



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA**  
**PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA**

**ELAYNE CRISTINA GADELHA VASCONCELOS**

**MORFOFISIOLOGIA DO CAPIM-TAMANI IRRIGADO SOB DOSES DE  
NITROGÊNIO**

**FORTALEZA**

**2018**

ELAYNE CRISTINA GADELHA VASCONCELOS

MORFOFISIOLOGIA DO CAPIM-TAMANI IRRIGADO SOB DOSES DE  
NITROGÊNIO

Tese apresentada ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia (PDIZ) da Universidade Federal do Ceará (UFC), Universidade Federal da Paraíba (UFPB) e Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Zootecnia.

Área de concentração: Forragicultura

Orientador: Prof. Dr. Magno José Duarte  
Cândido

Coorientador: Prof. Dr. Roberto Cláudio  
Fernandes Franco Pompeu

**FORTALEZA**

**2018**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

V45m Vasconcelos, Elayne Cristina Gadelha.  
Morfofisiologia do capim-tamani irrigado sob doses de nitrogênio / Elayne Cristina Gadelha  
Vasconcelos. – 2018.  
63 f. : il. color.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Fortaleza, 2018.

Orientação: Prof. Dr. Magno José Duarte Cândido.

Coorientação: Prof. Dr. Roberto Cláudio Fernandes Franco Pompeu.

1. Taxa de fotossíntese líquida. 2. Número de novas folhas. 3. Taxa de crescimento relativo. 4. Densidade populacional de perfilhos. 5. Biomassa de lâmina foliar colhível. I. Título.

CDD 636.08

---

ELAYNE CRISTINA GADELHA VASCONCELOS

MORFOFISIOLOGIA DO CAPIM-TAMANI IRRIGADO SOB DOSES DE  
NITROGÊNIO

Tese apresentada ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, Universidade Federal da Paraíba e Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Zootecnia.  
Área de concentração: Forragicultura.

Tese defendida e aprovada em 03/07/2018.

BANCA EXAMINADORA

---

Dr. Roberto Cláudio Fernandes Franco Pompeu (Coorientador)  
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Caprinos e Ovinos

---

Prof (a). Dra. Maria Socorro de Souza Carneiro  
Universidade Federal do Ceará- (UFC)

---

Dr. Marcos Neves Lopes  
Universidade Federal do Ceará – (UFC)

---

Dra. Ana Clara Rodrigues Cavalcante  
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – (Embrapa Caprinos e Ovinos)

---

Dr. Marlos Alves Bezerra  
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – (Embrapa Agroindústria Tropical)

A Deus, por estar sempre ao meu lado me ajudando a vencer os obstáculos que aparecem no decorrer dessa caminhada e me dando sabedoria.

Aos meus pais José Edinevaldo e Maria do Socorro e à minha madrinha Fátima Gadelha com muito amor e respeito.

**Dedico**

## AGRADECIMENTOS

A **Deus Pai**, em primeiro lugar, pela vida, pela saúde, pela sabedoria, pela força para vencer os obstáculos do nosso dia a dia e pela sua infinita misericórdia na minha vida, por não ter desistido de mim e ter me dado tantas oportunidades para crescer e ter colocado pessoas maravilhosas em meu caminho.

Aos meus pais, José Edinevaldo e Maria do Socorro, pela dedicação a mim, pelo incentivo aos meus estudos.

À minha madrinha e mãe de coração, Fátima Gadelha, minha querida Dadinha, pelo apoio, incentivo, pelas palavras de conselho e por suas noites de oração por mim.

Aos meus avós Raimundo Gadelha (*in memoriam*) e Maria Gadelha, que cuidaram de mim desde criança, me incentivaram a estudar e me deram amor incondicional, muito do que sou hoje devo a eles. Saiba, vovô, que sua Mãezinha (apelido que me dera), jamais se esquecerá de tudo que o senhor ensinou e fez por mim. Eu amo vocês.

À Universidade Federal do Ceará pela oportunidade de ingressar no curso de Pós-graduação de excelência em qualidade e desenvolver o trabalho de tese, contribuindo para o desenvolvimento de novas pesquisas e tecnologias.

Ao professor Magno José Duarte Cândido, pela oportunidade e confiança de realizar esse trabalho, pela amizade, incentivo, orientações, durante todo o curso.

À Dra. Ana Clara Cavalcante, pela amizade, pelos conselhos, compreensão e paciência, pela disposição que sempre teve em me ajudar nas horas em que eu mais precisava e pelas sugestões valiosas para esta tese.

Ao Dr. Roberto Pompeu, pela amizade, paciência, ensinamentos, incentivo e apoio durante toda essa jornada e sugestões que muito contribuiu para este trabalho.

Ao Dr. Rafael Tonucci, pelas sugestões, pelo incentivo que muito contribuíram durante essa jornada.

Ao Doutorando Clésio dos Santos Costa e Marcos Neves, pela ajuda na análise estatística dos dados, meu muito obrigada.

Aos membros da banca examinadora, Professora Maria Socorro de Souza Carneiro, Dr. Roberto Claudio Fernandes Franco Pompeu, Dra. Ana Clara Rodrigues Cavalcante, Dr. Marlos Alves Bezerra e ao Dr. Marcos Neves Lopes pelas sugestões a este trabalho, pelo apoio e palavras de incentivo.

Ao Núcleo de Ensino e Estudos em Forragicultura e ao Laboratório de Nutrição Animal da UFC, pelo apoio na realização desta pesquisa.

Ao meu amigo Marcos Neves, que contribuiu com muita dedicação, força de vontade e perseverança me ajudando a conduzir este trabalho de maneira maravilhosa.

À minha amiga Leiliane, minha querida Nega, pela amizade sincera, pelas palavras de incentivo, pelos conselhos, pela paciência, pelas lições de vida e pelo grande apoio, jamais me esquecerei de você, você é a irmã que eu não tive.

Ao meu querido Gutenberg, por me animar nas horas difíceis, por sua amizade e companheirismo ao longo dessa jornada.

Ao meu irmão Wesley, pela amizade sincera, pelas palavras de incentivo, pelos conselhos, pela paciência e pelo grande apoio.

Aos amigos: Theyson, Jefte, Leane e Tyssia amigos que eu sei que posso contar sempre que eu precisar... Amigo de verdade não abandona a outra nas horas mais difíceis e vocês sempre estavam ao meu lado me incentivando e apoiando. Amo vocês do fundo do meu coração.

Aos amigos, Theyson, Jefte, Odécia, Marta, Daniele, Leonardo, Ellen, Samuel, Clemente, Eulalia, pelos muitos momentos de alegria que tivemos dentro e fora da Universidade. Foi muito bom tê-los conhecido.

À minha segunda família, os estagiários: Bruno Almeida, Mateus Moreira, Breno, Daiane, Raynara, Bruna e Ítalo em nome de todos os colaboradores que auxiliaram na coleta de dados do experimento, pela dedicação e empenho para que o trabalho fosse realizado com qualidade.

À secretária do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Francisca, que sempre me atendeu com atenção e carinho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

A todos os professores e funcionários da Universidade Federal do Ceará, que contribuíram para minha formação.

A todos que contribuíram de alguma forma para que eu pudesse realizar este trabalho, meus sinceros e humildes agradecimentos.

## **Salmo 46**

*Deus é o nosso refúgio e fortaleza, socorro bem presente nas tribulações. Portanto, não temeremos ainda que a terra se transtorne e os montes se abalem no seio dos mares, ainda que ás águas tumultue e espumeje e na sua fúria os montes se estremeçam. O senhor dos exércitos está conosco, o Deus de Jacó é o nosso refúgio.*

## RESUMO

A disponibilidade de nutrientes associada a espécies forrageiras de alta produção de biomassa são fundamentais para o sucesso da produtividade animal em pastagens. Nessa perspectiva, o lançamento de novos cultivares mais eficientes, como o capim-tamani, surge como alternativa para tornar os sistemas de produção a pasto menos susceptíveis à estacionalidade produtiva. Objetivou-se avaliar as trocas gasosas, fluxo de biomassa, características estruturais, componentes da biomassa e os índices de crescimento do capim-tamani sob doses de nitrogênio (0; 300; 600 e 1200 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>). Para as avaliações de fluxo de biomassa, características estruturais e componentes da biomassa utilizou-se delineamento em blocos completos casualizados, com três repetições. Para as variáveis de trocas gasosas e índices de crescimento, utilizou-se o delineamento em blocos completos casualizados, em arranjo de parcelas subdividas, sendo as doses de nitrogênio alocada nas parcelas e o número de novas folhas produzidas as subparcelas, com três repetições. As avaliações foram realizadas no período de descanso do pasto após a desfolhação para um índice de área foliar (IAF) residual de 1,0 e até o momento que pasto atingisse um número de novas folhas produzidas por perfilho (NNF) de 3,0, encerrando o período de rebrotação. Houve interação positiva entre doses de nitrogênio e NNF para as variáveis: temperatura da folha, taxa de transpiração foliar, condutância estomática, taxa de fotossíntese líquida, eficiência instantânea de carboxilação e índice relativo de clorofila. A maior transpiração foliar (4,74 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) foi registrada na dose 999,2 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> com NNF de 2,4. A máxima fotossíntese líquida foi de 25,3 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, registrado na dose 871,3 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> com NNF de 2,3. Não constatou-se interação entre doses de nitrogênio e NNF para nenhuma das variáveis de crescimento vegetativo. A maior taxa de crescimento da cultura (56,9 g m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>) foi registrada na dose 1200 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> com NNF de 1,8. A máxima taxa de crescimento relativo foi de 0,12 g g<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, registrado na dose 1200 kg•ha<sup>-1</sup>•ano<sup>-1</sup> e NNF de 1,0. Verificou-se valor superior para a TAL (6,0 g m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>), na dose 1200 kg N ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e NNF de 1,0. As taxas de alongamento foliar, de colmo, de produção de forragem e de acúmulo de forragem responderam crescentemente até a dose de 1200 kg N ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Constatou-se resposta linear decrescente para filocrono e duração de vida das folhas, proporcionando uma redução de 0,037 e 0,00815 dias, respectivamente, por quilograma de nitrogênio. As taxas de senescência foliar anterior não foram influenciadas pela adubação nitrogenada, com valores médios iguais a 0,363±0,100 cm perfilho<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>. Constatou-se resposta linear crescente com a elevação das doses de nitrogênio para: biomassa de forragem total acumulada, de forragem verde, de lâmina foliar verde, densidade

populacional de perfilhos, altura do pasto, índice de área foliar e interceptação da radiação fotossinteticamente ativa. A adubação nitrogenada proporciona respostas positivas sobre as trocas gasosas e a morfofisiologia do capim-tamani, podendo-se utilizar uma dose de nitrogênio de até 1200 kg ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>.

**Palavras-chave:** Taxa de fotossíntese líquida. Número de novas folhas. Taxa de crescimento relativo. Densidade populacional de perfilhos. Biomassa de lâmina foliar colhível. *Megathyrus maximus*. *Panicum maximum*.

## ABSTRACT

The availability of nutrients associated with forage species of high biomass production are essential to the success of animal productivity in pastures. In this perspective, the release of new and more efficient cultivars, such as tamani grass, appears as an alternative to make pasture production systems less susceptible to production seasonality. The goal of this study was to evaluate the gas exchange, biomass flow, structural characteristics, biomass components and growth rates of tamani grass subjected to different nitrogen doses (0, 300, 600 and 1200 kg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>). For analysis of biomass flow, structural characteristics and biomass components, a randomized complete block design with three replications was used. For the variables of gas exchange and growth indices, a split plot randomized complete block design was used, with the nitrogen doses assigned to the plots and the number of new leaves produced to the subplots, with three replications. The evaluations were performed in the rest period of the pasture after defoliation to a residual leaf area index (LAI) of 1.0 and until the moment that pasture reached a number of new leaves produced per tiller (NNF) of 3.0, ending the regrowth period. There was a positive interaction between nitrogen doses and NNF for leaf temperature, leaf transpiration rate, stomatal conductance, net photosynthesis rate, instantaneous carboxylation efficiency and relative chlorophyll index. The highest leaf transpiration (4.74 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) was recorded at the dose 999.2 kg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> with NNF of 2.4. The maximum net photosynthesis was 25.3 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, recorded at the dose 871.3 kg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> with NNF of 2.3. There was no interaction between nitrogen doses and NNF for any of the vegetative growth variables. The highest growth rate (56.9 g m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>) was observed at the dose 1,200 kg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> with NNF of 1.8. The maximum relative growth rate was 0.12 g g<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>, at the dose 1,200 kg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> and NNF of 1.0. There was a higher value for TAL (6.0 g m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>) at the dose 1,200 kg N ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> and NNF of 1.0. Leaf and stem elongation rates, forage yield and accumulation rates increased up to 1,200 kg N ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>. There was a decreasing linear response for phyllochron and leaf life span, providing a reduction of 0.037 and 0.00815 days, respectively, per kilogram of nitrogen. The previous leaf senescence rates were not influenced by nitrogen fertilization, with mean values equal to 0.363 + 0.100 cm tiller<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>. We found an increasing linear response with the increase in nitrogen doses for: cumulative total forage biomass, green forage biomass, green leaf blade biomass, tiller population density, sward height, leaf area index and interception of photosynthetically active radiation. Nitrogen fertilization with up to 1,200 kg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> promotes positive responses on the gas exchange and the morphophysiology of tamani grass.

**Key words:** Net photosynthesis rate. Number of new leaves. Relative growth rate. Tiller population density. Harvestable leaf biomass. *Megathyrus maximus*. *Panicum maximum*.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1-	Vista geral da área experimental.....	19
Figura 2-	Realização da semeadura manual da gramínea.....	21
Figura 3-	Datas de realização dos ciclos de avaliação nos diferentes tratamentos.....	21
Figura 4-	Médias de um intervalo de 10 dias para a temperatura, precipitação, umidade relativa do ar e radiação solar e evapotranspiração durante o período experimental.....	22
Figura 5-	Corte de uniformização do pasto a 10 cm acima do solo (A e B), avaliação do sistema de irrigação (C) e aplicação de adubo nitrogenado via pulverização (D) .....	23
Figura 6-	Obtenção de dados utilizando o IRGA (A) e o clorofilômetro portátil (B)..	25
Figura 7-	Identificação das folhas utilizadas na mensuração das trocas gasosas.....	27
Figura 8-	Identificação das hastes (A) e mensuração das características do fluxo de biomassa (B).....	29
Figura 9-	Medição da IRFA e IAF com medidor PAR-LAI (A), da altura do pasto (B), corte da biomassa colhível a 16 cm da superfície do solo (C) e fracionamento da biomassa colhível em fração folha, colmo e material morto (D).....	30
Figura 10-	Temperatura da folha (TFOL) de <i>Megathyrsus maximus</i> cv. BRS Tamani em função das doses de nitrogênio e número de novas folhas produzidas ...	33
Figura 11-	Transpiração foliar (E) de <i>Megathyrsus maximus</i> cv. BRS Tamani em função das doses de nitrogênio e número de novas folhas produzidas .....	35
Figura 12-	Condutância estomática (gs) de <i>Megathyrsus maximus</i> cv. BRS Tamani em função das doses de nitrogênio e número de novas folhas produzidas ...	36
Figura 13-	Fotossíntese foliar (A) de <i>Megathyrsus maximus</i> cv. BRS Tamani em função das doses de nitrogênio e número de novas folhas produzidas .....	37
Figura 14-	Eficiência instantânea de carboxilação (EiC) de <i>Megathyrsus maximus</i> cv. BRS Tamani em função das doses de nitrogênio e número de novas folhas produzidas .....	38
Figura 15-	Índice relativo de clorofila (IRC) de <i>Megathyrsus maximus</i> cv. BRS Tamani em função das doses de nitrogênio e número de novas folhas produzidas .....	39

- Figura 16- Taxa de assimilação líquida (TAL) de *Megathyrsus maximus* cv. BRS Tamani em função das doses de nitrogênio e número de novas folhas produzidas ..... 40
- Figura 17- Índice de área foliar (IAF) de *Megathyrsus maximus* cv. BRS Tamani em função das doses de nitrogênio e número de novas folhas produzidas ..... 42
- Figura 18- *Megathyrsus maximus* cv. BRS Tamani em função das doses de nitrogênio e número de novas folhas produzidas ..... 43
- Figura 19- Taxa de crescimento da cultura (TCC) de *Megathyrsus maximus* cv. BRS Tamani em função das doses de nitrogênio e número de novas folhas produzidas ..... 44
- Figura 20- Taxa de crescimento relativo (TCR) de *Megathyrsus maximus* cv. BRS Tamani em função das doses de nitrogênio e número de novas folhas produzidas ..... 45
- Figura 21- Taxa de alongamento foliar (TAIF), Taxa de alongamento do colmo (TAIC), Fil (Filocrono) e DVF (duração de vida da folha) em pasto de *Megathyrsus maximus* cv. BRS Tamani irrigado sob doses crescentes de adubação nitrogenada..... 47
- Figura 22- Taxa de produção de forragem (TPF) e taxa de acúmulo de forragem (TAF) em pasto de *Megathyrsus maximus* cv. BRS Tamani irrigado sob doses crescentes de adubação nitrogenada..... 49
- Figura 23- Período de descanso (PD), Altura do pasto (Alt), Interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (IRFA) e Índice de área foliar (IAF) em pasto de *Megathyrsus maximus* cv. BRS Tamani irrigado sob doses crescentes de adubação nitrogenada..... 50
- Figura 24- Biomassa total de forragem colhível (BFT<sub>C</sub>), Biomassa de forragem verde colhível (BFV<sub>C</sub>), Biomassa de lâmina foliar verde colhível (BLV<sub>C</sub>) em pasto de *Megathyrsus maximus* cv. BRS Tamani irrigado sob doses crescentes de adubação nitrogenada..... 52

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1- Características químicas do solo da área experimental, na profundidade de 0 a 20 cm, ao início da instalação do experimento.....	20
--	----

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>19</b>
<b>2.1</b>	<b>Localização da área e período e experimental .....</b>	<b>19</b>
<b>2.2</b>	<b>Tratamentos e delineamento experimental .....</b>	<b>20</b>
<b>2.3</b>	<b>Manejo do pasto.....</b>	<b>22</b>
<b>2.4</b>	<b>Avaliação das trocas gasosas.....</b>	<b>24</b>
<b>2.5</b>	<b>Avaliação dos índices de crescimento.....</b>	<b>26</b>
<b>2.6</b>	<b>Avaliação do fluxo de biomassa do dossel .....</b>	<b>28</b>
<b>2.7</b>	<b>Avaliação das características estruturais e dos componentes da biomassa colhível do dossel.....</b>	<b>30</b>
<b>2.8</b>	<b>Análise estatística dos dados .....</b>	<b>32</b>
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>33</b>
<b>3.1</b>	<b>Trocas gasosas e pigmentos fotossintéticos.....</b>	<b>33</b>
<b>3.2</b>	<b>Índices de crescimento.....</b>	<b>40</b>
<b>3.3</b>	<b>Fluxo de biomassa.....</b>	<b>46</b>
<b>3.4</b>	<b>Características estruturais e componentes da biomassa acumulada do dossel.....</b>	<b>50</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>56</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>57</b>
	<b>ANEXO A – DECLARAÇÃO DA CORREÇÃO ORTOGRÁFICA, LINGUÍSTICA E NORMAS DA ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS) .....</b>	<b>62</b>
	<b>ANEXO B – DECLARAÇÃO DE QUE O ABSTRACT DA TESE FOI VERSADO PARA A LÍNGUA INGLESA.....</b>	<b>63</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A população mundial é de 7,2 bilhões de pessoas, mas segundo as estimativas da Organização das Nações Unidas (ONU) deverá ser de 9,6 bilhões em 2050 (GERLAND et al., 2014). O que revela elevado crescimento populacional para as décadas futuras, com isso, a demanda por alimentos será cada vez maior, promovendo maior pressão para maximizar a produção de alimentos, visando a atender à população mundial.

Nesse contexto, as pastagens representam a forma mais economicamente viável para a produção de alimentos nos sistemas de produção animal em âmbito mundial. Diante dessa conjuntura, o Brasil revela um imenso potencial que poderá atender à demanda alimentícia, com o aumento do crescimento populacional no mundo, por ser um detentor de condições climáticas que potencializam a capacidade produtiva das pastagens proporcionada por sua elevada insolação, associado ao clima quente e úmido, além de vasta extensão territorial (DIAS-FILHO, 2015; BÜRGI; PAGOTTO, 2002).

O Brasil possui aproximadamente 196 milhões de hectares de pastagens (FAOSTAT, 2013), desse montante cerca de 100 milhões são constituídos por pastagens cultivadas, além disso, estima-se que aproximadamente oito milhões de ha de pastagens são renovados ou recuperados no Brasil anualmente (EUCLIDES et al., 2010, JANK et al., 2014). Sendo essas áreas de pastagens cultivadas ocupadas principalmente por gramíneas do gênero *Panicum maximum*, por apresentar características como boa produção de forragem, boa adaptação ao clima, facilidade de estabelecimento, persistência, bom valor nutritivo, baixa suscetibilidade a doenças e pragas e bom crescimento durante a maior parte do ano fizeram os capins desse gênero muito popular entre os pecuaristas (COSTA et al., 2005).

Frente a esse cenário de mudanças, a inserção de novos genótipos forrageiros surge como alternativa para a diversificação das pastagens brasileiras cuja base é composta de uma quantidade relativamente pequena de genótipos. Dentre as opções de gramíneas forrageiras, as gramíneas do gênero *Megathyrsus* estão entre as mais largamente cultivadas sob pastejo intensivo no Brasil. Na perspectiva de melhorar os índices de produtividade dos rebanhos, a Embrapa tem desenvolvido e lançado novos cultivares do gênero *Megathyrsus maximus* como alternativa para os produtores, tornando os sistemas de produção a pasto mais produtivos, em virtude da demanda cada vez mais forte por volumosos de qualidade.

A introdução de material genético do gênero *Panicum* no Brasil, alguns trazidos da África, como é o caso do cultivar Aruana (Instituto de Zootecnia, 1979), outros

desenvolvidos por outros países como os cultivares Gatton e Hamil lançados na Austrália (JANK, 1995) e o Tobiatã, lançado pelo ORSTOM (*Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération*) na Costa do Marfim e em seguida pelo IAC (Instituto Agrônomo de Campinas) no Brasil (USBERTI FILHO, 1982). Além disso, o convênio firmado em 1982 entre a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária e o ORSTOM, favoreceu grandes avanços no melhoramento genético do gênero *Panicum*, por possuir uma diversificada coleção do gênero, a parceria favoreceu colocando-o em evidência (JANK et al., 1990).

Possivelmente, o Colonião foi a forma como o gênero *Panicum* foi introduzido no Brasil, originário do oeste da África (ARONOVICH, 1995). Em 1990, a Embrapa Cerrados lançou o cultivar Vencedor, e nesse mesmo ano, o cultivar Tanzânia foi lançado pela Embrapa Gado de Corte. Em 1993, a Embrapa Gado de Corte lançou o cultivar Mombaça (JANK, 1995) e em 2001 essa mesma instituição lançou o cultivar Massai e em 2015 foi lançado o cultivar Tamani.

Dentre os tantos cultivares que a Embrapa já lançou da referida espécie no mercado, o capim-massai, híbrido natural, deteve grande notoriedade nas diversas regiões brasileiras, pois possui características promissoras para manejo intensivo de pastagens: como elevada produção de folhas e baixa produção de colmo, alta capacidade de perfilhamento garantindo rápida recuperação do pasto. Contudo, os pesquisadores da Embrapa ainda enxergavam a necessidade de melhorar duas características dessa gramínea, permitindo ao produtor uma possibilidade de ampliar o leque de possibilidades que garantisse otimização do sistema de produção.

A cultivar tamani (*Megathyrus maximus* cv. BRS Tamani) foi o primeiro híbrido lançado pela Embrapa, oriundo do cruzamento entre a planta sexual S12 e o acesso apomítico T60 (BRA-007234) (EMBRAPA, 2015). É detentora de elevado potencial de produção de biomassa, flexibilidade aos possíveis erros de manejo e adaptação as condições edafoclimáticas das regiões tropicais. Essa forrageira foi lançada no mercado com a pretensão de maximizar as características até então não alcançadas pelo capim-massai.

Pesquisas que avaliem sua adaptabilidade, crescimento e desenvolvimento para produção e acúmulo de biomassa, tornam-se importantes para os sistemas de produção a pasto. Todavia, são necessários estudos que contrastem suas características fisiológicas e produtivas possibilitando conhecer melhor o desempenho dessa gramínea pouco estudada.

Nesse sentido, esse estudo foi conduzido objetivando-se quantificar e avaliar as trocas gasosas, índices de crescimento, fluxo de biomassa e características e componentes da

biomassa colhível em *Megathyrsus maximus* cv. BRS Tamani, irrigado e submetido a doses crescentes de adubação nitrogenada e número de novas folhas produzidas durante a rebrotação durante a época seca.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Localização da área e período e experimental

Conduziu-se o estudo em pasto de *Megathyrus maximus* cv. BRS Tamani, em uma área pertencente ao Núcleo de Ensino e Estudos em Forragicultura do Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará - NEEF/DZ/CCA/UFC, em Fortaleza - CE, no período de julho a dezembro de 2017.

O município de Fortaleza localiza-se na zona litorânea a 15,49 m de altitude, 30°43'02" de latitude Sul, e 38°32'35" de longitude Oeste, com clima do tipo Aw<sup>c</sup>, tropical chuvoso (KÖPPEN, 1936).

Figura 1: Vista geral da área experimental



Fonte: Elayne C. G. Vasconcelos, 2018.

O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Amarelo Eutrófico Típico (EMBRAPA, 2006). Realizou-se uma amostragem do solo no início da instalação do experimento, onde foram feitas amostras compostas (0 - 20 cm de profundidade), para determinar as características químicas do solo (Tabela 1).

**Tabela 1-** Características químicas do solo da área experimental, na profundidade de 0 a 20 cm, ao início da instalação do experimento

<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca<sup>2+</sup></b>	<b>Mg<sup>2+</sup></b>	<b>pH</b>	<b>Al<sup>3+</sup></b>	<b>SB</b>	<b>CTCt</b>	<b>MO</b>
<b>mg dm<sup>-3</sup></b>				<b>H<sub>2</sub>O</b>	<b>cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup></b>			<b>g kg</b>
24,0	30,89	1,44	1,14	6,9	N.D	7,0	5,2	14,5
Médio	Baixo	Médio	Bom	Acidez fraca		Médio	Baixa	Baixa

P – fósforo; K – potássio; Ca – cálcio; Mg – magnésio; Fe – ferro; Cu – cobre; Zn – zinco; Mn – Mangânes; pH – potencial hidrogeniônico; Al – alumínio; Na – sódio; SB – soma de bases; CTC – capacidade de troca de cátions; M.O. – matéria orgânica.

A partir dos resultados da análise de solo, foram feitas recomendações de acordo com CFSEMG (1999), para níveis de fertilidade sugeridos para gramíneas de alto potencial produtivo e com alto nível de produção.

Na ocasião do plantio foi feita adubação na linha de plantio, segundo recomendações feitas com base na análise do solo nas seguintes doses: 50 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, correspondendo a uma dose de 250 kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato simples; 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, correspondendo a uma dose de 100 kg ha<sup>-1</sup> de cloreto de potássio e 50 kg ha<sup>-1</sup> de FTE BR 12.

## 2.2 Tratamentos e delineamento experimental

Foi adotado o delineamento experimental de blocos completos inteiramente casualizado, com quatro parcelas (doses de adubação nitrogenada) e três repetições (blocos), totalizando 12 unidades experimentais de 12,5 m<sup>2</sup> cada (2,5 x 5 m). As doses de nitrogênio analisadas foram: controle – sem adubação nitrogenada; 300, 600 e 1200 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de nitrogênio.

A gramínea foi implantada em 20 de maio de 2017 por meio de plantio manual em linha, com espaçamento de 0,25 m entre linhas. Foi utilizada uma taxa de semeadura equivalente a 1930 sementes/linha de 5 m ou 5,95 g sementes puras viáveis (SPV), o que equivale a 4,8 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 2).

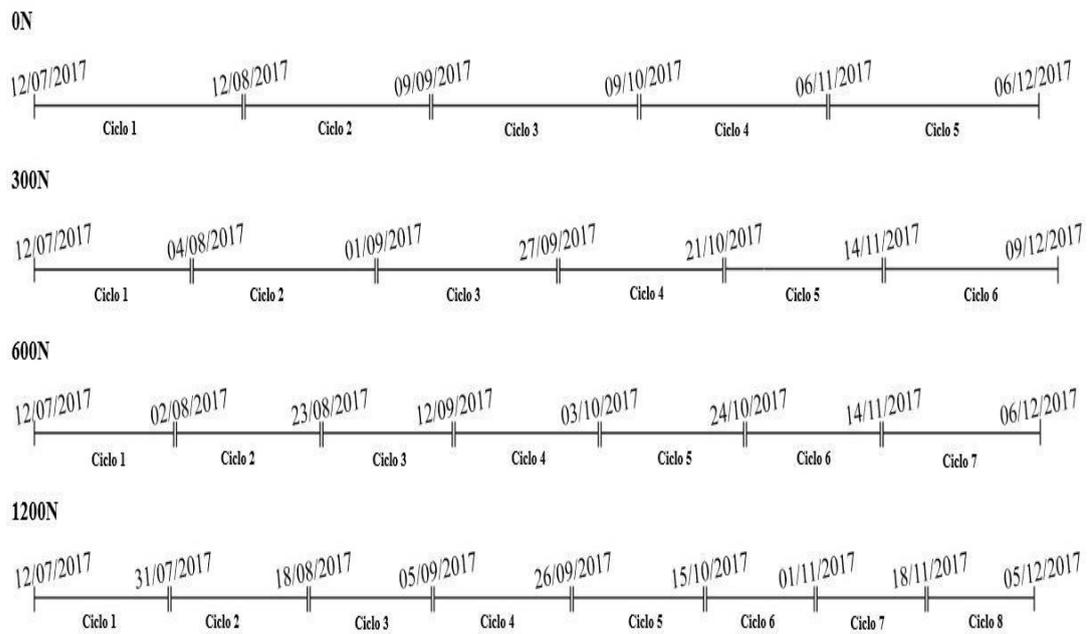
Figura 2 – Realização da sementeira manual da gramínea



Fonte: Elayne C. G. Vasconcelos, 2018.

Na Figura 3 são apresentadas as datas de início e final do intervalo entre cortes obtido em cada tratamento.

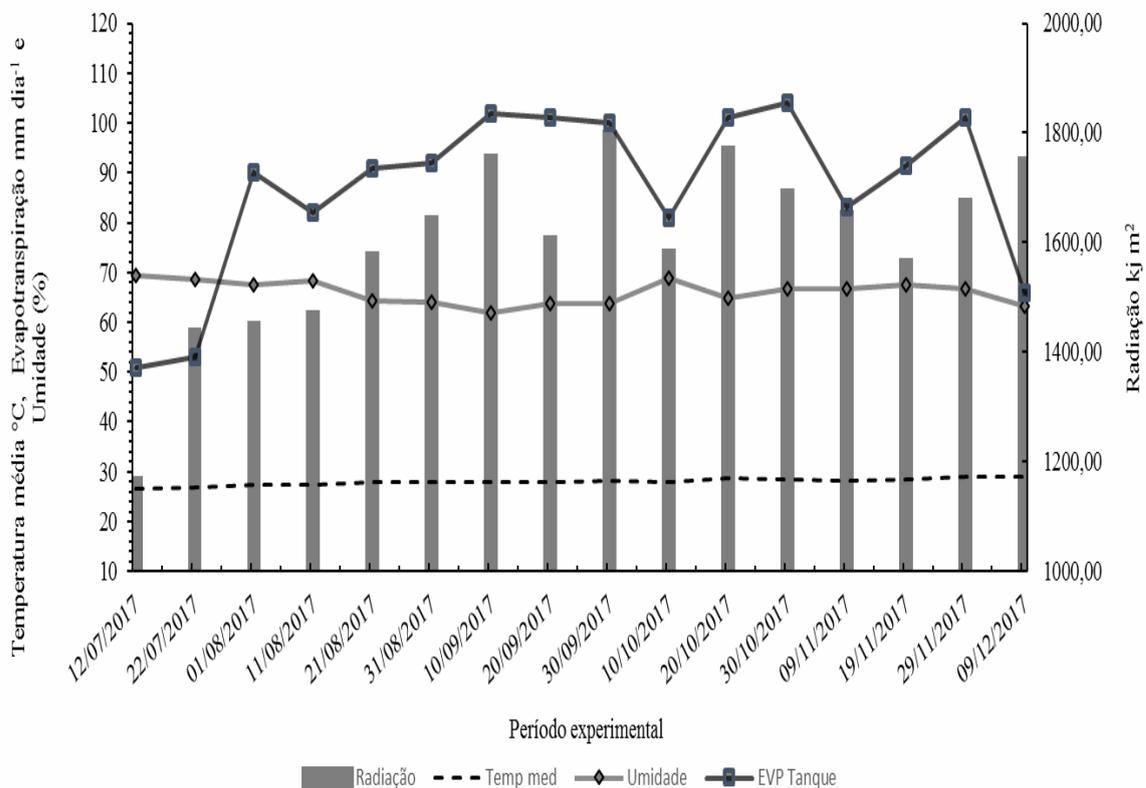
Figura 3 - Datas de realização dos ciclos de avaliação nos diferentes tratamentos



Fonte: Elayne C. G. Vasconcelos, 2018.

Os dados climáticos referentes ao período experimental foram obtidos na Estação Meteorológica da Universidade Federal do Ceará, localizada a 0,5 km da área experimental e são apresentados na Figura 4.

Figura 4 - Médias de um intervalo de 10 dias para a temperatura, precipitação, umidade relativa do ar e radiação solar e evapotranspiração durante o período experimental



Observação: Só foi registrada precipitação, de 57,6 mm, no período de 12/07/2017 a 16/07/2017.  
Fonte: Estação Meteorológica da Universidade Federal do Ceará.

### 2.3 Manejo do pasto

Após a semeadura e o estabelecimento, no dia 12 de julho de 2017, foi realizado o corte de uniformização do pasto a 10 cm de altura para todos os tratamentos. O corte foi realizado com o auxílio de uma roçadeira lateral e retirado de dentro dos piquetes a biomassa imediatamente depois do corte (Figura 5).

Manejou-se o pasto de capim-tamani sob irrigação por aspersão fixa de baixa pressão (pressão de serviço  $\leq 2,0$  kgf cm<sup>-2</sup>), com lâmina líquida diária fixa de 6,8 mm dia<sup>-1</sup> e tempo de irrigação de 40 minutos, no período matutino inicialmente às 6:00 horas, de modo a

garantir uniformização da lâmina aplicada. Inicialmente realizou-se a avaliação do sistema de irrigação, por meio da implantação de pluviômetros (Fabrimar<sup>®</sup>) a uma altura de 50 cm, em todo a área experimental com espaçamento de 3,0 x 3,0 m visando averiguar a uniformidade da aplicação da lâmina de água na unidade experimental e para determinação dos parâmetros acima citados.

Figura 5 - Corte de uniformização do pasto a 10 cm acima do solo (A e B), avaliação do sistema de irrigação (C) e aplicação de adubo nitrogenado via pulverização (D)



Fotos: Elayne C. G. Vasconcelos, 2018.

Foram realizadas adubações fosfatadas, potássica e de micronutrientes, a partir dos resultados da análise do solo. As aplicações de nitrogênio (ureia) e de potássio foram parceladas, sendo esta última dividida em cinco parcelas. A adubação nitrogenada foi dividida em duas parcelas para cada ciclo, sendo a primeira metade aplicada dois dias após o corte e a segunda aplicada na metade do período de descanso. Para todas as aplicações de nitrogênio, fez-se a diluição da ureia em água, em função da pequena quantidade do fertilizante por parcela, o que dificultaria sua aplicação na forma sólida. Para aplicação, utilizou-se um pulverizador costal, com volume de água padronizados (2500 ml), volume esse determinado por um teste de campo realizado previamente, buscando melhor uniformização de aplicação. Posteriormente realizava-se uma irrigação de 10 minutos.

Para a desfolhação foi utilizada a roçadeira lateral, com o corte de todas as parcelas a 16 cm de altura, o que garantiu a meta de manejo preconizada para o resíduo. Essa altura foi fixa para todas as doses avaliadas, conforme determinação em um pré-ensaio realizado na instalação do experimento, onde foram realizadas desfolhações e o monitoramento da altura com o auxílio de uma régua graduada, bem como do IAF residual por meio do analisador PAR/LAI em Agricultura modelo Accupar LP-80 (Decagon Devices®). Foram efetuadas seis leituras cruzadas (duas por ponto amostral, totalizando três pontos) por parcela, posicionando o equipamento acima do dossel e logo abaixo da última camada de lâminas foliares verdes.

Todas as avaliações descritas em seguida foram realizadas durante o intervalo entre cortes do pasto após a desfolhação para um índice de área foliar (IAF) residual de 1,0 até o momento que pasto atingisse a produção de três novas folhas produzidas por perfilho, caracterizando o final do período da rebrotação.

## **2.4 Avaliação das trocas gasosas**

Para as avaliações das trocas gasosas, utilizou-se um analisador de gás por radiação infravermelha (IRGA, modelo LC-Pro-SD, marca ADC *Bioscientific Ltda.* Hoddesdon, Hertfordshire, UK) (Figura 6A). Inicialmente realizou-se um curso diário da resposta fotossintética a cada duas horas (8:00; 10:00; 12:00; 14:00; 16:00 horas), em todas parcelas avaliadas (doses de nitrogênio) buscando-se determinar o horário que maximizasse a taxa de fotossíntese líquida da gramínea em estudo, onde o melhor potencial fotossintético foi registrado no horário de 10 horas, estimado por meio de equações de regressão linear para

todas as doses. Nessas avaliações, foi utilizado a fonte de luz de LEDs (*Light Emitting Diodes*), fornecendo um PAR daquele horário, onde o mesmo era obtido pelo sensor PAR do equipamento, imediatamente após determinar o valor PAR, a intensidade de luz era fixada no IRGA. Esse procedimento foi feito para todos os horários, em todas as mensurações.

Em cada uma das unidades experimentais foram escolhidas duas folhas em dois perfilhos, selecionados em touceiras com altura semelhante à média do dossel na unidade experimental. As leituras foram efetuadas na região mediana do limbo foliar, sempre escolhendo folhas sem a presença de injúrias e completamente expostas ao sol. Essas aferições eram pontuais, nos horários de 10:00 às 11:00 horas. A intensidade de luz na câmara foliar apresentou um intervalo de 1500 a 2000  $\mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , no horário avaliado durante o período experimental.

Mediu-se o índice relativo de clorofila (IRC) com um clorofilômetro (Chlorophyll Meter SPAD 502) (Figura 6 B) e após as avaliações fisiológicas, sempre nas mesmas folhas e no mesmo horário 10 às 11 horas. Essas leituras eram realizadas na região mediana da lâmina foliar, com uma média de quatro aferições para as lâminas foliares recém-expandidas.

Figura 6 - Obtenção de dados utilizando o IRGA (A) e o clorofilômetro portátil (B)



Fotos: Elayne C. G. Vasconcelos, 2018.

As medições foram feitas em quatro momentos durante a rebrotação: Inicialmente, quando a primeira folha que estava em expansão tornou-se completamente expandida (esta

apresentava-se tosada pela desfolhação referente à finalização do ciclo anterior e início do novo ciclo de avaliação, quando ainda estava dentro do cartucho de bainhas, sendo assim, somente uma parte de seu crescimento ocorreu no ciclo em avaliação atual.

Diante disso, a mesma foi considerada como 0,5 folha expandida, contudo, nesse momento já havia a presença de uma nova folha em expansão, assim, a mesma também foi contabilizada como 0,5 folha expandida, destarte, nesse primeiro momento do período de rebrotação havia 1,0 nova folha expandida no total). No segundo momento, havia duas novas folhas expandidas no perfilho: a primeira folha intacta expandida (folha emergente do momento anterior, agora expandida, bem como a folha tosada (0,5) e a folha que já havia em expansão (0,5), contabilizando no total duas novas folhas expandidas por perfilho); o terceiro momento, quando estava na metade do período de descanso, com duas novas folhas e meias expandidas por perfilho (situação semelhante ao segundo momento, realizada na mesma folha, contudo, a folha em expansão apresentava um limbo foliar maior) e por fim, o último momento, quando a terceira nova folha tornou-se expandida (dia imediatamente antes do corte) (Figura 7).

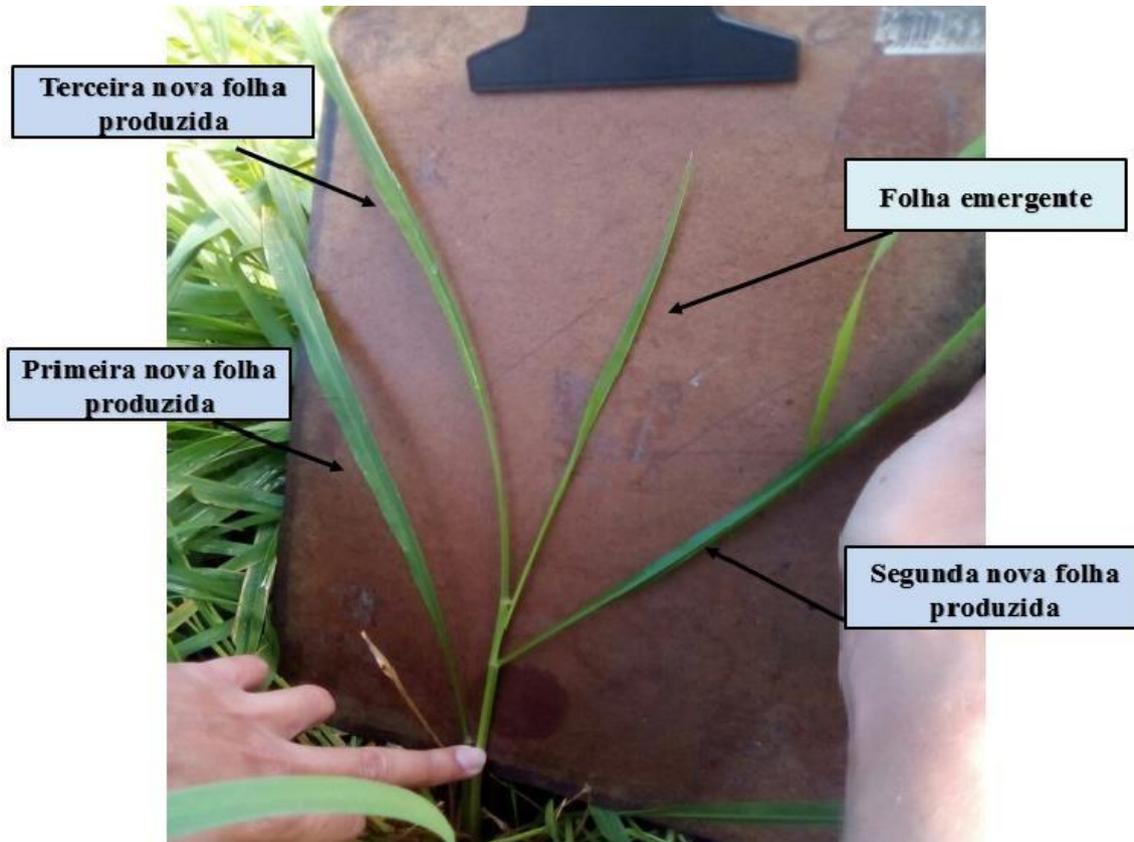
As variáveis analisadas foram: taxa de transpiração foliar (E); temperatura foliar (TFOL), taxa de fotossíntese líquida (A), concentração de dióxido de carbono na folha ( $C_i$ ), condutância estomática ( $g_s$ ) e eficiência instantânea de carboxilação ( $E_iC$ ). Os dados de trocas gasosas foram armazenados automaticamente no equipamento, sendo posteriormente transferidos para o programa EXCEL 2010<sup>®</sup>.

## **2.5 Avaliação dos índices de crescimento**

As avaliações dos índices de crescimento vegetal foram realizadas por meio das medições de fluxo de biomassa (LOPES et al., 2011), onde foi medido o comprimento total das lâminas foliares expandidas e emergentes e da porção senescente das lâminas foliares expandidas, assim como o comprimento do pseudocolmo, tomando a distância da última lígula exposta até a base do perfilho. Para determinar a relação comprimento: peso, índice gravimétrico (IG), foram coletados aleatoriamente 10 perfilhos em cada piquete, no meio e no final do período de descanso de cada manejo, realizando-se o corte do perfilho dois cm abaixo da última lígula exposta. Estes foram levados ao laboratório e separados em lâmina foliar emergente, lâmina foliar expandida e colmo. Cada fração acima teve seu comprimento

registrado. Posteriormente foram levadas a estufa de ventilação forçada a 55 °C, até peso constante. Em seguida, tiveram seus pesos registrados (DAVIES et al., 1993).

Figura 7 - Identificação das folhas utilizadas na mensuração das trocas gasosas



Fonte: Elayne C. G. Vasconcelos, 2018.

A densidade populacional de perfilhos foi realizada concomitantemente às medições do fluxo de biomassa, através da contagem do número de perfilhos em dois pontos por piquete experimental utilizando molduras com dimensões de 0,25 x 0,25 m, em locais representativos da condição média do pasto. Essa avaliação foi realizada no início e no final do período de descanso. Assim, estimaram-se a área foliar (AF) com o uso do analisador PAR/LAI em agricultura modelo Accupar LP-80 (Decagon Devices®) foram realizadas seis leituras cruzadas (duas por ponto amostral, totalizando três pontos) por parcela, posicionando o equipamento acima do dossel e logo abaixo da última camada de lâminas foliares verdes.

De posse das estimativas das taxas de alongamento foliar e de colmo (via fluxo de biomassa, item 2.5) e das relações de peso: comprimento associado a densidade populacional de perfilhos também foram estimadas as biomassas de forragem total (BFT) e de lâmina foliar verde (BLV). De posse das biomassas de forragem e do valor da área foliar (IAF), obtiveram-

se os índices: taxa de assimilação líquida (TAL,  $\text{g m}^{-2}_{\text{fol}} \text{dia}^{-1}$ ), razão de área foliar (RAF,  $\text{m}^2_{\text{fol}} \text{g}^{-1}$ ), razão de peso foliar (RPF,  $\text{g}_{\text{fol}} \text{g}^{-1}$ ), área foliar específica (AFE,  $\text{m}^2_{\text{fol}} \text{g}^{-1}_{\text{fol}}$ ), taxa de crescimento da cultura (TCC,  $\text{g m}^{-2} \text{dia}^{-1}$ ) e crescimento relativo (TCR,  $\text{g g}^{-1} \text{dia}^{-1}$ ), conforme fórmulas descritas em Radford (1967) e Beadle (1993).

## 2.6 Avaliação do fluxo de biomassa do dossel

Para a mensuração das variáveis do fluxo de biomassa, foram marcadas duas touceiras por unidade experimental, sendo que para cada uma destas foram escolhidos três perfilhos (Figura 9). As avaliações foram iniciadas três dias após a desfolhação e foram repetidas a cada três dias. As variáveis registradas foram: alongamento, aparecimento e senescência de folhas e alongamento do colmo. O comprimento da lâmina foliar emergente foi medido do seu ápice até a lígula da última folha expandida. O comprimento de cada lâmina expandida foi registrado por meio da medição da distância da sua lígula até o seu ápice. O comprimento da porção senescente foi obtido pela diferença entre o comprimento total foliar ao tempo da expansão e o comprimento da porção ainda verde. O alongamento do colmo foi obtido pela diferença entre as distâncias da lígula até a base do perfilho da última folha expandida na primeira e na última leitura, divididas pelo período de observação.

Foram estimados os índices: a) taxa de alongamento foliar (TALF,  $\text{cm perf}^{-1} \text{dia}^{-1}$ ), referente ao alongamento médio/dia das lâminas foliares do perfilho durante o período de descanso; b) taxa de aparecimento foliar (TApF); c) taxa de alongamento do colmo (TAlC), referente ao alongamento médio diário das bainhas, abertas, pseudocolmo e colmo verdadeiro do perfilho durante o período de descanso; d) a TSFA e a TSFT, que expressam, a taxa de senescência de lâminas foliares formadas anteriormente a desfolhação, formada geralmente pelas folhas tosadas pelo corte remanescente e a taxa de senescência de lâminas foliares total posteriormente corte respectivamente;

Para determinar a relação comprimento: peso foram coletados aleatoriamente 10 perfilhos em cada piquete, no meio e no final do intervalo entre cortes de cada tratamento. Estes foram levados ao laboratório e separados em lâmina foliar emergente, lâmina foliar expandida e colmo. Cada fração acima teve seu comprimento registrado. Posteriormente foram levadas a uma estufa de ventilação forçada a 55 °C, até peso constante. Em seguida, tiveram seus pesos registrados.

A densidade populacional de perfilhos foi estimada através da contagem do número de perfilhos em dois pontos de cada parcela experimental utilizando molduras com dimensões de 0,25 x 0,25 m, em locais representativos da condição média do pasto. Essa avaliação foi realizada no início e no final do intervalo entre cortes.

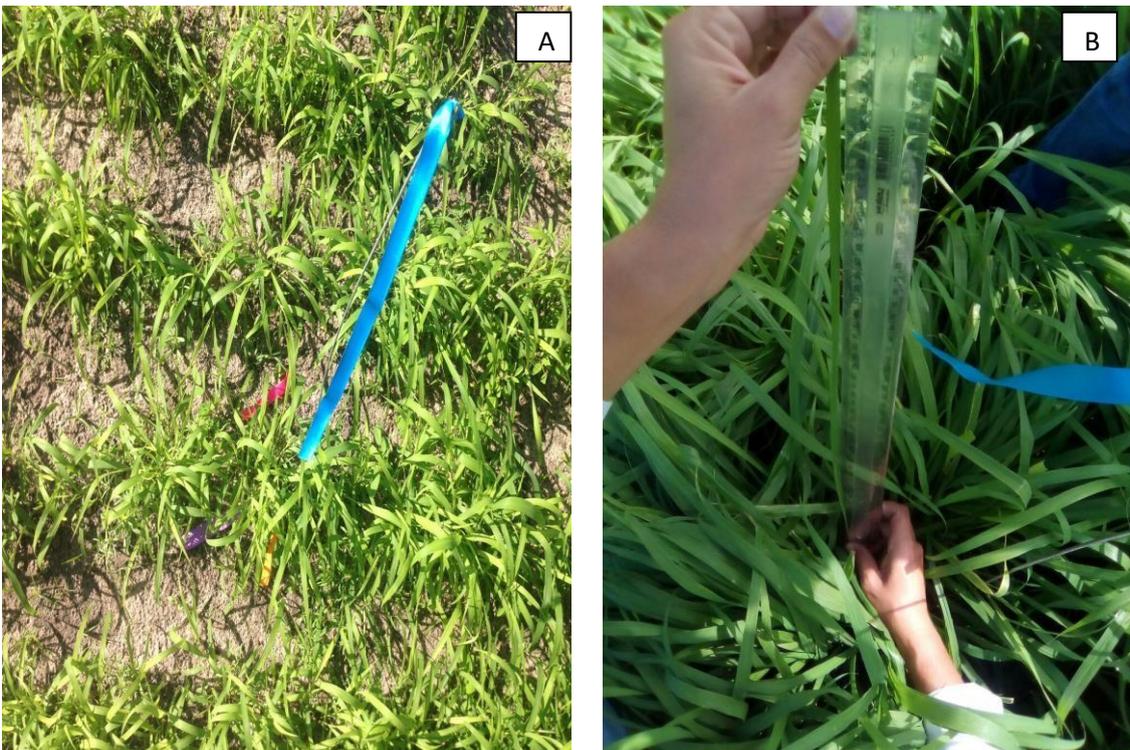
A produção de biomassa total e a taxa de acúmulo líquido de forragem durante o período de descanso foram obtidas a partir das equações abaixo (adaptada de DAVIES, 1993):

$$TPF = [(TALF \times a_1) + (TALC \times b)] \times DPP$$

$$TAF = \{[(TALF \times a_1) - (TSF \times a_2)] + (TALC \times b)\} \times DPP$$

Onde: TPF: Taxa de produção de forragem ( $\text{kg ha}^{-1}\text{dia}^{-1}$ , na base da matéria seca); TALF: Taxa de alongamento de lâmina foliar (cm por perfilho por dia);  $a_1$ : Índice de peso por unidade de comprimento da lâmina foliar emergente ( $\text{g cm}^{-1}$ ); TALC: Taxa de alongamento do colmo ( $\text{cm}\cdot\text{perfilho}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$ );  $b$ : Índice de peso por unidade de comprimento do colmo ( $\text{g cm}^{-1}$ ); DPP: Densidade populacional de perfilhos ( $\text{perf ha}^{-1}$ ); TAF: Taxa de acúmulo líquido de forragem ( $\text{kg ha}^{-1}\text{dia}^{-1}$ , na base da matéria seca); TSF: Taxa de senescência de lâmina foliar (cm por perfilho por dia);  $a_2$ : Índice de peso por unidade de comprimento da lâmina foliar adulta ( $\text{g cm}^{-1}$ ).

Figura 8 - Identificação das hastes (A) e mensuração das características do fluxo de biomassa (B)



Fonte: Elayne C. G. Vasconcelos, 2018.

## 2.7 Avaliação das características estruturais e dos componentes da biomassa colhível do dossel

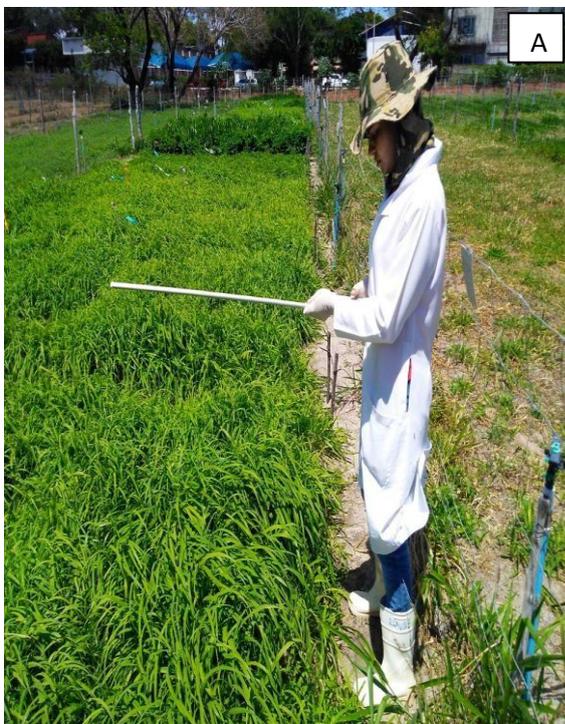
Para as mensurações da estrutura do dossel e seus componentes, foram realizadas as seguintes avaliações no final do período de descanso:

1) índice de área foliar (IAF), estimado por meio do analisador PAR/LAI em Agricultura modelo Accupar LP-80 (Decagon Devices<sup>®</sup>), avaliando-se seis pontos na condição média da parcela e assim obtendo-se a média de IAF do piquete (Figura 9 A);

2) a altura do dossel estimada, medindo-se a altura do pasto em 30 pontos, utilizando-se um bastão graduado retrátil (Figura 9 B);

3) a densidade populacional de perfilhos (DPP), era estimada contando-se os perfilhos vivos dentro de uma moldura de 0,25 x 0,25 m, em duas amostras dentro da unidade experimental.

Figura 9 - Medição da IRFA e IAF com medidor PAR-LAI (A), da altura do pasto (B), corte da biomassa colhível a 16 cm da superfície do solo (C) e fracionamento da biomassa colhível em fração folha, colmo e material morto (D)





Fonte: Elayne C. G. Vasconcelos, 2018.

4) o número de novas folhas/perfilho, contando-se o número de novas folhas expandidas por perfilho, como sendo aquelas em que a lígula já se encontrava exposta contando como 1,0 e contando como 0,5 folhas quando a lígula ainda não estava exposta, amostrando-se 10 perfilhos aleatoriamente;

As biomassas de forragem total colhível ( $BFT_C$ ), de forragem morta colhível ( $BFM_C$ ), de forragem verde colhível ( $BFV_C$ ), de lâmina foliar verde colhível ( $BLV_C$ ), de colmo verde colhível ( $BCV_C$ ), relações material vivo/material morto (MV/MM) e lâmina foliar/colmo (F/C), foram estimadas cortando-se, em cada unidade experimental, duas amostras de 0,50 x 0,50 m a uma altura de 16 cm acima da superfície do solo (Figura 9 C) onde eram levadas para o laboratório para separar o material vivo do material morto e em seguida, no material vivo, separar as lâminas foliares dos colmos (Figura 9 D). Todas essas frações foram pesadas, secas em estufa de ventilação forçada a 55°C até atingir peso constante e pesadas novamente. A partir do peso seco total e das frações foram quantificadas as biomassas de forragem colhível.

## 2.8 Análise estatística dos dados

Os dados foram submetidos à análise de variância e de regressão. O modelo da análise de variância incluiu o efeito fixo das doses de adubação nitrogenada e os ciclos de avaliação como efeito aleatório. A escolha dos modelos entre lineares e não-lineares baseou-se na significância dos respectivos coeficientes e no coeficiente de determinação, por meio do teste “t”, de *Student* ( $P < 0,05$ ). Como ferramenta de auxílio às análises estatísticas, adotou-se o procedimento REG, do programa computacional SAS (SAS INSTITUTE, 2003).

Na análise dos dados das avaliações de trocas gasosas e índices de crescimento, quando houve interação entre doses de nitrogênio e número de novas folhas expandidas, baseada no teste F, a 5% de probabilidade, procedeu-se à análise de regressão múltipla. Como ferramenta de auxílio às análises estatísticas, utilizou-se o programa SAEG, versão 9.1 (UFV, 2007). Esses dados de regressão múltipla foram apresentados na forma de superfície de resposta, tendo sido utilizado para geração dos gráficos o programa *Statistica* 6.0 (STATSOFT, 2001).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Trocas gasosas e pigmentos fotossintéticos

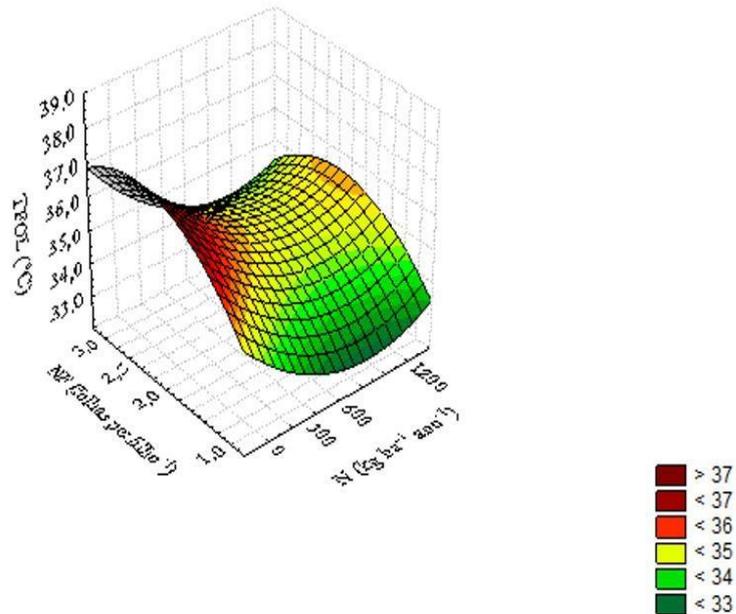
Constatou-se interação para as combinações doses de adubação nitrogenada e número de novas folhas expandidas ( $P < 0,05$ ) durante a rebrotação para as variáveis fisiológicas: temperatura foliar, transpiração foliar, condutância estomática e taxa de fotossíntese foliar, eficiência instantânea de carboxilação e índice relativo de clorofila. Para concentração interna de  $\text{CO}_2$  não houve interação.

Verificou-se efeito quadrático para as doses de N e para produção de novas folhas produzidas (NNF) (Figura 10), com valor máximo de 36,72 para TFOL, na dose de 1200  $\text{kg ha}^{-1}$  ano<sup>-1</sup> associada com 2,28 NNF.

Figura 10 - Temperatura da folha (TFOL) de *Megathyrus maximus* cv. BRS Tamani em função das doses de nitrogênio e número de novas folhas produzidas

$$\text{TFOL} = 31,29 - 0,00387***\text{N} + 0,0000021***\text{N}^2 + 4,7752***\text{NF} - 1,0486***\text{NF}^2$$

$$R^2 = 0,40$$



TFOL= valores estimados a partir da equação de regressão múltipla para cada variável analisada; significativo a 1% (\*\*\*)

NF: Número de novas folhas produzidas por perfilho; N: Doses de nitrogênio.

Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

Tal padrão de resposta não era esperado, pois houve aumento da temperatura interna da folha com a elevação das doses nitrogenadas avaliadas, mas houve interação positiva das doses de nitrogênio e número de novas folhas expandidas, para a variável taxa de transpiração foliar (E), favorecendo o mecanismo da planta de controlar sua temperatura em diferentes condições climáticas, diminuindo a transpiração, ou aumentando a mesma a fim de reduzir sua temperatura foliar através da dissipação de parte da energia proveniente da radiação solar (HOPKINS, 2010).

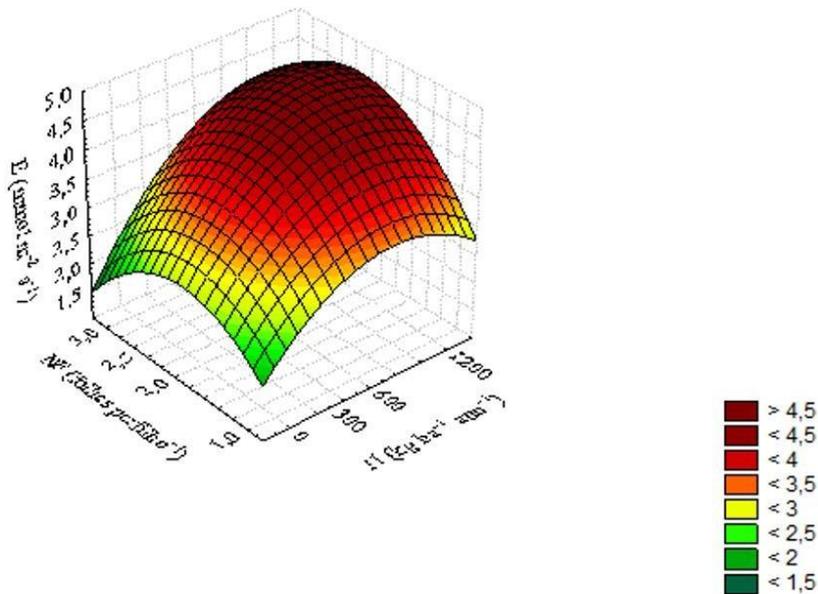
Elevadas radiações solares e temperaturas ambientais ocasionam um aumento da temperatura foliar. Tais condições climáticas ocorreram durante o período experimental, provocando um estresse térmico nas plantas e isso reduz as atividades enzimáticas fotossintéticas dos dosséis (RIBEIRO et al., 2006). Entretanto, a transpiração foliar possibilita a dissipação de parte do calor fazendo com que a temperatura foliar seja mantida em níveis adequados e permitindo a manutenção das atividades fotossintéticas do pasto mesmo em condições de temperaturas elevadas ao longo do dia.

Para a transpiração foliar (E) constatou-se interação positiva entre os fatores (doses de nitrogênio e número de novas folhas produzidas) ( $P < 0,05$ ), ajustando-se ao modelo de regressão múltipla (Figura 10). Verificou-se comportamento quadrático para as doses e para o número de novas folhas produzidas, com elevação na transpiração, o mesmo padrão de resposta foi observado para a variável condutância estomática (gs). A maior E ( $4,74 \text{ mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) foi registrada na dose  $999,25 \text{ kg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$  e 2,41 número de novas folhas produzidas (NNF).

Tal resposta deve-se ao maior alongamento foliar proporcionado pelo nitrogênio, que eleva o índice de área foliar (IAF), composto por folhas jovens com maior capacidade fotossintética, devido à maior atividade enzimática, o que acarreta maior demanda de água pelo sistema radicular, promovendo uma maior fotossíntese líquida do dossel (YIN; PANG; CHEN, 2009), ocasionada pelo maior suprimento de nitrogênio no momento do período de rebrotação em que o IAF já é considerado suficientemente elevado. Esse conjunto de fatos resulta numa maximização da produção de biomassa de lâmina foliar verde colhível ( $BLV_C$ ) (POMPEU et al., 2010). Nessa combinação que permitiu máxima resposta para a transpiração, a  $BLV_C$  estimada foi de  $1907,04 \text{ kg MS ha}^{-1}\text{ciclo}^1$  (Figura 22 C).

Figura 11-Transpiração foliar (E) de *Megathyrus maximus* cv. BRS Tamani em função das doses de nitrogênio e número de novas folhas produzidas

$$E=0,7786 + 0,001893***N-0,0000014762***N^2+2,6923***NF-0,7029***NF^2 + 0,000459***NNF \quad R^2=0,77$$



E= valores estimados a partir da equação de regressão múltipla para cada variável analisada; significativo a 1% (\*\*\*)

NF: Número de novas folhas expandidas por perfilho; N: Doses de nitrogênio.

Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

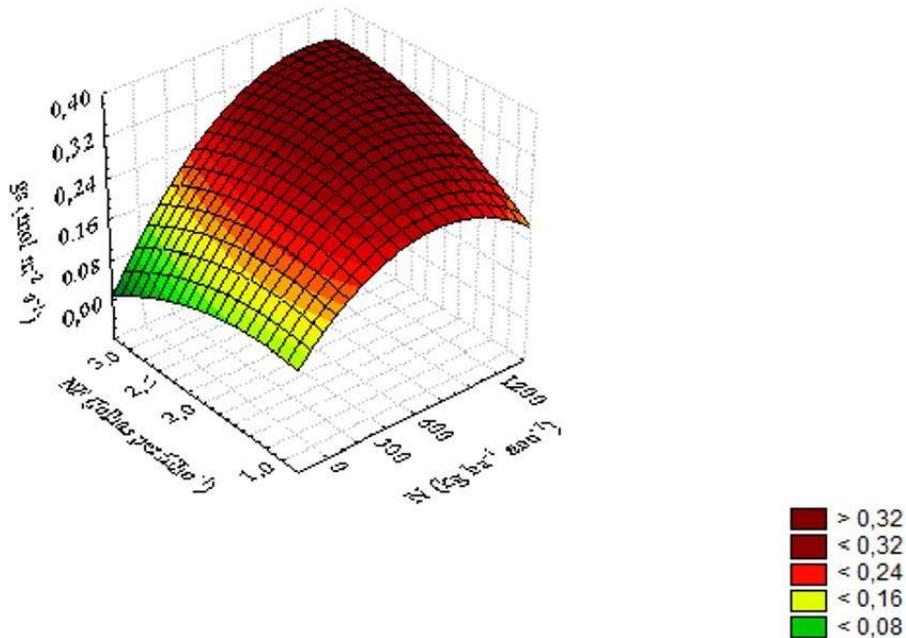
A maximização dessa variável nessa combinação de fatores doses de nitrogênio e NNF, mostra que a condição estrutural do dossel nesse instante é favorável para maior interceptação de luz e maior efeito do nitrogênio sobre a capacidade fotossintética das folhas já expandidas e cujo nível de inserção no dossel não permite a presença de sombreamento mútuo. Além disso, existe outro fator que pode ter contribuído para tal resposta, a aplicação da adubação potássica era realizada juntamente com a segunda parcela do nitrogênio, na metade do período de descanso. Esse nutriente atua na abertura e no fechamento estomático, controlando a transpiração e trocas gasosas por meio da condutância estomática (ROELFSEMA; HEDRICH, 2005; ZAIDA et al., 2014).

Para a condutância estomática observou-se interação positiva entre os fatores (doses de nitrogênio e número de novas folhas produzidas) ( $P < 0,05$ ) ajustando-se ao modelo de regressão múltipla (Figura 12). Verificou-se comportamento quadrático para as doses e para o número de novas folhas expandidas, com elevação na condutância (gs), resposta também obtida para a transpiração (E). A maior condutância ( $0,35 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) foi registrada

na combinação de 1085,13 kg ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup> de nitrogênio com 2,70 número de novas folhas produzidas.

Figura 12-Condutância estomática (gs) de *Megathyrus maximus* cv. BRS Tamani em função das doses de nitrogênio e número de novas folhas produzidas

$$gs = 0,1288 + 0,001962***N - 0,00000173***N^2 + 0,08133***NF - 0,02857***NF^2 + 0,00006715***NNF \quad R^2=0,83$$



gs = valores estimados a partir da equação de regressão múltipla para cada variável analisada; significativo a 1% (\*\*\*).

NF: Número de novas folhas produzidas por perfilho; N: Doses de nitrogênio.

Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

Esse resultado atesta o efeito do nitrogênio sobre a condutância estomática, bem como o efeito da idade fisiológica ao longo do perfil do dossel. Com quase 3,0 novas folhas expandidas no dossel, onde com menor concentração de N as folhas mais jovens mantiveram estômatos mais abertos e com maior concentração de N as folhas mais velhas com maior gs, esse efeito confirma a manutenção das atividades metabólicas. Essa maior condutância estomática propicia maior assimilação de CO<sub>2</sub> do meio externo, mecanismo que associado à transpiração, permite também o controle da temperatura foliar.

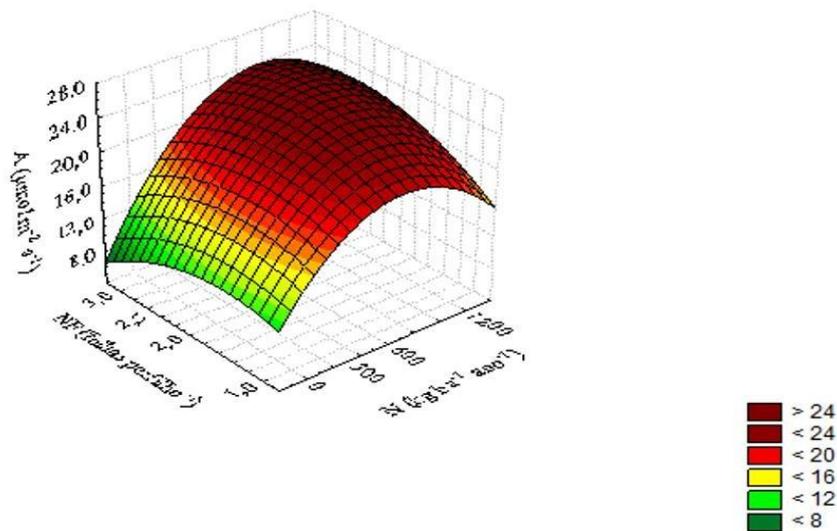
Não foi constatado efeito de interação (P>0,05) entre as doses de nitrogênio e número de novas folhas expandidas para a concentração intercelular de carbono (CI). A CI apresentou valores médios e iguais a 167,74 ± 15,24 ppm, tal resposta possivelmente está

associada à capacidade fotossintética das folhas dada a sua responsabilidade de recuperar o aparato fotossintético em cada momento, o que diferenciou em cada período fisiológico e as doses de nitrogênio, bem como sua interação, foi na assimilação líquida de CO<sub>2</sub>, o que determina a melhor combinação dos fatores aqui estudados.

Para a taxa de fotossíntese líquida (A), observou-se interação positiva entre os fatores (doses de nitrogênio e número de novas folhas produzidas) (P<0,05), ajustando-se ao modelo de regressão múltipla (Figura 13). Verificou-se comportamento quadrático para as doses e para o número de novas folhas produzidas, com elevação da fotossíntese líquida. O valor máximo de fotossíntese líquida foi de 25,35 μmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>, registrado na dose 871,30 kg ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup> e 2,30 número de novas folhas produzidas, permitiu máxima resposta para a fotossíntese foliar.

Figura 13 - Fotossíntese foliar (A) de *Megathyrus maximus* cv. BRS Tamani em função das doses de nitrogênio e número de novas folhas produzidas

$$A = 11,29 + 0,0153***N - 0,00001257***N^2 + 6,4280***NF - 1,9737***NF^2 + 0,002875***N NF \quad R^2=0,92$$



A = valores estimados a partir da equação de regressão múltipla para cada variável analisada; significativo a 1% (\*\*\*)

NF: Número de novas folhas produzidas por perfilho; N: Doses de nitrogênio.

Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

Ao longo do período de rebrotação do pasto ocorre o aparecimento de novas folhas e a capacidade fotossintética delas aumenta conforme a sua expansão, bem como, com o aumento do IAF, mas quando chega ao seu crescimento final, essas folhas tendem a reduzir a

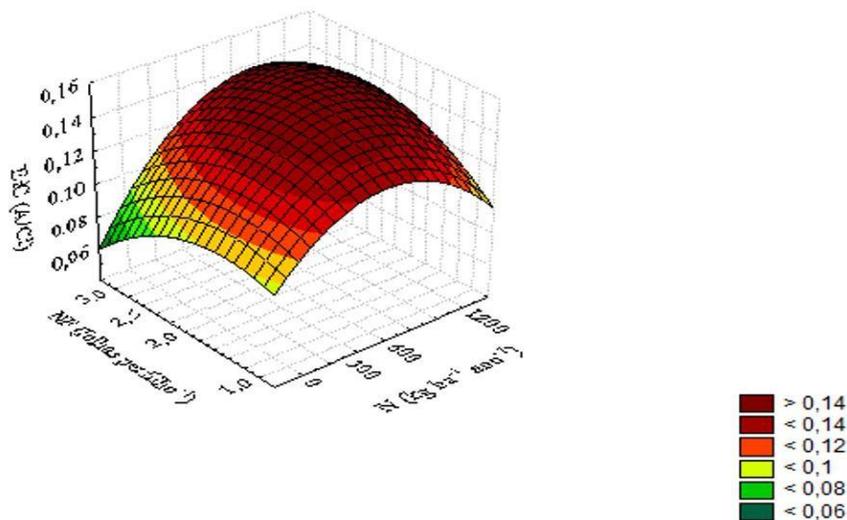
sua eficiência fotossintética (PEDREIRA; PEDREIRA, 2007). Diante disso, pode-se dizer que a eficiência fotossintética é influenciada pelo sombreamento mútuo no dossel com maior IAF. Nesse trabalho a meta preconizada para corte foi 3,0 NNF, condição que já ultrapassava o momento de máxima fotossíntese líquida do dossel.

O aumento do IAF ao longo do período de descanso promove um decréscimo na taxa de fotossíntese líquida, fato este ligado à idade fisiológica das folhas e ao sombreamento instaurado no dossel pela própria população de folhas individuais (GOMIDE, 2002). Somado a esses fatores há também o efeito positivo da adubação nitrogenada, que estimula a atividade enzimática e a síntese da RUBISCO, enzima responsável pela fotossíntese, acarretando maior transpiração que também favorece a fotossíntese (CABRERA-BOSQUET et al., 2009).

Para a eficiência instantânea de carboxilação (EiC), constatou-se interação entre as doses de nitrogênio e o número de novas folhas produzidas ( $P < 0,05$ ) (Figura 14), com valor máximo de 0,15 para EiC, na dose de 801,60 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> associada com 2,0 NNF. É provável que a maior EiC verificada possa estar associada à maior área foliar específica na fase inicial do crescimento, onde as primeiras folhas produzidas apresentam elevada capacidade fotossintética e o ambiente favorece uma elevada fotossíntese.

Figura 14-Eficiência instantânea de carboxilação (EiC) de *Megathyrsus maximus* cv. BRS Tamani em função das doses de nitrogênio e número de novas folhas produzidas

$$EiC = 0,08638 + 0,00005493***N - 0,00000005729***N^2 + 0,042051***NF - 0,01335***NF^2 + 0,00001748***NNF \quad R^2 = 0,61$$



EiC = valores estimados a partir da equação de regressão múltipla para cada variável analisada; significativo a 1% (\*\*\*)

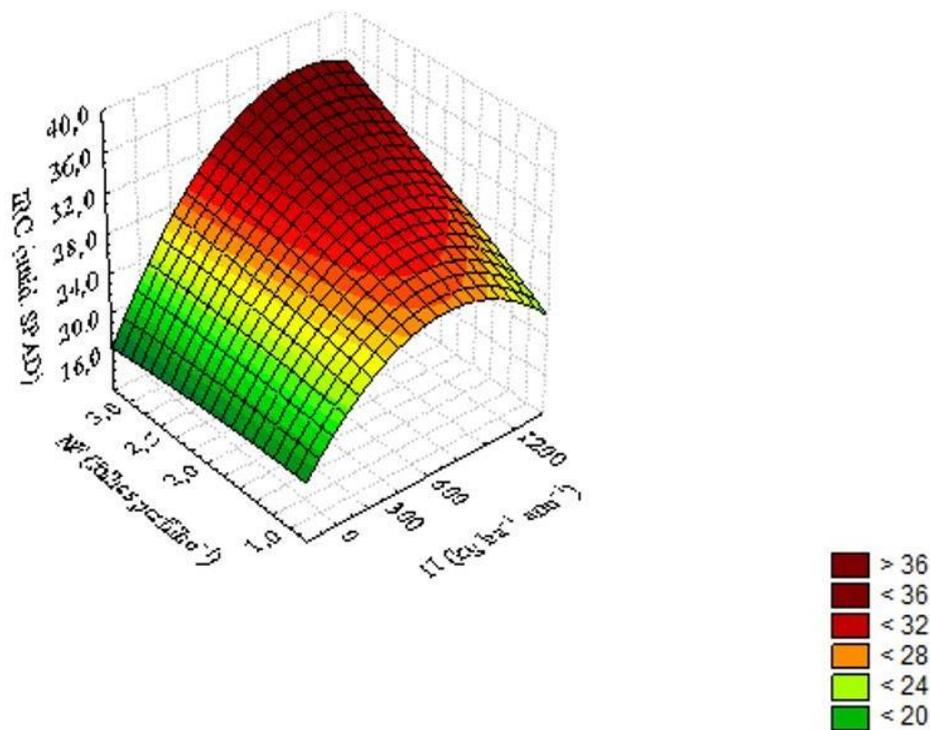
NF: Número de novas folhas produzidas por perfilho; N: Doses de nitrogênio.

Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

Houve interação positiva das doses de N e o NNF ( $P < 0,05$ ), para o índice relativo de clorofila (IRC) (Figura 15), onde o valor máximo de 34,0 unidades SPAD, foi encontrado na combinação de 927,53 kg ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup> e 3,0 NNF. Essa maximização da síntese de clorofilas no final do período de crescimento da gramínea e com elevadas doses de nitrogênio pode ser atribuída à melhor estruturação da raiz e da parte aérea da planta, o que permitirá à planta uma melhor absorção de água e nutrientes em um maior volume de solo (ALVES et al., 2008; LOPES et al., 2011). Além disso, o nitrogênio favorece a síntese de clorofilas, sendo responsável por converter a energia luminosa em energia química (ATP e NAPH), definindo a eficiência fotossintética (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Figura 15-Índice relativo de clorofila (IRC) de *Megathyrsus maximus* cv. BRS Tamani em função das doses de nitrogênio e número de novas folhas produzidas

$$\text{IRC} = 17,71 + 0,021704***\text{N} - 0,0000117***\text{N}^2 + 2,06967***\text{NF} \quad R^2 = 0,75$$



IRC = valores estimados a partir da equação de regressão múltipla para cada variável analisada; significativo a 1% (\*\*\*)

NF: Número de novas folhas produzidas por perfilho; N: Doses de nitrogênio.

Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

A elevação da síntese de clorofilas, contudo atinge um nível onde independentemente da quantidade de nitrogênio disponível para a planta, a síntese de clorofilas

se mantém invariável, denominando-se esse ponto de maturidade fotossintética, onde o aumento de nitrogênio presente no tecido foliar poderá estar associado a outros compostos de reserva (SCHEPERS et al., 1992; COSTA et al., 2001).

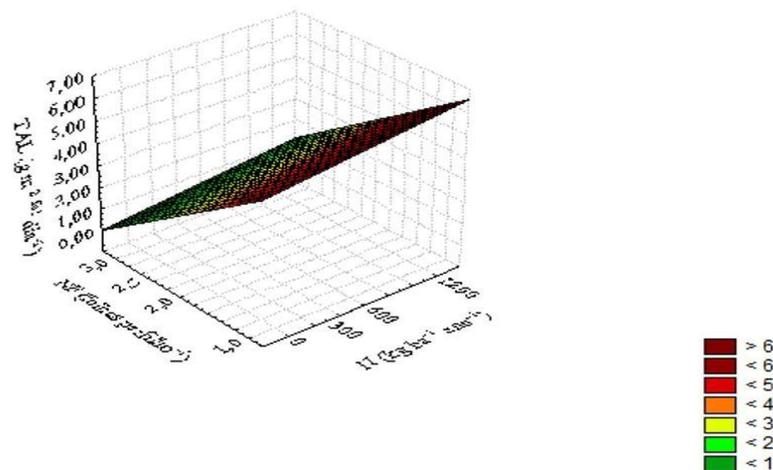
### 3.2 Índices de crescimento

Ao analisarem-se os índices de crescimento do capim-tamani, não foi constatado efeito de interação para as combinações doses de adubação nitrogenada e número de folhas produzidas ( $P>0,05$ ) durante a rebrotação para as variáveis: taxa de crescimento da cultura, taxa de crescimento relativo, taxa de assimilação líquida, área foliar específica, razão de peso foliar, razão de área foliar; interceptação da radiação fotossinteticamente ativa e índice de área foliar.

Verificou-se efeito linear crescente para as doses de N e decrescente para produção de novas folhas produzidas (NNF) (Figura 16), com valor máximo de  $5,98 \text{ g m}^{-2}_{\text{fol}} \text{ dia}^{-1}$  para TAL, na dose de  $1200 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  associada com NNF de 1,0. O efeito do nitrogênio é potencializado no início da rebrotação, quando o NNF é 1,0.

Figura 16 - Taxa de assimilação líquida (TAL) de *Megathyrsus maximus* cv. BRS Tamani em função das doses de nitrogênio e número de novas folhas produzidas

$$\text{TAL} = 7,4256 + 0,000697***\text{N} - 2,2733***\text{NF} \quad R^2=0,88$$



TAL = valores estimados a partir da equação de regressão múltipla para cada variável analisada; significativo a 1% (\*\*\*).

NF: Número de novas folhas produzidas por perfilho; N: Doses de nitrogênio.

Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

A TAL reflete a dimensão do sistema assimilador que é envolvido na produção de biomassa após o balanço de MS resultante da fotossíntese e o consumido na respiração, os valores superiores mostram que no início da rebrotação, está associado ao rápido surgimento de folhas novas com alta capacidade fotossintética, bem como a baixa demanda respiratória, devido à baixa produção de biomassa nesse momento (GOMIDE et al., 2002).

A redução da capacidade fotossintética com o avanço na idade do pasto está associada ao maior gasto energético com a respiração de manutenção das folhas mais velhas, bem como, maior aporte de fotoassimilados para desenvolvimento do colmo e de outras partes da planta (OLIVEIRA, et al., 2000). Outro fato importante é o sombreamento mútuo das lâminas foliares, promovendo uma redução da luminosidade ao longo do perfil vertical do dossel, com o aumento do índice de área foliar, resultado do efeito positivo do nitrogênio sobre o maior alongamento foliar, promovendo um aumento na produção de folhas (LUDLOW; WILSON, 1970). Os maiores valores de TAL estimados foram observados na mais alta dose de nitrogênio. Esse nutriente exerce um papel importante sobre a TAL, pois favorece a síntese de clorofilas, sendo responsável por converter a energia luminosa em energia química (ATP e NAPH), definindo a eficiência fotossintética (TAIZ; ZEIGER, 2013).

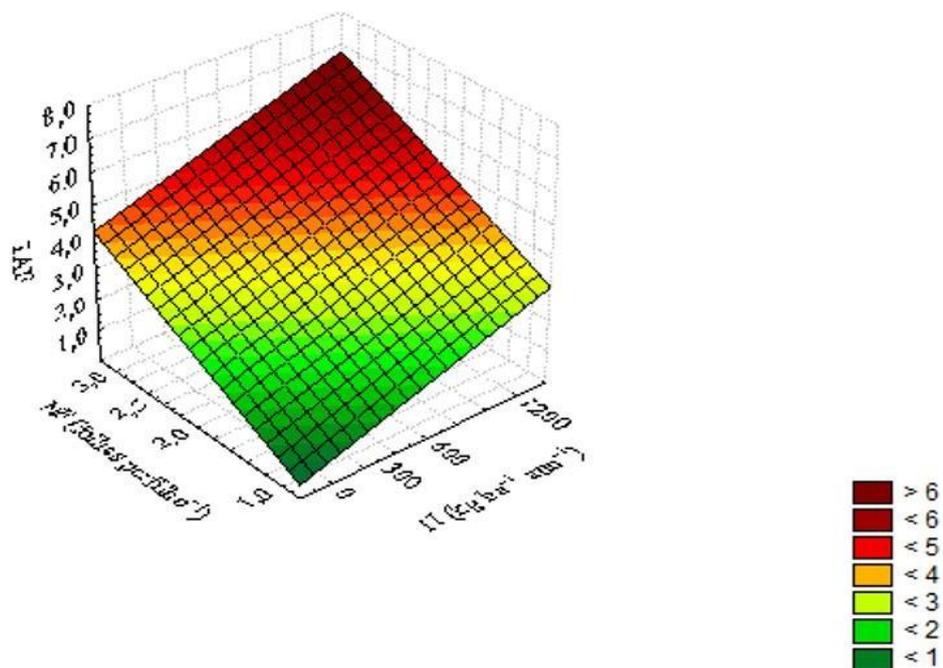
Não houve efeito ( $P>0,05$ ) das doses de adubação nitrogenada tampouco do número de folhas expandidas para a razão de peso foliar (RPF), com média de  $0,638 \text{ g g}^{-1}$ . Tal resultado evidencia que a relação entre a biomassa foliar e o biomassa total da planta foi relativamente constante durante todo o período de rebrotação. Possivelmente, não houve uma maior partição de carbono para as outras partes da planta, principalmente para as estruturas de sustentação, com a elevação das doses de nitrogênio, resultado que atesta a baixa biomassa de colmo revelada pela gramínea em estudo, com taxa de alongamento de colmo de apenas  $0,09 \text{ cm perfilho}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ .

A Razão de área foliar (RAF) não foi afetada pelos fatores ( $P>0,05$ ), com média de  $0,640 \text{ m}^2_{\text{fol}} \text{ g}^{-1}$ . É comum ocorrer uma redução da RAF com o aumento dos dias de rebrotação, contudo, nessa pesquisa não foi encontrado tal padrão de resposta. Provavelmente, a produção de assimilados foi destinada à produção de novas folhas, aumentando assim o índice de área foliar para maximizar a captura da radiação solar incidente, favorecendo o rápido crescimento vegetal, pois houve a maior produção de folhas durante a fase linear do crescimento. A redução da RAF com o avanço do período de rebrotação está associada a mudanças na RPF e na área foliar específica (AFE). Tal resposta não foi observada, revelando que o dossel manteve proporção constante entre a área de captação de luz e o peso total da planta.

Observou-se efeito linear crescente das doses de N e para produção de novas folhas produzidas (NNF), para a variável índice de área foliar (IAF) ( $P < 0,05$ ) (Figura 18), com valor máximo estimado de 6,28 aos 17 dias de rebrotação, na dose de 1200 kg ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup> associada com 3,0 NNF, tal dose de nitrogênio permite um período de descanso de 17 dias. O aumento do IAF ao longo do período de descanso deveu-se ao aparecimento e alongamento de novas folhas.

Figura 17 - Índice de área foliar (IAF) de *Megathyrsus maximus* cv. BRS Tamani em função das doses de nitrogênio e número de novas folhas produzidas

$$\text{IAF} = -0,4855 + 0,0016513***\text{N} + 1,5549***\text{NF} \quad R^2=0,92$$



IAF = valores estimados a partir da equação de regressão múltipla para cada variável analisada; significativo a 1% (\*\*\*)

NF: Número de novas folhas produzidas por perfilho; N: Doses de nitrogênio.

Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

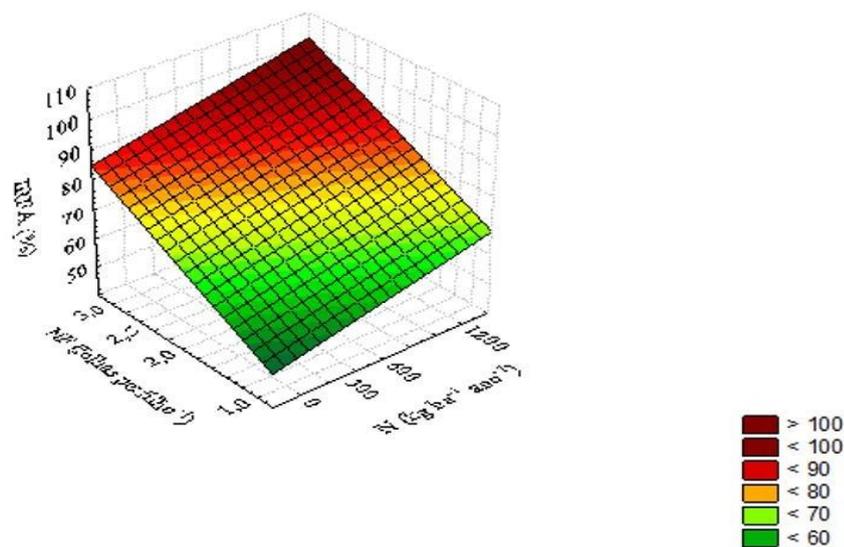
O nitrogênio favoreceu o aumento do IAF por proporcionar incrementos no alongamento das lâminas foliares (MARTUSCELLO et al., 2005; FAGUNDES et al., 2006), efeito que contribuiu para o incremento de biomassa de lâminas foliares, contribuindo para maior síntese de fotoassimilados e rápido crescimento do dossel. Observou-se uma estreita relação com a interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (IRFA) (Figura 19), onde à

medida que o IAF do dossel se elevou, também aumentou a interceptação de luz, devido à maior quantidade de folhas fotossinteticamente ativas.

Houve efeito linear das doses e do número de novas folhas expandidas sobre a interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (IRFA) ( $P < 0,05$ ). A maior IRFA estimada foi de 95,66%, registrada na dose de 1085,83 kg ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup> com 2,0 NNF.

Figura 18 - Interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (IRFA) de *Megathyrus maximus* cv. BRS Tamani em função das doses de nitrogênio e número de novas folhas produzidas

$$IRFA = 42,32 + 0,01061***N + 13,9452***NF \quad R^2=0,88$$



IRFA = valores estimados a partir da equação de regressão múltipla para cada variável analisada; significativo a 1% (\*\*\*)

NF: Número de novas folhas produzidas por perfilho; N: Doses de nitrogênio.

Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

O IAF crítico estimado foi de 6,18 com a combinação citada anteriormente. Apesar de haver a estabilização da IRFA aos 95,45%, atingindo o IAF crítico do dossel, os valores de IAF continuam crescentes em função das doses e das idades.

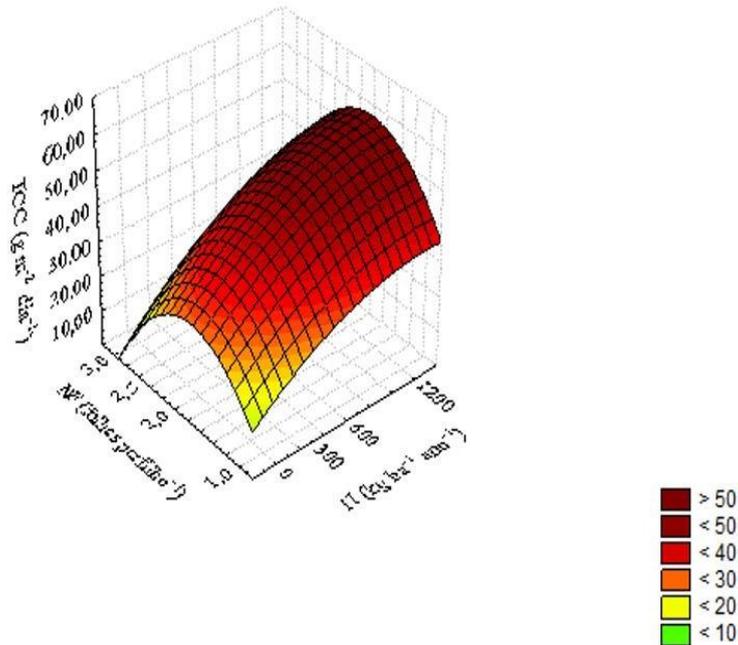
A área foliar específica (AFE) não diferiu entre os fatores estudados ( $P > 0,05$ ), com média de 0,048 m<sup>2</sup> fol g<sup>-1</sup>. Essa resposta da AFE possivelmente está relacionada ao fato de as folhas expandidas não apresentarem necessidade de adaptação morfológica (área foliar x espessura), para auxiliar na captação de luz pelo dossel.

Observou-se comportamento quadrático da taxa de crescimento da cultura (TCC) para doses de nitrogênio e número de novas folhas expandidas ( $P < 0,05$ ) (Figura 19). O valor

máximo estimado da TCC foi de 56,95 g m<sup>-2</sup>dia<sup>-1</sup>, registrado na dose 1200 kg ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup> e 1,76 número de novas folhas produzidas.

Figura 19 - Taxa de crescimento da cultura (TCC) de *Megathyrsus maximus* cv. BRS Tamani em função das doses de nitrogênio e número de novas folhas produzidas

$$TCC = -25,753 + 0,0308***N - 0,000010177**N^2 + 68,3221***NF - 19,33NF^2 \quad R^2=0,76$$



TCC = valores estimados a partir da equação de regressão múltipla para cada variável analisada; significativo a 1% (\*\*\*)

NF: Número de novas folhas produzidas por perfilho; N: Doses de nitrogênio.

Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

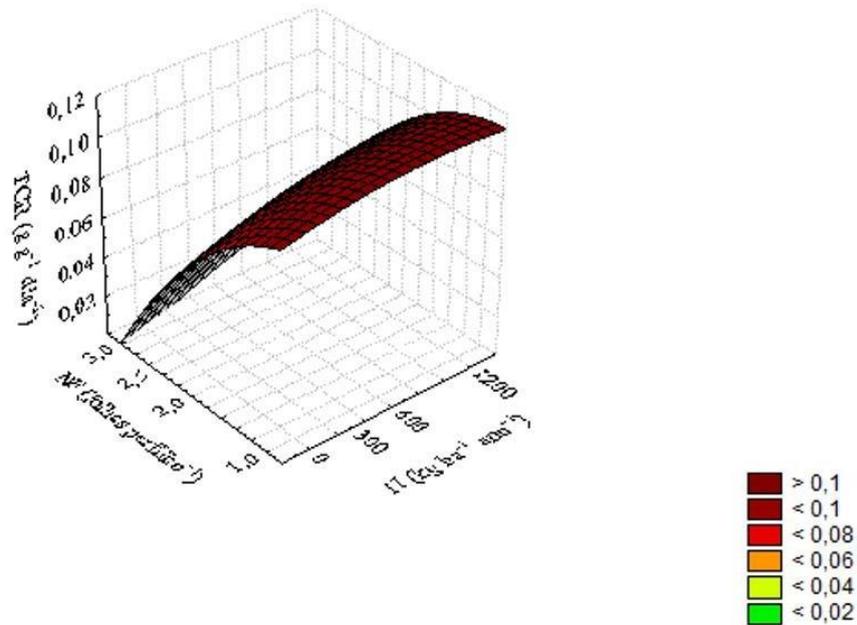
Possivelmente, maior quantidade de nitrogênio consumido na dose mais elevada (1200 kg ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>) deverá ser gasto para formação de tecidos fotossintéticos, incrementando a biomassa foliar. Esse padrão de resposta assemelha-se ao da TAL, que foi maximizada no início do período de descanso e na dose mais elevada de nitrogênio.

Nessa condição, há máxima disponibilidade de nutriente e a área foliar do dossel é constituída principalmente por folhas jovens, com elevada capacidade fotossintética. Ademais, à medida que a planta se desenvolve, novas folhas e perfilhos são produzidos, o que permite o incremento da área foliar e do peso da planta.

A taxa de crescimento relativo respondeu de modo linear crescente às doses de nitrogênio e decrescente para o número de novas folhas produzidas (P<0,05) (Figura 20). A combinação que maximizou a TCR foi de 1200 kg ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup> e 1,0 NNF, com o valor estimado de 0,12 g g<sup>-1</sup>dia<sup>-1</sup>.

Figura 20-Taxa de crescimento relativo (TCR) de *Megathyrus maximus* cv. BRS Tamani em função das doses de nitrogênio e número de novas folhas produzidas

$$TCR = 0,09884 + 0,00001610***N + 0,017360***NF - 0,0153822***NF^2 \quad R^2=0,92$$



TCR = valores estimados a partir da equação de regressão múltipla para cada variável analisada; significativo a 1% (\*\*\*)

NF: Número de novas folhas produzidas por perfilho; N: Doses de nitrogênio.

Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

Sabe-se que a TCR apresenta os valores mais elevados na primeira semana do período de descanso, reduzindo posteriormente. Tal fato pode estar associado à elevação da biomassa de forragem associada à redução do crescimento com o avançar da idade fisiológica bem como ao início do sombreamento mútuo, o que reduz a IRFA ao longo do dossel, ao final do período de descanso e promove o alongamento do colmo que contribui para incremento da biomassa total. Contudo, com o avançar da idade fisiológica essas folhas envelhecem, reduzindo a capacidade fotossintética e dão início à senescência das folhas, comprometendo a TAL e RAF e reduzindo a TCR.

Essa resposta da TCR no final do período de rebrotação deveu-se ao progressivo incremento no peso da planta, uma vez que a  $TCR = (1/W)/(dW/dt)$ .

É importante destacar, que o valor máximo estimado de TCR, encontra-se dentro do intervalo de 0,02 a 0,5  $g\ g^{-1}\ dia^{-1}$  relatado por Beadle (1993) para a maioria das espécies de plantas  $C_4$  sob diversas condições de ambiente. Nesse contexto, pode constatar-se que vários fatores podem influenciar os valores de TCR: como espécie ou variedade (LUDLOW;

WILSON, 1970), estágio de crescimento (EVANS, 1972; PINTO, 1993), além de variações nas condições climáticas (BENINCASA, 1988).

### 3.3 Fluxo de biomassa

Houve efeito significativo ( $P < 0,05$ ) das doses de adubação nitrogenada sobre os componentes do fluxo de biomassa (TAIF, TAIC; Fil; DVF; TPF; e TAF), exceto para TAIF1/TAIF2, TSFA e TSFT.

A taxa de alongamento de lâmina foliar (TAIF) foi incrementada pelas altas doses de adubação nitrogenada ( $P < 0,05$ ). Observou-se uma resposta linear crescente ( $P < 0,05$ ) (Figura 21 A) para TAIF, com valores médios estimados de 2,53 e 5,01 cm perf<sup>-1</sup>dia<sup>-1</sup>, para as doses de 0,0 e 1200 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, respectivamente. Constatou-se um incremento de 0,00206 cm perf<sup>-1</sup>dia<sup>-1</sup>, para cada kg de N adicionado.

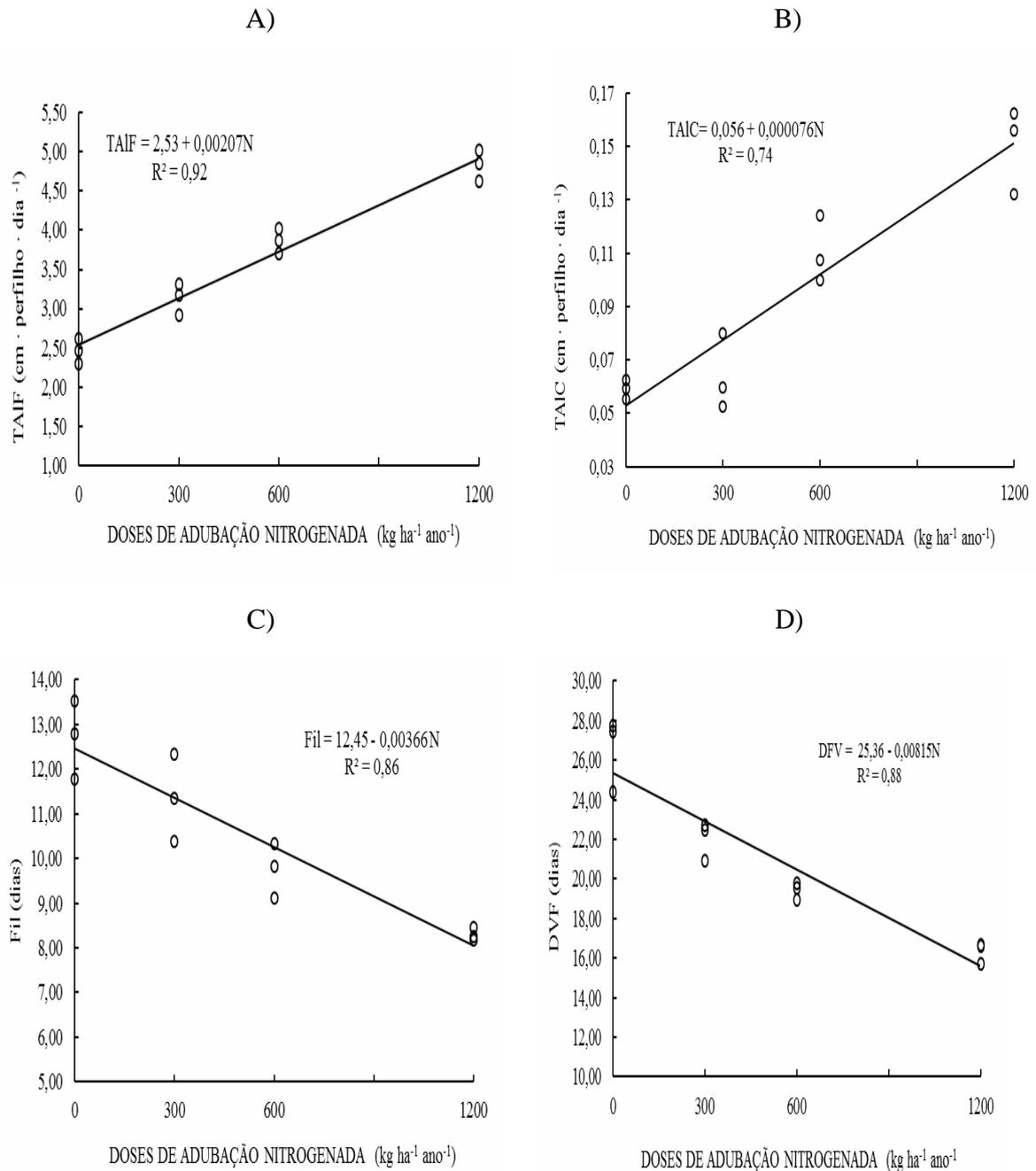
Esse incremento atesta o efeito do nitrogênio sobre a TAIF (GARCEZ NETO et al., 2002; MARTUSCELLO et al., 2005; FAGUNDES et al., 2006; LOPES et al., 2013, LOPES et al., 2014). Lopes et al., 2013 trabalhando com doses crescentes de adubação nitrogenada em capim-massai observou comportamento linear crescente para TAIF com valores estimados de 2,32 e 5,14 cm perf<sup>-1</sup>dia<sup>-1</sup>, para as doses de 0,0 a 1200 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, respectivamente, representando um incremento de 121,55 % para a dose de 1200 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> em relação à ausência de adubação nitrogenada. Esses valores são semelhantes aos encontrados no presente estudo, embora o incremento na cultivar tenha sido superior ao da tamani na mesma dose, contudo os valores de índice de área foliar residual para o pasto, foram diferentes, o que pode ter favorecido a superioridade do capim-massai quando comparado ao capim-tamani.

A TAIF é uma variável que está diretamente relacionada com a produção de biomassa seca de forragem (HORST et al., 1978), já que um aumento da mesma, proporciona incremento na proporção de folhas, garantindo um incremento no acúmulo de biomassa verde expandida.

Para a taxa de alongamento do colmo (TAIC), constatou-se um incremento ( $P < 0,05$ ) com a elevação das doses de nitrogênio, revelando estimativas de 0,056 e 0,15 cm perf<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, para as doses de 0,0 e 1200 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 21 B). Constatou-se um incremento de 0,000076 cm perf<sup>-1</sup>dia<sup>-1</sup>, para cada kg de N adicionado. No presente estudo, é importante ressaltar que os valores observados foram muito pequenos se

comparados aos incrementos proporcionados pelas doses de adubação na TAIF, tal fato minimiza a participação do componente colmo na produção de biomassa total e no acúmulo de biomassa.

Figura 21-Taxa de alongamento foliar (TAIF), Taxa de alongamento do colmo (TAIC), Fil (Filocrono) e DVF (duração de vida da folha) em pasto de *Megathyrus maximus* cv. BRS Tamani irrigado sob doses crescentes de adubação nitrogenada



Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

A adubação nitrogenada não teve efeito ( $P > 0,05$ ) sobre a taxa de senescência foliar anterior (TSFA) e taxa de senescência foliar total (TST), com valores médios e iguais a  $0,363 \pm 0,100$  cm perf<sup>-1</sup>dia<sup>-1</sup>. Esse resultado está diretamente relacionado com a ausência da taxa de senescência foliar posterior (TSFP).

A TSFA pode ser utilizada como um indicativo que permite um ajuste na intensidade de desfolhação adotada no manejo do pasto. Intensidade de desfolhação mais severa propicia uma área foliar residual menor. Nesse contexto, espera-se que poucas folhas entrem senescência, em contrapartida, intensidades mais leves e longos períodos de descanso permitem o processo de senescência das primeiras lâminas foliares expandidas na rebrotação, o que comprometerá o consumo dessa biomassa pelos animais. A ausência da TSFP reflete o ajuste do período de descanso em função das doses de adubação nitrogenada utilizadas, atestando a eficiência das metas de manejo adotadas para a cultivar em estudo, com IAF residual de 1,0. Pastos manejados com alta eficiência de utilização da biomassa expandida apresentam valores próximo ou igual a zero para TSPF (CÂNDIDO et al., 2006).

Houve efeito linear decrescente ( $P < 0,05$ ) para as variáveis: duração de vida da folha (DVF) e para o filocrono em função das doses de adubação nitrogenada (Figura 21 C e 21 D). Constatou-se uma redução de 0,0037 e 0,00815 dias, respectivamente, para cada kg de N adicionado. Essa resposta deve-se a maior de Taxa de aparecimento foliar (TApF) e também as maiores taxas de alongamento de lâminas foliares (TAIF). O comportamento do filocrono foi semelhante aos resultados encontrados na literatura (SILVA et al., 2009; POMPEU et al., 2010; LOPES, 2010). Esses resultados ratificam a importância do nitrogênio, reduzindo o tempo necessário para o aparecimento de folhas sucessivas no perfilho e principalmente seu efeito sobre a TAIF, que conseqüentemente, confere a planta uma maior capacidade de rebrotação após a desfolha, e, portanto, a rápida recuperação do seu aparato fotossintético (MARTUSCELLO et al., 2005).

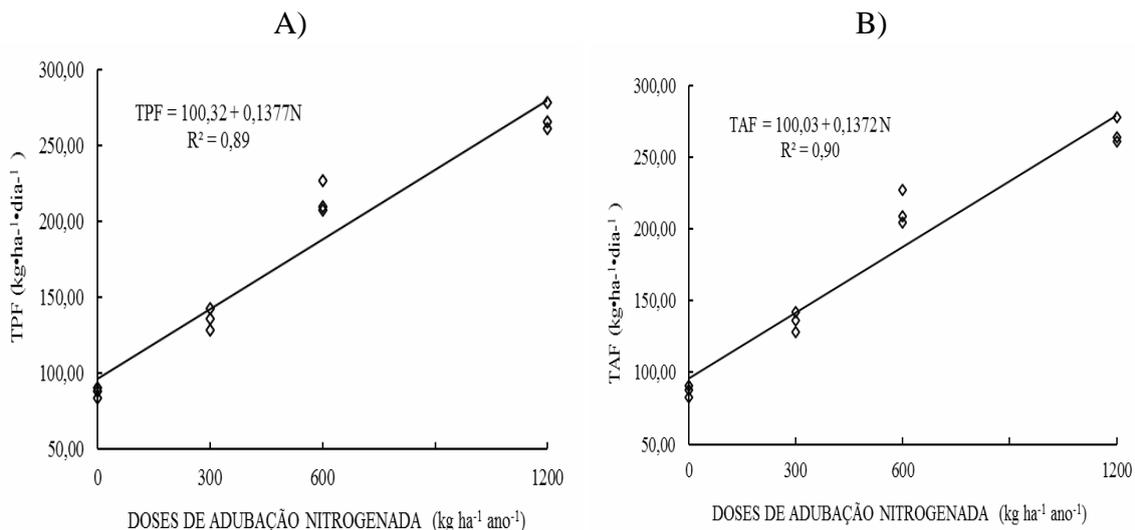
O padrão de resposta da DVF pode ser explicado fisiologicamente, na ausência da adubação nitrogenada, as plantas tendem a permanecer um maior intervalo de tempo com suas folhas vivas, efeito compensatório para manter a capacidade fotossintética do dossel, pois, não há emissão e expansão de novas folhas, e conseqüentemente baixa densidade populacional de perfilhos (MARTUSCELLO et al., 2006).

O manejo com a mais alta dose garantiu uma maior renovação de tecidos foliares. A DVF é uma variável que permite estabelecer um manejo com uma frequência de desfolhação que maximize a eficiência de utilização da biomassa de forragem expandida, reduzindo perdas por senescência.

Houve efeito significativo das doses de adubação nitrogenada sobre a taxa de produção de forragem (TPF) e taxa de acúmulo de forragem (TAF). A TPF e TAF apresentaram um comportamento linear crescente (Figura 22) ( $P < 0,05$ ). Essas variáveis foram favorecidas pela disponibilidade de nitrogênio, com valores médios estimados de 100,32 e 265,56  $\text{kg ha}^{-1}\text{dia}^{-1}$  de TPF e 100,03 e 264,67  $\text{kg ha}^{-1}\text{dia}^{-1}$  de TAF, para as doses de 0,0 e 1200  $\text{kg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ , respectivamente. A dose de 1200  $\text{kg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$  promoveu um incremento de 61,00 % na TPF e 62,21 % na TAF em relação a ausência de nitrogênio. Houve um incremento na taxa de produção de biomassa total de 0, 1377 para cada kg nitrogênio aplicado.

A TPF pode ser justificada pelo mesmo padrão de resposta registrado para o alongamento lâminas foliares e colmo, e conseqüentemente maior densidade populacional de perfilhos, que são as características que contribuem para a taxa de produção de forragem. O componente senescência, que também compõe a produção total de forragem não apresentou diferença para as doses de nitrogênio ( $P > 0,05$ ), atestando que independente das doses de adubação utilizadas, o capim-tamani, no manejo utilizado, produziu biomassa principalmente oriunda de folhas e colmos verdes. Observou-se uma eficiência de uso do nitrogênio de 50,26 e 50,08  $\text{kg MS}$  para cada  $\text{kg N}$  aplicado, para a TPF e TAF, respectivamente.

Figura 22 - Taxa de produção de forragem (TPF) e taxa de acúmulo de forragem (TAF) em pasto de *Megathyrus maximus* cv. BRS Tamani irrigado sob doses crescentes de adubação nitrogenada



Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

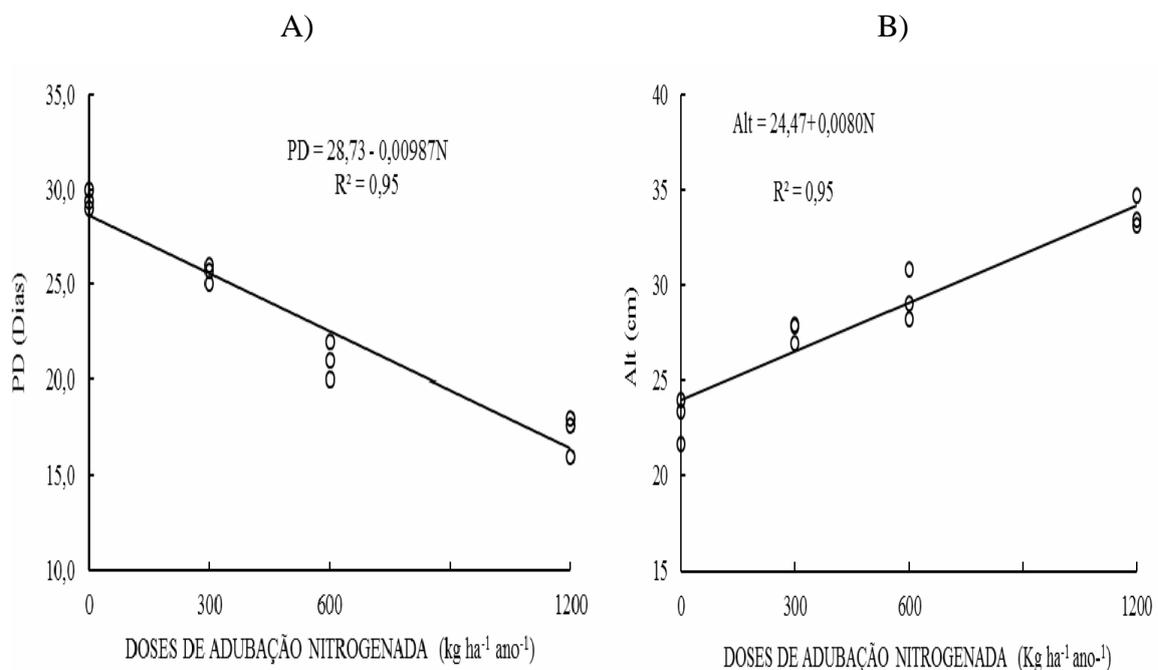
### 3.4 Características estruturais e componentes da biomassa acumulada do dossel

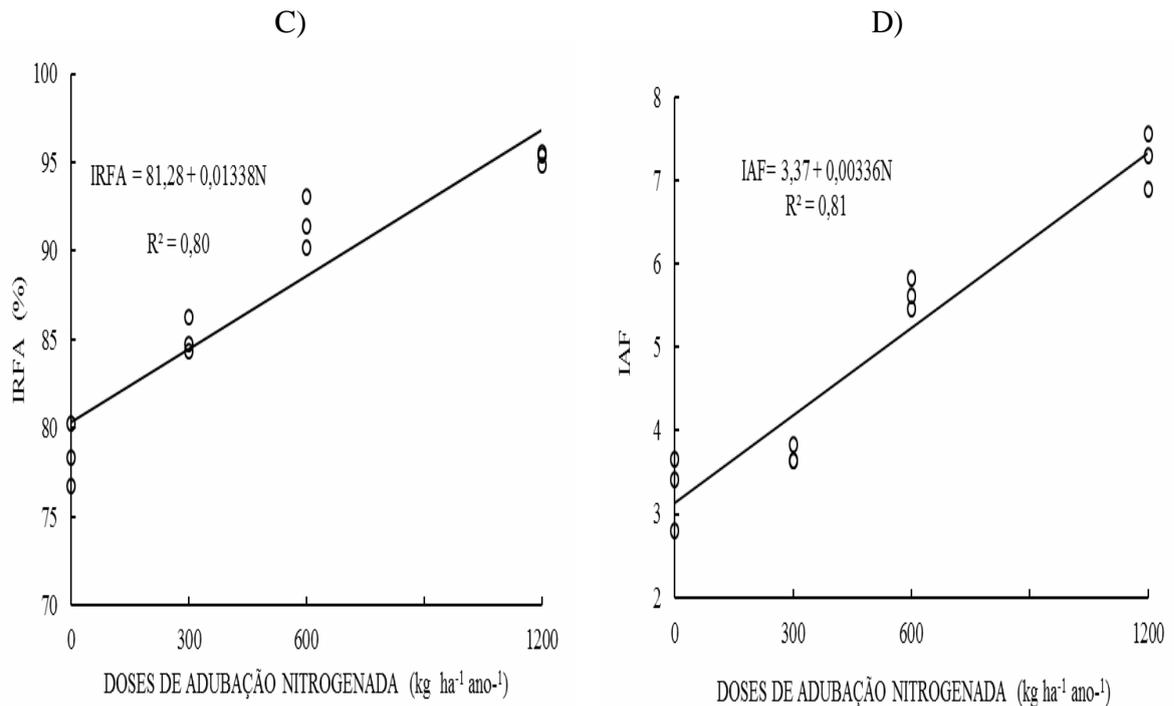
As doses de nitrogênio promoveram ( $P < 0,05$ ) mudanças satisfatórias nas seguintes variáveis: período de descanso, altura do pasto, índice de área foliar, interceptação da radiação fotossinteticamente ativa, biomassa forragem total colhível, biomassa de forragem verde colhível, biomassa de lâmina foliar verde colhível, densidade populacional de perfilhos.

A adubação nitrogenada proporcionou ( $P < 0,05$ ) resposta linear decrescente apenas para o período de descanso (PD, Figura 23 A). O PD apresentou valores estimados em 28,73 e 16,87 dias, para as doses de 0,0 e 1200  $\text{kg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ , respectivamente. Essa resposta deve-se ao manejo do pasto adotado no estudo, onde o período de descanso variou em função de cada dose avaliada, conferindo assim, menores períodos de descanso para as maiores doses e vice-versa.

Tal manejo garantiu minimizar a senescência e o estiolamento do colmo, efeitos do nitrogênio, sobre a planta, propiciando como resultado, um pasto em que a biomassa era composta principalmente por lâminas foliares verdes.

Figura 23 - Período de descanso (PD), Altura do pasto (Alt), Interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (IRFA) e Índice de área foliar (IAF) em pasto de *Megathyrus maximus* cv. BRS Tamani irrigado sob doses crescentes de adubação nitrogenada





Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

Constatou-se ( $P < 0,05$ ) efeito linear crescente para altura do pasto, apresentou valores estimados em 24,47 e 34,07 cm, para as doses de 0,0 e 1200 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, respectivamente. (Figura 23 B). Esse comportamento foi semelhante a TAIC nesse estudo, onde obtive-se valores estimados de 0,056 e 0,14 cm perf<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, para as doses de 0,0 e 1200 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, respectivamente. O índice de área foliar residual preconizado de 1,0 permitiu controlar o alongamento do colmo, uma vez que, a resposta crescente verificada nesse estudo, torna-se diminuta quando a comparada a biomassa de lâmina verde acumulada (BLV<sub>A</sub>).

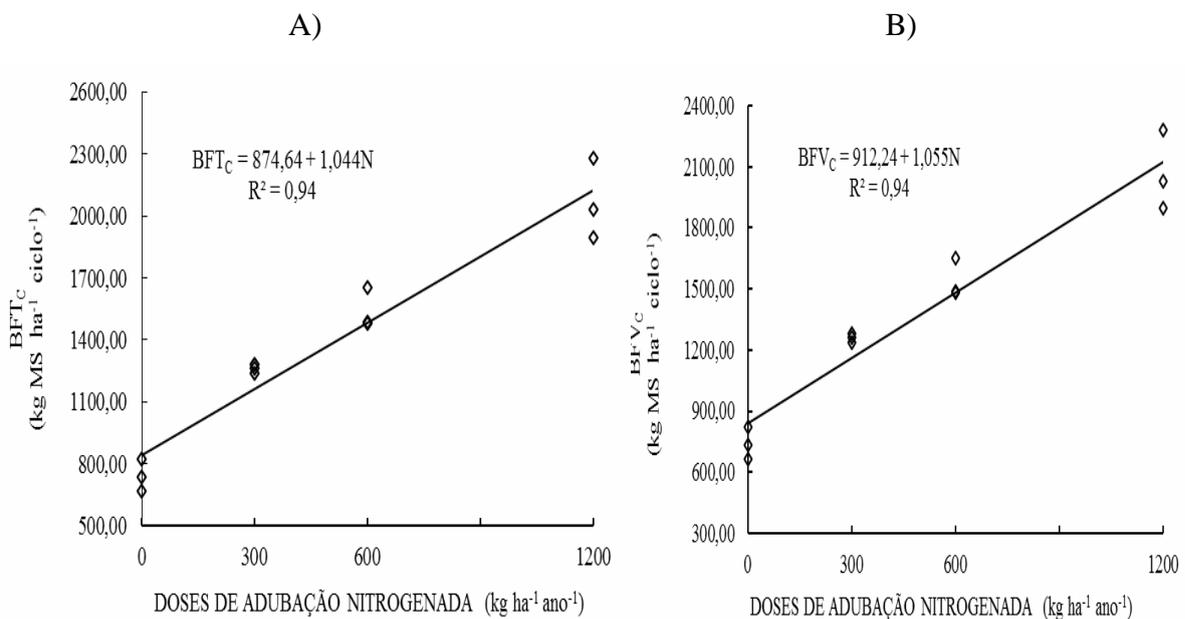
O índice de área foliar (IAF) e a Interceptação da radiação fotosinteticamente ativa (IRFA) mostraram ( $P < 0,05$ ) ajuste linear em função das doses de adubação nitrogenada, com valores estimados de 81,28 e 95,36 % (IRFA) e 3,37 e 7,09 (IAF) para as doses de 0,0 e 1200 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 23C e 23D). A biomassa de forragem é determinada pela quantidade de luz que é interceptada pelo dossel. À medida que aumentou o IAF consequentemente aumentou IRFA, promovendo uma melhor eficiência de uso da radiação fotossinteticamente ativa, o que confere uma aceleração na taxa de crescimento em condições ambientes favoráveis (BROWN; BLASER, 1968).

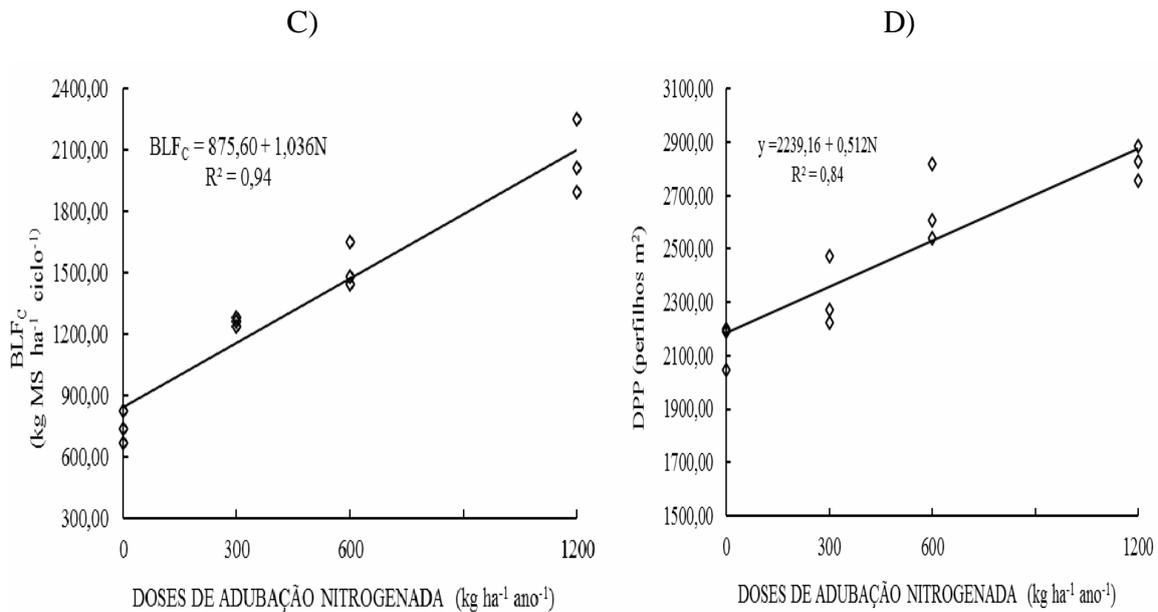
O IAF é um indicador de potencial de produção de biomassa de forragem, que está intimamente ligado a eficiência de utilização da energia solar incidente, por meio do processo fotossintético (GOMIDE, 1973). A ausência de nitrogênio afetou a produção de lâminas foliares e consequentemente acarretou um menor IAF.

A adubação nitrogenada proporcionou ( $P < 0,05$ ) resposta linear crescente sobre as variáveis de biomassa de forragem total colhível ( $BFT_C$ ), biomassa de forragem verde colhível ( $BFV_C$ ) e biomassa lâmina verde colhível ( $BLV_C$ ).

Verificaram-se valores de 914,24 e 2178,24  $\text{kg ha}^{-1} \text{ ciclo}^{-1}$  de  $BFT_C$  (Figura 24 A), para as doses de 0,0 e 1200  $\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , respectivamente. O aumento da produção de biomassa de capim-tamani com o incremento das doses, é justificado pela participação do nitrogênio como um agente controlador dos processos de crescimento e desenvolvimento das plantas, favorecendo a uma maior produção de biomassa pela fixação de  $\text{CO}_2$ . Podem-se encontrar vários trabalhos que reportam tal comportamento para essa variável em função das altas doses de adubação nitrogenada (FAGUNDES et al., 2006; MARTUSCELLO et al., 2006; BRAZ et al., 2011).

Figura 24-Biomassa total de forragem colhível ( $BFT_C$ ), Biomassa de forragem verde colhível ( $BFV_C$ ), Biomassa de lâmina foliar verde colhível ( $BLV_C$ ) em pasto de *Megathyrus maximus* cv. BRS Tamani irrigado sob doses crescentes de adubação nitrogenada





Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

Os componentes de BFV<sub>C</sub> e BLV<sub>C</sub> apresentaram valores estimados de 874,64 e 2127,45 kg ha<sup>-1</sup>ciclo<sup>-1</sup> de BFV<sub>C</sub> e 875,60 e 2118,80 de kg ha<sup>-1</sup>ciclo<sup>-1</sup> BLV<sub>C</sub>, para as doses de 0,0 e 1200 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 24 B e 24 C). Observou-se incrementos de 1295,36 e 704 %, para as variáveis BFV<sub>C</sub> e BLV<sub>C</sub>, respectivamente para a dose equivalente a 1200 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> em comparação com a ausência de nitrogênio. Esses valores revelaram um aumento de 27.350,04 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, na biomassa de lâminas foliares na dose de 1200 em relação à dose de 0,0 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. O nitrogênio propiciou um incremento de 103,66 kg de biomassa de lâminas foliares verdes para cada quilograma de nitrogênio adicionado.

Esse resultado também está relacionado com as elevadas taxas de alongamento foliar (TAIF) (Figura 21A). Essa variável morfogênica tem alta correlação com biomassa de lâminas foliares (GARCEZ NETO et al., 2002; MARTUSCELLO et al., 2006; POMPEU et al., 2010; LOPES et al., 2011, LOPES et al., 2013). O nitrogênio atua na TAIF afetando positivamente a área foliar fotossinteticamente ativa, acelerando o processo de recuperação do dossel após a desfolhação.

A dose de nitrogênio equivalente a 1200 kg ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>, permitiu uma produção 23.960,64 kg ha<sup>-1</sup> de BLV<sub>C</sub>, durante o período avaliado de 180 dias em contrapartida ao 5.247,84 kg ha<sup>-1</sup> da dose 0,0 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, ao longo desse mesmo período, tal resultado, mostra que houve um incremento na produção de 18.712,80 kg ha<sup>-1</sup>, o que consolida o efeito do nitrogênio em gramíneas forrageiras produtivas, com alta capacidade de resposta a

adubação nitrogenada, permitindo assim, potencializar e maximizar a produção de biomassa foliar, elevando a capacidade suporte do pasto. A proporção de lâminas foliares no dossel forrageiro é muito importante, é o substrato de qualidade nutricional preferível na alimentação animal (RODRIGUES et.al., 2012). Vale ressaltar que as variáveis  $BFV_C$  e  $BLV_C$  não foram afetadas somente pela adubação nitrogenada, mas também, pelo ambiente de temperatura elevada que estimula o alongamento foliar associado à água disponibilizada via irrigação.

Não houve efeito das doses de nitrogênio para as variáveis biomassa de forragem colhível ( $BFM_C$ ) e biomassa de colmo verde colhível ( $BCV_C$ ), com valores médios e iguais a  $44,12 \pm 16,18$  e  $2,27 \pm 1,82$   $kg\ ha^{-1}\ ciclo^{-1}$ , respectivamente. Tal fato deve-se à elevada densidade populacional de perfilhos (DPP) e possivelmente à manutenção de um IAF residual adequado (1,0). Esse resultado indica que a meta de manejo preconizada propicia melhor vigor do pasto e rápida rebrotação como efeito do nitrogênio incrementando a população de perfilhos, garantindo a persistência e a perenidade do pasto. O IAFr adequado deve favorecer o crescimento da planta, sem comprometer suas reservas, minimizando o alongamento do colmo e a senescência.

Constatou-se efeito linear crescente para a densidade populacional de perfilhos ( $P < 0,05$ ). A maior dose de adubação nitrogenada avaliada equivalente a  $1200\ kg\ ha^{-1}\ ano^{-1}$ , proporcionou um aumento de 21,54% em relação a ausência de adubação nitrogenada, com valores estimados em 2239 e 2853 perfilhos  $m^2$ , para as doses de 0,0 e  $1200\ kg\ ha^{-1}\ ano^{-1}$ , respectivamente (Figura 24 D). O capim-tamani apresenta alta capacidade de resposta ao nitrogênio e é provável que na ausência desse nutriente, promova uma redução do aparecimento de novos perfilhos (PEREIRA et al., 2010). Possivelmente a maior frequência de cortes, também afetou positivamente na ativação dos tecidos meristemáticos (gemas axilares). O déficit de nitrogênio permite o aumento das gemas dormentes e o oposto permite o máximo perfilhamento (NABINGER, 1996). O nitrogênio é o nutriente mineral que mais propicia aumento na DPP (LAUDE, 1972).

Não foi observado efeito das doses de adubação nitrogenada para as relações material vivo/material morto e lâmina foliar/colmo ( $P > 0,05$ ), com valores médios e iguais a 37,63 e 1422,29 para as doses 0,0 e  $1200\ kg\ ha^{-1}\ ano^{-1}$  respectivamente. Existe uma relação entre essas variáveis ( $BFM_C$  e  $BFV_C$ ). Contudo, essa reposta decorreu da estabilidade dos valores da  $BFM_C$  em todas as doses avaliadas, mesmo ocorrendo incremento da biomassa verde acumulada, sobretudo de lâminas foliares, com o aumento das doses. Esse resultado indica melhor eficiência de uso do pasto, reduzindo assim a quantidade de material morto. Tal eficiência foi garantida pelas metas de manejo do pasto associadas ao efeito do nitrogênio e

das condições climáticas, como temperatura e água, que geraram maior qualidade da biomassa colhível.

A relação lâmina foliar/colmo não revelou ( $P>0,05$ ) efeito com o incremento das doses de adubação, resultado justificado pela elevação na biomassa de colmo (TAIC) (Figura 21 B), à medida que a biomassa foliar foi incrementada pelas maiores doses de nitrogênio (POMPEU et al., 2010). Contudo, não houve efeito das doses na  $BCV_C$ , o que pode estar relacionado aos valores diminutos aqui obtidos, bem como ao CV 64,28% para esta variável.

Os valores registrados para a gramínea em estudo são superiores aos encontrados para o capim-massai ( $4,33\pm 0,92$ ) também sob manejo intensivo com doses crescentes de nitrogênio até  $1200\text{kg ha}^{-1}\text{ ano}^{-1}$  (LOPES et al., 2011), o que sugere que o tamani é mais responsivo ao nitrogênio, bem como a alta intensidade e frequência de desfolhação. Revelou maior produção de biomassa acumulada de lâminas foliares, em menor intervalo entre cortes, parâmetro importante para maximizar a produção de forragem e consequentemente a produção de carne e leite.

Quando a relação lâmina foliar/colmo é alta, representa uma biomassa de forragem com elevadas proteína e digestibilidade, por ter maior proporção de lâminas foliares, permitindo um maior consumo voluntário de matéria seca pelos animais. Além disso, sugere que o cultivar em apreço apresenta uma plasticidade fenotípica favorável à elevada intensidade de desfolhação, pois obteve alta densidade de perfilhos com maior frequência de cortes, não tendo, portanto, meristemas decapitados, possivelmente localizados mais próximos ao solo.

Face aos dados em geral obtidos no presente estudo, o produtor poderá ter embasamento teórico e respostas cientificamente comprovadas, ajudando-o a adotar um manejo tecnológico que se ajuste a sua propriedade e seus objetivos, de maneira a proporcionar uma melhor produtividade do sistema de produção, considerando as respostas morfofisiológicas da gramínea em estudo. No tocante a produção de biomassa total colhível, a máxima resposta biológica foi alcançada na dose equivalente a  $1200\text{kg ha}^{-1}\text{ ano}^{-1}$ , mas caso o produtor prefira trabalhar com um médio nível tecnológico, onde ele alcance uma produção de  $150\text{kg ha}^{-1}\text{ dia}^{-1}$ , poderá utilizar uma dose equivalente a  $400\text{kg ha}^{-1}\text{ ano}^{-1}$  de nitrogênio, o que permitiria atingir uma produção de  $155,40\text{ kg ha}^{-1}\text{ dia}^{-1}$ , alcançando uma produção de BFTc de  $55.800,00\text{kg ha}^{-1}\text{ ano}^{-1}$ .

## 5 CONCLUSÃO

As características morfofisiológicas do capim-tamani são influenciadas positivamente até a dose de nitrogênio avaliada de  $1200 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , para máxima resposta biológica. As características morfogênicas do capim-tamani são favorecidas pelas doses de nitrogênio, permitindo incremento na produção de forragem total e acumulada, registrando o efeito do nitrogênio, que também pode ser observado nos componentes da biomassa de forragem. O capim-tamani mostrou-se altamente responsivo ao manejo intensivo, constituindo uma alternativa para esse tipo de exploração, maximizando a produção de biomassa de forragem com possível impacto na capacidade de suporte da pastagem.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, J. S.; PIRES, A. J. V.; MATSUMOTO, S. N.; FIGUEIREDO, M.P.; RIBEIRO, G. S. Características morfológicas e estruturais da *Brachiaria decumbens* stapf. Submetida a diferentes doses de nitrogênio e volumes de água. **Acta Veterinaria Brasilica**, Mossoró, v. 2, n. 1, p. 1-10, 2008.
- ARONOVICH, S. O capim colômbio e outros cultivares de *Panicum maximum* Jacq.: introdução e evolução do uso no Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 12., 1995, Piracicaba. **Anais[...]** Piracicaba: FEALQ, 1995. p. 1-20.
- BEADLE, C. L. Growth analysis. In: HALL, D. O.; BOLHARNORDENKAMPF, H. R.; LEEGOOD, R. C.; LONG, S. P. (ed.). **Photosynthesis and production in a changing environment: a field and laboratory manual**. London: Chapman & Hall, 1993. p.36-46.
- BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: Fundação de Estudos e Pesquisas em Agronomia, Medicina Veterinária e Zootecnia, 1988. 41p.
- BRAZ, T. G. S.; FONSECA, D. M.; FREITAS, F. P.; MARTUSCELLO, J. A.; SANTOS, M. E.; SANTOS, M.V. Morphogenesis of Tanzania guinea grass under nitrogen doses and plant densities. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n. 7, p.1420- 1427, 2011.
- BROWN, R. H.; BLASER, R. E. Effects of leaf age on efficiency. **Crop Science**, Madison, v. 6, n. 2, p. 206-209, 1968.
- BÜRGI, R.; PAGOTTO, D.S. Aspectos mercadológicos dos sistemas de produção animal em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM: Inovações tecnológicas no manejo de pastagens, 19., 2002, Piracicaba. **Anais[...]**Piracicaba: FEALQ, 2002.p. 217-231.
- CABRERA-BOSQUET, L.; ALBRIZIO, R.; ARAUS, J.L.; NOGUÉS, S. Photosynthetic capacity of field-grown durum wheat under different N availabilities: A comparative study from leaf to canopy. **Environmental and Experimental Botany**, Elmsford, v.6, n.1, p.145– 152, 2009.
- CÂNDIDO, M. J. D.; SILVA, R. G.; NEIVA, J. N. M.; FACÓ, O.; BENEVIDES, Y. I.; FARIAS, S. F. Fluxo de biomassa em capim-tanzânia pastejado por ovinos sob três períodos de descanso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 6, p. 2234-2242, 2006.
- CFSEMG. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais** : quinta aproximação. Viçosa: UFV, 1999, 359 p.
- COSTA, C.; DWYER, L.M.; DUTILLEUL, P.; STEWART, D.W.; MA, B.L.; SMITH, D.L. Interrelationships of applied nitrogen, SPAD, and yield of leafy and non-leafy maize genotypes. **Journal of Plant Nutrition**, Monticello, v. 24, n. 1, p. 1173-1194, 2001.

DAVIES, A. Tissue turnover in the sward. *In*: DAVIES, R.D. et al. eds. **Sward Measurement Handbook, 2nd ed**, Reading, p. 183-216, 1993.

DIAS-FILHO, M.B. Uso de pastagens para a produção animal no Brasil: estado da arte e a necessidade de intensificação de forma sustentável e ambientalmente adequada. *In*: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 27., 2015, Piracicaba. **Anais[...]** Piracicaba: FEALQ, 2015. p. 7-32.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. – Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006. 306p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA - BRS Tamani, forrageira híbrida de *Panicum maximum*. **Embrapa Gado de Corte**. 2015.

EVANS, G.C. **The quantitative analysis of plant growth**. Oxford: Blackwell Scientific. 1972, 734 p.

FAGUNDES, J. L. FONSECA, D. M.; MISTURA, C.; MORAIS, R. V.; VITOR, C. M. T.; GOMIDE, J. A.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; CASAGRANDE, D. R., COSTA, L. T. Avaliação das características estruturais do capim-braquiária em pastagens adubadas com nitrogênio nas quatro estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 30-37, 2006.

**FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS**. FAOSTAT: 2013. Disponível em: <http://www.faostat3.fao.org>. Acesso em: 20 jun 2018.

GARCEZ NETO, A. F.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; REGAZZI, A. J. FONSECA, D. M.; MOSQUIM, P. R.; GOBBI, K. F. Respostas morfogênicas e estruturais de *Panicum Maximum* cv. Mombaça sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e alturas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 1890-1900, 2002.

GERLAND, P.; RAFTERY, A.E.; ŠEVČÍKOVÁ, H.; LI, World population stabilization unlikely this century. **Science**, Washington, v. 346, n. 6206, p. 234-237, 2014.

GOMIDE, C.A.M. Morfogênese de cultivares de *Panicum maximum* (Jacq.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.2, p.341-348, 2002.

GOMIDE, J. A. Fisiologia e manejo de plantas forrageiras. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 2, p. 17-26. 1973.

HOPKINS, W. G. *Introduction to Plant Physiology*. 2. ed. New York: John Wiley & Sonsio. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 11, n. 4, p. 1187-1210, 2010.

HORST, G. L.; NELSON, C. J.; ASAY, K. H. Relationship of leaf elongation to forage yield of tall fescue genotypes. **Crop Science**, Madison, v. 18, n. 5, p. 715-719, 1978.

JANK, L. ; COSTA, J. C. G. . Avaliação, seleção e lançamento de novas cultivares de gramíneas da espécie *Panicum maximum*. *In*: Peres, R.M.; Alcântara, P.B.; Justo, C. (org.). ENCONTRO SOBRE PRODUÇÃO DE SEMENTES DE PLANTAS FORRAGEIRAS, 4., São José do Rio Preto. **Anais [...]** São José do Rio Preto: Associação Paulista dos Produtores de Sementes e Mudanças, 1990. p. 1-15.

JANK, L. Melhoramento e seleção de variedades de *Panicum maximum*. *In*: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 12., 1995, Piracicaba. **Anais [...]** Piracicaba: FEALQ, 1995. p. 21-58.

JANK, L.; BRAZ, T.G.S.; MARTUSCELLO, J. A. **Gramíneas de clima tropical**. *In*: Ricardo Andrade Reis; Thiago Fernandes Bernardes; Gustavo Resende Siqueira. (org.). Forragicultura: ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros. Jaboticabal: Gráfica Multipress, 2014, p. 109- 124.

KÖPPEN, W. Das geographische System der Klimate. *In*: **Handbuch der Klimatologie**, Berlin: Gebrüder Borntraeger, 1936, 44 p.

LAUDE, H.M. External factors tiller development. *In*: YOUNGNER, V.B.; McKELL, CM. (ed.). **The biology and utilization of grasses**. New York: Academic Press, 1972. p.146-154.

LOPES, M. N. ; CANDIDO, M. J. D. ; POMPEU, R. C. F. F. ; SILVA, R. G. ; CARVALHO, T. C. F. ; SOMBRA, W. A. ; MORAIS NETO, L. B. ; PEIXOTO, M. J. A. . Biomass flow in massai grass fertilized with nitrogen under intermittent stocking grazing with sheep. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 42, n.1, p. 13-21, 2013.

LOPES, M. N. ; CANDIDO, M. J. D. ; POMPEU, R. C. F. F. ; SILVA, R. G. ; LACERDA, C. F. ; BEZERRA, F. M. L. Características morfogênicas de dois tipos de perfilhos e produção de biomassa do capim-massai adubado com nitrogênio durante o estabelecimento. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 5, p. 666-677, 2014.

LOPES, M. N.; CÂNDIDO, M. J. D.; POMPEU, R. C. F. F. SILVA, R. G.; BEZERRA, F. M. L. Componentes estruturais do resíduo pós-corte em capim-massai adubado com cinco doses de nitrogênio. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 42, n. 2, p. 518-525, 2011.

LOPES, M. N.; LACERDA, C. F.; CÂNDIDO, M. J. D. POMPEU, R. C. F. F.; SILVA, R. G. LOPES, J. W. B., FERNANDES, F. R.. B.; BEZERRA, M. L. Gas exchange in massai grass under five nitrogen fertilization levels during establishment and regrowth. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n. 9, p. 1862-1869, 2011.

LOPES, M.N. **Adubação nitrogenada em capim-massai: trocas gasosas, morfofisiologia e composição químico-bromatológica**. 2010. 157 f. Monografia (Graduação em Agronomia)-Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

LOPES, M.N. **Trocas gasosas e morfofisiologia em capim-massai sob pastejo e adubado com nitrogênio**. 2012. 118 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

LUDLOW, M.M., WILSON, G.L. Studies on the productivity of tropical pasture plants. II. Growth analysis, photosynthesis, and respiration of 20 species of grasses and legumes in a controlled environment. **Australian Journal of Agriculture Research**, East Melbourne, v.21, n.2, p.183- 194, 1970.

MARTUSCELLO, J. A.; FONSECA, D. M.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; SANTOS, P. M.; RIBEIRO JÚNIOR, J. I.; DA CUNHA, D. N. F. V.; MOREIRA, L. M. Características morfológicas e estruturais do capim-xaraés submetido à adubação nitrogenada e desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 5, p. 1475-1482, 2005.

MARTUSCELLO, J. A.; FONSECA, D. M.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; SANTOS, P. M.; DA CUNHA, D. N. F. V.; MOREIRA, L. M. Características morfológicas e estruturais de capim-massai submetido a adubação nitrogenada e desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 665-671, 2006.

NABINGER, C. Princípios da exploração intensiva de pastagens. *In*: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. (ed.) **Produção de bovinos a Pasto**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1996. p.15-95.

O OLIVEIRA, M. A. DE; PEREIRA, O. G.; GOMIDE, J. A.; HUAMAN, C. A. M. Y; GARCIA, R.; CECON, P. R. Análise de crescimento do capim- bermuda “Tifton 85” (*Cynodon spp.*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.29, n.6, p.1930- 1938, 2000.

PEDREIRA, B.C.; PEDREIRA, C.G.S. Fotossíntese foliar do capim-xaraés [*Brachiaria brizantha* (A. Rich.) Stapf. cv. Xaraés] e modelagem da assimilação potencial de dosséis sob estratégias de pastejo rotativo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, n. 4, p.773-779, 2007.

PEREIRA, L. E. T.; PAIVA, A. J.; DA SILVA, S. C.; CAMINHA, F. O.; GUARDA, V. D. A.; PEREIRA, P. M. Sward structure of marandu palisadegrass subjected to continuous stocking and nitrogen-induced rhythms of growth. **Scientia Agricola**, São Paulo, v. 67, n. 5, p. 531-539, 2010.

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

POMPEU, R. C. F. F.; CÂNDIDO, M. J. D.; LOPES, M. N. GOMES, F. H. T.; DE LACERDA, C. F.; AQUINO, B. F.; MAGALHÃES, J. A. Características morfofisiológicas do capim-aruana sob diferentes doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 11, n. 4, p. 1187-1210, 2010.

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

RODRIGUES, R.C.; LIMA, D.O.; PLESE, P.L.M. et al. Produção e morfofisiologia do capim *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés sob doses de nitrogênio e fósforo. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, Viçosa, v.2, n.1, p.124- 131, julho de 2012.

RIBEIRO, R.V. LYRA, G.B.; SANTIAGO, A.V.; PEREIRA, A.R.; MACHADO, E.C. OLIVEIRA, R.F. Diurnal and seasonal patterns of leaf gas exchange in bahiagrass (*Paspalum notatum* flugge) growing in a subtropical climate. **Grass and Forage Science**, Witzzenhausen v.61, n. 3, p.293- 303, 2006.

ROELFSEMA, M.R.; HEDRICH, R. In the light of stomatal opening: new insights into, the Watergate". **New Phytologist**, Cambridge, v. 167, n. 3, p. 665–691, 2005.

SAEG. **Sistema para Análises Estatísticas**, versão 9.1. Fundação Arthur Bernardes - UFV-Viçosa, 2007.

SAS INSTITUTE. **SAS System for Windows**: version 9.0. Cary: SAS Institute Inc. 2003. 2 CD-ROMs.

SCHEPERS, J.S.; FRANCIS, D.D.; VIGIL, M.; BELOW, F.E. Comparison of corn leaf nitrogen concentration and chlorophyll meter readings. **Communications in soil science and plant analysis**, New York, v.23, n. 17/20, p. 2173- 2187, 1992.

STATSOFT, Inc. **Statistica**: Data analysis software system, version 6.0. Tulsa, OK, USA, 2001.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5. ed., Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

YIN, C.; PANG, X.; CHEN, K. The effects of water, nutrient availability and their interaction on the growth, morphology and physiology of two poplar species. **Environmental and Experimental Botany**, Oxford, v. 67, n. 1, p. 196-203, 2009.

ZAIDA, A.; PEREZ-HORMAECHE, J; LEIDI E.O. Control of vacuolar dynamics and regulation of stomatal aperture by tonoplast potassium uptake. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington D.C, v. 111, n. 17, p. 1806-1814, 2014.

**ANEXO A - DECLARAÇÃO DA CORREÇÃO ORTOGRÁFICA, LINGUÍSTICA E  
NORMAS DA ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS)**

**DECLARAÇÃO**

Declaro para os devidos fins que realizei a correção ortográfica, linguística e normas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) da Tese de Doutorado da Srta. **ELAYNE CRISTINA GADELHA VASCONCELOS** que tem como título **MORFOFISIOLOGIA DO CAPIM-TAMANI IRRIGADO SOB DOSES DE NITROGÊNIO**, do Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia (PDIZ) da Universidade Federal do Ceará (UFC), Universidade Federal da Paraíba (UFPB) e Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

Sobral, 03 de dezembro de 2018.



---

Edivanisse X. Madeira Melo  
Especialista em Língua Portuguesa – UVA  
Secretaria da Educação do Ceará (SEDUC-CE)

**ANEXO B – DECLARAÇÃO DE QUE O ABSTRACT DA TESE FOI VERSADO PARA A  
LÍNGUA INGLESA**

**DECLARAÇÃO**

Declaro para os devidos fins acadêmicos do Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia PDIZ-UFC/UEPB/UFRPE da Universidade Federal do Ceará que o abstract da tese intitulada "MORFOFISIOLOGIA DO CAPIM-TAMANI IRRIGADO SOB DOSES DE NITROGÊNIO." de autoria de Elayne Cristina Gadelha foi versado para Língua Inglesa pelo assinado abaixo.

Curitiba, 01 de novembro de 2018.

*Erica M. Takahashi de Alencar*  
Dra. Erica M. Takahashi de Alencar