

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS**

ANGÉLICA NUNES DE CARVALHO

**ACÚMULO DE FORRAGEM E FOTOSSÍNTESE FOLIAR DE FAIXAS
ETÁRIAS DE PERFILHOS DO CAPIM-MARANDU SOB DUAS CONDIÇÕES
DE ADUBAÇÃO**

**UBERLÂNDIA
2017**

ANGÉLICA NUNES DE CARVALHO

**ACÚMULO DE FORRAGEM E FOTOSSÍNTESE FOLIAR DE FAIXAS
ETÁRIAS DE PERFILHOS DO CAPIM-MARANDU SOB DUAS CONDIÇÕES
DE ADUBAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciências Veterinárias, da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Veterinárias.

Área de Concentração: Produção de Forragens, Nutrição e Alimentação Animal.

Orientador: Prof. Dr. Manoel Eduardo Rozalino Santos

Coorientadora: Profa. Dra. Ana Sílvia Franco Pinheiro Moreira

UBERLÂNDIA
2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

C331a Carvalho, Angélica Nunes de, 1992
2017 Acúmulo de forragem e fotossíntese foliar de faixas etárias de
perfilhos do capim-marandu sob duas condições de adubação / Angélica
Nunes de Carvalho. - 2017.
62 f. : il.

Orientador: Manoel Eduardo Rozalino Santos.
Coorientadora: Ana Silvia Franco Pinheiro Moreira.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias.
Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2018.91>
Inclui bibliografia.

1. Veterinária - Teses. 2. Capim-marandu - Teses. 3. Adubação -
Teses. 4. Nitrogênio - Teses. I. Santos, Manoel Eduardo Rozalino. II.
Moreira, Ana Silvia Franco Pinheiro. III. Universidade Federal de
Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias. IV.
Título.

ANGÉLICA NUNES DE CARVALHO

**ACÚMULO DE FORRAGEM E FOTOSSÍNTESE FOLIAR DE FAIXAS
ETÁRIAS DE PERFILHOS DO CAPIM-MARANDU SOB DUAS CONDIÇÕES
DE ADUBAÇÃO**

Dissertação aprovada para a obtenção do título
de Mestre no Programa de Pós Graduação em
Ciências Veterinárias da Universidade Federal
de Uberlândia (MG) pela banca examinadora
formada por:

Uberlândia, 18 de dezembro de 2017.

Prof. Dr. Manoel Eduardo Rozalino Santos, UFU/MG (Orientador)

Prof. Dra. Simone Pedro da Silva, UFU/MG (Membro)

Prof. Dra. Cristiane Amorim Fonseca Alvarenga, IFTM/MG (Membro)

DEDICO

À minha mãe *Estelina* pelo exemplo de vida, amor e dedicação.

Ao meu namorado *Gustavo*, pela simples definição de uma palavra: Amor.

À minha irmã e sobrinha, *Mônica* e *Fernanda* pelo afeto e carinho.

AGRADECIMENTOS

À Santíssima Trindade, Pai-Filho-Espírito Santo, por abençoar, iluminar e orientar meus caminhos e minhas atividades.

À Universidade Federal de Uberlândia por ofertar o Programa de Pós Graduação e fornecer a infraestrutura necessária para a realização desta pesquisa.

Ao Programa de Pós Graduação em Ciências Veterinárias da UFU pela oportunidade de estudos, e aos seus coordenadores, professores e funcionários, pela competência, dedicação e pelas colaborações.

Ao Prof. Dr. Manoel Eduardo Rozalino Santos pela amizade, colaboração, ensinamentos, motivação e pelo exemplo de profissional e pesquisador, sempre acessível para ajudar e transmitir seus conhecimentos. Os seus ensinamentos foram essenciais para que eu vencesse mais esta etapa na minha vida e por isso tenho enorme gratidão por você.

À Profa. Dra. Ana Sílvia Franco Pinheiro Moreira pela amizade, atenção, confiança, pelo apoio e orientação ao longo desta pesquisa e de outras. Muito obrigada por todos esses anos.

À minha mãe Estelina, que confiou em mim e me ajudou a superar as minhas dificuldades. Mãe obrigada pelas palavras de carinho e incentivo. É por você e para você que continuo e continuarei a minha luta.

Agradeço ao meu namorado Gustavo pelo amparo e carinho, pela compreensão, solidariedade e amor em todos os dias e momentos dessa jornada.

À minha irmã Monica e a minha sobrinha Fernanda, que são muito importantes na minha vida e que mesmo sem saber ajudaram muito em minha formação.

À minha sogra Sônia e ao meu sogro Henrique por toda amizade, alegria e compreensão.

Meus especiais agradecimentos aos colegas e amigos do Grupo de Estudos e Pesquisas de Forragicultura (GEPFOR): Kathleen Alves, Gabriel Rocha, Bruno Segatto, Gustavo Jordan, Lucas Henrique, Lucas Santos, Kalita Alves, Rayne Pereira, Lyra Barroso, Wirley Souza, Diogo Sousa, Bruno Henrique e Flávia Van Cleef pela amizade e valiosa colaboração na condução do experimento e atividades de campo, o que não teria sido possível sem vocês.

Sou eternamente grata a todos vocês!

“Tenha fortaleza e ânimo, para resistir a todos os embates e tempestades do caminho. Não se iluda: mesmo a estrada do bem está cheia de tropeços e dificuldades... Continue, porém! Não dê ouvidos às pedras colocadas pela inveja, pelo ciúme, pela intriga...

Marche de cabeça erguida, confiantemente, e vencerá todos os obstáculos da caminhada. E, se for ferido, lembre-se de que as cicatrizes serão luzes que marcarão a sua vitória.”

Carlos Torres Pastorino

RESUMO

Os perfilhos são as unidades básicas de crescimento da planta forrageira. As faixas etárias dos perfilhos, bem como a adubação, influenciam a produção de forragem do dossel forrageiro. O objetivo com este trabalho foi compreender o desenvolvimento e a contribuição de perfilhos jovens, maduros e velhos para o acúmulo de forragem do dossel de *Urochloa brizantha* cv. Marandu (capim-marandu) durante o ano e em resposta à adubação. O delineamento foi inteiramente casualizado, com quatro repetições. Foram avaliadas duas estratégias de adubação (baixo adubo e alto adubo), três faixas etárias de perfilhos (jovens, maduros e velhos) e quatro épocas do ano (inverno, início de primavera, final de primavera e verão). De modo geral, as características de crescimento foram maiores na condição de alto adubo e nas épocas com maiores precipitação pluvial e temperatura. As adubações nitrogenada e fosfatada no capim-marandu aumentam a densidade populacional de perfilho e promovem maior crescimento do dossel forrageiro. O percentual de perfilho jovem é maior no final da primavera e no verão do que no outono e inverno. O perfilho jovem tem maior crescimento foliar e de colmo do que o perfilho velho, porém este contribui com a maior taxa de crescimento total do dossel forrageiro. O perfilho jovem apresenta maior contribuição para a taxa de acúmulo de folha do dossel forrageiro de capim-marandu.

Palavras-chave: fósforo, morfogênese, nitrogênio, *Urochloa brizantha* cv. Marandu.

ABSTRACT

The tillers are the basic units of growth of the forage plant. The age groups of the tillers, as well as the fertilization, influence the forage production of the forage canopy. The objective of this work was to understand the development and contribution of young, mature and old tillers for the accumulation of canopy of *Urochloa brizantha* cv. Marandu (Marandu grass) during the year and in response to fertilization. The design was completely randomized, with four replications. Two fertilization strategies (low fertilizer and high fertilizer), three age groups of tillers (young, mature and old) and four seasons of the year (winter, early spring, late spring and summer) were evaluated. In general, the growth characteristics were higher in the high fertilizer condition and in the seasons with higher rainfall and temperature. Nitrogen and phosphate fertilizations in the marandu grass increase the population density of tiller and promote greater growth of the forage canopy. The percentage of young tillers is higher in late spring and summer than in autumn and winter. The young tiller has higher leaf and stalk growth than the old tiller, but this contributes the highest growth rate of the canopy. The young tiller presents a greater contribution to the leaf accumulation rate of the canopy of the marandu grass.

Key-words: phosphorus, morphogenesis, nitrogen, *Urochloa brizantha* cv. Marandu.

LISTA DE TABELAS E FIGURAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1. Variação percentual dos valores das características morfogênicas e da senescência foliar de gramíneas forrageiras do gênero *Brachiaria* adubadas com nitrogênio (N) durante o período das águas.

CAPÍTULO 2

Figura 1. Precipitação pluvial, temperatura máxima, média e mínima mensal do ar, de março de 2016 a março de 2017.

Figura 2. Altura média dos dosséis de capim-marandu manejados com baixo e alto nível de adubos durante o período experimental.

Figura 3. Relação entre as percentagens de perfilhos velhos e jovens no dossel de capim-marandu durante nas épocas do ano.

Tabela 1. Datas das aplicações e doses dos adubos nitrogenados e fosfatados de acordo com os tratamentos experimentais.

Tabela 2. Características morfogênicas, estruturais e produtivas dos dosséis de capim-marandu durante as épocas do ano.

Tabela 3. Características morfogênicas e produtivas de três faixas etárias de perfilhos em dosséis de capim-marandu.

Tabela 4. Taxas de alongamento e de senescência foliar de faixas etárias de perfilhos em dosséis de capim-marandu durante as épocas do ano.

Tabela 5. Taxa de senescência foliar ($\text{cm perfilho}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) de faixas etárias de perfilhos do capim-marandu submetido a dois níveis de adubo durante as épocas do ano.

Tabela 6. Taxa de crescimento de folha ($\text{kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ de MS) de faixas etárias de perfilhos do capim-marandu submetido a dois níveis de adubo durante as épocas do ano.

LISTA DE ABREVIATURAS

A	Assimilação líquida de CO ₂ (fotossíntese líquida)
Al ³⁺	Alumínio
Ca ²⁺	Cálcio
CO ₂	Gás carbônico
DVF	Duração de vida da folha
H	Hidrogênio
H ₂ O	Água
IAF	Índice de Área Foliar
K	Potássio
KCl	Cloreto de Potássio
Mg ²⁺	Magnésio
MS	Matéria Seca
N	Nitrogênio
NPB	Número de perfilhos basais
NPT	Número de perfilhos totais
P	Fósforo
P ₂ O ₅	Pentóxido de difósforo
PERJB	Porcentagem de perfilhos jovens basais
PERMB	Porcentagem de perfilhos maduros basais
PERVB	Porcentagem de perfilhos velhos basais
TAcF	Taxa de acúmulo de lâmina foliar
TAcT	Taxa de acúmulo total
TAIC	Taxa de alongamento de colmo
TAIF	Taxa de alongamento de folha
TApF	Taxa de aparecimento foliar
TCC	Taxa de crescimento de colmo
TCF	Taxas de crescimento de folha
TCT	Taxa de crescimento total
TSeF	Taxa de senescência foliar
V	Saturação de base

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – Considerações gerais	12
1. Introdução	13
2. Revisão de literatura	14
2.1. Capim-marandu	14
2.2. Fotossíntese Foliar	16
2.3. Perfilhamento em gramíneas forrageiras tropicais	19
2.4. Desenvolvimento do pasto adubado: ênfase aos efeitos do nitrogênio	20
2.5. Importância do fósforo para produção de forragem	22
 CAPÍTULO 2 - Contribuição de faixas etárias de perfilhos na dinâmica do acúmulo de forragem do capim-marandu adubado	 37
Resumo	38
Abstract.....	38
Introdução	39
Materiais e métodos.....	41
Resultados.....	45
Discussão.....	48
Conclusões.....	53
Referências	53
Figuras e tabelas	59

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. INTRODUÇÃO

A pesquisa sobre o controle do pastejo com gramíneas tropicais teve avanço significativo com a incorporação do conhecimento da ecofisiologia do crescimento das plantas forrageiras (DA SILVA et al., 2015). Nesse sentido, estudos sobre a morfogênese possibilitaram integrar ao conceito de produção de forragem os processos de crescimento, senescência (BIRCHAM & HODGSON, 1983 e 1984); e, principalmente no caso de gramíneas tropicais, do alongamento do colmo (SBRISSIA & DA SILVA, 2001).

No Brasil, as recomendações para o manejo do pastejo de gramíneas tropicais sob lotação contínua têm sido difundidas principalmente com base na altura do dossel fixa durante todo o ano (CALVANO et al., 2011; HERNÁNDEZ-GARAY et al., 2014). Porém, a redução da altura do pasto no outono e inverno pode aumentar o perfilhamento no início da primavera (SANTANA et al., 2014), em função do menor sombreamento na base do dossel. Esse benefício poderia ser maximizado com a adubação nitrogenada nas épocas de melhores condições climáticas, pois o nitrogênio tem efeitos positivos sobre o aparecimento (CAMINHA et al., 2010) e o crescimento (PEREIRA et al., 2010) dos perfilhos.

O maior perfilhamento, por promover maior participação relativa de perfilhos jovens no dossel forrageiro (MARCELINO et al., 2006), pode aumentar a produção de forragem e melhorar a estrutura do pasto. O perfilho jovem possui maior taxa de crescimento, quando comparado ao velho e esse fato pode estar relacionado à maior fotossíntese foliar do perfilho jovem (CARVALHO, 2002; CARVALHO et al., 2006), porém essa hipótese ainda precisa ser investigada em condições tropicais.

Dessa forma, estratégias de manejo como a manutenção do pasto baixo durante o outono e inverno e a aplicação de adubo nitrogenado em maior dose, poderiam manter elevada população de perfilho jovem no pasto. Isso pode resultar em vantagens ao sistema de produção como, por exemplo, maior resposta produtiva dos perfilhos jovens à adubação nitrogenada, quando comparada às respostas dos perfilhos maduros e velhos (PAIVA et al., 2011).

Embora alguns estudos com manejo do pastejo sob lotação contínua no Brasil tenham indicado as possíveis vantagens da adubação em aumentar a percentagem de perfilhos jovens no pasto (PAIVA et al., 2011), nenhuma pesquisa foi desenvolvida para quantificar o quanto cada faixa etária de perfilho contribui para a dinâmica do acúmulo de forragem do dossel.

Esse trabalho foi realizado para caracterizar a fotossíntese foliar e o desenvolvimento de faixas etárias de perfilhos, bem como sua contribuição no acúmulo de forragem da *Urochloa brizantha* cv. Marandu syn. *Brachiaria brizantha* cv. Marandu durante as estações do ano e em resposta à adubação.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Capim-marandu

As gramíneas forrageiras do gênero *Brachiaria* sp. predominam a maior percentagem da área de pastagens cultivadas no Brasil, onde supõe-se que haja cerca de 115 milhões de hectares de pastagens cultivadas ou artificiais (ZIIMMER & EUCLIDES, 2000). As áreas de pastagens formadas com a *Brachiaria brizantha* (Hochst ex A Rich) stapf. cv. Marandu (capim-marandu) chegam a 60 milhões de hectares, o que representa 65% da área de pastagem cultivada na região Norte e 50% na região Centro-Oeste (PAULA et al., 2012). Entretanto, 80% destas áreas são consideradas como pastagens de baixa produtividade (CORAZZA, 2002).

O capim-marandu possui diversas denominações regionais como brizantão, brizantha, braquiarão, capim-marandu ou mesmo marandu. O pesquisador Webster (1988), ao revisar os gêneros de gramínea, concluiu que as várias espécies do gênero *Brachiaria* eram na verdade pertencentes ao gênero *Urochloa*, o que também foi confirmado por Morrone & Zuloaga (1992).

De acordo com Nunes et al. (1985), o capim-marandu é ecótipo originário de regiões vulcânicas da África tropical, que durante muitos anos foi cultivado no Brasil, na região do município de Ibirarema, Estado de São Paulo. Em 1977, a Estação de Pesquisas em Pastagens de Marandela – Zimbabwe, na África, enviou amostras do material vegetal ao CNPGC – Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte, da EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, situado no município de Campo Grande, Estado do Mato Grosso do Sul, onde passou a ser estudado sob o código de acesso BRA-000591. No ano de 1979, o CPAC – Centro de Pesquisa Agropecuária do Cerrado, também da EMBRAPA, situado no município de Planaltina, Distrito Federal, recebeu parte do material para estudo. No ano de 1984 houve o lançamento oficial da planta forrageira, numa parceria entre o CPAC e o

CNPGC, servindo esta como mais uma alternativa forrageira aos pecuaristas brasileiros (NUNES et al., 1985; RENVOIZE et al., 1996).

O capim-marandu é uma espécie bastante utilizada nas propriedades brasileiras (LUZ et al., 2015). Essa utilização é consequência, principalmente, de atributos como tolerância à baixa fertilidade do solo, elevada produtividade, quando devidamente adubada e manejada, e tolerância à cigarrinha das pastagens (ZIMMER et al., 1998).

O grande interesse dos pecuaristas pelo capim-marandu se deve ao fato desta planta ter alto potencial de produção de forragem, boa adaptabilidade aos solos e ao clima do Cerrado, responder bem à adubação fosfatada, ser de fácil estabelecimento, ter adequada persistência e bom valor nutritivo, (SOARES FILHO, 1997; VALLE et al., 2000; COSTA et al., 2005), porém está susceptível a algumas doenças, como a síndrome da morte do capim-marandu ou mortalidade do capim-marandu, nas regiões Centro-Oeste e Norte do Brasil (MARCHI et al., 2006)

Este cultivar apresenta elevado potencial de produção de forragem, sendo muito usado na alimentação de ruminantes em geral e, ao contrário de outras braquiárias, é bem aceito por equinos (SOARES FILHO, 1994). Apesar de tolerante às condições adversas, é extremamente responsivo às adubações, podendo produzir até 36 t/ha.ano (GHISI & PEDREIRA, 1987).

Por possuir sistema radicular vigoroso e profundo, o capim-marandu apresenta elevada tolerância à deficiência hídrica e absorção de nutrientes em camadas mais profundas do solo, desenvolvendo-se em condições ambientais em que a maioria das culturas produtoras de grãos e das espécies utilizadas para cobertura do solo, não se desenvolveria (BARDUCCI et al., 2009).

O capim-marandu, por suas diversas características satisfatórias, é alvo de diversas pesquisas atualmente. Paula et al. (2012), avaliando o capim-marandu em lotação contínua, concluíram que, durante o período das águas, o mesmo deve ser manejado entre 15 e 30 cm de altura para obtenção de maior ingestão de pasto por bovinos. Em relação à adubação nitrogenada, Pereira et al. (2010) concluíram que quando o controle do pastejo do capim-marandu é feito de maneira eficiente, as mudanças nas estruturas deste cultivar são em função basicamente de variações estacionais em condição de clima e estagio fenológico da planta. Diversas pesquisas mostram a influência do clima sobre todo o crescimento e desenvolvimento do capim-marandu (MARCELINO et al., 2006; PAIVA et al., 2011 e 2012). Costa et al. (2016), avaliando a dinâmica de perfilhamento do capim-marandu nas estações do ano, encontrou que o inverno foi caracterizado por condições climáticas desfavoráveis para o

crescimento da planta e que, para aumentar o perfilhamento, seria necessário manejar o capim-marandu com 15 cm no outono/inverno e 30 cm na primavera/verão.

Em relação a este cultivar, há diversas pesquisas sobre influência da adubação nitrogenada, características da forragem, produção de forragem e outros em lotação contínua (COSTA et al., 2016; FLORES et al., 2008; PAULA et al., 2012; PEREIRA et al., 2010; SANTOS et al., 2017), lotação intermitente (CARVALHO et al., 2016a; EMERENCIANO NETO et al., 2013; MELO et al., 2015; TRINDADE et al., 2007) e diferimento do uso da pastagem (AVELINO et al., 2015; CARVALHO et al., 2016b e 2017).

De acordo com Paula et al. (2012), o capim-marandu possui grande expressividade no Brasil, porém a alta porcentagem de degradação mostra que o manejo não está sendo realizado corretamente. Neste trabalho, o capim-marandu apresentou grande flexibilidade de manejo quando observado as características estruturais e morfológicas, sendo que os autores indicam o uso do mesmo entre 15 e 45 cm de altura. Independente da altura empregada, as características foram maiores no verão e primeira, decrescendo no outono e inverno.

Costa et al. (2016) avaliaram a dinâmica do perfilhamento do capim-marandu, porém com variações de altura durante as estações do ano, onde encontrou que, quando o capim-marandu foi manejado com 15 cm no outono e inverno e 30 cm na primeira e verão, a população de perfilhos ou Esse mesmo padrão de resposta também foi encontrado por Santos et al. (2017). Flores et al. (2008) observaram maior produção de forragem quando o capim-marandu foi manejado a 25 e 40 cm (420 kg ha⁻¹ média), em comparação ao manejo de 15 cm (360 kg ha⁻¹), no período de outubro de 2005 a junho de 2006, porém neste trabalho, as alturas foram as mesmas durante todo o período experimental. Nos trabalhos citados acima, sob lotação contínua, foi adotada ou simulada a taxa de lotação variável para permitir o controle e a manutenção das condições e metas de alturas dos pastos.

2.2. Fotossíntese Foliar

A fotossíntese é o meio pelo qual as plantas assimilam carbono e acumulam matéria seca em seus tecidos. Porém tem sido observada baixa associação entre fotossíntese foliar e produção de forragem quando observado em nível de área foliar (MORENO, 2004; LARA, 2007; PEQUENO, 2010), porque folhas individuais apresentam grande variação na capacidade fotossintética, que é determinada por vários fatores, como temperatura, radiação solar e desenvolvimento da folha (ZELITCH, 1982; BRAGA et al., 2006). Realmente, as

variações de temperatura e luminosidade e a diferença na idade fisiológica das folhas ao longo do perfil vertical do dossel são grandes, conferindo diferentes potenciais fotossintéticos às mesmas (LOOMIS & WILLIAMS, 1969).

As folhas mais jovens e completamente expandidas realizam fotossíntese com intensidade máxima e os seus assimilados servem não apenas para sua própria manutenção, mas também para atender às demandas do meristema apical, sistema radicular e das folhas em formação. A folha cujo limbo está parcialmente exposto, não transloca assimilados para outras partes do perfilho, usando-os para o seu próprio desenvolvimento (MILTHORPE & DAVIDSON, 1966). Com isso, a idade das folhas remanescentes após a desfolha, e sua relação com a eficiência de absorção de CO₂, é importante para a produção de forragem.

Com o pastejo, os animais removem a parte aérea da planta, reduzindo assim a interceptação de luz e também a fotossíntese líquida do dossel (DAVIDSON & MILTORPE, 1966). Para promover novo crescimento, a área foliar que escapa do corte vai ser determinante para o processo fotossintético, mas na maioria das vezes, as folhas dos perfilhos que escapam à desfolha são as mais velhas e com menor capacidade de assimilação (WOLEDGE & LEAFE, 1976; PARSONS et al., 1983).

A redução na capacidade fotossintética ocorre com o início do processo de senescência, sendo que o principal fator que induz o envelhecimento precoce das folhas é o seu conteúdo de nutrientes minerais. Essa redução na capacidade fotossintética em nível de folha também é observada em nível de perfilhos, de maneira que perfilhos com idade mais avançada apresentam redução na capacidade de produção de fotoassimilados. A capacidade fotossintética de perfilhos jovens foi avaliada por Carvalho et al. (2006), que verificaram que perfilhos primários jovens de capim-mombaça e capim-tanzânia apresentaram menor retenção de ¹⁴C que perfilhos primários velhos e principais, sugerindo que a capacidade fotossintética dos perfilhos jovens excedia sua capacidade de estoque, uso para manutenção e crescimento, de maneira que parte dos fotoassimilados eram transportados para outros perfilhos em estágio mais avançado de desenvolvimento. Outro fator que corrobora a redução da capacidade fotossintética na medida em que avança a maturidade da planta é o aumento na proporção dos tecidos condutores e mecânicos das folhas e perfilhos (PINTO, 1993), além da redução no número de folhas (ZIMMER et al., 1988).

Carvalho (2002) avaliou a atividade fotossintética de perfilhos de diferentes faixas etárias (velhos - idade superior a três meses de vida), maduros (com um a três meses de vida) e jovens (idade inferior a um mês de vida) dos capins tanzânia e mombaça submetidos a

alturas de corte. Os resultados revelaram efeito da idade do perfilho sobre a atividade fotossintética, de maneira que perfilhos velhos apresentaram atividade fotossintética inferior àquela registrada para perfilhos maduros e jovens (12,2; 15,8 e 15,8 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para perfilhos velhos, maduros e jovens, respectivamente). Segundo a autora, essa perda na capacidade fotossintética pode estar relacionada ao fato dos perfilhos velhos já terem sido desfolhados mais vezes, relativamente aos perfilhos jovens, o que pode ter causado alterações em sua morfologia e fisiologia.

Segundo Oliveira & Nascimento Junior (1999) apud Rosa et al. (2004), a produção de forragem é resultado do índice de área foliar (IAF) e da taxa fotossintética das folhas. Para cada espécie forrageira, existe um índice de área foliar que promove um nível ótimo de crescimento (PETERSON, 1970). Assim, o aumento do índice de área foliar, por sua vez, é resultante do progressivo aumento de folhas por perfilho e do número de perfilhos por planta, contribuindo, dessa maneira, para o acúmulo de forragem via aumento da interceptação e captura da energia luminosa disponível (GOMIDE, 1997).

Após desfolhação, segue-se um período em que a fotossíntese por unidade de IAF aumenta em decorrência da adaptação das folhas velhas (remanescentes) à maior intensidade de luz e da produção de novas folhas (DA SILVA & PEDREIRA, 1997). Porém, segundo afirmaram Corsi & Nascimento Junior (1994), os carboidratos produzidos antes da desfolhação são armazenados na base do colmo e, ou raízes, quando há excesso de produção fotossintética. Assim, esses carboidratos passam a ser utilizados pela planta após a desfolhação para auxiliar na reconstituição de sua área foliar. Desse modo, a área foliar remanescente após desfolhação assume grande importância por aumentar o vigor da rebrotação, resultado da imediata produção de carboidratos pela fotossíntese, fato que proporciona à planta menor tempo de dependência dos carboidratos de reserva como fonte de energia para a sua recuperação. Nesse contexto, para rápida recuperação do dossel pós-pastejo, deve-se observar a restauração das reservas orgânicas, a área foliar residual (BROUGHAM, 1956), a interceptação luminosa pelo dossel, as perdas por senescência e respiração (PARSONS et al., 1983) e o número de folhas vivas por perfilho (FULKERSON & SLACK, 1994).

2.3. Perfilhamento em gramíneas forrageiras tropicais

Os perfilhos são as unidades de crescimento das gramíneas forrageiras, sendo constituídos de fitômeros (lâmina foliar, bainha foliar, lígula, nó, entrenó e gema axilar) diferenciados de um único meristema apical (BRISKE, 1991). Dessa forma, o perfilho corresponde a uma cadeia coordenada de fitômeros em diferentes estádios de desenvolvimento (MATTHEW et al., 2001).

A densidade populacional de perfilhos em um pasto é função do equilíbrio entre as taxas de aparecimento e morte de perfilhos (LEMAIRE & CHAPMAN, 1996). Assim, mudanças na densidade populacional de perfilhos ocorrem quando o surgimento de novos perfilhos excede ou não a mortalidade dos perfilhos mais velhos (BRISKE, 1991). Em pastos estabelecidos, cada perfilho necessitaria formar apenas outro durante seu tempo de vida para a manutenção de uma população constante (PARSONS & CHAPMAN, 2000).

Outro aspecto importante para o entendimento da dinâmica do perfilhamento é que o número de folhas formadas determina a taxa potencial de aparecimento de perfilhos, devido à presença de uma gema na axila de cada folha (NELSON, 2000). A relação entre o aparecimento de perfilhos e o aparecimento de folhas é denominada ocupação de sítios e foi a primeira medida amplamente utilizada para calcular a proporção de gemas existentes que posteriormente resultavam na formação de perfilhos (DAVIES, 1974).

A taxa de aparecimento potencial de perfilhos só pode ser atingida quando o índice de área foliar é baixo, uma vez que a ativação das gemas para a formação de novos perfilhos está relacionada à quantidade e à qualidade de luz incidente sobre essas gemas. O trabalho de Deregibus et al. (1983) ilustra a importância do incremento na relação vermelho/vermelho-distante no perfilhamento basal.

Em pastos de capim-marandu mantidos com 10, 20, 30 e 40 cm de altura, sob lotação contínua, houve acréscimos na densidade populacional de perfilhos com a redução da altura média do pasto e consequentemente redução do IAF (SBRISSIA, 2004).

A dinâmica da densidade populacional de perfilhos é fator determinante da produtividade do pasto, na medida em que o acúmulo de forragem pode ser compreendido como o somatório do acúmulo de tecidos em cada um dos perfilhos individuais presentes no pasto.

Quando o dossel forrageiro é mantido baixo no inverno e tem sua altura aumentada no início da primavera, poderá ocorrer um período em que há estabilização do número de

perfilhos, com concomitantemente maior crescimento destes. Desse modo, é possível que o dossel passe por um período em que a lei do auto desbaste ainda não se manifeste. Essa lei assegura redução do número de perfilhos, que passam a ser mais pesados, quando a altura do dossel é incrementada (SBRISSIA & DA SILVA, 2008). Como consequência, um dossel mais denso e com perfilhos mais pesados, devido às suas maiores taxas de crescimento, pode expressar maiores taxas de crescimento de folha e total no início da primavera, em comparação àquele com altura constante. Esses efeitos foram constatados por Bircham & Hodgson (1984), que mensuraram maiores taxas de crescimento total em dossel mantido baixo e com posterior crescimento livre, em comparação aos dosséis com alturas constantes. Grant & King (1984) também observaram que dosséis de azevém perene baixos e que foram deixados crescer até um nível mais alto apresentaram lenta diminuição do número de perfilhos, mas altas taxas de crescimento desses perfilhos, o que aumentou a produção de forragem temporariamente nestes dosséis, comparativamente àqueles mantidos constantemente altos.

2.4. Desenvolvimento do pasto adubado: ênfase aos efeitos do nitrogênio

Dentre os nutrientes essenciais, o nitrogênio é o que mais influencia o aparecimento e o alongamento foliar (Tabela 1), o que pode estar relacionado à grande demanda e deposição deste nutriente nas zonas de divisão celular (GASTAL & NELSON, 1994). A adubação nitrogenada também aumenta o tamanho das folhas e o aparecimento e desenvolvimento dos perfilhos, fatores diretamente relacionados à produção do pasto (PEREIRA et al., 2011).

Em revisão de trabalhos científicos com gramíneas forrageiras tropicais adubadas com nitrogênio durante o período das águas, Santos & Fonseca (2016) constataram que esse nutriente tem efeitos positivo em todas as características morfogênicas, com exceção da duração de vida da folha. Esta normalmente é reduzida com o aumento da dose de adubos nitrogenado, pois nessas condições a taxa de senescência foliar é incrementada (Tabela 1).

Tabela 1. Variação percentual dos valores das características morfogênicas e da senescência foliar de gramíneas forrageiras do gênero *Brachiaria* adubadas com nitrogênio (N) durante o período das águas

Capim	Variação da dose de N	Variação (%)					Fonte
		TApF	TAlF	TAlC	DVF	TSeF	
Marandu	0 a 40 ²	79,9	162,2	-	-	-	Alexandrino et al. (2004)
Marandu	0 a 225 ¹	45,7	206,6	-	-61,7	-	Silva et al. (2009)
Decumbens	0 a 225 ¹	45,7	122,4	-	-61,7	-	Silva et al. (2009)
Xaraés	0 a 120 ¹	26,0	37,0	-	-13,0	47,8 ^a	Martuscello et al. (2005)
Marandu	0 a 450 ³	58,1 ^d	34,3 ^d	0,0 ^d	-50,2 ^d	50,0 ^d	Pereira (2009)

TApF: taxa de aparecimento foliar; TAlF: taxa de alongamento foliar; TAlC: taxa de alongamento de colmo; DVF: duração de vida da folha; TSeF: taxa de senescência foliar; ¹ mg dm⁻³; ² mg dm⁻³ semana⁻¹ de N; ³ kg ha⁻¹; ^a planta com três folhas por perfilho; ^d dados apenas do verão II. Fonte: SANTOS & FONSECA (2016).

Com isso, fica evidente que o fluxo de tecidos, entendido como a dinâmica de aparecimento, crescimento e mortalidade dos órgãos do pasto, é aumentado na pastagem adubada, em comparação àquela não adubada.

A adubação nitrogenada também influencia o perfilhamento do pasto, de modo que as taxas com que os perfilhos aparecem e morrem são aumentadas, isto é, ocorre uma renovação mais intensa da população de perfilhos no pasto adubado (CAMINHA et al., 2010). Por exemplo, Paiva et al. (2011) demonstraram que, durante o verão, a percentagem de perfilho jovem no pasto pode chegar a 70% quando se utiliza 450 kg ha⁻¹ de adubo nitrogenado em pastagens com capim-marandu manejadas em lotação contínua com bovinos. Por outro lado, nas pastagens que não receberam adubação nitrogenada, a percentagem de perfilho jovem no pasto foi de 46%.

Uma população mais jovem de perfilhos tem consequências sobre o crescimento do pasto adubado, porque o perfilho jovem tem maiores taxas de aparecimento e alongamento foliar, em comparação aos perfilhos mais velhos (PAIVA et al., 2011). Assim, a produção de forragem é incrementada no pasto adubado em virtude do alto número e do maior potencial de crescimento da faixa etária de perfilhos predominante nestes pastos, os perfilhos jovens.

Quando o pasto é adubado com altas doses de adubo nitrogenado nas estações prévias de primavera e verão, geralmente não ocorre incremento na taxa de aparecimento de perfilho

durante o inverno, ou, se ele ocorrer, é com baixas taxas, em razão do clima restritivo vigente no inverno. Porém, passado o inverno, quando as condições de clima voltam a ser favoráveis ao crescimento do pasto na primavera, é comum que o aparecimento de perfilhos seja maior nos pastos adubados com maior dose de nitrogênio no período das águas precedente. Isso indica que o pasto adubado com maior dose de nitrogênio na estação de crescimento anterior, se recupera mais rapidamente no início de primavera (SANTOS & FONSECA, 2016).

As maiores taxas de aparecimento, crescimento e desenvolvimento dos órgãos da planta forrageira adubada com nitrogênio podem resultar em melhoria na capacidade de adaptação das plantas diante de mudanças ambientais, ou seja, a plasticidade fenotípica da planta pode ser favorecida com a adubação nitrogenada (DA SILVA & NASCIMENTO JUNIOR, 2007).

2.5. Importância do fósforo para produção de forragem

O fósforo é um importante macronutriente, componente estrutural de macromoléculas, como ácidos nucleicos e fosfolípidos, e, também, da adenosina trifosfato (ATP). É considerado elemento essencial para as plantas e encontra-se em baixa quantidade nos solos brasileiros, de maneira que os solos, por serem acentuadamente intemperizados, apresentam capacidade de troca catiônica (CTC) reduzida e adsorção aniônica alta. Esta condição proporciona redução na saturação de bases, com aumento gradual na retenção de ânions, como o fosfato, sulfato e molibdato, entre outros (OURIVES et al., 2010). Em decorrência disto, os solos mudam, gradualmente, de fonte para dreno de fósforo inorgânico (NOVAIS & SMYTH 1999). Segundo Loganathan & Fernando (1980), quando se adiciona uma fonte solúvel de fósforo a determinado solo, mais de 90% do total aplicado é adsorvido na primeira hora de contato com o solo. Novais et al. (1980) também relataram que o maior tempo de contato solo-fosfato ocasiona menor disponibilidade de fósforo para as plantas. A deficiência de fósforo é problemática, pois reduz a absorção de nitrogênio, como demonstrado em diversos trabalhos (LEE, 1982; RUFTY et al., 1993; SCHJORRING, 1996)

Para Lopes (1998), o fósforo (P) é essencial para o crescimento das plantas e nenhum outro nutriente pode substituí-lo, sendo assim necessário para a planta completar seu ciclo normal de produção. Para Grant et al. (2001), as limitações na disponibilidade de P no início do ciclo vegetativo podem resultar em restrições do desenvolvimento, das quais as plantas não se recuperam posteriormente, mesmo aumentando o suprimento de P a níveis adequados.

São poucas pesquisas avaliando somente o nutriente fósforo no capim-marandu, pois a maioria das pesquisas, o alvo é sua participação juntamente com o nitrogênio, almejando aumento de produção de forragem. Ourives et al. (2010), avaliando o adubo orgânico Bokashi como fonte de fósforo no capim-marandu no momento da semeadura, em comparação com o adubo convencional (P_2O_5), observaram que a adubação com 2.000 g m^{-2} do Bokashi proporcionou maiores teores de matéria orgânica no solo do que o adubo convencional. Quanto maior o nível do Bokashi, maior foi a disponibilidade de fósforo no solo, sendo também na dose citada acima, melhor que o adubo convencional. Além da análise do solo, estes autores também fizeram a determinação do teor de nutrientes em folhas, onde a adubação com dose de 3.000 g m^{-2} do Bokashi forneceu maior teor de fósforo, comparado ao tratamento convencional. Ou seja, estes autores mostraram a importância do uso do fósforo para a planta, onde quanto maior a dose empregada, melhores são os resultados encontrados.

Guedes et al. (2009) ressaltaram que uma planta em condições ótimas de nutrição, principalmente em relação ao fósforo, apresenta maior desenvolvimento radicular e, conseqüentemente, maior produção de fotoassimilados, que são redistribuídos para o crescimento das raízes. Dias et al. (2012), avaliando o rendimento forrageiro do capim-marandu submetido a diferentes níveis de fósforo no plantio em vasos, encontraram incremento de 217,44% na produção de matéria seca da raiz, quando comparado a ausência desta adubação, o que demonstra a importância do fósforo no estabelecimento do capim-marandu, haja vista a importância das raízes na absorção de nutrientes e de água, garantindo melhores condições de sobrevivência da planta, especialmente em condições adversas de pluviometria.

Cecato et al. (2007) salientaram que a relevância do fósforo em todos os processos morfofisiológicos da planta nem sempre é considerada, ficando em segundo plano. De acordo com esses autores, o fósforo é um elemento vital, pois constitui o ATP (adenosina trifosfato), a maior fonte de energia de um organismo para desempenhar suas funções biológicas.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDRINO, E.; NASCIMENTO JR., D.; MOSQUIM, P. R.; REGAZZI, A. J.; ROCHA, F. C. Características morfológicas e estruturais na rebrotação da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a três doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1372-1379, 2004. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982004000600003>
- AVELINO, L.; RODRIGUES, P. H. M.; SOUZA, W. D.; SANTOS, M. E. R.; SILVA, S. P. Acúmulo de forragem do capim-marandu diferido com alturas variáveis. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, p. 23-35, 2015.
- BARDUCCI, R.S.; COSTA, C.; CRUSCIOL, C.A.C.; BORGHI, E.; PUTAROV, T.C.; SARTI, L.M.N. Produção de *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* com milho e adubação nitrogenada. **Archivos de Zootecnia**, v. 58, n. 222, p. 211-222, 2009. <https://doi.org/10.4321/S0004-05922009000200006>
- BIRCHAM, J.S.; HODGSON, J. The influence of sward condition on rates of herbage growth and senescence in mixed swards under continuous stocking management. **Grass and Forage Science**, v. 38, p.323-331, 1983. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1983.tb01656.x>
- BIRCHAM, J.S.; HODGSON, J. The effects of change in herbage mass on rates of herbage growth and senescence in mixed swards. **Grass and Forage Science**, v. 39, p.111-115, 1984. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1984.tb01672.x>
- BRAGA, G.J.; PEDREIRA, C.G.S; HERLING, V.R.; LUZ, P.H.D.; DE LIMA, U.G. Sward structure and herbage yield of rotationally stocked pastures of ‘Marandu’ palisadegrass [*Brachiaria brizantha* (A. Rich.(Stapf)] as affected by herbage allowance. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 63, n. 2, p. 121-129, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162006000200003>
- BRISKE, D. D. Developmental morphology and physiology of grasses. In: HEITSCHMIDT, R.K.; STUTH, J.W. (Eds.) **Grazing management**. Portland: Timber, 1991, Cap.4, p. 85–108.

BROUGHAM, R.W. Effect of intensity of defoliation on regrowth of pasture. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 7, n. 5, p. 377-387, 1956. <https://doi.org/10.1071/AR9560377>

CALVANO, M.P.C.A.; EUCLIDES, V.P.B.; MONTAGNER, D.B.; LEMPP, B.; DIFANTE, G.S.; FLORES, R.S.; GALBEIRO, S. Tillering and forage accumulation in Marandu grass under different grazing intensities. **Revista Ceres**, v. 58, p. 781-789, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2011000600015>

CAMINHA, F.O.; DA SILVA, S.C.; PAIVA, A.J.; PEREIRA, L.E.T.; MESQUITA, P.; GUARDA, V.D.A. Stability of tiller population of continuously stocked marandu Palisade grass fertilized with nitrogen. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 2, p. 213-220, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2010000200013>

CARVALHO, D.D. **Leaf morphogenesis and tillering behaviour in single plants and simulated swards of Guinea grass (*Panicum maximum* Jacq.) cultivars**. 2002. 186p. Thesis (Doctor of Philosophy in Plant Science) – Institute of Natural Resources, Massey University, Palmerston North, 2002.

CARVALHO, D.D.; IRVING, L.J.; CARNEVALLI, R.A.; HODGSON, J.; MATTHEW, C. Distribution of current photosynthate in two Guinea grass (*Panicum maximum* Jacq.) cultivars. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.57, n. 9, p. 2015–2024, 2006. <https://doi.org/10.1093/jxb/erj152>

CARVALHO, R. M.; SANTOS, M.E.R.; CARVALHO, B.H.R. ; CARVALHO, C.R.A.; SILVEIRA, J.P.F.; COSTA, L.K.P. Morphogenesis of marandu palisade grass next or distant from the cattle feces during the seasons. **Semina - Ciências Agrárias** (Online), v. 37, p. 3231-3242, 2016a.

CARVALHO, R.M.; CARVALHO, B.H.R.; FERNANDES, W.B.; ALVES, K.M.; SOUSA, D.O.C.; SILVA, G.F.; SANTOS, M.E.R. Rebaixamento do capim marandu para o diferimento e seus efeitos sobre índice de área foliar e número de meristemas apicais. **Boletim**

de **Indústria Animal** (Online), v. 73, p. 212-219, 2016b.
<https://doi.org/10.17523/bia.v73n3p212>

CARVALHO, R.M.; ALVES, L.C.; RODRIGUES, P.H.M.; SOUZA, W.D.; ÁVILA, A.B.; SANTOS, M.E.R. Acúmulo de forragem e estrutura do dossel de Capim-Marandu diferido e adubado com nitrogênio. **Boletim de indústria animal** (Online), v. 74, p. 1-8, 2017.

CECATO, U. et al. Características morfogênicas do capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq. cv. Mombaça) adubado com fontes de fosforo sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.1699-1706, 2007. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007000800001>

CORAZZA, E.J. **Biodisponibilidade do íon fosfato em solos sob pastagens cultivadas na região do cerrado**. 2002. 127 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

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

COSTA, K.A.P.; ROSA, B.; OLIVEIRA, I.P.; CUSTODIO, D.P.; SILVA, D.C. Efeito da estacionalidade na produção de matéria seca e composição bromatológica da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Ciência animal brasileira**, v. 6, n. 3, p. 187-193, jul./set. 2005.

COSTA, L.K.P.; SANTOS, M.E.R.; SILVA, G.P.; CARVALHO, B.H.R.; PESSOA, D.D.; GALZERANO, L.; SILVA, N.A.M. Reduction of sward height in the fall/winter as strategy to optimize tillering in *Urochloa brizantha* syn. *Brachiaria brizantha*. **Archivos de Zootecnia**, 65 (252): 499-506. 2016.

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

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

DA SILVA, S.; SBRISIA, A.; PEREIRA, L. Ecophysiology of C4 Forage Grasses- Understanding Plant Growth for Optimising Their Use and Management. **Agriculture**, v. 5, p. 598-625, 2015. <https://doi.org/10.3390/agriculture5030598>

DAVIDSON, J.L.; MILTHORPE, F.L. The effect of defoliation on the carbon balance in *Dactylis glomerata*. **Annals of Botany**, v.30, n.118, p.185-198, 1966. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a084066>

DAVIES, A. Leaf tissue remaining after cutting and regrowth in perennial ryegrass. **Journal of Agriculture Science**, v.82, p. 165-172, 1974. <https://doi.org/10.1017/S0021859600050334>

DEREGIBUS, V.A.; SANCHEZ, R.A.; CASAL, J.J. Effects of light quality on tiller production in *Lolium* spp. **Plant Physiology**, v. 27, n. 3, p. 900-912, 1983. <https://doi.org/10.1104/pp.72.3.900>

DIAS, D. G.; PORTO, E. M. V.; ALVES, D. D.; NETO, J. A. S.; GOMES, V. M.; SILVA, M. F.; SANTOS, S. A.; CARVALHO, M. A. M. Rendimento forrageiro do capim marandu submetido a diferentes fontes de fosforo. **Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient.**, Curitiba, v. 10, n. 4, p. 345-350, out./dez. 2012.

EMERENCIANO NETO, J.V.; DIFANTE, G.S.; MONTAGNER, D.B.; BEZERRA, M.G.S.; GALVÃO, R.C.P.; VASCONCELOS, R.I.G. características estruturais do dossel e acúmulo de forragem em gramíneas tropicais, sob lotação intermitente e pastejada por ovinos. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 4, p. 962-973, July/Aug. 2013.

FLORES, R.S.; EUCLIDES, V.P.B.; ABRÃO, M.P.C.; GALBEIRO, S.; DIFANTE, G.S.; BARBOSA, R.A. Desempenho animal, produção de forragem e características estruturais dos

capins marandu e xaraés submetidos a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia** [On-line version], v. 37, n. 8, p. 1355-1365, 2008.

FULKERSON, W. J.; SLACK, K. Leaf number as a criterion for determining defoliation time for *Lolium perenne*, 1. Effect of water-soluble carbohydrate and senescence. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 49, n. 4, p.373-377, 1994. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1994.tb02013.x>

GASTAL, F.; NELSON, C.J. Nitrogen use within the growing leaf blade of tall fescue. **Plant physiology**, v.105, p.191-197. 1994. <https://doi.org/10.1104/pp.105.1.191>

GHISI, O.M.A.; PEDREIRA, J.V.S. Características agronômicas das principais *Brachiaria* spp. In: PEDREIRA, J.V.S.; MEIRELLES, N.M.F. (Ed.). ENCONTRO SOBRE CAPINS DO GÊNERO *Brachiaria*, Nova Odessa, 1986. **Anais...** Nova Odessa, SP: Instituto de Zootecnia, 1987. p. 19-58.

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

GRANT, S.A.; KING, J. Grazing management and pasture production: the importance of sward morphological adaptations and canopy photosynthesis. Edinburgh. **The Hill Farming Research Organization**, 1984, p.119-128, Biannual Report, 1982/83.

GRANT, C. A.; FLATEN, D. N.; TOMASIEWICZ, D. J.; SHEPPARD, S. C. 2001. The importance of phosphorus in the initial development of plant. POTAFOS- Associação Brasileira para Pesquisa da Potássio e do Fósforo. **Informações Agronômicas**, n.95.

GUEDES, E. M. S. et al. P. Fósforo natural de arado e calagem e o crescimento de *Brachiaria brizantha* em Latossolo amarelo sob pastagem degradada na Amazônia. **Revista Ciências Agrárias**, n. 52, p. 117-129, 2009.

HERNADEZ-GARAY, A.; EUCLIDES, V.P.B.; DA SILVA, S.C.; MONTAGNER, D.B.; NANTES, N.N.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; SOARES, C.O. Herbage accumulation and animal performance on Xaraés palisade grass subjected to intensities of continuous stocking management. **Tropical Grasslands**, v. 2, p.76-78, 2014.
[https://doi.org/10.17138/TGFT\(2\)76-78](https://doi.org/10.17138/TGFT(2)76-78)

LARA, M.A.S. **Respostas morfofisiológicas de cinco cultivares de *Brachiaria* spp. às variações estacionais de temperatura do ar e do fotoperíodo.** 2007. 91 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

LEE, R. B. Selectivity and kinetics of ion uptake by barley plants following nutrient deficiency. **Annals of Botany**, Oxford, v. 50, n. 4, p. 429-449, 1982.
<https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a086383>

LEMAIRE, G., CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plant communities. In: HODGSON, J., ILLIUS, A.W. (Eds.) The ecology and management of grazing systems. **Cab international**. p. 03-36, 1996.

LOGANATHAN, P.; FERNANDO, W. T. Phosphorus sorption by some coconut growing acid soils of Sri Lanka and its relationship to selected soil properties. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 31, n. 7, p. 709-717, 1980.
<https://doi.org/10.1002/jsfa.2740310715>

LOOMIS, R.S.; WILLIAMS, W.A. Productivity and the morphology of crop stands: patterns with leaves. In: EASTIN, J.D.; HASKINS, F.A.; SULLIVAN, C.Y. et al. (Eds.). **Physiological aspects of crop yield**, 1969. p. 27-47.

LOPES, A. S. 1998. **Handbook of soil identification**. Tradução e adaptação de Alfredo Scheid Lopes. São Paulo, ANDA/ POTAFOS. 153pp.

LUZ, L.A.; RODRIGUES, P.H.M.; SOUZA, W.D.; SANTOS, M.E.R.; SILVA, S.P. Acúmulo de forragem do capim-marandu diferido com alturas variáveis. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.11, n.21, p.23, 2015.

MARCELINO, K.R.A; NASCIMENTO JR., D.; SILVA, S.C.; EUCLIDES, V.P.B.; FONSECA, D.M. Características morfogênicas e estruturais e produção de forragem do capim-marandu submetido a intensidades e frequências de desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 6, p. 2243-2252, 2006. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982006000800007>

MARCHI, C. E.; FERNANDES, C. D.; SANTOS, J. M.; JERBA, V. F.; FABRIS, L. R. Mortalidade de *Brachiaria brizantha* cultivar Marandu: causa patológica? In: BARBOSA, R. A. (Org.). **Morte de pastos de braquiárias**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2006b. p.115-134.

MARTUSCELLO, J.A.; FONSECA, D.M.; NASCIMENTO JR., D.; SANTOS, P.M.; RIBEIRO JR., J.I.; CUNHA, D.N.F.V.; MOREIRA, L.M. Características morfogênicas e estruturais do capim-xaraés submetido à adubação nitrogenada e desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.5, p.1475-1482, 2005. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982005000500007>

MATTHEW, C.; VAN LOO, E.N.; THOM, E.R.; et al. Understanding shoot and root development. In: GOMIDE, J.A. (Ed.) International Grassland Congress, 19, Piracicaba, Brazil, 2001. **Proceedings...** Piracicaba: FEALQ, p.19-27, 2001.

MEDICA, J.A.S.; REIS, N.S.; SANTOS, M.E.R. caracterização morfológica em pastos de capim-marandu submetidos a frequências de desfolhação e níveis de adubação. **Ciência animal brasileira**, v. 18, p. 1-13, 2017.

MELO, J.C.; ALEXANDRINO, E.; NETO, J.J.P.; SILVA, A.A.M.; NEIVA, J.N.M.; REZENDE, J.M. Preferência de forragem de Capim-Marandu (*Urochloa brizantha* cv. Marandu) manejado sob lotação intermitente e submetido à doses de nitrogênio na Amazônia legal. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 4, p. 2713-2726, jul./ago. 2015.

MILTHORPE, F.L.; DAVIDSON, J.L. Physiological aspects of regrowth in grasses. In: MILTHORPE, F.L.; IVINS (Eds.) **The growth of cereals and grasses**, 1966, p. 241-254.

MORENO, L.S.B. **Produção de forragem de capins do gênero *Panicum* e modelagens de respostas produtivas e morfofisiológicas em função de variáveis climáticas**. 2004. 86 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

MORRONE, O.; ZULOAGA, F.O. Revision de las espécies sudamericanas nativas e introducidas de los gêneros *Brachiaria* y *Urochloa* (Poaceae: Panicoideae: Paniceae). **Darwiniana**, v.31, p.43-109p, 1992.

NELSON, C.J. Shoot Morphological Plasticity of Grasses: Leaf Growth vs. Tillering. In: LEMAIRE et.al (ed.) **Grassland ecophysiology and grazing ecology**. CAB-International, Wallingford, UK, 2000, p.101-126, 2000. <https://doi.org/10.1079/9780851994529.0101>

NOVAIS, R. F.; BRAGA, J. M.; MARTINS FILHO, C. A. Efeito do tempo de incubação do fosfato de Araxá em solos sobre o fósforo disponível. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 4, n. 1, p. 153-155, 1980.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. T. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV, 1999.

NUNES, S.G.; BOOK, A.; PENTEADO, M.I.O.; GOMES, D.T. ***Brachiaria brizantha* cv. Marandu**. 2.ed. Campo Grande: EMBRAPA CNPGC, 1985. 31p. (EMBRAPA-CNPGC, Documentos, 21).

OLIVEIRA, M.A.; NASCIMENTO JR., D. **Fisiologia do crescimento e composição química de gramíneas forrageiras**. Piracicaba, São Paulo: ESALQ – USP, 1999.

OURIVES, O. E. A.; SOUZA, G. M.; TIRITAN, C. S.; SANTOS, D. H. Fertilizante orgânico como fonte de fosforo no cultivo inicial de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 2, p. 126-132, 2010.

PAIVA, A.J.; SILVA, S.C.; PEREIRA, L.E.T.; CAMINHA, F.O.; PEREIRA, P.M.; GUARDA, V.D.A. Morphogenesis on age categories of tillers in marandu palisadegrass. **Scientia Agricola**, v.68, p.626-631, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162011000600003>

PAIVA, A.J.; SILVA, S.C.; PEREIRA, L.E.T.; GUARDA, V.D.A.; PEREIRA, P.M.; CAMINHA, F.O. Structural characteristics of tiller age categories of continuously stocked marandu palisade grass swards fertilized with nitrogen. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, n.1, p.24-29, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982012000100004>

PARSONS, A.J., CHAPMAN, D.F. The principles of pasture growth and utilization. In: HOPKINS, A. (Ed.) Grass. It's production and utilization. **Blackwell Science, Oxford**, p.31-88, 2000.

PARSONS, A.J.; LEAFE, E.L.; COLLETT, B.; PENNING, P.D.; LEWIS, J. The physiology of grass production under grazing. II. Photosynthesis, crop growth and animal intake of continuously-grazed swards. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 20, p. 127-139. 1983. <https://doi.org/10.2307/2403381>

PAULA, C.C.L.; EUCLIDES, V.P.B.; LEMPP, B.; BARBOSA, R.A.; MONTAGNER, D.B.; CARLOTO, M.N. Acúmulo de forragem, características morfogênicas e estruturais do capim-marandu sob alturas de pastejo. **Ciência Rural**. 2012. 42: 2059-2065. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782012005000084>

PEQUENO, D.N.L. **Intensidade de pastejo como condicionante da estrutura do dossel e da assimilação de carbono de pastos de capim Xaraés [*Brachiaria brizantha* (A. Rich) Stapf. cv. Xaraés] sob lotação continua**. 2010. 76 f. Dissertação (Mestrado em Ciência

Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

PEREIRA, L.E.T. **Morfogênese e estrutura do dossel de pastos de capim-Marandu submetidos a lotação contínua e ritmos morfogênicos contrastantes**. 2009. 111p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2009.

PEREIRA, L.E.T.; PAIVA, A.J.; SILVA, S.C.; CAMINHA, F.O.; GUARDA, V.D.; PEREIRA, P.M. Sward structure of marandu palisadegrass subjected to continuous stocking and nitrogen-induced rhythms of growth. **Scientia Agrícola** (Piracicaba, Braz.), v.67, n.5, p.531-539, September/October 2010.

PEREIRA, V. V.; FONSECA, D. M.; MARTUSCELLO, J. A.; BRAZ, T. G. S.; SANTOS, M. V.; CECON, P. R. Características morfogênicas e estruturais de capim-mombaça em três densidades de cultivo adubado com nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia** (Viçosa), v.40, n.12, 2011.

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

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

RENVOIZE, S.A.; CLAYTON, W.D.; KABUYE, C.H.S. Morphology, taxonomy and natural distribution of *Brachiaria* (Trin.) Griseb. In: MILES, J.W.; MASS, B.L.; VALLE, C.B. (Ed.) *Brachiaria: biology, agronomy and improvement*. Cali: CIAT; 1996. chap. 1, p. 1-15.

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

RUFTY, T. W. et al. Phosphate regulation of nitrate assimilation in soybean. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 44, n. 5, p. 879-891, 1993. <https://doi.org/10.1093/jxb/44.5.879>

SANTANA, S.S.; FONSECA, D.M.; SANTOS, M.E.R.; SOUSA, B.M.L.; GOMES, V.M.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. Initial height of pasture deferred and utilized in winter and tillering dynamics of signal grass during the following spring. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 36, p. 17-23, 2014.

SANTOS, M.E.R.; FONSECA, D.M. **Adubação de pastagens em sistemas de produção animal**. Viçosa (MG): Editora UFV, 2016. 311p.

SANTOS, M.E.R.; SIMPLICIO, M.G.; SILVA, G.P.; OLIVEIRA, H.A.; COSTA, L.K.P.; SOUSA, D.O.C. Reduction of sward height in the fall and winter as a strategy to improve the structure of marandu palisadegrass (*Urochloa brizantha* syn. *Brachiaria brizantha* cv. Marandu). **Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales**, v. 5, n. 3, p.143–152, 2017. [https://doi.org/10.17138/TGFT\(5\)143-152](https://doi.org/10.17138/TGFT(5)143-152)

SBRISSIA, A. F.; DA SILVA, S. C. O ecossistema de pastagens e a produção animal. In: MATTOS, W.R.S. (Ed). A produção animal na visão dos brasileiros. Piracicaba: SBZ, 2001. p. 731-754.

SBRISSIA, A. F. **Morfogênese, dinâmica do perfilhamento e do acúmulo de forragem em pastos de capim-Marandu sob lotação contínua**. Tese (Doutorado em Agronomia – Ciência Animal e Pastagens), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), Piracicaba, 2004.

SBRISSIA, A.F.; DA SILVA, S.C. Compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos em pastos de capim-marandu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.1, p. 35-47, 2008. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982008000100005>

SCHJORRING, J. K. Nitrate and ammonium absorption by plants growing at a sufficient or insufficient level of phosphorus in nutrient solution. In: LAMERS, H. (Ed.). **Fundamental ecological and agricultural aspects of nitrogen metabolism in higher plants**. Dordrecht: Martinus Nijhoff, 1996. p. 53-58.

SILVA, C.C.F.; BONOMO, P.; PIRES, A.J.V.; MARANHÃO, C.M.A.; PATÊS, N.M.S.; SANTOS, L.C. Características morfogênicas e estruturais de duas espécies de braquiária adubadas com diferentes doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.4, p.657-661, 2009. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000400010>

SOARES FILHO, C.V. Recomendações de espécies e variedades de *Brachiarias* para diferentes condições In: Simpósio sobre manejo de pastagem – *Brachiaria*, 11., Piracicaba – SP, 1994. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1994, P. 25-29.

SOARES FILHO, C.V. **Curso de manejo de pastagem**. Apostila. Departamento de apoio, produção e saúde animal. Campus de Araçatuba, SP, 44p. 1997.

TRINDADE, J.K.; DA SILVA, S.C.; SOUZA JR., S.J.; GIACOMINI, A.A.; ZEFERINO, C.V.; GUARDA, V.D.A.; CARVALHO, P.C.F. Composição morfológica da forragem consumida por bovinos de corte durante o rebaixamento do capim-marandu submetido a estratégias de pastejo rotativo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.6, p.883-890, jun. 2007. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2007000600016>

VALLE, C.B.; EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M. Características das plantas forrageiras do gênero *Brachiaria*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 17., Piracicaba, 2000. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2000. p. 65-108.

WEBSTER, R.D. Genera of the North American Paniceae (Poaceae: Panicoideae). **Systematic Botany**. v.13, p. 576-609, 1988. <https://doi.org/10.2307/2419204>

WOLEDGE, J.; LEAFE, E.L. Single leaf and canopy photosynthesis in a ryegrass sward. **Annals of Botany**, v. 40, n.68, p.773-783, 1976. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a085191>

ZELITCH, I. The close relationship between net photosynthesis and crop yield. **BioScience**, v.32, p.796-802, 1982. <https://doi.org/10.2307/1308973>

ZIMMER, A.H.; EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M. Manejo de plantas forrageiras do gênero *Brachiaria*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 9., 1988 Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1988. p.141-183.

ZIMMER, A.H.; EUCLIDES, V.P.B.; EUCLIDES FILHO, K.Ç MACEDO, M.C.M. **Considerações sobre índices de produtividade da pecuária de corte em Mato Grosso do Sul**. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC,1998. 53p. (EMBRAPA – CNPGC. Documentos, 70).

ZIMMER, A. H., EUCLIDES, V. P. B. Importância das Pastagens Para o Futuro da Pecuária de Corte no Brasil. In: Simpósio de Forragicultura e Pastagens: Temas em Evidência. **Anais...** Lavras: 2000. P. 1-49.

**CAPÍTULO 2 - CONTRIBUIÇÃO DE FAIXAS ETÁRIAS DE PERFILHOS NA
DINÂMICA DO ACÚMULO DE FORRAGEM DO CAPIM-MARANDU ADUBADO**

Artigo a ser submetido e nas normas da revista “Scientia Agricola”

CONTRIBUIÇÃO DE FAIXAS ETÁRIAS DE PERFILHOS NA DINÂMICA DO ACÚMULO DE FORRAGEM DO CAPIM-MARANDU ADUBADO

RESUMO: A participação relativa das faixas etárias de perfilhos no dossel forrageiro, bem como a adubação, influenciam a dinâmica de produção de forragem do pasto. O objetivo com este trabalho foi compreender o desenvolvimento e a contribuição de perfilhos jovens, maduros e velhos para o acúmulo de forragem do dossel de *Urochloa brizantha* cv. Marandu (capim-marandu) durante o ano e em resposta à adubação. O delineamento foi inteiramente casualizado, com quatro repetições. Foram avaliadas duas estratégias de adubação (baixo adubo e alto adubo), três faixas etárias de perfilhos (jovem, maduro e velho) e quatro épocas do ano (inverno, início de primavera, final de primavera e verão). De modo geral, o crescimento foi maior na condição de alto adubo e nas épocas com clima mais propício ao crescimento da planta forrageira (primavera e verão). As adubações nitrogenada e fosfatada no capim-marandu aumentam a densidade populacional de perfilho e promovem maior crescimento no dossel forrageiro. O percentual de perfilho jovem no dossel é maior no final da primavera e no verão do que no outono e inverno. O perfilho velho, mesmo com menor crescimento foliar e de colmo do que o perfilho jovem, contribui com a maior taxa de crescimento total do dossel forrageiro. O perfilho jovem apresenta maior contribuição para a taxa de acúmulo de folha do dossel forrageiro de capim-marandu.

Palavras-chave: fósforo, morfogênese, nitrogênio, *Urochloa brizantha*.

ABSTRACT: The relative participation of the age groups of tillers in the forage canopy, as well as the fertilization, influence the dynamics of grass forage production. The objective of this work was to understand the development and contribution of young, mature and old tillers for the accumulation of canopy of *Urochloa brizantha* cv. Marandu (Marandu grass)

during the year and in response to fertilization. The design was completely randomized, with four replications. Two fertilization strategies (low fertilizer and high fertilizer), three age groups of tillers (young, mature and old) and four seasons of the year (winter, early spring, late spring and summer) were evaluated. In general, the growth was higher in the condition of high fertilizer and in the seasons with more favorable climate for the growth of the forage plant (spring and summer). Nitrogen and phosphate fertilizations in the marandu grass increase the population density of tiller and promote greater growth in the forage canopy. The percentage of young tillers in the canopy is higher in late spring and summer than in autumn and winter. The old tiller, even with lower leaf and stem growth than the young tiller, contributes the highest total growth rate of the forage canopy. The young tiller presents a greater contribution to the leaf accumulation rate of the canopy of the marandu grass.

Key-words: phosphorus, morphogenesis, nitrogen, *Urochloa brizantha*.

INTRODUÇÃO

A pesquisa sobre o controle do pastejo com gramíneas tropicais teve avanço significativo com a incorporação do conhecimento da ecofisiologia do crescimento das plantas forrageiras (Da Silva et al., 2015). Nesse sentido, estudos sobre a morfogênese possibilitaram integrar ao conceito de produção de forragem os processos de crescimento, senescência (Bircham e Hodgson, 1983 e 1984); e, principalmente no caso de gramíneas tropicais, do alongamento do colmo.

No Brasil, as recomendações para o manejo do pastejo de gramíneas tropicais sob lotação contínua têm sido difundidas principalmente com base na altura do dossel fixa durante todo o ano (Calvano et al., 2011; Hernández-Garay et al., 2014). Porém, a redução da altura do pasto no outono e inverno pode aumentar o perfilhamento no início da primavera (Santana

et al., 2014; Costa et al., 2016; Santos et al., 2017), em função do menor sombreamento na base do dossel. Esse benefício poderia ser maximizado com a adubação nitrogenada, pois o nitrogênio tem efeitos positivos sobre o aparecimento (Caminha et al., 2010) e o crescimento (Pereira et al., 2010) dos perfilhos.

Em trabalho conduzido por Paiva et al. (2011), verificou-se que perfilhos jovens tem maior taxa de crescimento (alongamento foliar, alongamento de colmo e aparecimento foliar) que perfilhos maduros e velhos. O maior crescimento de perfilhos jovens, em relação aos maduros e velhos, pode estar relacionado à maior fotossíntese foliar dos primeiros (Carvalho et al., 2006). Ademais, o perfilho jovem responde mais em crescimento, quando adubado com nitrogênio, do que os perfilhos maduro e velho (Basso et al., 2010; Paiva et al., 2011 e 2012). Paiva et al. (2011) também constataram que a adubação nitrogenada aumenta o aparecimento de perfilhos jovens no pasto.

Embora se tenha informações relevantes acerca dos efeitos da adubação sobre a densidade populacional e o desenvolvimento das faixas etárias de perfilhos no pasto (Paiva et al., 2011), até o momento, nenhum protocolo de pesquisa foi desenvolvido para quantificar a contribuição de cada faixa etária de perfilhos (jovem, maduro e velho) sobre o acúmulo de forragem do dossel forrageiro. Além disso, pesquisas dessa natureza não foram realizadas em dosséis com variações de altura ao longo do ano, mas apenas naqueles com altura fixa durante todo o ano.

Esse trabalho foi conduzido com o objetivo de compreender o desenvolvimento e a contribuição de perfilhos jovens, maduros e velhos para o acúmulo de forragem do dossel de *Urochloa brizantha* cv. Marandu syn. *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (capim-marandu) durante o ano e em resposta à adubação.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido de março de 2016 a março de 2017, na Fazenda Experimental Capim Branco da Universidade Federal de Uberlândia, em Uberlândia, MG (18°53'19" S, 48°20'57" W e 863 metros de altitude). O clima da região é classificado de tropical de altitude, com estação seca e chuvosa bem definida, sendo a temperatura e precipitação média anual de 22,3 °C e 1.584 mm (Alvares et al., 2013). Os dados climáticos referentes ao período experimental foram obtidos em estação meteorológica localizada a 200 m do local do experimento (Figura 1).

Para condução do experimento, foi utilizada parte da área de uma pastagem com *Urochloa brizantha* syn *Brachiaria brizantha* cv. Marandu estabelecida no ano de 2000 e sem sinais de degradação, cujo solo foi classificado como Latossolo Vermelho Escuro Distrófico (Embrapa, 2006). As características químicas do solo da área experimental, na camada de 0 a 20 cm, no início do experimento foram: pH em H₂O: 6,1; P: 4,6 mg dm⁻³ (Mehlich-1); K: 100 mg dm⁻³; Ca²⁺: 5,1 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺: 2,1 cmol_c dm⁻³; Al³⁺: 0 cmol_c dm⁻³ (KCl 1 mol L⁻¹); H + Al: 2,9 cmol_c dm⁻³ e V: 72%. De acordo com essas características e com as recomendações de Cantarutti et al. (1999), não houve a necessidade de realizar calagem e nem a adubação potássica.

A área experimental foi constituída de oito parcelas (unidades experimentais) com área de 9 m² cada. O delineamento foi inteiramente casualizado, com quatro repetições. Duas estratégias de adubação foram avaliadas durante o ano, sendo uma típica de um sistema de baixo nível tecnológico (baixo adubo), e a outra, para um sistema de alto nível tecnológico (alto adubo), de acordo com as recomendações de Cantarutti et al. (1999). Os adubos foram aplicados em cobertura e no final da tarde (Tabela 1). Como fonte de nitrogênio (N), foi utilizada a ureia e como fonte de fósforo, o superfosfato simples.

O controle da altura dos dosséis começou em março de 2016, logo após uma roçada de uniformização. O capim-marandu foi mantido com 15 cm durante o outono e inverno e 30 cm durante a primavera e verão (Figura 2), de acordo com as recomendações de Costa et al. (2016). A medição da altura dos dosséis foi realizada uma vez por semana durante as estações de menor crescimento (outono e inverno) e duas vezes por semana durante as estações de maior crescimento (primavera e verão) com uso de régua. As partes das plantas acima das alturas almejadas foram cortadas com tesoura de poda e o excesso de forragem retirado da parcela.

As épocas do ano foram constituídas pelos seguintes meses: início de outono (março e abril de 2016), final de outono (maio e junho de 2016), inverno (julho, agosto e setembro de 2016), início de primavera (outubro de 2016), final de primavera (novembro e dezembro de 2016) e verão (janeiro, fevereiro e março de 2017). O outono foi considerado uma época de adaptação das plantas ao manejo experimental.

Em março de 2016 foram escolhidos dois pontos de amostragem por unidade experimental em áreas representativas da condição média do dossel forrageiro. Em cada ponto um anel de PVC de 30 cm de diâmetro foi fixado no solo por meio de grampos metálicos. Na primeira avaliação, todos os perfilhos basais dentro dos respectivos anéis foram marcados com fios de uma determinada cor. Na segunda avaliação, apenas os perfilhos basais novos, que apareceram a partir da última avaliação, foram marcados com fios de cor diferente. Neste período, os fios foram retirados dos perfilhos mortos. Assim, a primeira marcação foi denominada de geração 0 (G0), a segunda de G1 e assim sucessivamente, até o último mês de avaliação, em março de 2017.

Utilizando os dados originais de contagem dos perfilhos, foi calculado o número total de perfilho m^{-2} presente na área de avaliação da dinâmica de perfilhamento. A partir do mês de julho de 2016, foi possível também identificar, dentro de cada anel, três faixas etárias de

perfilhos do capim-marandu (Paiva et al., 2011): jovem (menos de dois meses), maduro (de dois a quatro meses) e velho (com mais de quatro meses).

Para determinação das características morfogênicas, em cada anel foram marcados dois perfilhos basais e em estágio vegetativo de cada faixa etária, totalizando 12 perfilhos por unidade experimental. Estes perfilhos foram identificados com abraçadeiras de nylon e monitorados uma vez por semana no inverno e duas vezes por semana na primavera e verão. Em cada época de avaliação, novos perfilhos foram marcados. Todas as medidas dos perfilhos foram feitas antes dos cortes necessários para a manutenção da altura dos dosséis forrageiros. Em cada perfilho, foram mensurados: os comprimentos do colmo (da base do perfilho até a lígula da última folha expandida), das folhas expandidas (da lígula até a ponta da lâmina foliar), das folhas em expansão (da lígula da última folha expandida até a ponta da lâmina foliar em expansão) e da folha senescente (da lígula até a parte ainda verde/viva da lâmina foliar). Com estes dados, foram obtidos as taxas de aparecimento foliar (TApF), alongamento de folha (TAIF), alongamento de colmo (TAIC) e senescência foliar (TSeF), de acordo com Santos et al. (2011).

Para expressar as taxas de crescimento de folha e de colmo, bem como a taxa de senescência de folha em $\text{kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ de matéria seca, foram gerados fatores de conversão. Para isso, na metade de cada período de avaliação da morfogênese, foram coletados em cada unidade experimental 50 perfilhos rente ao solo que eram representativos da altura média do dossel. Estes perfilhos tiveram suas lâminas foliares vivas e colmos vivos separados e, posteriormente, os comprimentos de cada órgão foram mensurados com régua graduada. Em seguida, as lâminas foliares vivas e colmos vivos foram colocados em sacos de papel identificados e levados à estufa a $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 72 horas. Após a secagem, os componentes morfológicos foram pesados e suas massas divididas pelos seus respectivos comprimentos totais. Assim, foram obtidos os fatores de conversão, em mg mm^{-1} , utilizados para

transformar os valores das leituras realizadas durante a avaliação morfogênica, que foram expressas em $\text{cm perfilho}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, para a unidade de $\text{mg perfilho}^{-1} \text{ dia}^{-1}$. Com a multiplicação dos valores de crescimento e senescência de lâmina foliar e de colmo, expressos $\text{mg perfilho}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, pelo número de perfilho vivos (perfilho ha^{-1}) em cada parcela, foi possível obter as taxas de crescimento de folha (TCF), crescimento de colmo (TCC), crescimento total (TCT) e senescência foliar (TSeF), em $\text{kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$. Pela subtração da TCF e da TCT pela TSF, obteve-se a taxa de acúmulo de lâmina foliar (TAcF) e a taxa de acúmulo total (TAcT), respectivamente, também expressas em $\text{kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ (Luz et al., 2015).

A análise da taxa de assimilação líquida de CO_2 foi realizada entre 08 e 11 horas da manhã em duas folhas mais jovens e completamente expandidas de cada faixa etária de perfilho. Os mesmos perfilhos usados na avaliação de morfogênese foram utilizados para a determinação da taxa de assimilação líquida de CO_2 . As avaliações ocorreram em setembro de 2016 (inverno), dezembro de 2016 (primavera) e fevereiro de 2017 (verão). As medidas foram realizadas com o analisador de gás por infravermelho (IRGA, Li-Cor 6400 USA) após calibração do aparelho com CO_2 conhecido de 114 ppm.

Para análise dos dados, procedeu-se à análise de variância em delineamento inteiramente casualizado usando-se o Proc Mixed do SAS. Os efeitos de adubo, faixa etária de perfilho, época do ano e suas interações foram consideradas fixas. As épocas do ano foram consideradas medidas repetidas no tempo. As médias dos fatores foram comparadas pelo teste de Tukey, adotando-se até 5% como nível crítico de probabilidade para ocorrência do erro tipo I.

RESULTADOS

O número de perfilho basal foi maior ($P<0,05$) no dossel manejado com altas doses (906 perfilhos m^{-2}) do que naquele com baixas doses de adubos (756 perfilhos m^{-2}).

Os índices de crescimento, tanto de perfilhos individuais, quanto do dossel, também foram superiores ($P<0,05$) com a aplicação de doses altas de adubos. Os perfilhos sob alto adubo expressaram maiores taxas de aparecimento (0,08 vs. 0,07 folha perfilho $^{-1}$ dia $^{-1}$) e de alongamento foliar (1,33 vs. 0,85 cm perfilho $^{-1}$ dia $^{-1}$) do que aqueles sob baixo adubo. Da mesma forma, as taxas de crescimento total (55,0 vs. 29,5 kg ha $^{-1}$ dia $^{-1}$ de MS), acúmulo de folha (18,9 vs. 3,3 kg ha $^{-1}$ dia $^{-1}$ de MS) e acúmulo total (32,6 vs. 10,2 kg ha $^{-1}$ dia $^{-1}$ de MS) do dossel que recebeu altas doses de adubo foram maiores do que as do dossel manejado com baixo adubo.

A fotossíntese foliar líquida e a taxa de senescência foliar, expressa em kg ha $^{-1}$ dia $^{-1}$, não foram influenciadas ($P>0,05$) pela aplicação de adubos. A fotossíntese foliar líquida foi superior ($P<0,05$) no verão (3,15 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de CO_2), em relação ao inverno (1,00 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de CO_2) e à primavera (1,12 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de CO_2), sendo que nestas últimas os valores foram semelhantes ($P>0,05$).

De modo geral, as taxas de aparecimento foliar (TAPF) e de alongamento de colmo (TALC) foram superiores ($P<0,05$) somente na primavera e menores no verão do que no inverno (Tabela 2).

O número de perfilho basal (NPB) foi maior ($P<0,05$) no final da primavera e no verão, em relação ao inverno e ao início da primavera (Tabela 2).

A participação relativa do perfilho jovem (PERJB) foi ($P<0,05$) inferior no inverno e início da primavera, maior no final da primavera e intermediária no verão. Por outro lado, o percentual de perfilho velho ($P<0,05$) aumentou do inverno para o início da primavera,

decrecendo durante o fim da primavera e o verão, onde atingiu os menores valores. Quanto ao perfilho maduro ($P < 0,05$), seu percentual reduziu do inverno até o fim da primavera, mas aumentou no verão (Tabela 2).

As taxas de crescimento de colmo (TCC) e total (TCT) foram ($P < 0,05$) superiores no final da primavera e no verão (Tabela 2) do que no inverno e início de primavera. No fim da primavera também foram ($P < 0,05$) registrados os maiores valores de taxa de acúmulo de folha (TACF) e de taxa de acúmulo total (TACT), enquanto que os menores valores ocorreram no inverno, com valores intermediários no início da primavera e no verão (Tabela 2).

A fotossíntese foliar líquida não foi influenciada ($P > 0,05$) pela faixa etária do perfilho.

As taxas de aparecimento foliar (TAPF) e de alongamento de colmo (TALC) foram ($P < 0,05$) maiores nos perfilho jovem do que no velho. Todavia, quando se considera todo o dossel, a contribuição do perfilho velho para a TCT foi ($P < 0,05$) superior, em comparação aos perfilhos jovens e maduros (Tabela 3).

O perfilho velho contribuiu ($P < 0,05$) mais com a TCC do dossel do que o perfilho maduro. O perfilho jovem apresentou ($P < 0,05$) maior contribuição com o TACF do dossel, em relação aos demais perfilhos. O perfilho jovem também expressou ($P < 0,05$) superior contribuição para o TACT do dossel, comparativamente ao perfilho maduro (Tabela 3).

A TALF de todas as faixas etárias de perfilhos aumentou ($P < 0,05$) do inverno até o final da primavera, diminuindo no verão, mas sem alcançar os valores mínimos do inverno. No inverno não houve diferença da TALF entre os perfilhos ($P > 0,05$), porém, tanto no início quanto no final na primavera, a TALF foi maior ($P < 0,05$) nos perfilhos jovens e maduros do que no perfilho velho. No verão a TALF foi superior ($P < 0,05$) no perfilho jovem, em comparação aos perfilho maduros e velhos (Tabela 4).

O perfilho velho contribuiu com a maior ($P < 0,05$) taxa de senescência foliar (TSeF), expressa em $\text{kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ de MS, em relação aos perfilhos jovens e maduros, no inverno,

início da primavera e no verão. No final da primavera, os perfilhos jovens e velhos tiveram ($P<0,05$) maior contribuição para a TSeF do dossel do que o perfilho maduro (Tabela 4).

A contribuição do perfilho jovem na TSeF do dossel foi superior ($P<0,05$) no fim da primavera e no verão do que no inverno e início de primavera. Quanto ao perfilho maduro, sua influência na TSeF do dossel foi maior ($P<0,05$) no inverno e no verão, em comparação às demais épocas. Já a contribuição do perfilho velho na TSeF do dossel foi maior ($P<0,05$) em três das quatro épocas avaliadas, quais sejam: inverno, final da primavera e verão (Tabela 4).

Quando avaliada em nível de perfilho, a TSeF, expressa em $\text{cm perfilho}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, foi maior ($P<0,05$) no final da primavera, intermediária no inverno e verão, e menor no início da primavera (Tabela 5).

No inverno, a TSeF do perfilho jovem não variou ($P>0,05$), mas a TSeF do perfilho maduro foi superior ($P<0,05$) no dossel com alto adubo, um padrão de resposta contrário ao verificado para o perfilho velho. No início da primavera, a TSeF dos perfilhos jovens e maduros foram ($P<0,05$) superiores no dossel sob alto adubo, contrariamente ao perfilho velho. No final da primavera, em todos os perfilhos, a TSeF foi ($P<0,05$) superior nos dosséis com alto adubo, em relação aos manejados com baixo adubo. No verão, apenas o perfilho maduro apresentou ($P<0,05$) menor TSeF quando o dossel foi adubado com altas doses de adubos (Tabela 5).

O perfilho velho teve maior TSeF, em comparação às demais faixas etárias, apenas no dossel manejado com baixa dose de adubo durante o inverno. Sob a condição de alto adubo, a TSeF do perfilho velho foi menor do que a do perfilho maduro em todas as épocas, com exceção do final da primavera e verão (Tabela 5).

A TCF do dossel foi ($P<0,05$) superior no final da primavera e no verão, mas menor no inverno (Tabela 6). Quando ocorreu efeito do adubo, a TCF foi ($P<0,05$) maior no dossel sob alto adubo, em comparação ao manejado com baixo adubo. Dentre as faixas etárias de

perfilhos, o jovem aumentou ($P<0,05$) a TCF quando manejado com alto adubo apenas no verão, enquanto que o perfilho maduro incrementou ($P<0,05$) a TCF somente no inverno. Por outro lado, o perfilho velho foi a categoria que expressou aumento ($P<0,05$) da TCF com a adubação em mais épocas do ano: início e fim da primavera, bem como no verão (Tabela 6).

DISCUSSÃO

Os nutrientes são essenciais para o desenvolvimento das plantas forrageiras. O nitrogênio (N) tem efeito positivo sobre a taxa de divisão celular na zona de alongamento foliar (Skinner e Nelson, 1995) e acelera a produção de novos tecidos (Martha Junior et al., 2004). O fósforo (P) tem importante função na fotossíntese, respiração, armazenamento e transferência de energia, divisão e crescimento das células, e em vários outros processos nas plantas (Grant et al., 2001). Devido a essas importantes funções do N e do P para a planta, todas as características estudadas neste trabalho, como o número de perfilho basal e as taxas de crescimento do perfilho individual e do dossel (Tabela 6), foram superiores no dossel com maior nível de adubos.

O N estimula o aparecimento foliar e, com efeito, o aparecimento de novas gemas que podem gerar novos perfilhos (Iwamoto et al., 2015), desde que o índice de área foliar do pasto não seja demasiadamente elevado (Matthew et al., 2000). Ademais, o N também aumenta o crescimento de folhas e do colmo em perfilhos individuais (Santos et al., 2009; Paciullo et al., 2011; Fagundes et al., 2006; Garcez Neto et al., 2002; Martuscello et al., 2005). Esses fatores demonstram a importância da adubação para o aumento da produção de forragem do pasto, tal como observaram Caminha et al. (2010), que afirmaram que o N aumenta a renovação de perfilhos no pasto e proporciona o reestabelecimento das condições propícias para altas taxas de acúmulo de forragem.

As folhas individuais apresentam grande variação na capacidade fotossintética, em função da temperatura e da radiação solar (Zelitch, 1982; Braga et al., 2006), os quais variam ao longo do perfil vertical do dossel forrageiro (Loomis e Williams, 1969). Essa inerente variabilidade da fotossíntese foliar pode ter limitado a percepção dos efeitos da adubação e da idade dos perfilhos sobre essa característica. Além disso, neste trabalho a fotossíntese foliar foi determinada apenas na folha jovem completamente expandida. Esta categoria de folha possui elevada fotossíntese foliar, quando comparada às folhas em expansão e velhas (Pedreira et al., 2015). Dessa forma, é possível que a inerente elevada capacidade fotossintética da folha jovem completamente expandida tenha se manifestado, independentemente das faixas etárias de perfilhos e das condições de adubação.

Era esperado neste trabalho que os perfilhos jovens e nos pastos com maior adubação tivessem maior fotossíntese foliar, devido ao fato do N e do P terem importante função na fisiologia da planta, como mencionado anteriormente. Braga et al. (2008) afirmaram que a fotossíntese da folha do capim-marandu está associada com o nível de inserção da mesma no perfilho e que as taxas fotossintéticas são mais altas nas folhas mais jovens e completamente expandidas. Isso ocorre, esta é a categoria de folha em que o aparato fotossintético se encontra mais bem desenvolvido, sendo capaz de operar com todo seu potencial (Pedreira et al., 2015). Este potencial fotossintético seria influenciado pelas condições climáticas, que tem efeitos em todos os processos fisiológicos das plantas. Nesse sentido, no presente trabalho, o inverno, com menores precipitação pluvial e temperaturas (Figura 1), foi a estação do ano em que a fotossíntese foi menor. Braga et al. (2009), avaliando a fotossíntese foliar de perfilhos de capim-tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia), também encontraram menores valores no inverno, em relação ao verão.

Carvalho et al. (2006), avaliando a capacidade fotossintética de perfilhos de capim-mombaça e capim-tanzânia, verificaram que os perfilhos jovens apresentaram menor retenção

de ^{14}C que perfilhos primários velhos e principais, sugerindo que a capacidade fotossintética dos perfilhos jovens excedia sua capacidade de estoque, uso para manutenção e crescimento, de maneira que parte dos fotoassimilados eram transportados para outros perfilhos em estágio mais avançado de desenvolvimento. No entanto, no presente trabalho, a fotossíntese foliar não foi influenciada pela faixa etária do perfilho.

A água possui funções essenciais ao vegetal, como solvente de quase todo material em trânsito no interior das células e espaços aquosos, reagente em várias atividades metabólicas, e manutenção da turgescência da planta (Taiz e Zeiger, 2009). Dessa forma, em condição de escassez hídrica, o crescimento da planta tem redução imediata (Benincasa e Leite, 2004). Por isso, em épocas de menor disponibilidade de água, como no inverno (Figura 1), a fotossíntese foliar, o número de perfilho, o aparecimento foliar e o alongamento de colmo dos perfilhos individuais, bem como o crescimento e o acúmulo de forragem do dossel foram prejudicados (Tabelas 2 e 6).

Além do déficit hídrico, no inverno também ocorreu menor temperatura (Figura 1), o que também influenciou o crescimento do capim-marandu. De acordo com Silva et al. (2008), a temperatura estimula a atividade de meristemas ou pontos de crescimento por meio de seu efeito coordenado, tanto sobre os processos de divisão, como de expansão celular. Dessa forma, quando submetidas às menores temperaturas, as plantas diminuíram as taxas de aparecimento e de alongamento de folha e de alongamento de colmo (Tabela 2).

A taxa de aparecimento foliar (TAPF) foi maior no perfilho jovem, em relação ao perfilho velho (Tabela 3. O perfilho jovem possuiu folhas vivas mais compridas (12,1, 11,5 e 10,4 cm em perfilhos jovens, maduros e velhos, respectivamente) e em maior número (4,8, 4,6 e 4,1 folhas em perfilhos jovens, maduros e velhos, respectivamente). Assim, mesmo não havendo diferença na fotossíntese por área de folha entre os perfilhos, é possível inferir que o perfilho jovem apresentou maior área foliar, o que pode ter contribuído para a maior

fotossíntese nesta categoria de perfilho. Com a maior quantidade e tamanho de folhas, o perfilho jovem alongou mais o colmo para sustentar o seu maior peso, o que explica o aumento da sua TAIC (Tabela 3).

Nas épocas de maior precipitação pluvial e temperatura os perfilhos sobreviveram por menos tempo, alcançando menor idade (Carvalho et al., 2001; Sbrissia et al., 2010). Por isso, a percentagem de perfilho jovem nos dosséis foi maior no final de primavera e no verão do que no inverno e início de primavera (Tabela 2). Esse mesmo argumento também justifica o inferior percentual de perfilho velho nos dosséis durante o verão (Tabela 2). Esses padrões de respostas são consistentes com as variações estacionais em sobrevivência de perfilhos verificadas por Sbrissia et al. (2010) para o capim-marandu, e por Carvalho et al. (2001) para capim coast-cross. Segundo Sbrissia et al. (2010), as plantas maximizam o crescimento durante o verão e aumentam o aparecimento de perfilhos, o que resulta em gerações mais produtivas e menos longevas.

A alta população de perfilho jovens surgidos no início da primavera se desenvolveram e foram classificadas como perfilhos maduros na estação subsequente. Esse fato justificou o elevado percentual de perfilho maduro no dossel durante o verão (Tabela 2).

Durante o inverno, a sobrevivência do perfilho aumenta, o que corresponde a uma forma de manter estável a população e garantir sua persistência em épocas de falta de água e de baixas temperaturas, para compensar as menores taxas de aparecimento de perfilhos (Carvalho et al., 2000; Sbrissia et al., 2010).

Independentemente da época do ano e em todos os dosséis, com baixo ou alto adubo, a faixa etária de perfilho que predominou foi a de perfilho velho (Tabela 2 e Figura 3). Esse resultado é distinto daquele observado por Paiva et al. (2011), que verificou aumento dos percentuais de perfilhos jovens e maduros, quando o clima começou ficar mais favorável para o crescimento da planta forrageira. Neste mesmo trabalho, quando o capim-marandu foi

adubado com 450 kg/ha de N, durante o verão, a percentagem de perfilho jovem no pasto chegou a 70%, com manejo em lotação contínua com bovinos.

Assim, as maiores contribuições do perfilho morto para a TCT, TACT (Tabela 3), TSeF (Tabela 4) e TCF (Tabela 6) podem ser atribuídas à maior percentagem desta faixa etária de perfilho nos dosséis (Tabela 2).

A redução da TALF do final da primavera para o verão (Tabela 4) pode ter ocorrido devido ao veranico nesta última estação do ano. A TSeF, em nível de perfilho, foi maior no final da primavera do que nas demais épocas do ano (Tabela 5). Esse mesmo padrão de resposta ocorreu com a TCF, em nível de dossel (Tabela 6). De modo geral, as condições que resultam em maiores taxas de crescimento também resultam em superiores taxas de senescência do pasto (Caminha et al., 2010).

A adubação nitrogenada faz com que as taxas com que os perfilhos aparecem e morrem sejam aumentadas, isto é, ocorre uma renovação mais intensa da população de perfilhos no pasto (Caminha et al., 2010). Nesse sentido, a aplicação de altas doses de adubos promoveu maior TCF (Tabela 6), um padrão de resposta que também ocorreu para a TSeF, quando esta foi influenciada pela condição de adubação (Tabela 5). É importante destacar que o perfilho jovem, apesar de sempre ter tido menor participação relativa na densidade populacional total do dossel, em relação ao perfilho velho (Tabela 2), teve a maior contribuição para a TAF do dossel forrageiro (Tabela 3). Considerando-se que a TAF é o resultado do balanço entre a TCF e a TSF, a maior contribuição do perfilho jovem para a TAF do dossel forrageiro pode ter ocorrido por dois fatores: primeiramente, o perfilho jovem, ao lado do perfilho velho, teve elevada contribuição para a TCF do dossel no final da primavera e no verão, as épocas do ano em que o capim-marandu concentrou o seu crescimento (Tabela 6); e, adicionalmente, no inverno, no início da primavera e no verão, o perfilho jovem contribuiu pouco com a TSeF do dossel (Tabela 4).

CONCLUSÕES

As adubações nitrogenada e fosfatada do capim-marandu aumentam a densidade populacional de perfilho, bem como promovem maior crescimento no dossel forrageiro.

O capim-marandu apresenta padrão de crescimento tipicamente sazonal, com maior percentual de perfilhos jovens no final da primavera e no verão.

O perfilho jovem do capim-marandu apresenta maior crescimento foliar e de colmo do que o perfilho velho.

O perfilho velho contribui com a maior taxa de crescimento total (folha mais colmo) do dossel forrageiro; e o perfilho jovem apresenta maior contribuição para a taxa de acúmulo de folha do dossel forrageiro de capim-marandu.

REFERÊNCIAS

- Alvares, C.A.; Stape, J.L.; Sentelhas, P.C; Gonçalves, J.L.M.; Sparovek, G. 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift 22(6): 711–728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Barbosa, R.A.; Nascimento Junior, D.; Vilela, H.H.; Sousa, B.M.L.; Silva, S.C.; Euclides, V.P.B.; Silveira, M.C.T. 2012. Morphogenetic and structural characteristics of guinea grass tillers at different ages under intermittent stocking. Revista Brasileira de Zootecnia (Online) 41: 1583-1588. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982012000700005>
- Basso, K.C.; Cecato, U.; Lugão, S.M.B.; Gomes, J.A.N.; Barbero, L.M.; Mourão, G.B. 2010. Morfogênese e dinâmica do perfilhamento em pastos de *Panicum maximum* Jacq. cv. IPR-86 milênio submetido a doses de nitrogênio. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal 11: 976-989.
- Benincasa, M.M.P.; Leite, I.C. 2004. Fisiologia Vegetal. Jaboticabal: Funep. 169 p.

Bircham, J.S., Hodgson, J. 1983. The influence of sward condition on rates of herbage growth and senescence in mixed swards under continuous stocking management. *Grass and Forage Science* 38: 323-331. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1983.tb01656.x>

Bircham, J.S., Hodgson, J. 1984. The effects of change in herbage mass on rates of herbage growth and senescence in mixed swards. *Grass and Forage Science* 39: 111-115. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1984.tb01672.x>

Braga, G.J.; Pedreira, C.G.S; Herling, V.R.; Luz, P.H.D.; Lima, U.G. 2006. Sward structure and herbage yield of rotationally stocked pastures of ‘Marandu’ palisadegrass [*Brachiaria brizantha* (A. Rich.(Stapf)] as affected by herbage allowance. *Scientia Agricola*, Piracicaba 63(2): 121-129. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162006000200003>

Braga, G.J.; Pedreira, C.G.S.; Herling, V.R.; Luz, P.H.C.; Lima, C.G. 2008. Herbage allowance effects on leaf photosynthesis and canopy light interception in palisade grass pastures under rotational stocking. *Tropical Grasslands* 42: 214–223.

Braga, G.J.; Mello, A.C.L.; Pedreira, C.G.S.; Medeiros, H.R. 2009. Fotossíntese e taxa diária de produção de forragem em pastagens de capim-tanzânia sob lotação intermitente. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 44(1): 84-91. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2009000100012>

Calvano, M.P.C.A.; Euclides, V.P.B.; Montagner, D.B.; Lempp, B.; Difante, G.S.; Flores, R.S.; Galbeiro, S. 2011. Tillering and forage accumulation in Marandu grass under different grazing intensities. *Revista Ceres* 58: 781-789. <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2011000600015>

Caminha, F.O.; Silva, S.C.; Paiva, A.J.; Pereira, L.E.T.; Mesquita, P.; Guarda, V.D.A. 2010. Stability of tiller population of continuously stocked marandu Palisade grass fertilized with nitrogen. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 45(2): 213-220. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2010000200013>

Cantarutti, R.B.; Alvarez, V.V.H.; Ribeiro, A.C. 1999. Pastagens. p. 332 – 341. In: Ribeiro, A.C.; Guimarães, P.T.G.; Alvarez, V.V.H. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de

Minas Gerais. Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. Viçosa – 5ª Aproximação.

Carvalho, C.A.B.; Silva, S.C.; Sbrissia, A.F.; Pinto, L.F.M.; Carnevalli, R.A.; Fagundes, J.L.; Pedreira, C.G.S. 2000. Demografia do perfilhamento e taxas de acúmulo de matéria seca em capim ‘Tifton 85’ sob pastejo. *Scientia Agricola* 57: 591-600. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162000000400001>

Carvalho, D.D.; Irving, L.J.; Carnevalli, R.A.; Hodgson, J.; Matthew, C. 2006. Distribution of current photosynthate in two Guinea grass (*Panicum maximum* Jacq.) cultivars. *Journal of Experimental Botany*, Oxford 57(9): 2015–2024. <https://doi.org/10.1093/jxb/erj152>

Carvalho, D.D.; Matthew, C.; Hodgson, J. 2011. Effect of agging in tillers of *Panicum maximum* on leaf elongation rate. In: International grassland congress, 19., 2011. São Pedro, SP, Proceedings....

Costa, L.K.P.; Santos, M.E.R.; Silva, G.P.; Carvalho, B.H.R.; Pessoa, D.D.; Galzerano, L.; Silva, N.A.M. 2016. Reduction of sward height in the fall/winter as strategy to optimize tillering in *Urochloa brizantha* syn. *Brachiaria brizantha*. *Archivos de Zootecnia* 65(252): 499-506.

Da Silva, S.; Sbrissia, A.; Pereira, L. 2015. Ecophysiology of C4 Forage Grasses- Understanding Plant Growth for Optimising Their Use and Management. *Agriculture* 5: 598-625. <https://doi.org/10.3390/agriculture5030598>

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

Fagundes, J.L.; Fonseca, D.M.; Moraes, R.V.; Mistura, C.; Vitor, C.M.T.; Gomide, J.A.; Nascimento Junior, D.; Santos, M. E. R.; Lambertucci, D.M. 2006. Avaliação das características estruturais do capim-braquiária em pastagens adubadas com nitrogênio nas quatro estações do ano. Revista Brasileira de Zootecnia 35(1): 30-37. . <https://doi.org/10.1590/S1516-35982006000100004>

Garcez Neto, A.F.; Nascimento Júnior, D.; Regazzi, A.J. Fonseca, D.M.; Mosquim, P.R.; Gobbi, K.F. 2002. Respostas morfogênicas e Estruturais de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e alturas de corte. Revista Brasileira de Zootecnia 31(5): 1890-1900. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982002000800004>

Grant, C.A.; Flaten, D.N.; Tomasiewicz, D.J.; Sheppard, S.C. 2001. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. Informações agronômicas nº 95 – setembro/2001. Fonte: Better Crops with Plant Food, Norcross, n.2.

Hernandez-Garay, A.; Euclides, V.P.B.; Da Silva, S.C.; Montagner, D.B.; Nantes, N.N.; Nascimento Junior, D.; Soares, C.O. 2014. Herbage accumulation and animal performance on Xaraés palisade grass subjected to intensities of continuous stocking management. Tropical Grasslands 2: 76-78. [https://doi.org/10.17138/TGFT\(2\)76-78](https://doi.org/10.17138/TGFT(2)76-78)

Iwamoto, B.S.; Cecato, U.; Ribeiro, O.L.; Mari, G.C.; Peluso, E.P.; Lourenço, D.A.L. 2015. Características morfogênicas do capim-tanzânia fertilizado ou não com nitrogênio nas estações do ano. Bioscience Journal 31(1): 181-193. <https://doi.org/10.14393/BJ-v31n1a2015-18077>

Loomis, R.S.; Williams, W.A. 1969. Productivity and the morphology of crop stands: patterns with leaves. p. 27-47. In: EASTIN, J.D.; Haskins, F.A.; Sullivan, C.Y. et al. (Eds.). Physiological aspects of crop yield.

Luz, L.A.; Rodrigues, P.H.M.; Souza, W.D.; Santos, M.E.R.; Silva, S.P. 2015. Acúmulo de forragem do capim-marandu diferido com alturas variáveis. Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer – Goiânia 11(21): 23-25.

Martha Júnior, G.B.; Vilela, L.; Barioni, L.G.; et al. 2004. Manejo da adubação nitrogenada em pastagens. p.155-216. In: Anais do Simpósio sobre manejo da pastagem 21; Piracicaba, Brasil. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz.

Martuscello, J.A.; Fonseca, D.M.; Nascimento Júnior, D.; Santos, P.M.; Ribeiro Júnior, J.I.; Cunha, D.N.F.V.; Moreira, L.M. 2005. Características morfogênicas e estruturais do capim-xaraés submetido à adubação nitrogenada e desfolhação. Revista Brasileira de Zootecnia 34(5): 1475-1482. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982005000500007>

Matthew, C.; Assuero, S.G.; Black, C.K.; Sackville Hamilton, N.R. 2000. Tiller dynamics of grazed swards. 127-150. In: Lemaire G, Hodgson J, Moraes A, Nabinger C, Carvalho PCR. Grassland ecophysiology and grazing ecology. Wallingford: CAB International.

Paciullo, D.S.C.; Fernandes, P.B.; Gomide, C.A.M.; Castro, C.R.T.; Sobrinho, F.S.; Carvalho, C.A.B. 2011. The growth dynamics in Brachiaria species according to nitrogen dose and shade. Revista Brasileira de Zootecnia 40(2): 270-276. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000200006>

Paiva, A.J.; Silva, S.C.; Pereira, L.E.T.; Caminha, F.O.; Pereira, P.M.; Guarda, V. 2011. Morphogenesis on age categories of tillers in marandu palisadegrass. Scientia Agricola 68(6): 626-631.

Paiva, A.J.; Silva, S.C.; Pereira, L.E.T.; Guarda, V.D.Á.; Pereira, P.M.; Caminha, F.O. 2012. Structural characteristics of tiller age categories of continuously stocked marandu palisade grass swards fertilized with nitrogen. Revista Brasileira de Zootecnia 41(1): 24-29. . <https://doi.org/10.1590/S1516-35982012000100004>

Pedreira, B.C.; Pedreira, C.G.S.; Lara, M.A.S. 2015. Leaf age, leaf blade portion and light intensity as determinants of leaf photosynthesis in *Panicum maximum* Jacq. Japanese Society of Grassland Science, Grassland Science 61: 45–49. <https://doi.org/10.1111/grs.12080>

Pereira, L.E.T.; Paiva, A.J.; Silva, S.C.; Caminha, F.O.; Guarda, V.D.Á.; Pereira, P.M. 2010. Sward structure of marandu palisadegrass subjected to continuous stocking and nitrogen-

induced rhythms of growth. *Scientia Agricola* 67(5): 531-539. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162010000500006>

Santana, S.S.; Fonseca, D.M.; Santos, M.E.R.; Sousa, B.M.L.; Gomes, V.M.; Nascimento Júnior, D. 2014. Initial height of pasture deferred and utilized in winter and tillering dynamics of signal grass during the following spring. *Acta Scientiarum* 36: 17-23. . <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v36i1.20463>

Santos, M.E.R.; Fonseca, D.M.; Balbino, E.M.; Monnerat, J.P.I.S.; Silva, S.P. 2009. Capim-braquiária diferido e adubado com nitrogênio: produção e características da forragem. *Revista Brasileira de Zootecnia* 38(4): 650-656.

Santos, M.E.R.; Fonseca, D.M.; Braz, T.G.S.; Silva, S.P.; Gomes, V.M.; Silva, G.P. 2011. Características morfogênicas e estruturais de perfilhos de capim-braquiária em locais do pasto com alturas variáveis. *Revista Brasileira de Zootecnia* 40(3): 535-542. . <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000300010>

Sbrissia, A.F.; Silva, S.C.; Sarmento, D.O.L.; Molan, L.K.; Andrade, F.M.E.; Gonçalves, A.C.; Lupinacci, A.V. 2010. Tillering dynamics in palisadegrass swards continuously stocked by cattle. *Plant Ecology* 206:349–359. <https://doi.org/10.1007/s11258-009-9647-7>

Silva, S.C.; Nascimento Junior, D.; Euclides, V.P.B. 2008. Pastagens: conceitos básicos, produção e manejo. Viçosa: Suprema, 115p.

Skinner, R.H.; Nelson, C.J. 1995. Elongation of the grass leaf and its relationship to the phyllochron. *Crop Science* 35(1): 4-10. . <https://doi.org/10.2135/cropsci1995.0011183X003500010002x>

Taiz, L.; Zeiger, E. *Fisiologia Vegetal*. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848 p.

Zelitch, I. 1982. The close relationship between net photosynthesis and crop yield. *BioScience* 32: 796-802. <https://doi.org/10.2307/1308973>

FIGURAS E TABELAS

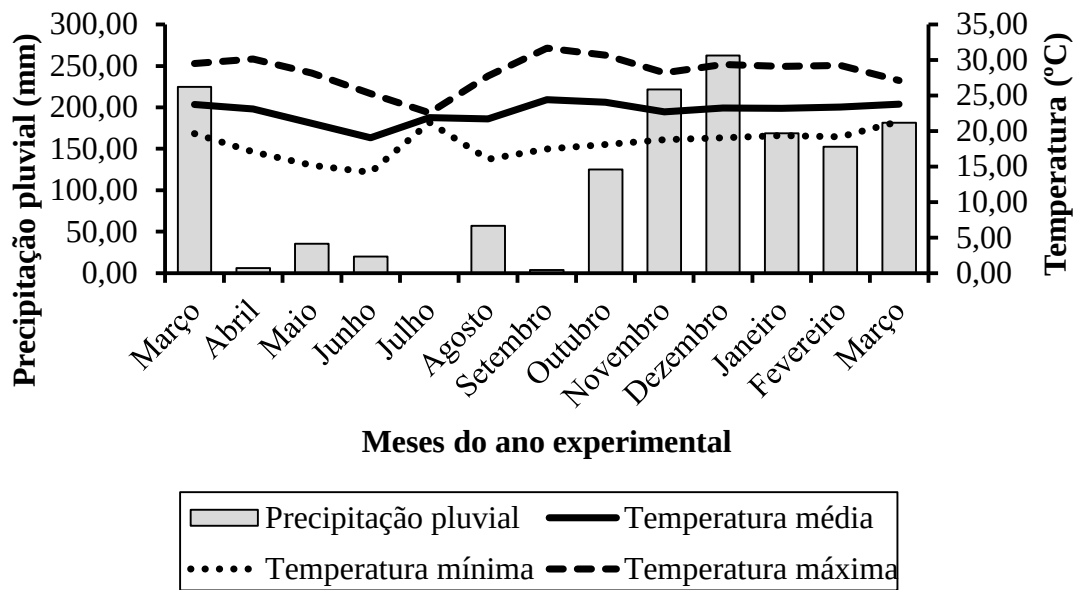


Figura 1. Precipitação pluvial, temperatura máxima, média e mínima mensal do ar, de março de 2016 a março de 2017.

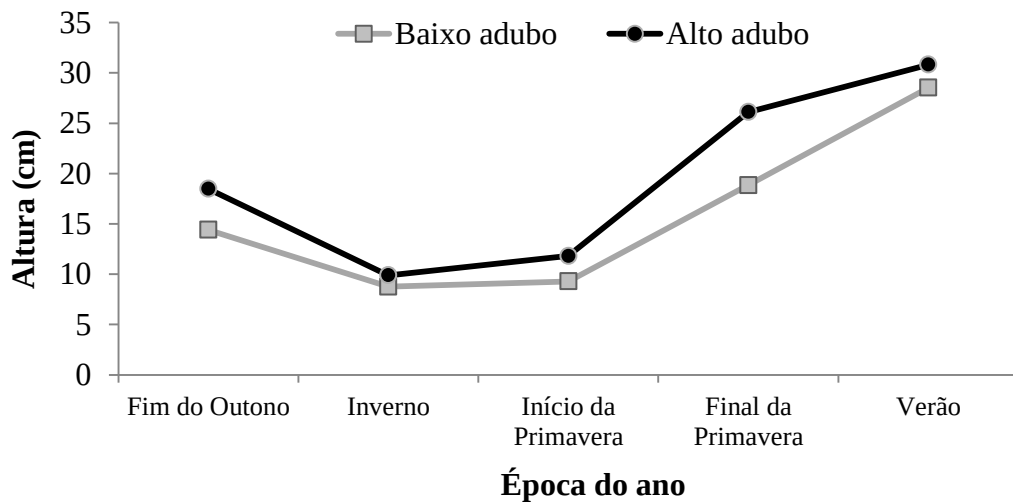


Figura 2. Altura média dos dosséis de capim-marandu manejados com baixo e alto nível de adubos durante o período experimental.

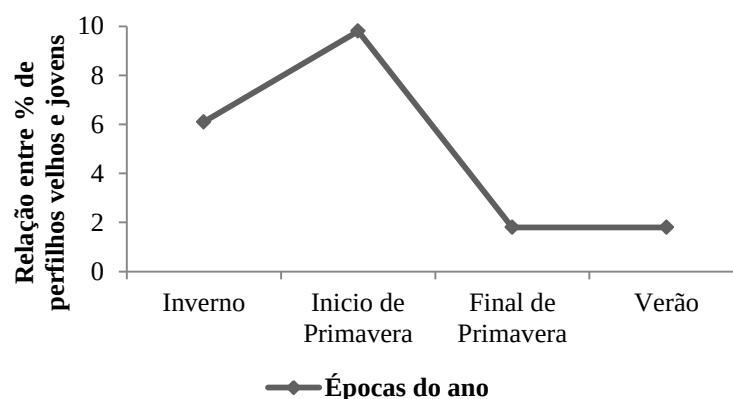


Figura 3. Relação entre as percentagens de perfilhos velhos e jovens no dossel de capim-marandu nas épocas do ano.

Tabela 1. Datas das aplicações e doses dos adubos nitrogenados e fosfatados de acordo com os tratamentos experimentais.

Data	Dose de N (kg ha^{-1})		Dose de P_2O_5 (kg ha^{-1})	
	Baixo Adubo	Alto Adubo	Baixo Adubo	Alto Adubo
11 de março de 2016	-	60	40	60
01 de abril de 2016	-	60	-	-
04 de outubro de 2016	-	60	-	50
01 de novembro 2016	-	60	-	-
01 de dezembro de 2016	50	60	25	-
03 de janeiro de 2017	-	60	-	-
02 de fevereiro de 2017	-	60	-	-
Total	50	420	65	110
Total por ano	50	300	65	110

Tabela 2. Características morfogênicas, estruturais e produtivas dos dosséis de capim-marandu durante as épocas do ano.

Característica	Inverno	Início de Primavera	Final de Primavera	Verão
TAPF	0,02 c	0,10 a	0,11 a	0,08 b
TALC	0,01 c	0,04 b	0,15 a	0,15 a
NPB	725 b	734 b	938 a	926 a
PERJB	10,4 c	8,3 c	33,6 a	25,3 b
PERMB	26,3 a	10,9 b	6,7 c	29,5 a
PERVB	63,3 b	80,9 a	59,7 b	45,2 c
TCC	1,3 b	2,1 b	20,1 a	18,1 a
TCT	8,9 c	21,4 b	78,0 a	60,9 a
TACF	-16,7 c	13,1 b	32,7 a	15,3 b
TACT	-15,9 c	15,3 b	52,8 a	33,4 b

TAPF = taxa de aparecimento de folha ($\text{folha perfilho}^{-1} \text{ dia}^{-1}$); TALC = taxa de alongamento de colmo ($\text{cm perfilho}^{-1} \text{ dia}^{-1}$); NPB = Número de perfilho basal; PERJB = percentagem de perfilho jovem basal (%); PERMB = percentagem de perfilho maduro basal (%); PERVB = percentagem de perfilho velho basal (%); TCC = taxa de crescimento de colmo ($\text{kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ de MS); TCT = taxa de crescimento total ($\text{kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ de MS); TACF = taxa de acúmulo de folha ($\text{kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ de MS); TACT = taxa de acúmulo total ($\text{kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ de MS). Médias com letras distintas na mesma linha diferem pelo teste Tukey ($P < 0,05$).

Tabela 3. Características morfogênicas e produtivas de três faixas etárias de perfilhos em dosséis de capim-marandu.

Característica	Faixa etária do perfilho		
	Jovem	Maduro	Velho
TAPF	0,086 a	0,075 b	0,066 c
TALC	0,111 a	0,081 ab	0,063 b
TCC	11,07 ab	6,12 b	14,01 a
TCT	45,46 b	20,72 b	60,66 a
TACF	20,74 a	2,94 b	9,62 b
TACT	31,43 a	9,07 b	23,63 ab

TAPF = taxa de aparecimento de folha (folha perfilho⁻¹ dia⁻¹); TALC = taxa de alongamento de colmo (cm perfilho⁻¹ dia⁻¹); TCC = taxa de crescimento de colmo (kg ha⁻¹ dia⁻¹ de MS); TCT = taxa de crescimento total (kg ha⁻¹ dia⁻¹ de MS); TACF = taxa de acúmulo de folha (kg ha⁻¹ dia⁻¹ de MS); TACT = taxa de acúmulo total (kg ha⁻¹ dia⁻¹ de MS). Médias com letras distintas na mesma linha diferem pelo teste Tukey (P<0,05).

Tabela 4. Taxas de alongamento e de senescência foliar de faixas etárias de perfilhos em dosséis de capim-marandu durante as épocas do ano.

Época do ano	Faixa etária do perfilho		
	Jovem	Maduro	Velho
Taxa de alongamento foliar (cm perfilho ⁻¹ dia ⁻¹)			
Inverno	0,21 aC	0,22 aD	0,16 aC
Início de Primavera	1,43 aB	1,23 aB	0,64 bB
Final de Primavera	2,05 aA	1,79 aA	1,41 bA
Verão	1,43 aB	0,67 bC	0,61 bB
Taxa de senescência foliar (kg ha ⁻¹ dia ⁻¹ de MS)			
Inverno	4,4 cB	16,8 bA	51,7 aA
Início de Primavera	1,7 bC	3,2 bC	13,6 aB
Final de Primavera	30,0 aA	5,9 bB	39,7 aA
Verão	18,5 bA	20,8 bA	43,2 aA

Médias com letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem pelo teste Tukey (P<0,05).

Tabela 5. Taxa de senescência foliar (cm perfilho⁻¹ dia⁻¹) de faixas etárias de perfilhos do capim-marandu submetido a dois níveis de adubo durante as épocas do ano.

Adubo	Faixa etária do perfilho			Média
	Jovem	Maduro	Velho	
		Inverno		
Baixo	0,41 bA	0,38 bB	0,92 aA	0,52 B'
Alto	0,32 bA	0,63 aA	0,49 bB	
		Início de Primavera		
Baixo	0,18 aB	0,28 aB	0,30 aA	0,31 C'
Alto	0,37 aA	0,53 aA	0,19 bB	
		Final de Primavera		
Baixo	0,65 aB	0,70 aB	0,60 aB	0,79 A'
Alto	1,04 aA	1,05 aA	1,67 aA	
		Verão		
Baixo	0,60 aA	0,73 aA	0,71 aA	0,56 B'
Alto	0,39 bA	0,33 bB	0,60 aA	

Médias com mesma letra minúscula na linha, dentro de época, não diferem pelo Teste de Tukey (P>0,05);
Médias com mesma letra maiúscula na coluna, dentro de época, não diferem pelo Teste de Tukey (P>0,05);
Médias com mesma letra maiúscula acrescida de (') comparam as épocas do ano e não diferem pelo Teste de Tukey (P>0,05).

Tabela 6. Taxa de crescimento de folha (kg ha⁻¹ dia⁻¹ de MS) de faixas etárias de perfilhos do capim-marandu submetido a dois níveis de adubo durante as épocas do ano.

Adubo	Faixa etária do perfilho			Média
	Jovem	Maduro	Velho	
		Inverno		
Baixo	2,9 bA	4,2 bB	8,5 aA	7,5 C'
Alto	3,3 bA	10,6 aA	15,7 aA	
		Início de Primavera		
Baixo	7,0 bA	10,2 bA	24,8 aB	19,3 B'
Alto	10,3 bA	8,3 bA	55,1 aA	
		Final de Primavera		
Baixo	62,1 aA	12,4 bA	56,5 aB	57,9 A'
Alto	77,60 bA	13,1 cA	125,6 aA	
		Verão		
Baixo	33,4 aB	23,8 aA	24,3 aB	42,8 A'
Alto	78,5 aA	34,2 bA	62,8 aA	

Médias com mesma letra minúscula na linha, dentro de época, não diferem pelo Teste de Tukey (P>0,05);
Médias com mesma letra maiúscula na coluna, dentro de época, não diferem pelo Teste de Tukey (P>0,05);
Médias com mesma letra maiúscula acrescida de (') comparam as épocas do ano e não diferem pelo Teste de Tukey (P>0,05).