário mais eficientes,  
2426 adequando a relação oferta/demanda de forragem ao longo do ano, na Amazônia.  
2427

2428 **6 Referências**

2429

2430 ABIEC – Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. Disponível em <  
2431 [http://www.abiec.com.br/3\\_pecuaria.asp](http://www.abiec.com.br/3_pecuaria.asp)>. Acesso em: 01 set 2016.

2432

2433 ALENCAR, C.A.B.; MARTINS, C.E.; OLIVEIRA, R.A.; CÓSER, A.C.; CUNHA, F.F.  
2434 Bromatologia e digestibilidade de gramíneas manejadas por corte submetidas à  
2435 adubações nitrogenadas e estações anuais. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 1, 2013.

2436

2437 ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; DE MORAES, G.; LEONARDO,  
2438 J.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische**  
2439 **Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

2440

2441 ANJOS, A.J.D.; GOMIDE, C.A.D.M.; RIBEIRO, K.G.; MADEIRO, A.S.; MORENZ,  
2442 M.J.F.; PACIULLO, D.S.C. Forage mass and morphological composition of Marandu  
2443 palisade grass pasture under rest periods. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 40, n. 1, p. 76-  
2444 86, 2016.

2445

2446 BRAGA, G.J.; LUZ, P.H.C.; HERLING, V.R.; DE LIMA, C.G. Resposta do capim-  
2447 mombaça a doses de nitrogênio e a intervalos de corte. **Acta Scientiarum Animal**  
2448 **Sciences**, v. 26, n. 1, p. 123-128, 2004.

2449

2450 CASTAGNARA, D.D.; MESQUITA, E.E.; NERES, M.A.; DE OLIVEIRA, P.S.R.;  
2451 ZOZ, T.; ZOZ, A. Morphogenesis and production of tanzânia, mombaça and mulato  
2452 grasses under nitrogen fertilization. **Bioscience Journal**, p. 45-54, 2014.

2453

2454 PAULA, C.C.L.; EUCLIDES, V.P.B.; LEMPP, B.; BARBOSA, R.A.; MONTAGNER,  
2455 D.B.; CARLOTO, M.N. Acúmulo de forragem, características morfogênicas e  
2456 estruturais do capim-marandu sob alturas de pastejo. **Ciência Rural**, v. 42, n. 11, 2012.

2457

2458 DUMAS, J.B.A. “Procédés de l’analyse organique”. **Annales des Chimie et des**  
2459 **Physique**. 2(47): 198-213. 1831.

2460

2461 EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M.; ZIMMER, A.H.; JANK, L.; OLIVEIRA,  
2462 M.P. Avaliação dos capins mombaça e massai sob pastejo. **Revista Brasileira de**  
2463 **Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 1, p. 18-26, 2008.

2464

2465 GALZERANO, L.; DA SILVA MORGADO, E.; RUGGIERI, A.C.; MALHEIROS,  
2466 E.B. Análise de componentes principais e correlações entre as características do dossel e  
2467 do solo em pastos de capim-marandu. **Nucleus Animalium**, v. 6, n. 1, 2014.

2468

2469 INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Instituto Nacional de**  
2470 **Meteorologia**. 2016. Disponível em:  
2471 <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 01 set.  
2472 2016.

2473

2474 LARA, M.A.S.; PEDREIRA, C.G.S. Estimativa da assimilação potencial de carbono  
2475 em dosséis de espécies de braquiária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 7, p.  
2476 743-750, 2011.

2477  
2478 LARA, M.A.; PEDREIRA, C.G.; BOOTE, K.J.; PEDREIRA, B.C.; MORENO, L.S.;  
2479 ALDERMAN, P.D. Predicting Growth of: An Adaptation of the CROPGRO–Perennial  
2480 Forage Model. **Agronomy journal**, v. 104, n. 3, p. 600-611, 2012.  
2481  
2482 LITTELL, R.C.; MILLIKEN, G.A.; STROUP, W.W.; WOLFINGER, R.D.;  
2483 SCHABENBERGER, O. **Sas for mixed models**. 2nd ed. Cary: SAS Institute, 2006.  
2484 813p.  
2485  
2486 MACEDO, M.C.M.; ZIMMER, A.H.; KICHEL, A.N.; ALMEIDA, R.G.; ARAÚJO,  
2487 A.R. Degradação de Pastagens, Alternativas de Recuperação e Renovação, e Formas de  
2488 Mitigação. In: Encontro de Adubação de Pastagens da Scot Consultoria - TEC - Fértil,  
2489 1., 2013, Ribeirão Preto, SP. **Anais...** Bebedouro: Scot Consultoria, 2013. p. 158-181.  
2490 Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/976514>>. Acesso em:  
2491 15 set. 2016.  
2492  
2493 MAGALHÃES, J.A.; CARNEIRO, M.D.S.; ANDRADE, A.C.; PEREIRA, E.S.;  
2494 SOUTO, J.S.; PINTO, M.D.C.; RODRIGUES, B.H.N.; COSTA, N.L.; MOCHEL  
2495 FILHO, W.J.E. Eficiência do nitrogênio, produtividade e composição do capim-  
2496 andropogon sob irrigação e adubação. **Archivos de zootecnia**, v. 61, n. 236, p. 577-588,  
2497 2012.  
2498  
2499 PARSONS, A.J.; LEAFE, E.L.; COLLETT, B.; PENNING, P.D.; LEWIS, J. The  
2500 physiology of grass production under grazing. II. Photosynthesis, crop growth and  
2501 animal intake of continuously-grazed swards. **Journal of applied ecology**, p. 127-139,  
2502 1983.  
2503  
2504 PEDREIRA, B.C.; PEDREIRA, C.G.; BOOTE, K.J.; LARA, M.A.; ALDERMAN, P.D.  
2505 Adapting the CROPGRO perennial forage model to predict growth of *Brachiaria*  
2506 *brizantha*. **Field Crops Research**, v. 120, n. 3, p. 370-379, 2011.  
2507  
2508 PEQUENO, D.N.; PEDREIRA, C.G.; SOLLENBERGER, L.E.; DE FARIA, A.F.;  
2509 SILVA, L.S. Forage accumulation and nutritive value of Brachiariagrasses and Tifton  
2510 85 Bermudagrass as affected by harvest frequency and irrigation. **Agronomy Journal**,  
2511 v. 107, n. 5, p. 1741-1749, 2015.  
2512  
2513 SANTOS, P.M.; BALSALOBRE, M.A.; CORSI, M. Características morfogênicas e  
2514 taxa de acúmulo de forragem do capim-Mombaça submetido a três intervalos de  
2515 pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.4, p.843-851, 2004.  
2516  
2517 SILVA, C. D.; BONOMO, P.; PIRES, A.J.V.; MARANHÃO, C.M.A.; PATÊS, N.D.S.;  
2518 SANTOS, L.C. Características morfogênicas e estruturais de duas espécies de braquiária  
2519 adubadas com diferentes doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38,  
2520 n. 4, p. 657-661, 2009.  
2521  
2522 SILVA, D.R.G.; COSTA, K.A.P.; FAQUIM, V.; OLIVEIRA, I.P.; BERNARDES, T.F.  
2523 Doses e fontes de nitrogênio na recuperação das características estruturais e produtivas  
2524 do capim-marandu. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 44, n. 1, p. 184-191, 2013.  
2525

- 2526 SILVA, J.L.; RIBEIRO, K.G.; HERCULANO, B.N.; PEREIRA, O.G.; PEREIRA,  
2527 R.C.; SOARES, L.F.P. Massa de forragem e características estruturais e bromatológicas  
2528 de cultivares de *Brachiaria* e *Panicum*. **Ciência Animal Brasileira**, v. 17, n. 3, p. 342-  
2529 348, 2016.
- 2530  
2531 SOIL SURVEY STAFF. Keys to soil taxonomy. Department of Agriculture: Natural  
2532 Resources Conservation Service, 2014.
- 2533  
2534 SOLOS, Embrapa. Sistema brasileiro de classificação de solos. **Rio de Janeiro**, v. 412,  
2535 1999.
- 2536  
2537 TORRES, F.E.; SILVA-FILHO, N.M.; TEODORO, P.E.; RIBEIRO, L.P.;  
2538 NASCIMENTO, J.N.; FERREIRA, R.S. Crescimento e produção de forragem de  
2539 cultivares de *Panicum maximum* em função do tipo de semente. **Global Science and**  
2540 **Technology**, Rio Verde, v.08, n.01, p.40, 2015.
- 2541  
2542 VALLE, C.B.; EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M. Selecting new *Brachiaria* for  
2543 Brazilian pastures. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19.2001, São  
2544 Pedro. **Proceedings...** Piracicaba: FEALQ, 2001 (CD ROM).
- 2545  
2546 VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A.S. Methods for dietary fiber,  
2547 neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition.  
2548 **Journal of Dairy Science**, v.74, p.3583-3597, 1991.
- 2549  
2550 VASCONCELOS, W.A.; SANTOS, E.M.; ZANINE, A.M.; PINTO, T.F.; LIMA, W.C.;  
2551 EDVAN, R.L.; PEREIRA, O.G. Valor nutritivo de silagens de capim-mombaça  
2552 (*Panicum maximum* Jacq.) colhido em função de idades de rebrotação. **Revista**  
2553 **Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.10, n.4, p.874-884, 2009.
- 2554  
2555 WOLFINGER, R.D. Covariance structure selection in general mixed models.  
2556 **Communications in Statistics: Simulation Computation**, 22pp. 1079-1106, 1993.
- 2557

2558 **CONCLUSÕES GERAIS**  
2559

2560 Marandu apresenta melhor eficiência de uso de água que Mombaça na época seca,  
2561 no entanto, Mombaça apresenta alta resposta agronômica ao aporte nitrogenado na  
2562 estação chuvosa.

2563 Na Amazônia brasileira, devido a sazonalidade climática marcante, existe a  
2564 necessidade de adequação da fertilização às condições meteorológicas favoráveis,  
2565 principalmente pluviosidade e radiação.

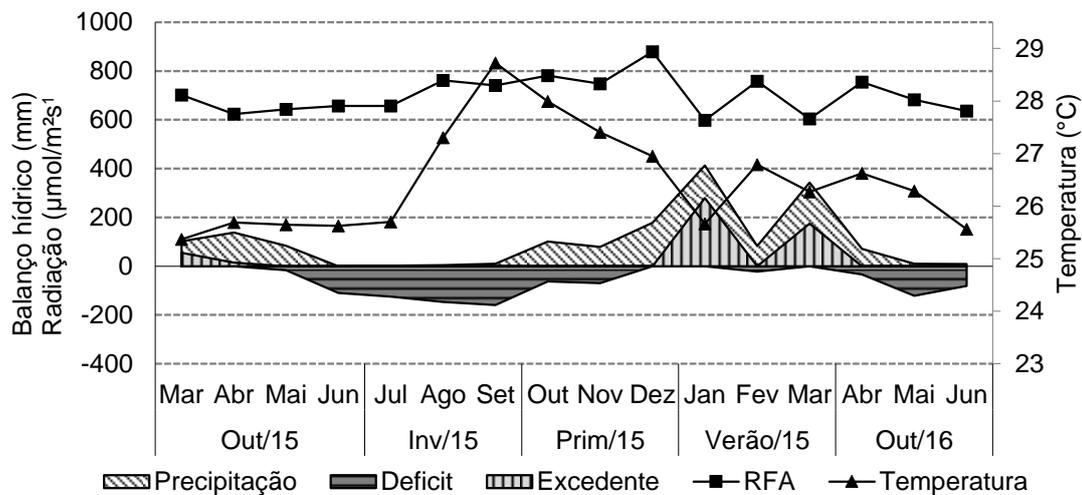
2566 Para os cultivares adubados, recomenda-se alternativas que minimizem as perdas  
2567 de forragem devido as maiores produções nas estações com maiores índices  
2568 pluviométricos. Enquanto que na época seca, devido à limitação do crescimento, são  
2569 requeridas estratégias de acordo com a capacidade suporte da pastagem, para evitar o  
2570 processo de degradação.

2571 Os resultados da pesquisa auxiliam parametrização de modelos de simulação de  
2572 crescimento para Marandu e Mombaça no Bioma Amazônia.

2573

2574  
2575

## ANEXOS I



2576

2577 **Fig. 1.** Balanço hídrico mensal (com precipitação, déficit e excesso no solo,  
2578 considerando uma capacidade de água disponível de 40 cm), temperatura média e  
2579 radiação fotossinteticamente ativa (RFA) mensal entre as 06:00 e 18:00 horas do  
2580 período experimental (21-03-15 a 21-06-2016).

2581

2582 Tabela 1. Análises química do solo da área experimental

Análise	pH	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V	M.O.
	H <sub>2</sub> O	CaCl <sub>2</sub>	--mg/dm <sup>3</sup> --								%	g/kg
23/9/14	5,70	5,0	2,87	98,00	1,59	0,81	0,00	5,12	2,65	7,77	34,08	24,23
5/10/15	5,82	5,5	2,65	70,33	4,11	1,08	0,00	4,62	5,36	10,00	53,6	25,03
28/5/16	5,52	-	4,18	121,93	4,49	1,71	0,00	4,29	6,51	10,80	57,65	-

2583 SB: Soma de bases; CTC: capacidade de troca catiônica; V: Saturação por bases; M.O.:

2584 Matéria orgânica.

2585

2586 Tabela 2. Variáveis utilizadas no modelo de assimilação de CO<sub>2</sub> de Boote e Jones  
 2587 (1987): índice de área foliar (IAF), interceptação luminosa (IL), coeficiente de extinção  
 2588 luminosa (k), fotossíntese foliar (A) e fotossíntese de dossel (Fd)

Cultivar	Adub. N	IAF	IL	k	A	Fd
			---%---		-( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )-	
Out/15						
Marandu	0	6.52	92.69	0.40	26.28	76.20
	550	6.35	94.97	0.46	29.70	73.96
Mombaça	0	5.91	97.16	0.66	28.64	72.50
	550	7.43	98.26	0.55	27.49	67.77
Inv/15						
Marandu	0	0.51	66.52	0.61	12.19	6.33
	550	0.49	54.15	0.54	11.43	4.34
Mombaça	0	0.65	80.36	0.54	7.29	3.56
	550	0.47	71.36	0.57	6.77	3.03
Prim/15						
Marandu	0	2.42	81.26	0.71	23.33	36.67
	550	3.77	84.92	0.54	26.42	57.56
Mombaça	0	2.07	84.84	0.95	16.47	23.99
	550	4.75	92.54	0.62	20.12	54.79
Verão/15						
Marandu	0	2.85	86.39	0.72	25.31	42.28
	550	5.51	95.59	0.58	32.91	71.91
Mombaça	0	3.01	79.82	0.52	24.51	47.10
	550	6.48	97.34	0.58	26.72	62.52
Out/16						
Marandu	0	2.92	83.76	0.66	23.60	41.22
	550	4.03	85.99	0.55	25.07	52.54
Mombaça	0	2.52	76.89	0.65	16.34	22.55
	550	4.55	88.75	0.50	18.66	45.96

2589

2590

2591 Tabela 3. Taxa de acúmulo de forragem (TAF) dos cultivares Marandu e Mombaça, sob  
 2592 adubação nitrogenada nas estações do ano

Cultivar	Adub. N	Estações					E.P.M.
		Out/15	Inv/15	Prim/15	Verão/15	Out/16	
-----TAF (kg MS ha <sup>-1</sup> dia) -----							
Marandu	0	54.2Ba	10.3Ad	36.6Bb	45.2Cab	24.0Cc	4.1
	550	58.7Bb	9.0ABd	72.9Aa	82.8Ba	38.9Bc	
Mombaça	0	61.2Ba	3.3Bd	20.4Cc	35.4Cb	12.5Ccd	
	550	81.1Ab	3.7Bd	79.5Ab	147.6Aa	58.0Ac	
E.P.M.		5.3	1.8	4.7	5.5	4.2	

2593 Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem  
 2594 entre si (P<0,05) pelo teste de probabilidade das diferenças (pdiff).

2595

2596 Tabela 4. Índice de área foliar destrutivo (IAFd) no pré corte dos cultivares Marandu e  
 2597 Mombaça sob adubação nitrogenada nas estações do ano

Adub. N	ESTAÇÃO					E.P.M.
	Out/15	Inv/15	Prim/15	Verão/15	Out/16	
	-----Índice de área foliar destrutivo-----					
0	6,2Aa	0,6Ac	2,2Bb	2,9Bb	2,7Bb	0,22
550	6,9Aa	0,5Ac	4,2Ab	6,0Aa	4,3Ab	
E.P.M.	0,5	0,1	0,4	0,1	0,3	

2598 Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem  
 2599 entre si ( $P < 0,05$ ) pelo teste de probabilidade das diferenças (pdiff).

2600

2601 Tabela 5. Taxa de fotossíntese foliar líquida (A) e taxa de fotossíntese do dossel (Fd)  
 2602 das cultivares Marandu e Mombaça, sob adubação nitrogenada nas estações do ano

Adub. N	Estação					E.P.M.
	Out/15	Inv/15	Prim/15	Verão/15	Out/16	
-----A ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ folha s}^{-1}$ )-----						
0	27,5Aa	9,7Ad	19,9Ac	24,9Bab	20,0Abc	0,64
550	26,9Aa	9,1Ac	23,3Ab	29,8Aa	21,9Ab	
E.P.M.	1,52	0,35	1,26	1,32	2,11	
-----Fd ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ área s}^{-1}$ )-----						
0	74,35Aa	4,98Ad	30,55Bbc	44,69Bb	31,68Bc	1,83
550	70,86Aa	3,68Ac	56,68Aab	67,21Aa	48,83Ab	
E.P.M.	2,65	0,63	6,22	3,14	4,39	

2603 Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem  
 2604 entre si ( $P < 0,05$ ) pelo teste de probabilidade das diferenças (pdiff).

2605

2606 Tabela 6. Taxa de transpiração foliar (*E*) e condutância estomática foliar (*gs*) nas  
 2607 cultivares Marandu e Mombaça sob adubação nitrogenada nas estações do ano

Cultivar	Estações					E.P.M.
	Out/15	Inv/15	Prim/15	Verão/15	Out/16	
----- <i>E</i> (mol H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )-----						
Marandu	5.3Aa	5.0Aa	4.3Ab	3.4Ac	2.6Ad	0.23
Mombaça	5.5Aa	4.7Ab	3.6Ac	2.2Bd	1.5Be	
E.P.M.	0.32	0.33	0.29	0.22	0.21	
----- <i>gs</i> (mol H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )-----						
Marandu	0.30Ba	0.24Ab	0.17Ac	0.11Ad	0.07Ae	0.012
Mombaça	0.42Aa	0.26Ab	0.16Ac	0.07Bd	0.03Be	
E.P.M.	0.022	0.022	0.017	0.009	0.004	

2608 Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem  
 2609 entre si (P<0,05) pelo teste de probabilidade das diferenças (pdiff).

2610

2611 Tabela 7. Eficiência no uso da água instantânea (EUA), eficiência no uso da água  
 2612 intrínseca (EUAI) e razão de transpiração (RT) nas cultivares Marandu e Mombaça, sob  
 2613 adubação nitrogenada nas estações do ano

Cultivar	Adub. N	Estações					E.P.M.
		Out/15	Inv/15	Prim/15	Ver/15	Out/16	
-----EUA ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) -----							
Marandu	---	5.17Ab	2.41Ac	5.89Ab	8.89Ba	9.24Aab	1.92
Mombaça	---	5.16Ab	1.52Bc	5.18Ab	11.89Aa	13.63Aa	
E.P.M.		0.17	0.18	0.50	0.79	1.92	
-----EUAI ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) -----							
Marandu	0	88.21ABc	53.64Ac	137.33Abc	229.57Aab	343.05Aa	56.72
	550	105.82Ab	51.23Ab	158.71Ab	326.16Aa	420.65Aa	
Mombaça	0	73.57ABb	28.51Bb	107.36Ab	347.62Aa	438.42Aa	30.63
	550	62.01Bcd	25.74Bd	126.51Ac	394.82Ab	553.30Aa	
E.P.M.		10.34	6.12	24.76	51.57	72.14	
-----E/A ( $\text{mol H}_2\text{O } \mu\text{mol CO}_2$ ) -----							
Marandu	---	0,20Ab	0,42Ba	0,18Ab	0,12Ac	0,11Ac	0,012
Mombaça	---	0,19Ab	0,67Aa	0,20Ab	0,08Bc	0,08Bc	
E.P.M.		0,005	0,038	0,016	0,007	0,009	

2614 Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem  
 2615 entre si ( $P < 0,05$ ) pelo teste de probabilidade das diferenças (pdiff).  
 2616

2617 Tabela 8. Índice de clorofila Falker (ICF) para as clorofilas *a*, *b* e total nas cultivares  
 2618 Marandu e Mombaça, sob adubação nitrogenada nas estações do ano

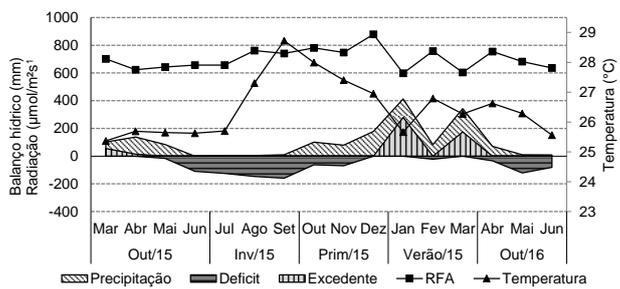
Cultivar	Estações					E.P.M.
	Out/15	Inv/15	Prim/15	Verão/15	Out/16	
-----ICF <i>a</i> -----						
Marandu	32.9Aab	33.4Aab	33.6Aa	33.0Ab	30.0Ac	0.65
Mombaça	30.2Ba	28.8Bb	27.0Bc	25.9Bd	23.9Be	
E.P.M.	0.70	0.69	0.74	0.72	0.98	
-----ICF <i>b</i> -----						
Marandu	10.5Abc	11.5Aa	11.4Aab	9.9Ac	7.5Ad	0.18
Mombaça	8.2Ba	7.6Ba	6.4Bb	5.7Bc	4.7Bd	
E.P.M.	0.48	0.30	0.21	0.19	0.29	
-----ICF Total-----						
Marandu	43.4Abc	44.9Aa	45.0Aab	42.9Ac	37.58Ad	0.79
Mombaça	38.4Ba	36.4Bb	33.4Bc	31.6Bd	28.59Be	
E.P.M.	1.06	0.87	0.91	0.91	1.29	

2619 Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem  
 2620 entre si ( $P < 0,05$ ) pelo teste de probabilidade das diferenças (pdiff).

2621

2622  
2623

## ANEXOS II



2624

2625 **Fig. 1.** Balanço hídrico mensal (com precipitação, déficit e excesso no solo,  
2626 considerando uma capacidade de água disponível de 40 cm), temperatura média e  
2627 radiação fotossinteticamente ativa (RFA) mensal entre as 06:00 e 18:00 horas do  
2628 período experimental (21-03-15 a 21-06-2016).

2629

2630

**Tabela 1. Análises química do solo da área experimental**

2631

SB: Soma de bases; CTC: capacidade de troca catiônica; V: Saturação por bases; M.O.:

2632

Matéria orgânica.

Análise	pH H <sub>2</sub> O	pH CaCl <sub>2</sub>	P mg/dm <sup>3</sup>	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V	M.O.
									cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	%	g/kg
23/9/14	5,70	5,0	2,87	98,00	1,59	0,81	0,00	5,12	2,65	7,77	34,08	24,23
5/10/15	5,82	5,5	2,65	70,33	4,11	1,08	0,00	4,62	5,36	10,00	53,6	25,03
28/5/16	5,52	-	4,18	121,93	4,49	1,71	0,00	4,29	6,51	10,80	57,65	-

2633

2634

2635 **Tabela 2. Acúmulo de forragem (AF) dos cultivares Marandu e Mombaça por**  
 2636 **estação sob dois aportes de nitrogênio**  
 2637 Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem  
 2638 entre si ( $P < 0,05$ ) pelo teste de probabilidade das diferenças (pdiff)

Cultivar	Adub. N	ESTAÇÃO					E.P.M.
		Out/15	Inv/15	Prim/15	Verão/15	Out/16	
-----AF Mg/ha-----							
Marandu	0	5,0Ba	0,9Ad	3,3Bbc	4,1Cab	2,2Cc	0,38
	550	5,4Bb	0,8Ad	6,6Aa	7,5Ba	3,6Bc	
Mombaça	0	5,6Ba	0,3Ad	1,8Cc	3,2Cb	1,1Ccd	0,38
	550	7,4Ab	0,3Ad	7,2Ab	13,4Aa	5,3Ac	
E.P.M.		0,42					

2639

2640

2641 **Tabela 3. Quantidade de folha, colmo e material morto no AF dos cultivares**  
 2642 **Marandu e Mombaça por estação sob dois aportes de nitrogênio**  
 2643 Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem  
 2644 entre si ( $P < 0,05$ ) pelo teste de probabilidade das diferenças (pdiff).

Cultivar	Adub. N	ESTAÇÃO					E.P.M.
		Out/15	Inv/15	Prim/15	Verão/15	Out/16	
-----Folha kg/ha-----							
Marandu	0	1169Aa	171Ab	821Ca	718Dab	809BCa	196,5
	550	1767Aa	119Ab	1590Aa	1945Ba	1411ABa	
Mombaça	0	1812Aa	-	469Dc	1140Cb	369Cc	208,0
	550	2257Ab	-	1073Bc	3432Aa	1719Ab	
E.P.M.		372,8	213,7	51,2	129,6	205,7	
-----Colmo kg/ha-----							
---	0	80Aa	-	10Ab	42Bab	27Bab	---
---	550	158Ab	-	20Ad	350Aa	78Ac	---
E.P.M.		28,4	-	3,7	56,3	13,5	
-----Morto kg/ha-----							
Marandu	0	17Ab	197Aa	65Bb	76Ab	83ABb	31,4
	550	39Aa	119Aa	52BCa	73Aa	42ABa	
Mombaça	0	32Aa	-	12Ca	58Aa	10Ba	17,9
	550	22Ab	-	148Aa	14Ab	125Aa	
E.P.M.		14,5	37,0	13,9	30,0	32,5	

2645

2646

2647 **Tabela 4. Proporção de folha, colmo e material morto no AF dos cultivares**  
 2648 **Marandu e Mombaça por estação sob dois aportes de nitrogênio**  
 2649 Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem  
 2650 entre si ( $P < 0,05$ ) pelo teste de probabilidade das diferenças (pdiff)

Cultivar	Adub. N	ESTAÇÃO					E.P.M.
		Out/15	Inv/15	Prim/15	Verão/15	Out/16	
-----% Folha-----							
Marandu	0	90,9ABa	41,9Ab	90,8BCa	85,4ABa	86,5Ba	3,6
	550	85,9Bab	48,4Ac	94,5ABa	80,3Bb	91,3Aba	
Mombaça	0	96Aab	-	97,3Aa	92,5Ab	97,7Aa	1,4
	550	95,4Aa	-	87,9Cc	92,4Aab	89,6ABbc	
E.P.M.		2,3	4,3	1,3	3,0	2,9	
-----% Colmo-----							
Marandu		10,1Aa	8,3ab	2,3Ac	11,3Aa	5,5Ab	0,3
Mombaça		2,9Bab	-	0,0Bb	5,0Ba	1,7Bab	---
---	0	5,3Aa	-	1,1Ab	4,4Bab	2,6Bab	---
---	550	7,7Aab	-	1,2Ac	11,9Aa	4,7Ab	---
E.P.M.		1,6	1,3	0,2	1,4	0,6	
-----% Morto-----							
Marandu	0	1,0Ab	48,1Aa	7,1Bb	8,6Ab	8,3Ab	2,6
	550	1,9Ab	45,0Aa	3,2Cb	3,1Ab	2,9Ab	
Mombaça	0	1,5Aa	-	2,7Ca	4,8Aa	2,3Aa	1,2
	550	1,4Ac	-	12,1Aa	0,4Ac	6,9Ab	
E.P.M.		0,8	3,8	1,1	2,6	2,0	

2651

2652

2653 **Tabela 5. Interceptação luminosa (IL), índice de área foliar não destrutivo (IAF) e**  
 2654 **RFA no dossel na altura do resíduo dos cultivares Marandu e Mombaça por**  
 2655 **estação sob dois aportes de nitrogênio**  
 2656 Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem  
 2657 entre si ( $P < 0,05$ ) pelo teste de probabilidade das diferenças (pdiff)

Cultivar	Adub. N	ESTAÇÃO					E.P.M.
		Out/15	Inv/15	Prim/15	Verão/15	Out/16	
----Interceptação luminosa na altura do resíduo (%)----							
Marandu	0	80,3Ba	23,1Ae	48,3Bd	67,7Bb	58,3Bc	3,1
	550	87,2ABa	14,1Bd	62,2Ac	87,3Aa	72,5Ab	
Mombaça	0	89,6ABa	12,6Be	41,7Cc	56,2Cb	33,3Cd	2,0
	550	95,0Aa	11,1Bc	60,2Ab	91,7Aa	59,3Ab	
E.P.M.		3,6	1,4	1,8	3,0	4,0	
Índice de área foliar não destrutivo na altura do resíduo							
Marandu	0	3,5Ba	0,5Ac	1,6Bb	2,1Cb	2,0Bb	0,3
	550	4,5Aba	0,3Bc	3,0Ab	3,6Bb	3,1Ab	
Mombaça	0	4,3Aba	0,3Bd	1,1Bbc	1,4Db	0,9Cc	0,2
	550	5,2Aa	0,2Be	3,1Ac	4,4Ab	2,6ABd	
E.P.M.		0,4	0,03	0,2	0,2	0,3	
-----RFA no dossel na altura do resíduo ( $\mu\text{mol m}^2/\text{s}$ )-----							
Marandu	0	280Ac	999Aa	1005Ba	555Ab	697Bb	85,2
	550	198Abc	1407Aa	721Cb	197Bc	450Bc	
Mombaça	0	158ABd	1412Aa	1120Ab	690Ac	1199Aab	80,3
	550	79Bc	1440Aa	755Cb	136Bc	669Bb	
E.P.M.		48,5	146,6	31,6	96,0	88,5	

2658

2659

2660 **Tabela 6. Teor de FDN, FDA e PB no AF dos cultivares Marandu e Mombaça por**  
 2661 **estação sob dois aportes de nitrogênio**

2662 Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem  
 2663 entre si ( $P < 0,05$ ) pelo teste de probabilidade das diferenças (pdiff).

Cultivar	Adub. N	ESTAÇÃO				E.P.M.
		Out/15	Inv/15	Prim/15	Verão/15	
-----FDN (%)-----						
---	0	56,9Aa	-	53,3Ab	59,7Aa	---
---	550	58,3Aa	-	47,3Bb	59,9Aa	---
E.P.M.		1,7	-	0,5	1,0	
-----FDA (%)-----						
Marandu	---	27,0Aa	27,0a	21,6Bb	27,6Ba	0,65
Mombaça	---	30,8Aa	-	23,8Ab	32,5Aa	
---	0	27,5Aa	-	23,8Ab	29,5Aa	---
---	550	30,2Aa	-	21,6Bb	30,5Aa	---
E.P.M.		1,6	0,9	0,3	0,7	
-----PB (%)-----						
Marandu	---	14,3Ab	8,8c	16,5Aa	13,5Ab	0,30
Mombaça	---	13,1Ab	-	16,0Aa	11,1Bc	
---	0	13,4Aa	-	12,3Ba	10,0Bb	---
---	550	14,0Ab	-	20,2Aa	14,6Ab	---
E.P.M.				0,4		

2664

2665

2666 **Tabela 7. Massa de forragem (MF) dos cultivares Marandu e Mombaça por**  
 2667 **estação sob dois aporte de nitrogênio**

2668 Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem  
 2669 entre si ( $P < 0,05$ ) pelo teste de probabilidade das diferenças (pdiff)

Cultivar	Adeb. N	ESTACÃO					E.P.M.
		Out/15	Inv/15	Prim/15	Verão/15	Out/16	
-----MF Mg/ha-----							
Marandu	0	5,4Aab	4,4Cc	5,2Cabc	4,7Cbc	6,0Ba	0,4
	550	6,5Aa	4,1Cb	6,2Ba	5,9BCa	5,5Ba	
Mombaça	0	7,5Aa	6,5Aa	5,5BCa	7,1Ba	5,9Ba	0,9
	550	8,7Aab	5,6Bc	7,5Abc	10,0Aab	10,4Aa	
E.P.M.		1,5	0,3	0,2	0,5	0,7	

2670

2671

2672 **Tabela 8. Altura, Interceptação luminosa (IL), índice de área foliar não destrutivo**  
 2673 **(IAF) e RFA ao nível do solo no pré corte dos cultivares Marandu e Mombaça por**  
 2674 **estação sob dois aportes de nitrogênio**

2675 Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem  
 2676 entre si ( $P < 0,05$ ) pelo teste de probabilidade das diferenças (pdiff).

Cultivar	Adub. N	ESTAÇÃO					E.P.M.
		Out/15	Inv/15	Prim/15	Verão/15	Out/16	
-----Altura (cm)-----							
Marandu	0	35,9Ca	20,1Bc	31,4Db	32,7Db	22,8Dc	0,9
	550	43,0Bb	20,6Be	40,3Cc	48,1Ca	30,3Cd	
Mombaça	0	92,1Aa	45,8Ae	63,1Bc	81,0Bb	55,2Bd	1,5
	550	95,4Ab	45,3Ad	75,4Ac	114,8Aa	78,8Ac	
E.P.M.		1,3					
-----Interceptação luminosa (%)-----							
Marandu	0	92,7Ca	66,5Bc	81,3Bb	86,4Bab	83,7Aa	2,4
	550	95,0BCa	54,1Cc	84,9Bb	95,6Aa	86,0Ab	
Mombaça	0	97,1Aba	80,4Abc	84,9Bb	79,8Cbc	76,9Ac	2,3
	550	98,3Aa	71,3ABc	92,5Aab	97,3Aa	88,7Ab	
E.P.M.		0,9	3,3	1,2	1,5	3,7	
-----Índice de área foliar não destrutivo-----							
Marandu	0	5,2Ca	1,9Bc	3,6Cb	3,6Bb	4,2Ab	0,33
	550	5,9BCa	1,5Bc	4,6Bb	5,4Aab	4,6Ab	
Mombaça	0	6,5ABa	3,0Ac	3,7Cb	2,8Cc	3,1Abc	0,24
	550	6,9Aa	2,2Bd	6,0Ab	6,0Ab	4,9Ac	
E.P.M.		0,27	0,22	0,12	0,23	0,58	
-----RFA abaixo do dossel ( $\mu\text{mol m}^2/\text{s}$ )-----							
Marandu	0	120Ad	443Ba	363Aab	211Bcd	273ABbc	46,6
	550	87Ac	726Aa	279Bb	71Cc	226ABb	
Mombaça	0	46Bb	338Ba	296Ba	361Aa	405Aa	53,2
	550	27Bb	421Ba	144Cb	37Cb	175Bb	
E.P.M.		14,0	76,0	21,7	33,3	60,2	

2677

2678 **Tabela 9. Teor de FDN, FDA e PB na MF dos cultivares Marandu e Mombaça por**  
 2679 **estação sob dois aportes de nitrogênio**

2680 Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem  
 2681 entre si ( $P < 0,05$ ) pelo teste de probabilidade das diferenças (pdiff).

Adub. N	ESTAÇÃO				E.P.M.
	Out/15	Inv/15	Prim/15	Verão/15	
-----FDN (%)-----					
0	62,0Ab	63,5Ab	61,8Ab	66,7Aa	0,65
550	62,7Ab	65,5Aa	55,9Bc	63,4Bab	
E.P.M.	1,2	1,1	0,7	0,7	
-----FDA (%)-----					
0	33,6Aab	34,9Aa	33,3Ab	36,0Aa	0,57
550	34,8Aa	36,3Aa	29,3Bb	35,1Aa	
E.P.M.	1,5	0,6	0,5	0,3	
-----PB (%)-----					
0	9,6Aa	5,4Bc	6,3Bb	5,7Bc	0,29
550	10,4Ab	7,2Ac	14,2Aa	11,6Ab	
E.P.M.	0,8	0,2	0,2	0,3	

2682