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

Potencial produtivo de capim Mombaça irrigado e com diferentes doses de
nitrogênio e boro

Fernanda Lamede Ferreira de Jesus

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora em
Ciências. Área de concentração: Engenharia de Sistemas
Agrícolas

Piracicaba
2020

Fernanda Lamede Ferreira de Jesus
Engenheira Agrícola e Ambiental

Potencial produtivo de capim mombaça irrigado e com diferentes doses de
nitrogênio e boro

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:

Prof. Dr. **FERNANDO CAMPOS MENDONÇA**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em
Ciências. Área de concentração: Engenharia de Sistemas
Agrícolas

Piracicaba
2020

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP**

Jesus, Fernanda Lamede Ferreira de
Potencial produtivo de capim mombaça irrigado e com diferentes doses de
nitrogênio e boro / Fernanda Lamede Ferreira de Jesus. - - versão revisada
de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. Piracicaba, 2020.
105 p.

Tese (Doutorado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Produtividade de forragem 2. Irrigação de pastagem 3. Adubação 4.
Megathyrsus maximus 5. Produtividade da água 6. Nutrientes I. Título

DEDICATÓRIA

Ao meu Deus,

Ao meu esposo Arthur e à nossa filha Giovana;

Aos meus familiares, amigos e todos que contribuíram de forma direta e indireta para a concretização desse sonho.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Ao orientador Fernando Campos Mendonça, pela oportunidade de trabalhar juntos. Agradeço pela amizade e compreensão, e ensinamentos.

Aos professores do Departamento de Engenharia de Biosistemas da ESALQ/USP. Em especial aos professores Sérgio Nascimento Duarte e Rubens Duarte Coelho pela ajuda prestada na condução e esclarecimentos do experimento.

Às secretárias do Departamento de Engenharia de Biosistemas ESALQ/USP, Davilmar, Ângela e Fernanda.

Aos técnicos e funcionários do Departamento de Engenharia de Biosistemas ESALQ/USP especialmente o senhor Antônio Agostinho Gozzo.

À CAPES pelo concessão da bolsa de doutorado.

Aos amigos de Pós-Graduação, Jéssica, Danielle, Simone, Ailson, Adriano, Asdrúbal, Timóteo, Otávio, Marcos Amaral, etc.

A minha grande amiga Débora Pantojo de Souza, a qual me acolheu me ensinou e sempre esteve ao meu lado quando precisei. Pessoa única, a qual tenho grande carinho.

BIOGRAFIA

Fernanda Lamede Ferreira de Jesus, nasceu no município de Montes Claros - MG no dia 03 de abril de 1987, filha de Neide da Conceição Ferreira Silva e Welington de Jesus. Coursou ensino fundamental na Escola Municipal Alcides Carvalho e o ensino médio na Escola Estadual Simeão Ribeiro do Santos, em Montes Claros - MG. No ano de 2005 ingressou no curso de Letras Inglês no Instituto Superior de Educação Ibituruna – ISEIB, Montes Claros- MG, concluindo o mesmo em Dezembro de 2008. No ano de 2009 ingressou no curso de Engenharia Agrícola e Ambiental na Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Montes Claros- MG, concluindo o mesmo em Dezembro de 2013 e obtendo título de Engenheira Agrícola e Ambiental. Em março de 2014 ingressou no curso de pós-graduação na Universidade Federal de Viçosa - UFV, mestrado em Engenharia Agrícola, área de concentração Recursos Hídricos e Ambientais, e concluiu o mestrado no ano de 2016 obtendo o título de Mestre em Engenharia Agrícola. Em julho de 2016 iniciou o curso de Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas Agrícolas da ESALQ/USP, onde está até o presente momento, submetendo-se à defesa de tese para obtenção do título de Doutor em Ciências.

EPÍGRAFE

"Sábio é o ser humano que tem coragem de ir diante do espelho da sua alma para reconhecer seus erros e fracassos e utilizá-los para plantar as mais belas sementes no terreno de sua inteligência."

(Augusto Cury)

SUMÁRIO

RESUMO	9
ABSTRACT	10
LISTA DE FIGURAS	11
LISTA DE TABELAS	13
1. INTRODUÇÃO.....	15
REFERÊNCIAS	17
2. REVISÃO DE LITERATURA	21
2.1. PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTAGENS	21
2.2. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DO CAPIM MOMBAÇA	22
2.3. IRRIGAÇÃO EM PASTAGENS	23
2.4. FERTIRRIGAÇÃO	24
2.5. ADUBAÇÃO NITROGENADA E BORATADA	25
REFERÊNCIAS	29
3. MATERIAIS E MÉTODOS	37
3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL E DOS TRATAMENTOS	37
3.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE DE DADOS	38
3.3. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DO SOLO	39
3.4. IRRIGAÇÃO	40
3.4.1. Sistema de irrigação.....	40
3.4.2. Curva de retenção da água no solo.....	42
3.4.3. Manejo da irrigação.....	42
3.5. CICLOS DE CORTE E CRESCIMENTO	45
3.6. ANÁLISE DE PRODUÇÃO	46
3.7. PRODUTIVIDADE DE ÁGUA.....	48
REFERÊNCIAS	49
4. PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE DE ÁGUA DE MEGATHYRSUS MAXIMUS CV. MOMBAÇA SOB DOSES DE NITROGÊNIO E BORO	50
4.1. INTRODUÇÃO	52
4.2. MATERIAL E MÉTODOS	53
4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
4.4. CONCLUSÕES	63

4.5. AGRADECIMENTOS.....	64
REFERÊNCIAS	65
5. CRESCIMENTO DE CAPIM MOMBAÇA IRRIGADO E SOB DIFERENTES DOSES DE N E B, EM FUNÇÃO DO ACÚMULO DE GRAUS-DIAS.....	71
GROWTH OF IRRIGATED 'MOMBAÇA' UNDER DIFFERENT DOSES OF N AND B, AS A FUNCTION OF DEGREES-DAYS ACCUMULATION	72
5.1. INTRODUÇÃO	73
5.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	73
5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	77
5.4. CONCLUSÕES.....	81
REFERÊNCIAS	82
6. EFEITO DA SAZONALIDADE NAS VARIÁVEIS PRODUTIVAS DO <i>MEGATHYRSUS MAXIMUS</i> CV. MOMBAÇA IRRIGADO	85
SEASONALITY EFFECT ON PRODUCTIVE PARAMETERS OF IRRIGATED <i>MEGATHYRSUS MAXIMUS</i> CV. 'MOMBASA' .	86
6.1. INTRODUÇÃO	87
6.2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	88
6.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	95
6.4. CONCLUSÃO	100
REFERÊNCIAS	101

RESUMO

Potencial produtivo de capim mombaça irrigado e com diferentes doses de nitrogênio e boro

No Brasil, as pastagens são o principal e menos oneroso recurso forrageiro utilizado na pecuária, devido à menor necessidade de investimento em instalações, equipamentos, mão-de-obra, insumos etc. Todavia, alguns produtores buscam alternativas para alcançar maior produtividade de forragem na pastagem, reduzir o custo da alimentação e, consequentemente, incrementar seus lucros. Adubação, irrigação e fertirrigação em pastagem são técnicas cuja aplicação vem crescendo no Brasil, possibilitando obter forrageiras de melhor valor nutricional e maior produtividade de matéria seca, além de favorecer o manejo racional do sistema de produção animal. No entanto, é importante conhecer como os nutrientes, tais como o nitrogênio e o boro, contribuem para a produção das plantas forrageiras. O potencial de resposta das gramíneas tropicais ao nitrogênio depende das condições de fertilidade do solo, que deve estar corrigido e com os demais nutrientes em níveis adequados. Aliado a isso, a fertilização com micronutrientes em pastagens tropicais tem sido pouco estudada. Portanto, o objetivo principal deste trabalho foi avaliar os efeitos da aplicação de diferentes doses de nitrogênio e boro sobre a produção de forragem de *Megathyrsus maximus* (Syn. *Panicum maximum* Jacq.) cv. Mombaça irrigado, por meio da análise de produtividade. Como objetivos secundários, buscou-se: (i) medir os parâmetros biométricos de altura do dossel forrageiro (ADF) e índice de área foliar (IAF) entre os ciclos e estações identificando o melhor período de corte, (ii) Determinar a produtividade da água para a cultura estudada, em relação às doses de nitrogênio e boro (iii) estimar o acúmulo de graus dias de desenvolvimento (GDD) nas diferentes estações do ano correlacionando com o crescimento das forrageiras (iv) avaliar o efeito sazonal do clima sobre a produção de matéria seca do capim Mombaça irrigado. O estudo foi realizado na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP) em Piracicaba-SP (Latitude 22°42'14"S; Longitude 47°37'24"O; Altitude de 569 m). O experimento foi conduzido sob delineamento estatístico de blocos ao acaso em esquema fatorial 3 x 4, com quatro doses de nitrogênio e três doses de boro (totalizando 12 tratamentos), e quatro repetições. Durante o período experimental, foram avaliadas adubações boratadas (B1, B2 e B3) e nitrogenadas (N1, N2, N3 e N4), fracionadas com ureia e ácido bórico. O nitrogênio influenciou positivamente a produtividade do capim Mombaça e houve efeito interativo entre nitrogênio e boro, especialmente sobre a produtividade total de forragem e na mais alta dose de N. A irrigação reduziu os efeitos da sazonalidade. Foram obtidas boas correlações entre crescimento, IAF e acúmulo de graus dias (GDD). Na safra (primavera/verão) ocorreu a maior produção de todos os parâmetros biométricos avaliados. O detalhamento dos resultados encontram-se no desenvolvimento de cada capítulo deste trabalho.

Palavras-chave: Produtividade de forragem; Irrigação de pastagem; Fertirrigação; Nitrogênio, Boro, *Megathyrsus maximus*, Produtividade da água

ABSTRACT

Yield potential of irrigated mombaça grass with different doses of nitrogen and boron

In Brazil, pastures are the main and least expensive forage resource used in livestock, due to the lower need for investment in facilities, equipment, labor, inputs, etc. However, some farmers are looking for alternatives to achieve higher forage productivity on pasture, reduce feed costs and thus increase their profits. Pasture fertilization, irrigation and fertigation are techniques whose application has been growing in Brazil, allowing forage with better nutritional value and higher dry matter productivity, besides favoring the rational management of the animal production system. However, it is important to know how nutrients such as nitrogen and boron contribute to forage plant production. The response potential of tropical grasses to nitrogen depends on soil fertility conditions, which must be corrected and with the other nutrients at appropriate levels. In addition, micronutrient fertilization in tropical pastures has been poorly studied. Therefore, the main objective of this work was to evaluate the effects of different doses of nitrogen and boron on the forage production of irrigated *Megathyrsus maximus* (Syn. *Panicum maximum* Jacq.) Cv. Mombasa by productivity analysis. The secondary objectives were: (i) to measure biometric parameters of forage canopy height (H) and leaf area index (LAI) between cycles and seasons, identifying the best cutting period. (ii) To determine the water yield for the studied crop, in relation to the nitrogen and boron doses (iii) to estimate the accumulation of growing degree days (GDD) in the different seasons of the year correlating with the forage growth (iv) to evaluate the seasonal effect of climate on dry matter production of irrigated Mombasa grass. The study was conducted at the Luiz de Queiroz College of Agriculture (ESALQ / USP) in Piracicaba-SP (Latitude 22 ° 42'14 "S; Longitude 47 ° 37'24" O; Altitude 569 m. The experiment was conducted under a randomized block design in a 3 x 4 factorial scheme, with four nitrogen doses and three boron doses (totaling 12 treatments), and four replications. During the experimental period, boron (B1, B2 and B3) and nitrogen (N1, N2, N3 and N4), fractionated with urea and boric acid fertilizers were evaluated. Nitrogen positively influenced Mombasa grass yield and there was an interactive effect between nitrogen and boron, especially on total forage yield and the highest N dose. Irrigation reduced the effects of seasonality. Good correlations between growth, LAI and degree days accumulation (GDD) were obtained. In the harvest (spring / summer) the highest yield of all biometric parameters evaluated occurred. The results are detailed in the development of each chapter of this work.

Keywords: Forage yield; Pasture irrigation; Fertigation; Nitrogen; Boron; *Megathyrsus maximus*; Water productivity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Croqui da área experimental, Piracicaba/SP, 2017.	38
Figura 2. Croqui da casualização das doses de boro e nitrogênio nas parcelas experimentais, Piracicaba/SP, 2017.	39
Figura 3. Conjunto motobomba; válvulas solenoides e controlador do sistema de irrigação. Piracicaba/SP 2017.	41
Figura 4. Aspersor setorial NaanDanJain, modelo 427B. Piracicaba/SP 2017.	41
Figura 5. Filtro de tela usado no sistema de irrigação, antes e após a limpeza, Piracicaba/SP 2017.	41
Figura 6. Curva de retenção de água no solo da área experimental- Piracicaba/2017.	42
Figura 7. Teste de uniformidade de aplicação de água nos blocos, Piracicaba/SP, 2017.	43
Figura 8. Croqui do teste de uniformidade (CUC) nos blocos, Piracicaba/SP, 2017.	44
Figura 9. Bateria de tensiômetros e leitura com tensímetro digital, Piracicaba/SP 2017.	44
Figura 10. Aparelho LAI-2000®, Plant Canopy Analyzer LI-COR, utilizado na medição de interceptação luminosa. Piracicaba/SP, 2017-2018.	46
Figura 11. Corte das plantas na altura do resíduo, Piracicaba/SP 2017-2018.	47
Figura 12. Medição da altura do dossel forrageiro com a régua graduada, Piracicaba/SP 2017.	47
Figura 13. Valores de chuva (mm), irrigação (mm) temperatura média (°C), temperatura mínima (°C) e umidade relativa do ar (%) durante o período experimental de 11 de agosto de 2017 a 02 de agosto de 2018, Piracicaba/SP.	54
Legenda: UR% - umidade relativa do ar (%); Tmed – temperatura média do ar (°C); Tmin – temperatura mínima do ar (°C).	54
Figura 14. Produtividade total de forragem (PTF, Mg ha ⁻¹) por estações do ano do capim Mombaça em Piracicaba/SP 2017/2018. a) PTF para doses de N na dose 0 kg ha ⁻¹ de B; b) PTF para as 4 doses de N na dose 1 kg ha ⁻¹ de B; c) PTF para as 4 doses de N na dose 2 kg ha ⁻¹ de B; d) PTF geral dos tratamentos nas 4 estações do ano.	59
Legenda: N1, N2, N3 e N4: 250, 500, 750 e 1000 kg ha ⁻¹ de N; B0, B1 e B2: 0, 1 e 2 kg ha ⁻¹ de B. Cada tratamento corresponde à combinação de uma dose de N e uma de B.	60
Figura 15. Valores de temperatura mínima (Tmin) e temperatura máxima (Tmax) durante o período experimental, de 08/2017 a 08/2018. Piracicaba/SP.	74
Figura 16. Capim Mombaça: Modelos empíricos para estimativa de altura do dossel forrageiro (ADF, cm) e Índice de Área Foliar (IAF, m ² m ⁻²) em função da soma térmica (GDD): a) Outono/inverno, b) Primavera/Verão; e em função do Número de Dias do Ciclo (NDC): c) outono/inverno e d) primavera/verão. Piracicaba/SP, Brasil, 2017/2018.	78
Figura 17. Capim Mombaça: Modelos empíricos para estimativa de altura do dossel forrageiro (ADF) e Índice de Área Foliar (IAF) em função do acúmulo de Graus Dias de Desenvolvimento (GDD) para as diferentes doses nitrogenadas: a) IAF de outono/inverno, b) ADF de outono/inverno, c) IAF de primavera/verão e d) ADF de primavera/verão. Piracicaba/SP, Brasil, 2017/2018.	79
Figura 18. Capim Mombaça: Modelos empíricos para estimativa de altura do dossel forrageiro (ADF) e do Índice de Área Foliar (IAF) em função do número de dias após o corte (DAC) para as diferentes doses nitrogenadas (N1: 250 kg ha ⁻¹ ; N2 – 500 kg ha ⁻¹ ; N3 – 750 kg ha ⁻¹ ; N4: 1000 kg ha ⁻¹): a) IAF de outono/inverno, b) ADF de outono/inverno, c) IAF de primavera/verão e d) ADF de primavera/verão. Piracicaba/SP, Brasil, 2017/2018.	80

Figura 19. Localização geográfica da área experimental, Piracicaba/SP 2016/2018.	89
Figura 20. Valores de precipitação pluvial (mm), Irrigação (mm) temperatura média (°C), Temperatura mínima (°C) e Umidade Relativa (%) durante o período experimental de fevereiro de 2016 a 02 de agosto de 2018, Piracicaba/SP. Legenda: Umidade Relativa (UR-%)	90
Figura 21. Valores de tensão de água no solo (kPa) e números de eventos de irrigação (EI) para o ciclo experimental de fevereiro de 2016 a 02 de agosto de 2018, Piracicaba/SP. Legenda: $\sigma_{\text{média}}$ = tensão média de água no solo.	92

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Análise química e granulométrica do solo da área experimental na camada de 0 – 20 cm, 20 – 40 cm. Piracicaba/SP, Junho-2017.	40
Tabela 2. Datas e períodos de cortes durante o período experimental. Piracicaba/SP, 2017/2018.....	45
Tabela 3. Análise química de macronutrientes e granulométrica do solo da área experimental na camada de 0-20 cm, 20-40 cm. Piracicaba/SP, 2017.	55
Tabela 4. Análise química de micronutrientes do solo da área experimental na camada de 0-20 cm, 20-40 cm. Piracicaba/SP, 2017.	55
Tabela 5. Tratamentos experimentais, Piracicaba/SP, 2017/2018.	55
Tabela 6. Produtividade total de forragem (PTF, Mg ha ⁻¹) de capim Mombaça em Piracicaba/SP nos anos 2017/2018 durante os 11 ciclos experimentais.	58
Tabela 7. Valores de chuva, irrigação e evapotranspiração durante o período experimental, Piracicaba/SP, 2017/2018.	62
Tabela 8. Dados médios de produtividade total de forragem (PTF), produção de folhas (PF), produção de colmos (PC), índice de área foliar (IAF) e produtividade da água (PA) de capim Mombaça, discriminados por estação e por tratamento de adubação. Piracicaba/SP, 2017/18.	63
Tabela 9. Análise química e granulométrica do solo da área experimental na camada de 0 – 20 cm, 20 – 40 cm. Piracicaba/SP, 2016.....	90
Tabela 10. Dados médios de matéria seca de folhas (MSF), colmos (MSC), material morto (MM) e produtividade total de forragem (PTF) para as estações do ano, (kg ha ⁻¹ e % do total anual), obtidas em dois anos experimentais. Piracicaba/SP, 2016-2018.....	95
Tabela 11. Produção de matéria seca de folhas (MSF), colmos (MSC), material morto (MM) e produtividade total de forragem (PTF) e razão entressafra/safra da produtividade de matéria seca (R _{ES-S}) de capim Mombaça nos períodos de Safra e Entressafra, nos anos de 2016 a 2018, Piracicaba/SP.	97
Tabela 12. Acúmulo de Diário de Forragem (ADF) baseado na produção total de forragem (PROD) e baseado na Produção de folhas e colmos (PFC), Piracicaba/SP, 2016-2018.	98
Tabela 13. Taxa de lotação em unidade animal por hectare (TL – UA) e Taxa de lotação em vacas holandesas por hectare (TL – Ho) baseado no peso de um animal adulto, Piracicaba/SP, 2016-2018.....	99
Tabela 14. Taxa de lotação em unidade animal por hectare (TL – UA) safra e entressafra e Taxa de lotação em vacas holandesas por hectare (TL – Ho) safra e entressafra baseado no peso de um animal adulto, Piracicaba/SP, 2016-2018.	99

1. INTRODUÇÃO

A pecuária é uma importante fonte de renda para a população rural nos países do Hemisfério Sul, contribuindo para ao aumento da renda através da produção de carne, leite e couro (ZHANG et al., 2018). No Brasil, as pastagens são de extrema importância para a produção de carne bovina, e ocupam uma ampla extensão do território do país, cerca de 180 milhões de hectares (GALINDO et al., 2018). Elas são consideradas a base da alimentação dos bovinos e o meio menos oneroso para produzir proteína para o consumo humano (FERNANDES et al., 2015; GUERRA et al., 2018).

O baixo custo da produção de carne em pastagens depende dos fatores climáticos, além de outros, que favorecem a produção de forragem em diferentes locais e períodos do ano. Diversas pesquisas vêm sendo realizadas com o objetivo de aprofundar o conhecimento sobre a forma como os ruminantes expressam seu potencial genético em resposta à alimentação, sendo pastagem o principal alimento (GUERRA et al., 2018).

A pecuária brasileira tem adotado diversas práticas de manejo para o aumento da produtividade das pastagens, tais como a adubação (MARTUSCELLO et al., 2016; SANTINI et al., 2016), o cultivo consorciado e a sobressemeadura (AGUIRRE et al., 2016; HANISCH et al., 2016), e a irrigação de pastagens (GOMES et al., 2015; SANCHES et al., 2015, 2017; ALEMAN et al., 2016). A irrigação tem ganho importância, visto que a escassez de água é um fator que limita a produção agrícola em grande parte do território brasileiro (LIMA et al., 2018).

O manejo adequado da fertilidade do solo e o conhecimento das exigências nutricionais são extremamente importantes para a prática do manejo das pastagens, resultando em maior produtividade e oferta de alimentos para os animais (BARTH NETO et al., 2011; SILVEIRA et al., 2010; PEREIRA et al., 2012). No entanto, a fertilização normalmente representa o maior componente do custo para os pecuaristas, os quais optam em muitas vezes em não realizá-la (NEUMANN et al. 2005).

Segundo Alves Filho et al. (2003), produtores de carne que têm optado pela redução no uso de fertilizantes verificaram redução na produção e na qualidade da forragem. Desta forma, os produtores tentam manter a capacidade de suporte animal alta ao custo da deterioração da pastagem, assim, a maioria das áreas de pasto está degradada ou em processo de degradação (GUERRA et al., 2018), que ocorre após alguns anos sem adubação (SILVEIRA et al., 2010). Consequentemente, os animais não têm à sua disposição alimento de qualidade e em quantidade suficiente para permitir o máximo desempenho (GUERRA et al., 2018), e o resultado disso é a queda de produtividade.

Macro e micronutrientes são importantes na nutrição mineral das plantas, especialmente aquelas de crescimento rápido e alta produção, como as forrageiras tropicais. Forrageiras têm grande importância econômica, pois são a base da alimentação de grande parte dos ruminantes, justificando pesquisas sobre qualidade e produtividade de forragem (FREITAS et al., 2019). Com relação à nutrição mineral, nitrogênio e boro são nutrientes que desempenham papéis importantes no crescimento e na qualidade de forragem.

Nesse sentido, é importante conhecer a interação entre nitrogênio e boro em condições irrigadas e bem manejadas, para definir as doses ótimas desses elementos, aumentando a oferta e a qualidade de forragem, dada a grande diversidade de solos e clima no Brasil. Diversos estudos adubações nitrogenadas tem demonstrados efeitos significativamente positivos nas produção de pastagens (ALEMAN et al., 2016; CECATO et al., 2017; GOMES et al., 2018; ROSADO et al., 2016; SANCHES et al., 2017). No entanto, há poucas observações sobre o efeito combinado desse nutriente com o boro em pastagens. Quando se considera esse efeito em estudos de campo, não há referências na literatura.

Geralmente é estimulado apenas o uso de macronutrientes na adubação de pastagens no País, devido à facilidade de visualização de seus efeitos positivos. Entretanto, o aumento da produtividade devido à adubação com macronutrientes também aumenta a extração de micronutrientes que, sem a devida reposição, podem limitar a produtividade das pastagens.

Várias espécies de capins são utilizadas como pastagens para nutrição animal no Brasil. Entre elas, o *Megathyrsus maximus* (Syn. *Panicum maximum*) cv. Mombaça é uma das mais produtivas forrageiras tropicais propagadas por sementes. Tem sido utilizado devido a sua alta produtividade (LIMA et al., 2018), qualidade de forragem e adaptabilidade a diferentes condições edafoclimáticas (JANK et al., 2010). Tem-se destacado na produção de carne e leite, daí a sua grande importância na produção animal brasileira.,

Baseado nas informações e nos argumentos apresentados até aqui, este trabalho tem por objetivo avaliar o potencial produtivo do capim e os efeitos da aplicação de diferentes doses de nitrogênio e boro sobre a produção e a qualidade de forragem de *Megathyrsus maximus* (Syn. *Panicum maximum* Jacq.) cv. Mombaça irrigado.

REFERÊNCIAS

- AGUIRRE, P. F.; OLIVO, C. J.; SMONETTI, G. D.; AGNOLIN, C. A.; NUNES, J. S.; BEM, C. M. De; DIEHL, M. S.; SAUTER, C. P.; FERNANDES, P. R. Valor nutritivo de pastagens de Coastcross-1 em consórcio com diferentes leguminosas de ciclo hiberna. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 68, n. 1, p. 173-181, fev. 2016.
- ALEMAN, C. C.; RAMPAZO, E. M.; MARQUES, T. A. Taxa de crescimento relativo da *Brachiaria brizantha* cv. Xaráes e *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sob fertirrigação nitrogenada. Irriga, Ed. esp., p. 23-28, 2016.
- ALVES FILHO, D. C.; NEUMANN, M.; RESTLE, J. et al. Características agronômicas produtivas, qualidade e custo de produção de forragem em pastagem de azevém (*Lolium multiflorum*, L.). Ciência Rural, v.33, n.1, p.143-149, 2003.
- BARTH NETO, A.; BOLETA, V. S.; PANCERA JÚNIOR, E. J.; ALMEIDA, G. M.; CANTO, M. W.; GASPARINO, E.; BALTAZAR, L. F. Nitrogênio e época de colheita nos componentes da produtividade de forragem e sementes de capim mombaça. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 45, n. 11, p. 1312- 1320, 2011. doi: 10.1590/S0100-204X2010001100012.
- CECATO, U., JUNIOR, J. A., DE ALMEIDA REGO, F. C., GALBEIRO, S., PARIS, W., SCAPIM, C. A., FAKIR, G. M. Animal performance, production, and quality of Tanzania grass fertilized with nitrogen. Semina: Ciências Agrárias, v. 38, n. 6, p. 3861-3869, 2017. <https://www.redalyc.org/pdf/4457/445753603037.pdf>
- FERNANDES, J. C.; BUZETTI, S.; DUPAS, E.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; ANDREOTTI, M.. Sources and rates of nitrogen fertilizer used in Mombasa guinea grass in the Brazilian Cerrado region. African Journal of Agricultural Research, v. 10, n. 19, p. 2076-2082, 2015. doi: 10.5897/AJAR2014.9276.
- FREITAS, H. P., LAGE, C. F. A., MALACCO, V. M. R., MOURA, A. M., RODRIGUES, J. P. P., SATURNINO, H. M., REIS, R. B. Partial substitution of soybean meal with a yeast-derived protein in the diet of dairy cows under a rotational grazing system. Livestock Science, v. 225, n.1, p. 144-150, 2019. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1871141319306638>

- GALINDO, F. S.; BELONI, T.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; DUPAS, E.; LUDKIEWICZ, M. G. Z. Technical and economic viability and nutritional quality of mombasa guinea grass silage production. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 40, e36395, 2018.
- GOMES, E. P., SANCHES, A. C., DE JESUS, F. L. F., DE ALBUQUERQUE NUNES, W. A. G., JUNIOR, M. A. P. O., DE SOUZA DIAS, J. P., & AZEVEDO, E. P. G. Application of swine wastewater for irrigation of Tifton 85 grass: Part I-productivity and nutritional quality. *Australian Journal of Crop Science*, v. 12, n. 3, p. 486, 2018. <https://search.informit.com.au/documentSummary;dn=605377994214380;res=IELHSS>
- GOMES, E. P.; RICKLI, M. E.; CECATO, U.; VIEIRA, C. V.; SAPIA, J. G.; SANCHES, A. C. Produtividade de capim Tifton 85 sob irrigação e doses de nitrogênio. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 19, n. 1807–1929, p. 317–323, 2015.
- GUERRA, M. G.; VERAS, A. S. C.; SANTOS, V. L. F.; FERREIRA, M. A.; NOVAES, L. P.; BARRETO, L. M. G.; CÂMARA, P. L. C. O.; SILVA, L. R.. Perfil metabólico proteico de vacas em lactação alimentadas com milho e ureia a pasto. *Arq. Bras. de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 70, n. 4, p. 1266-1274, 2018. <https://dx.doi.org/10.1590/1678-4162-9677>
- HANISCH, A. L.; NEGRELLE, R. R. B.; JUNIOR BALBINOT, A. A.; DE ALMEIDA, E. X. Produção, composição botânica e composição química de missioneira-gigante consorciada com leguminosas perenes. *Rev. Bras. de Ciências Agrárias*, v. 11, n. 1, p. 60–66, 2016.
- JANK, L.; MARTUSCELLO, J. A.; EUCLIDES, V. P. B.; VALLE, C. B. & RESENDE, R. M. S. *Panicum maximum*. In: Fonseca, D.M. & Martuscello, J.A. (Eds.) *Plantas forrageiras*. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2010. p. 166-196.
- LIMA, A. F. de; SANTOS, M. V. F. dos; LIRA, M. A.; CUNHA, M. V. da; MELLO, A. C. L. de; FERREIRA, R. L. C.; FERRAZ, A. P. F.; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; MOURA, J. G. de. Morphology of *Panicum* genotypes submitted to periods of cessation of irrigation. *Rev. de Ciências Agrárias*, v. 41, n. 3, p. 789-797, 2018.
- MARTUSCELLO, J. A.; MAJEROWICZ, N.; DA CUNHA, D. N. F.; DE AMORIM, P. L.; BRAZ, T. G. Características produtivas e fisiológicas de capim-elefante submetido à adubação nitrogenada. *Archivos de Zootecnia*, v. 65, n. 252, p. 565–570, 2016.

- NEUMANN, M.; RESTLE, J. ; FILHO, D. C. A. ; MACCARI, M.; SOUZA, A. N. M. de; PELLEGRINI, L. G. de; FREITAS, A. K. de. Produção de forragem e custo de produção da pastagem de sorgo (*Sorghum bicolor*, L.), fertilizada com dois tipos de adubo, sob pastejo contínuo. Rev. Bras. Agrocência, Pelotas, v.11, n. 2, p. 215-220, abr-jun, 2005.
- PEREIRA, O. G.; ROVETTA, R.; RIBEIRO, K. G.; SANTOS, M. E. R.; FONSECA, D. M.; CECON, P. R. Crescimento do capim-tifton 85 sob doses de nitrogênio e alturas de corte. Rev. Bras. de Zootecnia, v. 41, n. 1, p. 30-35, 2012. doi: 10.1590/S1516-35982012000100005.
- ROSADO, T. L., GONTIJO, I., ALMEIDA, M. S., NETO, A. C., & SIMON, C. P. Production and tillering of Mombaça grass with different sources and levels of applied nitrogen. Revista engenharia na agricultura-reveng, v. 24, n. 2, p. 139-146, 2016. <https://periodicos.ufv.br/reveng/article/view/599/403>
- SANCHES, A. C., GOMES, E. P., RICKLI, M. E., FRISKE, E., FASOLIN, J. P. Productivity and nutritive value of Tifton 85 in summer, with and without irrigation under different nitrogen doses. Engenharia Agrícola, v. 37, n. 2, p. 246-256, 2017. http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-69162017000200246&script=sci_arttext
- SANCHES, A. C.; GOMES, E. P.; RICKLI, M. E.; FASOLIN, J. P.; SOARES, M. R. C.; GOES, R. H. T. B. de. Produtividade e valor nutritivo do capim Tifton 85 irrigado e sobressemeado com aveia. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 19, n. 2, p. 126–133, fev. 2015.
- SANTINI, J. M. K.; PERIN, A.; COAGUILA, D. N.; VALDERRAMA, M.; DUPAS, E.; SANTOS, C. G. dos; SILVA, V. M.; BUZETTI, S. Adubação nitrogenada na implantação de *Urochloa brizantha* cv. Xaraés no cerrado: Características biométricas e bromatológicas - Parte 1. Brazilian Journal of Biosystems Engineering, v. 10, n. 2, p. 129–139, 2016.
- SILVEIRA, M. C. T.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; CUNHA, B. A. L.; DIFANTE, G. S.; PENA, K. S., SILVA, S. C.; SBRISSIA, A. F. Effect of cutting interval and cutting height on morphogenesis and forage accumulation of guinea grass (*Panicum maximum*). Tropical Grasslands, v. 44, n. 2, p. 103-108, 2010.
- ZHANG, Q.; BELL, L. W.; SHENA, Y. ; WHISH, J. P. M. Indices of forage nutritional yield and water use efficiency amongst springsown annual forage crops in north-west China. European Journal of Agronomy, v. 93, p. 1–10, 2018.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTAGENS

O crescimento populacional ocorrido nos últimos anos indica uma projeção de, no ano de 2020, ultrapassarmos a barreira de 8 bilhões de pessoas no globo terrestre, de modo que será necessário seguir aumentando a produção de alimentos. A produção animal deve acompanhar essa perspectiva, com aumento acentuado da produtividade. Entretanto, a produção de animal em pastagens ainda sofre com a má conservação gerando estágios de degradação (GOLLUSCIO, et al., 2015; SBRISSIA & SILVA, 2001).

No Brasil, durante muito tempo, a criação de bovinos de corte a pasto tem sido a atividade empregada para ocupação de terras de fronteira agrícola, visando assegurar a posse de grandes extensões de terra (DIAS-FILHO, 2012). Isto fez com que as pastagens ocupassem a maior parte da área ocupada para produção agropecuária, com cerca de 170 milhões de hectares (DIAS-FILHO et al., 2014; LOBATO et al., 2014). Entretanto, a demanda por produtos agrícolas como soja, milho, trigo, algodão e outras, tem feito com que pastagens sejam convertidas em áreas de cultivo agrícola. O principal motivo é o maior emprego de tecnologia nessas culturas e o consequente aumento de rentabilidade.

A produção animal em pastagens pode ser dividida em sistemas intensivos e extensivos, sendo o intensivo de alta produtividade e menor emprego de área por unidade produzida (OLIVEIRA, 2011), e o extensivo com grandes áreas ocupadas e menor lotação animal, gerando menor produtividade (MARION & SEGATTI, 2010). Geralmente, as áreas de pastagens extensivas são marcadas por capins de baixa necessidade nutricional, com respostas baixas ao uso de adubação mineral. Nas áreas intensivas, que têm grande aporte de capital e tecnologia, é possível observar a ocupação por gramíneas de alta produção, mais exigentes em nutrientes.

Os capins mais utilizados na produção animal extensiva têm sido os do gênero *Urochloa* (Syn. *Brachiaria*), introduzidos no país na década de 60 e 70, sendo espécies forrageiras com alta capacidade de adaptação e pouca necessidade em fertilidade (RAMOS et al., 2014; BELIDO et al., 2016). Entre elas, a *Urochloa decumbens* (Syn. *Brachiaria decumbens*) (popularmente conhecida como “capim braquiariinha”) foi a mais introduzida. O surgimento das cigarrinhas (*Deois flavopicta*, *Mahanarva fimbriolata* e *Zulia entreciania*) no início dos anos 1990, insetos com grande capacidade migratória (SUJII et al., 2000), houve devastação nas áreas com o gênero *Urochloa* (Syn. *Brachiaria*) e tem-se buscado novos cultivares e espécies forrageiras.

Na mesma década de 1990 surgiram vários cultivares de pastagem com maior capacidade produtiva, assim como maiores exigências nutricionais. Os produtores começaram a

prestar mais atenção aos novos cultivares e a buscar melhores resultados em sua produção animal, devido à necessidade de melhoras na fertilidade e nos atributos físicos do solo, e à possibilidade de aumentos significativos na produtividade de forragem para alimentação dos bovinos em pastejo (OLIVEIRA et al., 2017).

Assim, surgem os capins dos gêneros *Cynodon* e *Megathyrsus* (Syn. *Panicum*). Dentre os cultivares mais utilizados estão *Cynodon spp.* cv. Tifton-85 e *Megathyrsus maximus* (Syn. *Panicum maximum*) cv. Mombaça. O capim Mombaça teve grande repercussão dentro da pecuária brasileira, devido à elevada produção forrageira, boa aceitabilidade pelos animais e bom valor nutritivo (ARAUJO, et al., 2019).

2.2. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DO CAPIM MOMBAÇA

O gênero *Panicum* (Syn. *Megathyrsus*) é originário da África tropical (PARDO et al., 2018), onde evoluiu sob os cascos de grandes animais. Há espécies nativas encontradas em áreas tropicais e subtropicais, até à África do sul (JANK, 1995; PARDO et al., 2018). As espécies deste gênero foram selecionadas para tolerar os hábitos de pastoreio e por isso tornaram-se mais produtivas, vigorosas e robustas (JANK et al., 2011). Por ter origem tropical, pouco ou nenhum crescimento é esperado quando as temperaturas estão abaixo de 15°C (MORENO et al., 2014). O capim Mombaça é umas das cultivares de *Megathyrsus maximus* (Syn. *Panicum maximum*). Foi lançado no Brasil em 1993, pela Embrapa, no Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte (JANK et al., 1994; JANK, 1995). É uma cultivar de alta produtividade, com elevada porcentagem de folhas, principalmente na seca. As plantas têm hábito de crescimento cespitoso e porte alto (em torno de 1,7 m), com folhas largas (em torno de 3 cm) e eretas, curvadas nas pontas, e inflorescências do tipo panícula.

A altura do Mombaça pode variar de acordo com o manejo. Normalmente, a altura de corte ou de entrada no pastejo varia entre 80 e 120 cm (ALEXANDRINO et al., 2005; SILVA et al., 2009; MORENO et al., 2014; DIM et al., 2015; SIMONETTI et al., 2016), e a altura de resíduo pós-corte o pós-pastejo recomendada é de 30 a 50 cm (SILVA et al., 2009; MORENO et al., 2014; DIM et al., 2015; SIMONETTI et al., 2016).

As características apresentadas resultam em alto ganho de peso por animal e por área, embora apresente forte estacionalidade; em cultivo de sequeiro, produz apenas 11% da matéria seca na estação seca e fria (CORRÊA; SANTOS, 2006). A cultivar tem despertado a atenção de pecuaristas por sua abundante produção de folhas longas, porte elevado e alta aceitabilidade pelos

animais das mais variadas categorias e espécies de ruminantes e equídeos (FONSECA e MARTUSCELLO, 2010).

Dentre os aspectos positivos observados no capim-mombaça, destacam-se a elevada produção sob adubação intensiva, a elevada qualidade da forragem (valor nutritivo) e a resistência moderada à cigarrinha das pastagens. Freitas et al. (2005) citam o capim-mombaça como uma das forrageiras tropicais mais produtivas à disposição dos pecuaristas, podendo atingir produção de massa seca anual em torno de 33 Mg ha⁻¹ em sistemas não irrigados.

Todavia, apresenta dificuldade quanto à uniformidade de pastejo, não é recomendada para diferimento, tem porte muito alto e dificulta o pastejo em animais de baixo porte (Ex.: cabras e ovelhas), e não possui boa adaptação à acidez do solo e à baixa fertilidade, necessitando de solos de média a alta fertilidade para um bom desenvolvimento (COSTA, 2004). Portanto, essa forrageira adequa-se ao pastejo de animais de grande porte em sistemas de produção intensiva.

2.3. IRRIGAÇÃO EM PASTAGENS

Um grande desafio para a humanidade é produzir alimentos suficientes para uma população crescente, sendo que essa produção é altamente dependente do aumento da agricultura irrigada (LIU, 2011). Nos últimos anos, o uso crescente de tecnologias para produção intensiva tem permitido aumentar a produtividade na bovinocultura de leite e de corte. No Brasil, tal incremento em sistemas de engorda de bovinos e de produção de leite depende da utilização de técnicas de manejo das pastagens para melhorar sua produtividade e qualidade nutricional (DE MELLO, et al., 2017).

Dentre essas técnicas, a irrigação de pastagens surge como algo promissor, aumentando a disponibilidade de água nos períodos de estiagem, quando as plantas forrageiras apresentam acentuada estacionalidade, o que se reflete na produção pecuária (MOCHEL FILHO et al., 2016). No entanto, o uso da água pode gerar impactos ambientais e um grande desafio é a utilização de práticas inovadoras que aumentem a eficiência do uso da água (LIU, 2011; LEVIDOW et al., 2014).

Aliada à irrigação, a injeção de nutrientes via água de irrigação (fertirrigação) é uma técnica para incremento da produção de forragens, pois a resposta das plantas aos nutrientes aplicados está atrelada à disponibilidade de água (PEMBLETON et al., 2013).

O uso da irrigação e da fertirrigação é um atrativo como forma de seguro dos investimentos na produção de forragem (OLIVEIRA et al., 2015). Na ocorrência de veranicos ou

de secas prolongadas, aumentam o desenvolvimento vegetativo das forrageiras e melhoram a eficiência de uso de adubos nitrogenados (OLIVEIRA et al., 2015; PEMBLETON et al., 2013; GOMES et al., 2015b; ALEMAN et al., 2016; SANCHES et al., 2017).

Trabalhos comparando a produtividade de pastagens irrigadas e não irrigadas apontam para incrementos na taxa de acúmulo médio de matéria seca de forragem da ordem de 40 a 100 kg ha⁻¹ dia⁻¹, nas áreas com irrigação (OLIVEIRA et al., 2015; GOMES et al., 2015b; SANCHES et al., 2015, 2016, 2017; DANTAS et al., 2016). Entretanto o efeito da água sobre a produção de forragem não é uniforme, pois depende do efeito conjunto de vários elementos climáticos. Os principais são a radiação solar, a temperatura do ar e a luminosidade (fotoperíodo) (ANDRADE et al., 2016).

2.4. FERTIRRIGAÇÃO

A fertirrigação é uma técnica de aplicação de nutrientes para plantas por meio da água de irrigação (SILVA et al., 2012). Também pode ser a disposição final ou o tratamento no qual se prioriza o aproveitamento dos nutrientes da água residuária, tais como nitrogênio, potássio e, principalmente, fósforo, que são fundamentais no cultivo agrícola em solos de baixa fertilidade natural, como os que ocorrem na maior parte do Brasil (LO MÔNACO, 2005).

Na fertirrigação, o fertilizante chega às raízes das plantas em menor tempo do que na adubação convencional, pois está dissolvido na água e infiltra-se no solo uniformemente em toda a região da zona radicular, garantindo máxima interceptação pelas raízes (COELHO et al., 2014). Estes autores citam algumas vantagens da fertirrigação: (i) flexibilidade: aplicação de nutrientes em quantidades e concentrações adaptadas à necessidade da planta, em função de seu estágio fenológico e das condições climáticas; (ii) eficiência nutricional: redução de perdas de fertilizantes (lixiviação e volatilização) devido ao parcelamento e à incorporação no solo; (iii) economia de mão de obra; (iv) eficiência operacional: redução das atividades de pessoas ou máquinas na área de cultivo; (v) conservação do solo: redução da compactação. E também citaram limitações, tais como: (i) risco de retorno do fluxo de solução à fonte de água; (ii) possibilidade de entupimentos; (iii) risco de contaminação de mananciais superficiais ou subterrâneos; (iv) necessidade de fertilizantes solúveis, geralmente com maior custo.

A interação entre irrigação e adubação faz com que a resposta das culturas à aplicação de fertilizantes seja alterada pelo regime hídrico do solo (MARTINS et al., 2011). A fertirrigação aumenta a eficiência de utilização de nutrientes pelas plantas e favorece a produção (LAHAV, 1995), comportamento observado para todos os nutrientes móveis, como o nitrogênio. A

dinâmica dos nutrientes móveis no sistema solo-planta é determinada pela presença de água disponível (HAVLIN et al., 2005), uma vez que sua absorção ocorre por fluxo de massa e difusão dos íons, processos diretamente relacionados ao teor de água no solo.

A fertirrigação vem sendo difundida entre os produtores brasileiros, pois se mostrou efetiva no aumento da produtividade e, conseqüentemente, da rentabilidade das culturas.

2.5. ADUBAÇÃO NITROGENADA E BORATADA

No Brasil ainda é comum que as pastagens não recebam nenhum tipo de adubação e, com o decorrer dos anos, percam seu potencial de desenvolvimento, reduzindo sua qualidade, produtividade e longevidade (BENETT et al., 2008). A prova disso é que grande parte das pastagens do país apresenta algum grau de degradação. Dias-Filho (2014) estimou que cerca de 50% das pastagens brasileiras podem estar fortemente degradadas. Outro aspecto importante é que tais áreas têm solos com maior propensão à erosão, devido à baixa cobertura vegetal em áreas degradadas, com áreas de compactação e redução da capacidade de infiltração da água no solo (ZIMMER et al. 2002).

O modelo de produção de forragem adotado na pecuária brasileira vem contribuindo para a degradação da fertilidade do solo sob as pastagens (FARIA et al., 2015). O esgotamento da fertilidade do solo em consequência da ausência de calagem e de adubações de manutenção tem sido apontado como uma das principais causas da degradação de pastagens cultivadas (SANTOS et al., 2002). Portanto, um bom manejo das pastagens necessita de adubações de estabelecimento e manutenção, de modo a manter alta fertilidade do solo.

O suprimento de nutrientes é um fator importante na produção de forragem, visto que, no Brasil, as pastagens são a principal fonte de alimento nos sistemas de produção de ruminantes. A disponibilidade de nutrientes exerce grande influência na produção das gramíneas, na capacidade de suporte das pastagens e na produção animal. As diversas opções que competem pelo uso do solo obrigam a atividade pecuária a ser mais eficiente e competitiva (LAVRES JUNIOR e MONTEIRO, 2002)

Segundo Monteiro (1995), em condições edafoclimáticas normais e na ausência de outra limitação, tais como disponibilidade hídrica e variáveis climáticas, as plantas forrageiras respondem acentuadamente ao suprimento de N.

O nitrogênio (N) é o elemento essencial exigido em maior quantidade pelas plantas (TAIZ e ZEIGER, 2006). Seu teor varia de 20 a 40 g kg⁻¹ da massa seca dos tecidos vegetais (MENGEL e KIRKBY, 1987). Ele é o macronutriente mais impactante em termos de ganhos na

produção de forragem (FARIA et al., 2015), portanto, propicia maiores taxas de lotação e produção de carne por área.

Sua aplicação é de fundamental importância para a manutenção da produtividade e da sustentabilidade da pastagem, e sua deficiência pode desencadear o processo de degradação (VIANA et al., 2011).

A principal função desse nutriente é ser constituinte das proteínas e interferir diretamente no processo fotossintético (MEGDA, 2009). Em baixa disponibilidade de N no solo, as plantas apresentam redução no crescimento, no teor de proteína bruta e na qualidade da forragem para fins de nutrição animal (RODRIGUES, et al. 2004).

Para que o N possa ser usado como ferramenta estratégica para maximizar a produção de forragem nos sistemas intensivos de produção, o solo deve estar devidamente corrigido e suprido com os demais macro e micronutrientes (BERNARDI e RASSINI, 2008).

Segundo Taiz e Zeiger (2006), o boro é parte do grupo de nutrientes minerais importantes na armazenagem de energia e na integridade estrutural das plantas. Os autores salientam que, baseado nos critérios de mobilidade dentro da planta e translocação durante deficiências, este micronutriente é classificado como imóvel.

Embora o papel preciso do boro no metabolismo vegetal não seja claro, evidências sugerem que ele desempenha funções no alongamento celular, na síntese de ácidos nucleicos, nas respostas hormonais e no funcionamento de membranas (SHELP, 1993). Cakmak e Römheld (1997) acrescentam que o boro está relacionado a muitos processos fisiológicos das plantas, tais como transporte de açúcares, síntese da parede celular, lignificação, estrutura da parede celular, metabolismo de carboidratos, metabolismo de RNA, respiração, e integridade da membrana plasmática. Entre as diversas funções, duas estão muito bem definidas: síntese da parede celular e integridade da membrana plasmática.

Plantas deficientes em boro podem exibir uma variedade de sintomas. Um sintoma característico é a necrose preta de folhas jovens e gemas terminais, que ocorre normalmente na base da lâmina foliar. Os caules ficam anormalmente rígidos e quebradiços, a dominância apical pode ser perdida e tornar a planta altamente ramificada; entretanto, os ápices terminais dos ramos logo se tornam necróticos devido à inibição da divisão celular (TAIZ e ZEIGER, 2006).

Para o desenvolvimento das gemas e das extremidades das raízes, Yamada (2000) expõe que o cálcio e o boro são nutrientes de fundamental importância. Sem eles, tanto as novas brotações como o crescimento de novas raízes são paralisados. O autor acrescenta que, em plantas nas quais o boro seja imóvel no floema, o desenvolvimento do sistema radicular em determinado local do solo necessita da presença boro e cálcio em teores adequados.

A absorção de boro pelas plantas depende somente da sua atividade (concentração e disponibilidade) na solução do solo. Esta, por sua vez, depende das reações de adsorção entre o boro e seus adsorventes no solo, tais como óxidos de ferro e alumínio, minerais de argila, matéria orgânica, hidróxido de magnésio e carbonato de cálcio (YAMADA, 2000). A adsorção do boro é diretamente proporcional ao pH, à temperatura e ao teor de materiais adsorventes, e inversamente proporcional à umidade do solo (GOLDBERG, 1997).

Diversos estudos têm sido desenvolvidos para avaliar os efeitos da adubação na produtividade e na qualidade das forragens. Mazza et al. (2009) estudaram o efeito da adubação nitrogenada na produtividade e composição química do capim-mombaça, constatando que a maior dose de adubação com N (510 kg ha^{-1} de N) proporcionou aumento de até 30 vezes na produção de matéria seca em relação à testemunha (sem adubação nitrogenada). Os autores ainda relataram que a adubação com N na pastagem gerou aumentos lineares na produtividade, e no teor e na produção de proteína bruta (PB), que passou de 45 para 1279 kg ha^{-1} de PB, da testemunha para a maior dose de N, respectivamente.

Alencar et al. (2013) avaliaram a produtividade e o teor de matéria seca em seis gramíneas irrigadas de quatro espécies (Xaraés, Marandu, Mombaça, Tanzânia, Pioneiro e Estrela), sob várias doses de N ($100; 300; 500$ e $700 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), nas estações do ano (outono-inverno e primavera-verão). Os autores observaram que a adubação nitrogenada surtiu efeito significativo sobre o teor de massa seca e a produtividade em todas as forrageiras, de acordo com a época do ano, e que as forrageiras apresentaram respostas diferentes entre si no período de primavera/verão. Os autores relataram efeito linear e crescente do N sobre a produção, indicando que a dose para a máxima produtividade não foi atingida. Martuscello et al. (2006) também observaram efeito positivo da adubação nitrogenada sobre a produção de matéria seca em plantas de capim-massai (*Megathyrsus maximus* - Syn. *Panicum maximum*).

Fabricio et al. (2010) avaliaram os efeitos de cinco doses de N ($0, 50, 100, 150$ e 200 kg ha^{-1}), duas doses de P_2O_5 (96 e 30 kg ha^{-1}) e duas doses de K_2O (170 e 143 kg ha^{-1}) em *Panicum maximum* (Syn. *Megathyrsus maximus*) cv. Tobiatã irrigado, concluindo que a elevação da adubação nitrogenada aumentou a produção de MS e os teores de PB, embora o mesmo não tenha sido observado para a produtividade de MS em relação às doses de P e K.

Oliveira et al. (2006) estudaram a importância de cada micronutriente, da fonte de fertilizante e da forma de aplicação sobre a produção de forragem irrigada dos capins Marandu (*Urochloa brizantha* - Syn. *Brachiaria brizantha* cv. Marandu) e Tanzânia (*Megathyrsus maximus* - Syn. *Panicum maximum*), observando que a fertilização com micronutrientes não influenciou a

produção de matéria seca da forragem. As deficiências de micronutrientes, principalmente de B e de Zn, começaram a aparecer dez meses após a instalação do experimento.

Na maioria dos trabalhos consultados, os autores relatam resultados lineares de produtividade em relação às doses de N (ALEMAN et al., 2016; FABRICIO et al., 2010; GALINDO et al, 2018; MARTUSCELLO et al., 2006), indicando que a produtividade máxima não foi atingida e justificando estudos com doses maiores, sem limitações causadas por outros nutrientes.

REFERÊNCIAS

- ALEMAN, C. C.; RAMPAZO, E. M.; MARQUES, T. A. TAXA DE CRESCIMENTO RELATIVO DA *Brachiaria brizantha* cv. Xaráes e *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sob fertirrigação nitrogenada. Irriga, Edição esp., p. 23–28, 2016.
- ALENCAR, C A B de; CUNHA, F. F. da; MARTINS, C E; CÓSER, A C; OLIVEIRA, R A de; ARAÚJO, R A S. Adubação nitrogenada e estações anuais na produção de capins irrigados no leste mineiro sob corte. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal. Salvador, v.14, n.3, p.413-425 jul./set., 2013.
- ALEXANDRINO, E.; GOMIDE, J. A.; GOMIDE, C. A. de M. Crescimento e desenvolvimento do dossel de *Panicum maximum* cv. Mombaça. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 34, n. 6, p. 2164–2173, dez. 2005
- ANDRADE, A. S., SANTOS, P. M., PEZZOPANE, J. R. M., DE ARAUJO, L. C., PEDREIRA, B. C., PEDREIRA, C. G. S., ... & LARA, M. A. S. Simulating tropical forage growth and biomass accumulation: an overview of model development and application. Grass and forage science, v. 71, n. 1, 54-65, 2016. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/gfs.12177>
- ARAUJO, L. M. B. de; ANDRADE, A. C.; RODRIGUES, B. H. N.; SEIXAS, F. J. S. de; MAGALHÃES, J. A.; RODRIGUES, R. C.; OLIVEIRA, I. V. L. de. Produtividade do capim-mombaça sob diferentes idades de rebrotação no norte do Piauí. Nucleus, v. 16, n 1, 233-244, 2019.
- BELIDO, I. A.; YAMASHIRA, O. M.; FERREIRA, A. C. T.; FELITO, R. A.; ROCHA, A. M. da; CARVALHO, M. A. C. de. Estresse hídrico na germinação de sementes e desenvolvimento inicial de plântulas de *Panicum maximum* cv. Mombaça. Revista de Ciências Agroambientais, v. 14, n. 2, p. 38–46, 2016.
- BENETT, C. G. S.; BUZETTI, S.; SILVA, K.S.; BERGAMASCHINE, A. F.; FABRICIO, J. A.; Produtividade e composição bromatológica do capim-marandu a fontes e doses de nitrogênio. Revista Ciência e Agrotecnologia, v. 32, n. 5, p.1629-1636, 2008.

- BERNARDI, A.C.C.; RASSINI, J.B. Produção de matéria seca pelo capim-tanzânia em função de doses e relações de nitrogênio e potássio. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 28, 2008, Londrina. Anais... Desafios para o uso do solo com eficiência e qualidade ambiental. Londrina: Embrapa Soja: SBCS, 2008. 1 CDROM.
- CAKMAK, I.; RÖMHELD, V. Boron deficiency-induced impairments of cellular functions in plants. In: DELL, B.; ROWN, P.H.; BELL, R.W. (eds.). Boron in soil and plants: review. Symposium, Chiang Mai, reprinted Plant and Soil, v.193, n.1-2, p.71-83, 1997.
- COELHO, E. F.; COELHO FILHO, M. A.; CRUZ, J. L.; OLIVEIRA, A. M. G. DE. Fertirrigação do mamoeiro. Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Cruz das Almas, 2014.
- CORRÊA, L. A.; SANTOS, P. M. Irrigação de pastagens formadas por gramíneas tropicais. Circular Técnica - Embrapa Pecuária Sudeste, v. 48, 2006.
- COSTA, L.N. Formação, Manejo e Recuperação de Pastagens em Rondônia. Porto Velho: Embrapa Rondônia. Rondônia. 2004. 219 p.
- DANTAS, G. de F.; FARIA, R. T. de; SANTOS, G. O.; DALRI, A. B.; PALARETTI, L. F. Produtividade e qualidade da brachiaria irrigada no outono/inverno. Engenharia Agrícola, v. 36, n. 3, p. 469–481, 2016.
- DE MELLO, A. C. L., VIERA, M., DOS SANTOS, M. V. F., JÚNIOR, J. C. B. D., DE ANDRADE LIRA, M., & DE OLIVEIRA APOLINÁRIO, V. X. Produção animal em pastagens tropicais da América Latina. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal, v. 25, n. 1, p. 1-23, 2017. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6810392>
- DIAS FILHO, M. B. Diagnóstico das Pastagens no Brasil. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2014. 36 p. (Documentos / Embrapa Amazônia Oriental).
- DIAS-FILHO, M. B. (2012). Desafios da produção animal em pastagens na fronteira agrícola brasileira. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2012. 34 p.
- DIM, V.P. et al. Características agronômicas, estruturais e bromatológicas do capim Piatã em lotação intermitente com período de descanso variável em função da altura do pasto. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal, Salvador, v. 16, n.1, p. 10-22, jan./mar. 2015.

- FABRICIO, J. A.; BUZETTI, S.; BERGAMASCHINI, A. F.; BENETTI, C. G. S. Produtividade e composição bromatológica do capim-Tobiatã com adubação NPK. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, v. 32, n. 2, p. 333-337, 2010.
- FARIA, A. J. G.; FREITAS, G. A.; GEORGETTI, A. C. P.; FERREIRA JÚNIOR, J. M.; SILVA, M. C. A.; SILVA, R. R. Adubação nitrogenada e potássica na produtividade do capim Mombaça sobre adubação fosfatada. *Journal of Bioenergy and Food Science*, v. 2, n. 3, p. 98-106, 2015.
- FONSECA, D. M.; MARTUSCELLO, J. A. (Ed.). *Plantas forrageiras*. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2010.
- FREITAS K. R., ROSA, B., RUGGIERO, J. A., NASCIMENTO, J. L., HEINEMANN, A. B., FERREIRA, P. H., MACEDO, R. Avaliação do capim mombaça (*Panicum maximum* Jacq.) submetido a diferentes doses de nitrogênio. *Acta Scientiarum. Agronomy*, Maringá, v. 27, n. 1, p. 83-89, Jan./Mar., 2005.
- GALINDO, F. S.; BELONI, T.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; DUPAS, E.; LUDKIEWICZ, M. G. Z. Technical and economic viability and nutritional quality of mombasa guinea grass silage production. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 40, p. 363 -395, 2018.
- GOLDBERG, S. Chemistry and mineralogy of born in soils. In: GUPTA, U.C. (ed.). *Boron and its role in crop production*. Boca Raton: CRC Press, 1997. p. 3-44.
- GOLLUSCIO, R. A., BOTTARO, H. S., OESTERHELD, M. Controls of carrying capacity: degradation, primary production, and forage quality effects in a Patagonian steppe. *Rangeland ecology & management*, v. 68, n. 3, p. 266-275, 2015. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1550742415000548>
- GOMES, E. P.; RICKLI, M. E.; CECATO, U.; FARHATE, C. V. V.; GOES, R. H. de T. e B. de; OLIVEIRA, E. De. **Productivity of Tifton 85 grass irrigated and overseeded with winter forages**. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, v. 37, n. 2, p. 123, 21 maio 2015a.
- GOMES, E. P.; RICKLI, M. E.; CECATO, U.; VIEIRA, C. V.; SAPIA, J. G.; SANCHES, A. C. Produtividade de capim Tifton 85 sob irrigação e doses de nitrogênio. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 19, n. 1807–1929, p. 317–323, 2015b.

- HAVLIN, J.L.; BEATON, J.D.; TISDALE, S.L.; NELSON, W.L. Soil fertility and fertilizers. 7th ed. Upper Saddle River: Pearson Education, 2005. 515p.
- JANK, L. Melhoramento e seleção de variedades de *Panicum maximum*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 12, Piracicaba, 1995. Anais. Piracicaba: FEALQ, 1995. p.21-58.
- JANK, L.; SAVIDAN, Y.H.; SOUZA, M.T.C.; COSTA, J.C.G. Avaliação do germoplasma de *Panicum maximum* introduzida da África. I: Produção forrageira. Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia, v. 23, p. 433- 440, 1994.
- JANK, L.; VALLE, C.; RESENDE, R. Breeding tropical forages. Crop Breeding and Applied Biotechnology, v. 11, n. spe, p. 27–34, jun. 2011.
- LAHAV, E. Banana nutrition. In: GOWEN, S. (Ed.). Bananas and plantains. London: Chapman & Hall, 1995. p.258-316.
- LAVRES JUNIOR, J; MONTEIRO, F A. Combinações de doses de nitrogênio e potássio para a produção e nutrição do capim-mombaça. Bol. de Indústria Animal, Nova Odessa, v.59, n.2, p.101-114, 2002.
- LEVIDOW, L.; ZACCARIA, D.; MAIA, R.; VIVAS, E.; TODOROVIC, M.; SCARDIGNO, A. Improving water-efficient irrigation: Prospects and difficulties of innovative practices. Agricultural Water Management, v. 146, p. 84–94, 2014.
- LIU, F. Irrigation Strategies for Sustainable Environmental and Influence on Human Health. In: Encyclopedia of Environmental Health. Elsevier, 2011. p. 297-303.
- LO MÔNACO, P. A. Fertirrigação do cafeeiro com águas residuárias da lavagem e descascamento de seus frutos. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 111p. 2005.
- LOBATO, J. F. P.; FREITAS, A. K.; DEVINCENZI, T.; CARDOSO, L. L.; TAROUÇO, J. U.; VIEIRA, R. M.; DILLENBURG, D. R.; CASTRO, I. Brazilian beef produced on pastures: Sustainable and healthy. Meat Science, v. 98, n. 3, p. 336–345, 2014.
- MARION, J. C.; SEGATTI, S. Contabilidade da pecuária. 9 ed. São Paulo: Atlas, 2010.

- MARTINS, A. N.; TEIXEIRA, L. A. J.; SUGUINO, E.; HASHIMOTO, J. M.; NARITA, N. Irrigação e adubação potássica via fertirrigação em bananeira ‘Willians’ – produção e qualidade de frutos. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal - SP, Ed. especial, p. 743-751, Outubro 2011.
- MARTUSCELLO J. A.; FONSECA D. M.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; SANTOS P. M.; CUNHA, D. N. F. V. Características morfogênicas e estruturais de capim-massai submetido a adubação nitrogenada e desfolhação. *Revista Brasileira de Zootecnia*. v. 35, n.3, p.665-671. 2006.
- MAZZA, L. M.; PÔGGERE, G. C.; FERRARO, F. P.; RIBEIRO, C. B.; CHEROBIM, V. F.; MOTTA, A. C. V.; MORAES, A. Adubação nitrogenada na produtividade e composição química do capim mombaça no primeiro planalto paranaense. *Scientia Agraria*, Curitiba, v.10, n.4, p.257-265, July/Aug. 2009.
- MEGDA, M. M.; Suprimento de nitrogênio e de potássio e características morfogênicas, nutricionais e produtivas do capim- Marandu. 2009. 84f. Dissertação de mestrado Universidade de São Paulo (USP), Piracicaba - SP, 2009.
- MENGEL, K; KIRKBY, E. Principles of plant nutrition. 4.ed. Bern: International Potash Institute, 1987. 687p.
- MOCHEL FILHO, W.; CARNEIRO, M.; ANDRADE, A.; PEREIRA, E.; ANDRADE, A.; CÂNDIDO, M.; MAGALHÃES, J.; RODRIGUES, B.; SANTOS, F.; COSTA, N. Produtividade e composição bromatológica de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob irrigação e adubação azotada. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 39, n. 1, p. 81–88, mar. 2016.
- MONTEIRO, F. A. Nutrição mineral e adubação. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 12, Piracicaba, 1995. Anais. Piracicaba: FEALQ, 1995. p. 219-244.
- MORENO, L. S. B.; PEDREIRA, C. G. S.; BOOTE, K. J.; ALVES, R. R. Base temperature determination of tropical *Panicum* spp. grasses and its effects on degree-day-based models. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 186, p. 26–33, 2014.

- OLIVEIRA, A. R. F.; ARAUJO, L. C. de; LUDKIEWICZ, M. G. Z.; ZAGATO, L. Q. S. D.; GALINDO, F. S.; MARUNO, T. C.. Produtividade, composição morfológica e químico-bromatológica do capim-marandu consorciado com sorgo forrageiro para renovação de pastagem degradada no cerrado. *Cultura Agronômica: Revista de Ciências Agronômicas*, v. 26, n.1, p. 69-81, 2017.
- OLIVEIRA, E. M.; OLIVEIRA FILHO, J. da C.; OLIVEIRA, R. A.; OLIVEIRA, R. M.; CECON, P. R.; CÓSER, A. C. Efeito da aplicação de diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio e potássio na produção do capim Tanzânia. *Revista Ambiente & Água*. v. 10, n. 3, p. 698-706, 2015.
- OLIVEIRA, N. C. de. Contabilidade do agronegócio: teoria e prática. 2 ed. Curitiba: Juruá, 2011.
- OLIVEIRA, P. P. A.; SOUZA, F. H. D.; LUZ, P. H. C.; HERLING, V. R. Avaliação da adubação com micronutrientes em pastagens sob irrigação para produção de forragem e de sementes. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2006. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 8.
- PARDO, R. M. P.; SALCEDO, R. G.; MEJÍA, O. A. N.. Calidad nutricional de Mombasa y Tanzania (*Megathyrus maximus*, Jacq.) manejados a diferentes frecuencias y alturas de corte en Sucre, Colombia. *CEJ Medicina Veterinaria y Zootecnia*, v. 13, n. 1, p. 17-30, 2018. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.21615/cesmvz.13.1.2>>.
- PEMBLETON, K. G.; RAWNSLEY, R. P.; BURKITT, L. L. Environmental influences on optimum nitrogen fertiliser rates for temperate dairy pastures. *European Journal of Agronomy*, v. 45, p. 132–141, 2013.
- RAMOS, C. E. C. de O.; LEAL, T. T. B.; LEITE, L. C.; CONCEIÇÃO, C. P.; SOUZA, W. B. de. Alterações no ecossistema pastoril causadas pelo manejo agroecológico em pastagem de Brachiaria. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 9, n. 3, p. 140–149, 2014.
- RODRIGUES, R. C.; MATTOS, H. B.; PEREIRA, W. L. M. Perfilamento do capim braquiária cultivado em solo proveniente de uma pastagem degradada em função de doses de enxofre, nitrogênio e calcário. *Boletim de Indústria Animal*, v. 61, n. 1, p. 39-47, 2004.

- SANCHES, A. C.; GOMES, E. P.; RICKLI, M. E.; FASOLIN, J. P.; SOARES, M. R. C.; GOES, R. H. T. B. de. Produtividade e valor nutritivo do capim Tifton 85 irrigado e sobressemeado com aveia. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 19, n. 2, p. 126–133, fev. 2015.
- SANCHES, A. C.; GOMES, E. P.; RICKLI, M. E.; FRISKE, E. Produtividade, composição botânica e valor nutricional do Tifton 85 nas diferentes estações do ano sob irrigação. *Irriga*, Ed. esp. Grandes Culturas, p. 221–232, 2016.
- SANCHES, A. C.; GOMES, E. P.; RICKLI, M. E.; FRISKE, E.; FASOLIN, J. P. Productivity and nutritive value of Tifton 85 in summer, with and without irrigation under different nitrogen doses. *Revista Engenharia Agrícola*, v. 37, n. 2, 2017.
- SANTOS, H. Q.; FONSECA, D. M.; CANTARUTTI, R. B.; ALVAREZ, V. H.; NASCIMENTO JUNIOR, D. Níveis críticos de fósforo no solo e na planta para gramíneas forrageiras tropicais, em diferentes idades. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.26, p.173-182, 2002.
- SBRISSIA, A. F.; SILVA, S. D. O ecossistema de pastagens e a produção animal. *REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA*, 38, 2001. Anais. Piracicaba, 2001. p. 731-754.
- SHELP, B. J. Physiology and biochemistry of boron in plants. In: *Boron and Its Role in Crop Production*, U. C Gupta, ed., CRC Press, Boca Raton, FL, 1993.
- SILVA, E. A. da; SILVA, W. J. da; BARRETO, A. C.; OLIVEIRA JUNIOR, A. B. de; PAES, J. M. V.; RUAS, J. R. M.; QUEIROZ, D. S. Dry matter yield, thermal sum and base temperatures in irrigated tropical forage plants. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 41, n. 3, p. 574–582, mar. 2012.
- SILVA, S. C. da; BUENO, A. A. de O.; CARNEVALLI, R. A.; UEBELE, M. C.; BUENO, F. O.; HODGSON, J.; MATTHEW, C.; ARNOLD, G. C.; MORAIS, J. P. G. de. Sward structural characteristics and herbage accumulation of *Panicum maximum* cv. Mombaça subjected to rotational stocking managements. *Scientia Agrícola*, v. 66, n. 1, p. 8–19, fev. 2009.

- SIMONETTI, A.; MARQUES, W. M.; COSTA, L. V. C. Produtividade de Capim-Mombaça (*Panicum maximum*), com diferentes doses de Biofertilizante. *Brazilian journal of Biosystems Engineering*, v. 10, n. 1, p. 107–115, 2016.
- SUJII, E. R., GARCIA, M. A., FONTES, E., GOUVEIA, M. Movimentos de migração e dispersão de adultos da cigarrinha-das-pastagens. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. V. 1, p. 1678-3921, 2000.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Plant physiology*. Sunderland: Sinauer Associates. 2006. 792 p.
- VIANA, M.C.M.; FREIRE, F.M.; FERREIRA, J.J.; MACÊDO, G.A.R.; CANTARUTTI, R.B.; MASCARENHAS, M.H.T. Adubação nitrogenada na produção e composição química do capim braquiária sob pastejo rotacionado. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 40, n. 7, p. 1497-1503, 2011.
- YAMADA, T. BORO: será que estamos aplicando a dose suficiente para o adequado desenvolvimento das plantas? *Informações Agronômicas*, n. 90 – junho/2000.
- ZIMMER, A.; SILVA, M. P.; MAURO, R. Sustentabilidade e impactos ambientais da produção animal em pastagens. In: PEIXOTO, A. M.; MAURA, J. C.; PEDREIRA, C. G. S.; FARIA, V. P. (eds.). *Inovações tecnológicas no manejo de pastagens*. Piracicaba: FEALQ, 2002. Cap. 2, p.31-58.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A seguir descreve-se os procedimentos gerais adotados no desenvolvimento desta pesquisa, para facilitar o entendimento dos próximos capítulos. A descrição foi elaborada em ordem cronológica, seguindo o contexto do projeto.

3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL E DOS TRATAMENTOS

O experimento foi conduzido na área experimental da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP), em Piracicaba/SP entre agosto de 2017 e agosto de 2018, (latitude 22° 42’ 14” S; longitude 47° 37’ 21” O; altitude de 569 m). Previamente, no mesmo local, foi conduzido experimento com o mesmo capim (*Megathyrsus maximus* cv. Mombaça) entre fevereiro de 2016 e fevereiro de 2017. Segundo a classificação de Köppen-Geiger, o clima da região é do tipo subtropical úmido (Cwa), com verão quente, úmido e inverno seco, com temperatura média inferior a 18°C no mês mais frio e superior a 22°C no mês mais quente (KOTTEK et al., 2006).

Foi escolhida a forrageira tropical *Megathyrsus maximus* (Syn. *Panicum maximum* Jacq.) cv. Mombaça. O experimento foi iniciado após o corte de uniformização em todas as parcelas, adotando a altura de corte de 0,30 m. Os cortes seguintes foram feitos em ciclos de 28 dias durante o período de primavera e verão, e de 40 dias nas estações de outono e inverno. Durante um ano foram avaliados 11 ciclos de rebrota.

A cultura foi implantada entre Novembro e Dezembro de 2015, em parcelas de 8 m x 11 m, totalizando 4 parcelas, com área total de 440 m² (Figura 1). A área experimental foi irrigada por aspersão convencional, com aspersores setoriais para individualizar a irrigação dos blocos.

Figura 1. Croqui da área experimental, Piracicaba/SP, 2017.

3.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE DE DADOS

O experimento foi conduzido sob delineamento estatístico de blocos ao acaso em esquema fatorial 3 x 4, com quatro doses de nitrogênio e três doses de boro (totalizando 12 tratamentos), e quatro repetições.

Durante o período experimental, foram avaliadas adubações boratadas (B1, B2 e B3) e nitrogenadas (N1, N2, N3 e N4), fracionadas com ureia e ácido bórico, imediatamente após cada ciclo de crescimento. Na adubação boratada, foram adotados os níveis de 0, 2 e 4 kg ha⁻¹ ano⁻¹, e na adubação nitrogenada, 250, 500, 750 e 1000 kg ha⁻¹ ano⁻¹ (Figura 2).

Figura 2. Croqui da casualização das doses de boro e nitrogênio nas parcelas experimentais, Piracicaba/SP, 2017.

Os resultados receberam o recomendado tratamento estatístico com o emprego do *Sisvar* 5.6 (FERREIRA et al., 2011). Os dados experimentais foram inicialmente submetidos à análise de variância (teste F), e nos casos de diferenças significativas entre tratamentos, foi efetuado o estudo de regressão polinomial (superfície de resposta) para as doses de nitrogênio e/ou boro.

3.3. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DO SOLO

O solo da área experimental é classificado como Nitossolo Vermelho Eutroférico latossólico (SANTOS et al., 2013). A correção da acidez e nutrientes do solo foi baseada no critério de Raij et al. (1997), utilizando corretivos e fertilizantes necessários para atingir alto nível de fertilidade, exceto para nitrogênio e boro, cujos níveis foram definidos nos tratamentos a partir dos resultados da análise química e granulométrica do solo (Tabela 1).

Tabela 1. Análise química e granulométrica do solo da área experimental na camada de 0 – 20 cm, 20 – 40 cm. Piracicaba/SP, Junho-2017.

Camada	pH	P	K	Ca	Mg	H+Al	Al	CTC	Areia	Silte	Argila	Boro
(cm)	CaCl ₂	mg dm ⁻³						mmol _c dm ⁻³	(%)	(%)	(%)	(Água quente)
0 – 20	6,3	72	6,0	36	19	20	1	81	35,7	19,2	45,1	0,21
20 – 40	5,9	31	5,1	29	12	28	0	74	29,3	18,7	52,0	0,23

P = fósforo; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; H+Al = acidez potencial; Al = alumínio trocável; CTC = complexo de troca catiônica.

3.4. IRRIGAÇÃO

3.4.1. Sistema de irrigação

A irrigação foi feita com um sistema de aspersão convencional, com espaçamento 11 m x 8 m (emissores x linhas). O sistema de irrigação foi composto por uma motobomba centrífuga Thebe modelo P-11/2 NR de 3,0 CV, quatro válvulas solenoides (Geva 75 1/8” 3W 24 VAC) e quatro válvulas Bermad S200 1”, um programador Galcon AC-4S 8056 220V (Figura 3) e aspersores setoriais NaanDanJain modelo 427B (Figura 4) com mecanismo setorial e bocal único de diâmetro 3 mm, instalados a 2 metros de altura e sustentados por mourões.

O sistema de irrigação foi projetado de modo que os aspersores operassem a uma pressão de serviço de 300 kPa, com vazão teórica de 630 L h⁻¹ L h⁻¹. Possuiu um conjunto de filtros de tela, que eram limpos semanalmente, pois a água de irrigação utilizada na área experimental era oriunda do Rio Piracicaba e não recebia nenhum tratamento previamente à filtragem (Figura 5).

A área foi irrigada em turno de rega fixo e com lâmina variável, em quantidade suficiente para que a umidade retornasse à capacidade de campo (Θ_{cc}). Segundo o Boletim FAO 56 (ALLEN et al., 1998), para pastagens em condições climáticas semelhantes às de Piracicaba, o máximo fator de depleção (f) é igual 0,60 (consumo de 60% da umidade da umidade contida entre a capacidade de campo – Θ_{cc} – e o ponto de murcha permanente – Θ_{pmp}). Em estudos de fertirrigação é importante garantir que não haja déficit hídrico; portanto, utilizou-se a curva de retenção de água no solo e dados climatológicos locais para determinar um intervalo seguro e checar a possibilidade de estresse por déficit hídrico. Tal intervalo foi definido com base na premissa de que a umidade do solo não cairia abaixo do limite de 40% da capacidade de água disponível - CAD (Consumo = 60% CAD).

Figura 3. Conjunto motobomba; válvulas solenoides e controlador do sistema de irrigação. Piracicaba/SP 2017.

Figura 4. Aspersor setorial NaanDanJain, modelo 427B. Piracicaba/SP 2017.

Figura 5. Filtro de tela usado no sistema de irrigação, antes e após a limpeza, Piracicaba/SP 2017.

3.4.2. Curva de retenção da água no solo

Foram coletadas amostras indeformadas de solo a cada 10 cm de profundidade, até os 60 cm, para elaboração da curva característica de retenção de água do solo e identificação da capacidade de água disponível (CAD). As amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Física de Solos do Departamento de Engenharia de Biosistemas para elaboração das curvas.

Em laboratório, as amostras foram saturadas e posteriormente submetidas a diferentes tensões (1, 2, 4, 10, 30, 50, 100, 500 e 1500 kPa), obtidas por meio mesa de tensão e de câmara de Richards, segundo o método descrito por Richards e Fireman (1943). A curva de retenção é apresentada na Figura 6.

Figura 6. Curva de retenção de água no solo da área experimental- Piracicaba/2017.

3.4.3. Manejo da irrigação

Foi realizado o teste de uniformidade de distribuição da água (Figura 7) nos blocos experimentais, calculando o coeficiente de uniformidade Christiansen (CUC).

O teste de uniformidade foi realizado em duas repetições, no início da manhã, com duração individual de 1 h, utilizando coletores de material plástico da marca Fabrimar, com forma geométrica tronco-cônica (diâmetro superior de 80 mm e altura de 102 mm). Os coletores foram dispostos com espaçamento de 1,3 m entre linhas e 1m entre coletores, totalizando 60 coletores na parcela. Os coletores das extremidades (vértices de um retângulo) foram posicionados a uma distância de 1,1 m dos aspersores (Figura 8). Como resultado, obteve-se CUC de 85% e 80% para a primeira e a segunda repetições, respectivamente (Figura 8), concluindo-se que o sistema de irrigação apresentou boa uniformidade de aplicação ($\text{CUC} \geq 80\%$).

A seguir, foi realizado o teste de vazão do sistema, coletando-se a vazão diretamente nos bocais dos aspersores, com o auxílio de câmara de ar de pneu de bicicleta, balde e proveta graduada. O tempo utilizado para coleta foi de um minuto, com três repetições por teste. O volume médio coletado foi de 9,3 L em 60 segundos, resultando na vazão de 558 L h^{-1} . Em cada parcela havia quatro aspersores setoriais, regulados para operação em um ângulo de 90° (2 aspersores) e 180° (2 aspersores), cobrindo toda a área da parcela. Portanto, a vazão por parcela foi de 1674 L h^{-1} . Como as parcelas tinham área de 88 m^2 , essa vazão correspondente a uma intensidade bruta de aplicação (I_a) de 19 mm h^{-1} . Foram feitas medições de umidade do solo, antes e cerca de 12 h após a irrigação, e estimou-se uma intensidade líquida de aplicação (I_{a_l}) de $17,1 \text{ mm h}^{-1}$. Portanto, considerou-se tal valor como padrão para estabelecer os tempos de irrigação, de acordo com as necessidades da cultura.

Figura 7. Teste de uniformidade de aplicação de água nos blocos, Piracicaba/SP, 2017.

Figura 8. Croqui do teste de uniformidade (CUC) nos blocos, Piracicaba/SP, 2017.

O manejo da irrigação nas parcelas experimentais foi realizado por meio do monitoramento da umidade do solo na zona radicular. Foram instalados dois conjuntos de tensiômetros, cada um composto por 3 tensiômetros instalados nas profundidades de 15, 30 e 45 cm (Figura 8). As leituras dos tensiômetros foram realizadas em intervalos de quatro dias, com um tensímetro digital.

Figura 9. Bateria de tensiômetros e leitura com tensímetro digital, Piracicaba/SP 2017.

A lâmina d'água de irrigação foi determinada a partir da leitura de dados dos tensiômetros. Com as médias das leituras do potencial matricial (Ψ_m) em cada camada e a curva característica de retenção de água, calculou-se a lâmina d'água média necessária para elevar a

umidade de todo o perfil do solo (0-60 cm) à capacidade de campo. A lâmina de irrigação (LI) aplicada durante o experimento foi determinada da seguinte forma:

$$LI = (\theta_{cc} - \theta_a) Z$$

Em que:

LI – lâmina d'água aplicada a cada irrigação, em mm;

θ_{cc} – umidade volumétrica na capacidade de campo, em $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$;

θ_a – umidade volumétrica atual, em $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$;

Z - profundidade efetiva do sistema radicular, em mm.

A umidade à capacidade de campo (θ_{cc}) foi considerada como a umidade correspondente ao valor de $\Psi_m = 0,1$ bar (BENEVENUTE et al., 2016). A profundidade efetiva do sistema radicular foi $Z = 600$ mm. O tempo de irrigação (T_i), em cada evento, foi determinado por meio da razão:

$$T_i = \frac{LI}{Ia_L}$$

Em que:

T_i – Tempo de irrigação, em h;

LI – lâmina líquida de irrigação, em mm;

Ia_L – intensidade líquida de aplicação, em mm h^{-1} ;

O tempo de irrigação (T_i) e a consequente lâmina d'água aplicada foram variáveis, de acordo com o consumo de água do capim mombaça.

3.5. CICLOS DE CORTE E CRESCIMENTO

O ciclo de cultivo do Mombaça iniciou-se no dia 11 de agosto de 2017 e o experimento foi finalizado no mesmo mês do ano seguinte. No período de 1 ano, foram analisados 11 ciclos de crescimento e corte, cuja duração individual de acordo com a estação, sendo 28 dias no período de primavera/verão e 40 dias no período de outono/inverno (Tabela 2).

Tabela 2. Datas e períodos de cortes durante o período experimental. Piracicaba/SP, 2017/2018.

Ciclos	Duração	Estação
1º	11/08 a 20/09/2017	Inverno
2º	20/09 a 18/10/2017	Primavera
3º	18/10 a 15/11/2017	Primavera
4º	15/11 a 13/12/2017	Primavera
5º	13/12 a 10/01/2018	Verão
6º	10/01 a 07/02/2018	Verão
7º	07/02 a 07/03/2018	Verão

8°	07/03 a 04/04/2018	Outono
9°	04/04 a 14/05/2018	Outono
10°	14/05 a 23/06/2018	Inverno
11°	23/06 a 02/08/2018	Inverno

3.6. ANÁLISE DE PRODUÇÃO

Foram realizadas amostragens mensais para avaliação da produção de matéria seca e sua relação com alguns índices biométricos. Para tanto, foram utilizados o índice de área foliar (IAF), a interceptação luminosa do dossel forrageiro (IL), a altura de plantas (AP) e a produção de massa seca da parte aérea (MS) em cada ciclo de rebrota. O crescimento foi avaliado por meio do IAF e da altura do dossel forrageiro. A interceptação luminosa foi medida com o auxílio de um medidor LAI 2000® (Figura 10).

Os cortes foram feitos a cada ciclo de crescimento, após a coleta da parte aérea das plantas, e seguiram o mesmo procedimento do corte de uniformização, logo após a retirada das amostras de biomassa da parte aérea, utilizadas para as avaliações. Tal como adotado para o corte de uniformização, a altura de corte foi padronizada em 30 cm.

Figura 10. Aparelho LAI-2000®, Plant Canopy Analyzer LI-COR, utilizado na medição de interceptação luminosa. Piracicaba/SP, 2017-2018.

O acúmulo de biomassa na parte aérea das plantas foi obtido por meio do corte de amostras, utilizando-se um quadrado amostrador com área de 0,25 m² (0,5 m x 0,5m). O quadrado foi lançado aleatoriamente nas parcelas experimentais, coletando-se a forragem presente no seu interior até a altura preestabelecida para o resíduo, com quatro repetições por tratamento. O procedimento de coleta foi repetido a cada ciclo de corte. Após a retirada das amostras foi feito o corte da forragem em toda a área experimental, com o auxílio de uma

roçadeira costal (Figura 11) mantendo a mesma altura do resíduo, retirando-se das parcelas a forragem cortada.

Figura 11. Corte das plantas na altura do resíduo, Piracicaba/SP 2017-2018.

A altura das plantas foi obtida com o auxílio de uma trena graduada em cm, medindo-se a partir do solo até a altura do relvado (última folha expandida), realizando-se três amostragens por tratamento (Figura 12).

Figura 12. Medição da altura do dossel forrageiro com a régua graduada, Piracicaba/SP 2017.

A forragem recém-coletada no campo foi pesada, retirando-se uma subamostra de massa verde para determinação da percentagem de matéria seca, colocando-a em uma estufa de

ventilação forçada a 65°C por período indeterminado, até atingir peso constante. Após este procedimento, estimou-se a porcentagem de matéria seca das frações e a produtividade de forragem do capim-mombaça (kg ha⁻¹ de MS).

3.7. PRODUTIVIDADE DE ÁGUA

A partir das lâminas de irrigação aplicadas e da produção de matéria seca obtida em cada ciclo de corte, foi calculada a produtividade da água (PA), por meio da razão entre a massa seca acumulada da parte aérea e o consumo de água durante o experimento, conforme equação 1.

$$PA = 10 \text{ PTF} (P + I) \quad (1)$$

Em que:

PA – Produtividade de água, em kg m⁻³;

PTF – Produtividade total de forragem, em kg ha⁻¹ de matéria seca;

P+I – Precipitação pluvial e Irrigação, em mm.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R.G., PEREIRA, L.S., RAES, D. AND SMITH, M. Crop Evapotranspiration-Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome. 1998.
- ANDRADE, R. D. S.; STONE, L. F. Estimativa da umidade na capacidade de campo em solos sob Cerrado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 15, n. 2, p. 111–116, 2011.
- BENEVENUTE, P. A. N.; PASSO, L. A. C.; MELO, L. B. B.; SILVA, E. A.; OLIVEIRA, G. C. Synthetic polymers on water retention and pore distribution in a clayey latosol. *Revista Scientia Agraria*, v. 17, p. 24-30, 2016.
- FERREIRA, D. F.. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e agrotecnologia*, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- JANK, L.; SAVIDAN, Y.H.; SOUZA, M.T.C.; COSTA, J.C.G. Avaliação do germoplasma de *Panicum maximum* introduzida da África. I: Produção forrageira. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, v.23, p.433- 440, 1994.
- KOTTEK, M.; GRIESER, J.; BECK, C.; RUDOLF, B.; RUBEL, F. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 15, n. 3, p. 259–263, 2006.
- RAIJ, B. VAN; CATARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 3.ed. Campinas: Instituto Agrônômico; Fundação IAC, 1997. 258 p. (Boletim Técnico, 100).
- RICHARDS, L. A.; FIREMAN, M. Pressure-plate apparatus for measuring moisture sorption and transmission by soils. *Soil Science*, v. 56, p. 395-404. 1943.
- SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. Á. D.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; AALMEIDA, J. A. de.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3. ed. Brasília-DF: Embrapa, 2013.

4. PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE DE ÁGUA DE MEGATHYRSUS MAXIMUS CV. MOMBAÇA SOB DOSES DE NITROGÊNIO E BORO

RESUMO

A produção com animais ruminantes é baseada, principalmente, no fornecimento de forragens cultivadas ou nativas. Nos países com clima tropical e subtropical, as pastagens têm sido a forma de alimentação com melhor relação benefício-custo. Consequentemente, a produtividade animal depende da produtividade das pastagens, e as melhorias feitas em seu manejo refletem nos resultados de tais sistemas produtivos. Técnicas de intensificação como pastejo rotacionado, correção de fertilidade, adubação e irrigação podem levar a mudanças significativas na capacidade produtiva. Entretanto, há interação entre fatores produtivos como a adubação e a disponibilidade de água no solo. Por isso, é necessário utilizar os recursos produtivos de modo racional, afim de obter os melhores resultados possíveis. Nesse sentido, este trabalho teve por objetivo avaliar a produtividade de forragem e a produtividade da água do capim Mombaça (*Megathyrsus maximus* – Syn. *Panicum maximum*) irrigado por aspersão e sob diferentes combinações de adubação com nitrogênio e boro, em vários ciclos produtivos. O experimento foi desenvolvido em Piracicaba-SP (Latitude 22° 42' 14,6" Sul; Longitude 47° 37' 24,1" Oeste; Altitude de 569 m), no período entre 11 de agosto 2017 e 2 de agosto 2018. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com esquema fatorial 4 x 3 x 11, com quatro repetições. Os tratamentos referiram-se às combinações de: (i) quatro doses de adubação nitrogenada (22,7; 45,5; 68,2 e 90,9 kg ha⁻¹ ciclo⁻¹); (ii) três doses de adubação boratada (0; 0,181; e 0,363 kg ha⁻¹ ciclo⁻¹); e (iii) 11 ciclos de crescimento e corte de forragem. Durante o período experimental observou-se que ambos os nutrientes influenciaram positivamente a produção forrageira. Os ciclos tiveram forte influência na produção, com menor produtividade nos ciclos de inverno. A produtividade de água foi menor no inverno.

Palavras-chave: Irrigação de pastagem; *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça; Adubação com N e B; Eficiência de uso da água

Production and water productivity *Megathyrsus maximus* cv. 'Mombaça' under nitrogen and boron doses

ABSTRACT

Production with ruminant animals is based mainly on the supply of cultivated or native fodder. In countries with a tropical and subtropical climate, pastures have been the most cost-effective form of food. Consequently, animal productivity depends on pasture productivity, and improvements in management reflect the results of such production systems. Intensification techniques such as rotational grazing, fertility correction, fertilization and irrigation can lead to significant changes in productive capacity. However, there is an interaction between productive factors such as fertilization and water availability. Therefore, it is necessary to use productive resources rationally in order to obtain the best possible results. In this sense, this work aimed at evaluating the forage yield and the water yield of 'Mombasa' guinea grass (*Megathyrsus maximus* –Syn. *Panicum maximum*) sprinkler irrigated and under different nitrogen and boron fertilization combinations in various production cycles. The experiment was carried out in Piracicaba-SP (Latitude 22° 42 ' 14.6" South; Longitude 47° 37' 24.1" West; Altitude 569 m), from August 11, 2017, to August 2, 2018. The experimental design used It was in blocks with a 4 x 3 x 11 factorial scheme, with four repetitions. The treatments referred to the combinations of: (i) four levels of nitrogen fertilization (22.7, 45.5, 68.2 and 90.9 kg ha⁻¹ cycle⁻¹); (i) three levels of boron fertilization (0; 0.181; and 0363 kg ha⁻¹ cycle⁻¹); and (iii) 11 cycles of forage growth and cuts. During the experimental period, it was observed that both nutrients positively influenced forage production. Cycles had a strong influence on production, with lower productivity in winter cycles. The water use efficiency was lower during the winter.

Keywords: Pasture irrigation; *Megathyrsus maximus* cv. 'Mombasa'; N and B fertilization; Water use efficiency

4.1. Introdução

O Brasil possui extensas áreas com pastagens, e é um dos maiores produtores comerciais de gado do mundo (SILVA et al., 2009). Sua produção de bovinos é baseada em sistemas de pastoreio, especialmente pastos de gramíneas, pois é um meio menos oneroso de produzir proteína animal para consumo humano (FERNANDES et al., 2015).

O baixo custo da produção de carne bovina e leite a pasto é devido a fatores climáticos que favorecem a produção de forragem em regiões tropicais e subtropicais. Uma das vantagens da produção pecuária baseada em pastagens é a capacidade dos ruminantes de transformar alimentos fibrosos, de valor nutricional relativamente baixo, em produtos para consumo humano (LIMA et al., 2018). Desta forma, nota-se a importância das pastagens para a produção de carne e leite. Todavia, geralmente as plantas forrageiras não recebem a adubação necessária para sua manutenção e perdem potencial produtivo ao longo dos anos, reduzindo sua qualidade e sofrendo degradação (BENNETT et al., 2008). Por isso, cerca de 70% das áreas de pastagens brasileiras apresentam algum grau de degradação (CHERUBIN et al., 2016), o que afeta seu valor nutritivo e contribui negativamente para a eficiência do sistema, prejudicando o desempenho animal (LIMA et al., 2018).

Atualmente aumentou a competição pelo uso da terra entre os usos pecuário e agrícola, na busca por melhor retorno sobre o capital investido. Assim, buscam-se tecnologias complementares de produção para integrar benefícios aos sistemas produtivos (GALINDO et al., 2018). O uso de fertilizantes pode aumentar significativamente a produção de forragem, a taxa de lotação animal e o ganho de peso ou a produtividade de leite por vaca, resultando no aumento da produção de carne e leite por unidade de área.

A fertilidade do solo pode ser melhorada por meio da correção da acidez e da adubação do pasto. A adubação com nitrogênio é a mais significativa em termos de ganhos na produção de forragem (COBLENTZ et al., 2017). Sua aplicação é de fundamental importância para a manutenção da produtividade e sustentabilidade do pasto, e sua deficiência é um fator importante para desencadear o processo de degradação. Além disso, o pH do solo deve ser corrigido e os demais macro e micronutrientes, fornecidos em quantidade adequada, para que a adubação com N possa maximizar a produção de forragem em sistemas de produção intensiva (HAJIGHASEMI et al., 2016).

Várias espécies e cultivares de forrageiras são utilizadas em pastagens no Brasil. O gênero *Urochloa* (Syn. *Brachiaria*) é dominante no País, representando 50% das pastagens do país devido a sua notável adaptabilidade e produtividade em condições de clima tropical (DEMARCHI et al., 2016). Entretanto, as forrageiras do gênero *Megathyrsus* (Syn. *Panicum*)

vem ganhando espaço, devido alto potencial produtivo do gênero aliado à necessidade de aumentar a produtividade animal e das pastagens.

Dentre as espécies desse gênero, o *Megathyrsus maximus* (Syn. *Panicum maximum*) cv. Mombaça, ou simplesmente capim Mombaça, é amplamente utilizado em áreas de produção intensiva. Apresenta um dos maiores potenciais conhecidos para produção de matéria seca (MS) em ambientes subtropicais e tropicais com alta produção foliar e alto valor nutricional, fatores que possibilitam a obtenção de um desempenho animal superior (FERNANDES et al., 2014).

O manejo adequado da pastagem pode aumentar a eficiência de uso da forragem, resultando em melhor estrutura do dossel e valor nutritivo (PEREIRA et al., 2015; ANJOS et al., 2016). Estratégias de manejo da pastagem, tais como a irrigação e a adubação, são muito importantes porque podem ajudar a fornecer aos animais um dossel forrageiro com maior qualidade e quantidade nutricional.

Para o nitrogênio (N), pesquisas recentes em pastagens irrigadas têm demonstrado resultados satisfatórios com o uso do mesmo em doses de 0 a 100 kg ha⁻¹ ciclo⁻¹ (MAGALHÃES et al., 2012; GOMES et al., 2015a; GOMES et al., 2015b; SANCHES et al., 2017).

Nas adubações nitrogenadas e boratadas foram utilizados ureia e ácido bórico, aplicados de modo fracionado a cada ciclo de crescimento e corte, segundo os tratamentos propostos. O parcelamento das doses de fertilizantes nitrogenados é recomendado para minimizar as perdas por volatilização e lixiviação, para obter melhor aproveitamento pela planta e obter taxas de acúmulo mais uniformes (SILVA et al., 2013). A disponibilidade imediata de nitrogênio após o pastejo melhora o perfilhamento e aumenta o índice de área foliar, o que possibilita um melhor estande e favorece as forrageiras, em detrimento das plantas invasoras (ALENCAR et. al., 2010).

Com relação à adubação com boro (B), apesar de recomendada a sua aplicação em pastagens para manutenção da fertilidade, poucos são os produtores que adotam o uso e faltam informações sobre tal nutriente em pesquisas no campo.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a produção da matéria seca e a produtividade de água do capim Mombaça irrigado sob diferentes níveis de adubação com N e B nas condições ambientais de Piracicaba, SP.

4.2. Material e métodos

O experimento desenvolvido na área experimental do Departamento de Engenharia de Biossistemas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP, em Piracicaba-SP (Latitude 22° 42’ 14.6” Sul e Longitude 47° 37’ 24.1” Oeste, Altitude de 569 m) no

período entre 11 de agosto 2017 e 2 de agosto 2018.

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cwa – subtropical ou tropical de altitude, apresentando temperatura mínima média superior a 18°C no mês mais frio e superior a 22°C no mês mais quente, verões quentes e concentração das chuvas nos meses de primavera e verão (PEREIRA et al., 2016). Durante o período experimental a precipitação pluvial acumulada foi de 1133 mm e a suplementação de água por irrigação foi de 436,9 mm. Na Figura 13 pode-se ver a distribuição temporal das chuvas, das irrigações, da umidade relativa média do ar e das temperaturas média e mínima ocorridas durante o experimento.

Figura 13. Valores de chuva (mm), irrigação (mm) temperatura média (°C), temperatura mínima (°C) e umidade relativa do ar (%) durante o período experimental de 11 de agosto de 2017 a 02 de agosto de 2018, Piracicaba/SP.

Legenda: UR% - umidade relativa do ar (%); Tmed – temperatura média do ar (°C); Tmin – temperatura mínima do ar (°C).

O solo da área experimental é classificado como Nitossolo Vermelho Latossólico Eutroférico (WEIL; BRANDY, 2016). No mês anterior ao início do experimento, foi realizada a correção do pH com aplicação de calcário dolomítico na dosagem de 4 Mg ha⁻¹, e adubação de base para obtenção de alta fertilidade do solo, segundo critérios estabelecidos por Raij et al. (1997). Ambas as operações foram baseadas na análise química de macro e micronutrientes (Tabelas 3 e 4).

Tabela 3. Análise química de macronutrientes e granulométrica do solo da área experimental na camada de 0-20 cm, 20-40 cm. Piracicaba/SP, 2017.

Camada (cm)	pH CaCl ₂	P mg dm ⁻³	K	Ca	Mg	H+Al	Al	CTC	Areia	Silte	Argila
			-----	-----	-----	cmol _c dm ⁻³	-----	-----	-----	(%)	-----
0 – 20	5,7	37	0,38	3,0	1,8	2,0	0,0	7,18	35,7	19,2	45,1
0 – 40	5,6	31	0,35	3,0	1,5	2,5	0,0	7,35	29,3	18,7	52,0

P = fósforo; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; H+Al = acidez potencial; Al = alumínio trocável; CTC = complexo de troca catiônica.

Tabela 4. Análise química de micronutrientes do solo da área experimental na camada de 0-20 cm, 20-40 cm. Piracicaba/SP, 2017.

Camada (cm)	Cu	Fe	Zn	Mn	B	MO
	-----	-----	mg dm ⁻³	-----	-----	g dm ⁻³
0 – 20	4,2	19	3,9	54,0	0,2	23
0 – 40	4,5	27	4,0	84	0,32	18

A forrageira utilizada no experimento foi o capim *Megathyrus maximus* cv. Mombaça cultivado durante um ano experimental, durante as estações de outono/inverno e primavera/verão.

O experimento foi conduzido sob delineamento experimental em blocos casualizados em esquema fatorial 4 x 3 x 11, com quatro repetições. Os tratamentos foram combinações de três fatores: (i) quatro níveis de adubação nitrogenada (22,7; 45,5; 68,2 e 90,9 kg ha⁻¹ ciclo⁻¹); (ii) três níveis de adubação boratada (0; 0,181 e 0,363 kg ha⁻¹ ciclo⁻¹); (iii) 11 ciclos de crescimento e corte de forragem ao longo do ano. Nos 11 ciclos de cultivo, as doses de N foram de 250; 500; 750 e 1000 kg ha⁻¹ ano⁻¹, e as doses de boro foram de 0; 2 e 4 kg ha⁻¹ ano⁻¹ (Tabela 5).

Tabela 5. Tratamentos experimentais, Piracicaba/SP, 2017/2018.

Tratamento	Dose de N	Dose de B
	----- (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹) -----	-----
N1B0	250	0
N2B0	500	0
N3B0	750	0
N4B0	1000	0
N1B1	250	2
N2B1	500	2
N3B1	750	2
N4B1	1000	2
N1B2	250	4
N2B2	500	4

N3B2	750	4
N4B2	1000	4

A irrigação foi feita com um sistema de aspersão convencional fixo e automatizado, com espaçamento 11 x 8 m (emissores x linhas). A irrigação foi feita com turno de rega fixo e lâmina d'água variável a cada irrigação (tempo de irrigação variável), de acordo com o consumo de água das culturas, que foi aferido por meio de duas baterias com três tensiômetros em cada uma, instalados às profundidades de 15, 30 e 45 cm.

A irrigação foi aplicada por aspersores de baixa vazão com dispositivo setorial (para restringir a irrigação em ângulo de 90° e 180°), operando em pressão de serviço de 300 kPa e vazão de 0,558 m³ h⁻¹. O sistema de irrigação tinha quatro aspersores por parcela experimental e intensidades de aplicação bruta e líquida (Ia) de 19 e 17,1 mm h⁻¹, respectivamente.

A lâmina de irrigação (LI) a ser aplicada foi determinada pela leitura correspondente nos tensiômetros (Ψ_m , em bar) transformada em umidade volumétrica atual (θ_a - mm) por meio da equação da curva característica de retenção de água no solo, de acordo com a Equação 1:

$$LI = (\theta_{cc} - \theta_a) Z \quad (1)$$

Em que:

LI – lâmina d'água aplicada a cada irrigação, em mm;

θ_{cc} – umidade volumétrica na capacidade de campo, em cm³ cm⁻³;

θ_a – umidade volumétrica atual, em cm³ cm⁻³;

Z - profundidade efetiva do sistema radicular, em mm.

O intervalo de irrigação previamente estabelecido foi de quatro dias, utilizando um fator de depleção de 0,6 ($p = 0,6$), isto é, a irrigação era feita de modo que o armazenamento de água no solo fosse sempre igual ou superior a 40% da capacidade de água disponível ($ARM \geq 0,4$ CAD; CAD = $(\theta_{cc} - \theta_{pmp}) Z$; Z = 600 mm). Considerou-se a umidade à capacidade de campo (θ_{cc}) como correspondente ao valor do potencial matricial $\Psi_m = 0,1$ bar (BENEVENUTE et al., 2016).

Os valores de umidade atual (θ_a) foram estimados por meio da curva de retenção de água no solo, obtida com o auxílio de mesa de tensão e extrator de Richards, no Laboratório de Solos e Qualidade da Água da ESALQ/USP e ajustada pela equação de Genuchten (VAN GENUCHTEN, 1980) (Equação 2):

$$\theta_a = 0,2938 + \left[\frac{(0,4934 - 0,2938)}{[1 + (0,113 \Psi_{ma})^{1,3211}]^{0,2431}} \right]; (R^2=1,00 \text{ e } P<0,01) \quad (2)$$

Em que:

θ_a = umidade volumétrica atual, em $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$;
 Ψ_{ma} = potencial matricial atual de água no solo, em bar.

Os ciclos de corte/coleta (CDC) foram fixos conforme as estações do ano, para o outono/inverno adotou-se ciclo de 40 dias após o corte (DAC) e para a primavera verão utilizou-se de 28 DAC. A altura de resíduo (pós-corte) utilizada foi de 30 cm, conforme Simonetti et al. (2016). Ao final de cada ciclo foram coletados informações do crescimento final da planta por meio da altura do dossel forrageiro (ADF – metros) e o Índice de área foliar (IAF) ao final do mesmo, por meio do sensor Licor[®] 2000C.

Em laboratório, o capim Mombaça foi submetido a separação botânica (folha, colmo e material morto) em seguida, os parâmetros produtivos foram encaminhados a estufa de circulação de ar forçado (65° por 72 h) e determinou-se a matéria seca da forrageira: PTF (produtividade total de forragem), PF (produção de folhas), PC (produção de colmos), PMM (produção de material morto).

Para estimar o consumo de água e a produtividade da água (PA) das forrageiras, foi utilizado do total precipitado e irrigado durante o período experimental em cada ciclo, considerando assim em função do uso eficiente da água. Sendo calculado com a Equação 3:

$$PA = \frac{PTF}{10*(P+I)} \quad (3)$$

Em que:

PA – Produtividade de água, em kg m^{-3} ;
 PTF – Produtividade Total de Forragem, em kg ha^{-1} de matéria seca;
 P+I – Precipitação pluvial e Irrigação, em mm.

Os dados experimentais foram submetidos a análise de variância ($p \leq 0,05$) e quando significativas as médias foram comparadas através do Teste Tukey ($p \leq 0,05$) com auxílio da ferramenta estatística SISVAR Versão 5.6 (FERREIRA, 2011).

4.3. Resultados e discussão

Os resultados demonstraram que o capim Mombaça respondeu de forma linear às doses de nitrogênio (N) e os maiores valores médios de produtividade total de forragem (PTF) foram de 6; 5,8 e 5,6 Mg ha^{-1} para os tratamentos N4B1, N4B2 e N4B0, respectivamente (Tabela 6).

Os maiores acúmulos de matéria seca foram obtidos na maior dose de N aplicado (1000 kg ha⁻¹ de N). Em valores acumulados (11 cortes), a PTF oscilou de 39,1 a 61,3 Mg ha⁻¹ nos tratamentos sem aplicação de B (N1B0 e N4B0, +57%); de 34,2 a 66,2 Mg ha⁻¹ na dose B1 (N1B1 e N4B1, +94%) e de 38,7 a 64,2 Mg ha⁻¹ na dose B2 (N1B2 e N4B2, +66%).

A adubação é fundamental para o aumento da produção de biomassa, especialmente a nitrogenada (SILVA et al., 2013). A maioria das plantas forrageiras tropicais é altamente exigente em N, sendo esse o nutriente requerido em maior quantidade.

Tabela 6. Produtividade total de forragem (PTF, Mg ha⁻¹) de capim Mombaça em Piracicaba/SP nos anos 2017/2018 durante os 11 ciclos experimentais.

Cidos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Média	Soma
N1B0	1,7 Aa	2,3 Aa	3,8 Aa	3,3 Aca	5,9 Aa	5,8 Aa	4,9 Aa	6,6 Aa	2,1 Aa	1,8 Aa	0,9 Aa	3,6 FG	39,1 FG
N2B0	2,1 Aab	5,2 Aab	4,9 Aab	6,3 ABCab	5,3 Aab	6,1 Aab	4,8 Aab	7,4 Aa	2,5 Aab	2,5 Aab	1,2 Ab	4,4 E	48,3 E
N3B0	2,7 Aabc	3,7 Aabc	7,0 Aabc	6,3 ABCabc	6,5 Aabc	7,6 Aab	6,2 Aabc	8,4 Aa	2,5 Aabc	2,2 Abc	1,0 Ac	4,9 DC	54,1 DC
N4B0	3,2 Abc	6,0 Aabc	7,1 Aabc	10,1 ABa	7,1 Aabc	6,4 Aabc	6,2 Aabc	8,4 Aab	2,8 Abc	2,8 Abc	1,2 Ac	5,6 B	61,3 B
N1B1	2,2 Aa	2,6 Aa	3,6 Aa	3,9 BCa	3,2 Aa	3,8 Aa	5,4 Aa	4,8 Aa	1,7 Aa	1,8 Aa	1,2 Aa	3,1 G	34,2 G
N2B1	2,2 Aa	3,6 Aa	5,1 Aa	4,7 ABCa	4,8 Aa	3,7 Aa	6,5 Aa	5,3 Aa	1,5 Aa	1,8 Aa	1,3 Aa	3,7 F	40,5 F
N3B1	3,2 Abc	4,8 Aabc	7,1 Aabc	10,3 Aa	5,2 Aabc	4,4 Aabc	8,2 Aab	6,9 Aabc	2,1 Abc	2,2 Abc	1,1 Ac	5,1 C	55,5 C
N4B1	3,8 Aabcd	7,0 Aabcd	6,6 Aabcd	9,7 ABa	6,3 Aabcd	8,2 Aabc	7,9 Aabc	9,3 Aab	3,2 Abcd	3,0 Abc	1,2 Ad	6,0 A	66,2 A
N1B2	2,2 Aa	2,4 Aa	3,7 Aa	3,1 Ca	5,1 Aa	6,2 Aa	5,3 Aa	6,3 Aa	1,9 Aa	1,6 Aa	0,9 Aa	3,5 FG	38,7 FG
N2B2	2,8 Aab	3,8 Aab	5,7 Aab	5,7 ABCab	5,1 Aab	7,9 Aa	6,4 Aab	7,6 Aa	2,6 Aab	2,1 Aab	0,9 Ab	4,6 ED	50,6 ED
N3B2	2,5 Aab	4,1 Aab	6,0 Aab	5,7 ABCab	4,6 Aab	4,1 Aab	8,3 Aa	6,3 Aab	2,0 Ab	3,2 Aab	1,5 Ab	4,4 E	48,3 E
N4B2	2,5 Abc	5,9 Aabc	5,8 Aabc	8,1 ABCab	6,4 Aabc	8,1 Aab	8,2 Aab	10,4 Aa	3,0 Abc	4,1 Abc	1,7 Ac	5,8 BA	64,2 BA
Média	2,6 f	4,3 e	5,5 d	6,4 cb	5,5 d	6,0 c	6,5 b	7,3 a	2,3 f	2,4 f	1,2 g	Média Geral	4,6
Soma	31,1 f	51,4 e	66,4 d	77,2 cb	65,5 d	72,3 c	78,3 b	87,7 a	27,9 f	29,1 f	14,1 g		

Legenda: N1, N2, N3 e N4: 250, 500, 750 e 1000 kg ha⁻¹ de N; B0, B1 e B2: 0, 1 e 2 kg ha⁻¹ de B. Cada tratamento corresponde à combinação de uma dose de N e uma de B.

Médias seguidas pelas mesmas letras, maiúsculas na coluna e minúsculas nas linhas, não diferem entre si estatisticamente pelo teste Tukey (p < 0,05).

Os resultados obtidos no presente trabalho corroboram os obtidos em outras pesquisas, nas quais foram observadas respostas crescentes de produtividade de forragem das forrageiras tropicais em resposta à adubação nitrogenada (ALENCAR et al., 2013; MUNARI-ESCARELA et al., 2017; IWAMOTO et al., 2014; SILVA et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2015; CASTAGNARA et al., 2011). O fornecimento de N tem sido um importante meio para aumento da produção de forragem no Brasil, pois na maioria das áreas cultivadas, os teores de nitrogênio no solo não atendem satisfatoriamente à necessidade das culturas (ROSADO et al., 2016).

O boro está envolvido em muitos processos fisiológicos, que podem ser prejudicados tanto pela deficiência quanto pelo excesso (toxidez) do nutriente. No presente trabalho, o boro (B) apresentou efeito significativo sobre a produtividade total de forragem apenas quando se observa a média dos 11 cortes, ou a produção acumulada a cada estação. Seu efeito foi mais

notado nas doses mais altas de N, e a dose de 1 kg ha⁻¹ de B surtiu o melhor efeito observado. Como a amostra inicial de solo apresentava valor da ordem de 0,26 mg dm⁻³, provavelmente tal concentração atendeu a demanda da forrageira por esse micronutriente na maior parte do experimento, devido à pequena necessidade para as plantas.

Almeida et al. (2015) não observaram diferenças significativas com a aplicação de doses de B na produção de forragem de capim Mombaça, mas verificaram efeito significativo sobre a produção de sementes da forrageira.

Ao longo dos ciclos é possível observar o aumento gradativo de PTF, iniciado no segundo ciclo (início da primavera) e estendendo-se até o oitavo ciclo (início do outono) (Tabela 6). Depois ocorre uma queda brusca de produção nos ciclos seguintes. Quando se observa os dados climáticos (Figura 13), verifica-se a queda na temperatura mínima, que atingiu 3,6°C no inverno, cessando ou reduzindo muito o crescimento da forrageira. O fenômeno da estacionalidade de produção em pastagens tropicais é apontado por vários autores como parte integrante da “entressafra” (GOMES et al., 2015b; MARTINS et al., 2015; REIS et al., 2017). O suprimento de água via irrigação não é capaz de mudar essa queda de produção, apenas atenuá-la.

Comparando a PTF ocorrida nas estações do ano, nota-se que todos os tratamentos seguiram a mesma tendência, com maiores valores de PTF durante o período de primavera/verão e menores durante o outono/inverno (Figura 14 – a, b e c).

Figura 14. Produtividade total de forragem (PTF, Mg ha⁻¹) por estações do ano do capim Mombaça em Piracicaba/SP 2017/2018. **a)** PTF para doses de N na dose 0 kg ha⁻¹ de B; **b)** PTF para as 4 doses de

N na dose 1 kg ha⁻¹ de B; **c)** PTF para as 4 doses de N na dose 2 kg ha⁻¹ de B; **d)** PTF geral dos tratamentos nas 4 estações do ano.

Legenda: N1, N2, N3 e N4: 250, 500, 750 e 1000 kg ha⁻¹ de N; B0, B1 e B2: 0, 1 e 2 kg ha⁻¹ de B. Cada tratamento corresponde à combinação de uma dose de N e uma de B.

Médias seguidas por mesma letra (estação do ano) não diferem entre si pelo teste de Tukey (p = 5%).

Nas estações de outono e inverno, separadamente (Figura 14.d), a PTF geralmente ficou abaixo de 8 Mg ha⁻¹. Considerando-se o período de outono/inverno, os valores extremos de PTF acumulada no período outono/inverno foram 11,6 e 21,8 Mg ha⁻¹ de MS, obtidos com as doses de 250 e 1000 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N, respectivamente.

Na primavera e no verão, separadamente, a PTF esteve sempre acima de 8 Mg ha⁻¹, com valores acima de 20 Mg ha⁻¹ em alguns tratamentos. Isto evidencia o comportamento estacional acentuado no outono/inverno. No período de primavera/verão, o menor e o maior valor de PTF foram de 16,6 e 23,4 Mg ha⁻¹ de MS, obtidos com as doses de 250 e 1000 kg ha⁻¹.

Dentre os diversos desafios enfrentados pela pecuária brasileira um fator que merece atenção é a manutenção da oferta de pastagem em quantidade e qualidade o ano todo. Fatores como as condições climáticas e a disponibilidade de nutrientes no solo para o bom desenvolvimento das plantas são cruciais para a produção de forragem (ROMA et al., 2012).

A sazonalidade da produção de forragem é um fator importante a ser considerado na pecuária intensiva. No Brasil, no período de seca, ocorre decréscimo de até 10% na produção de forragem, considerando o total anual (ALENCAR et al., 2010). Os resultados obtidos no presente trabalho indicam um decréscimo mais intenso da PTF entre primavera/verão e outono/inverno, sendo de 30% nos valores mínimos (16,6 e 11,6 Mg ha⁻¹, respectivamente, na dose N1) e de 7% nos valores máximos (23,4 e 21,8 Mg ha⁻¹, respectivamente, na dose N4).

Percebe-se quedas mais acentuadas de PTF no tratamento N1 (250 kg ha⁻¹ ano⁻¹), indicando a importância da adubação nitrogenada na produção de forragem e na redução da estacionalidade de produção entre ambos os períodos citados.

O incremento da produção apresentado na Figura 14 também evidencia a importância da adubação com N e B aliada à irrigação no aumento do potencial produtivo do capim Mombaça no período seco do ano, bem como o efeito da adubação. Nota-se que a PTF foi maior nas maiores doses de N, nas doses B1 e B2 (1 e 2 kg ha⁻¹ de B, respectivamente).

No outono, as diferenças de PTF entre os tratamentos N4 e N1 foram de 27% sem aplicação de B (B0 – 11 e 8 Mg ha⁻¹ em N4B0 e N1B0, respectivamente), de 54% (13 e 6 Mg ha⁻¹ em N4B1 e N1B1, respectivamente), e de 38% em B2 (13 e 8 Mg ha⁻¹, para N4B2 e N1B2, respectivamente). A resposta ao N aplicado foi menor na dose B0 e maior na dose B1, indicando um efeito conjunto de N e B na atenuação da estacionalidade e no aumento da oferta de

forragem.

De modo similar, a análise da PTF no inverno mostra que as diferenças entre os tratamentos N4 e N1 foram de 43% sem aplicação de B (B0 – 7 e 4 Mg ha⁻¹, respectivamente), 38% em B1 (8 e 5 Mg ha⁻¹, respectivamente) e 50% em B2 (8 e 4 Mg ha⁻¹, respectivamente). A resposta ao N aplicado foi menor em B0 e maior em B2, indicando interação entre N e B.

O manejo da fertilidade do solo, a prática da adubação, o conhecimento das exigências nutricionais, os efeitos da irrigação e do clima são fatores de grande importância para a prática do manejo de pastagens, que se reflete na maior ou menor produção de forragem (Dias Filho, 2011).

Embora as diferenças percentuais de PTF tenham sido similares no outono e no inverno, as diferenças em valores absolutos caíram, evidenciando o efeito da temperatura mínima do ar sobre esse parâmetro.

A oscilação estacional na produção de massa seca (MS) de plantas forrageiras ao longo do ano influencia a disponibilidade de forragem e modifica seu valor nutritivo, dificultando o equilíbrio entre oferta e qualidade nutricional. Desta forma, estratégias para minimizar esse fenômeno devem ser consideradas com a finalidade de aumentar a eficiência dos sistemas de produção com forrageiras tropicais.

No experimento, o uso combinado da irrigação e de altas doses de N surtiu efeitos positivos, evidenciado em expressivos acúmulos de matéria seca no outono/inverno, da ordem de 18 a 20 Mg ha⁻¹. Em sistemas extensivos este é o limite superior da produção anual de forragem, que é ainda mais baixa em pastagens degradadas ou em estágios de degradação (BENDITO et al., 2017).

Sanches et al. (2019) analisaram o aporte de água por chuva e irrigação (C + I) em experimento com capim Mombaça, comparando a evapotranspiração de referência (ET_o, método FAO 56) e a evapotranspiração de cultura (ET_c) medida em lisímetros de pesagem, em experimento para a determinação dos coeficientes de cultura (K_c) da forrageira, em área próxima à do presente experimento. No presente experimento utilizou-se o trabalho desses autores para estimar a ET_c do capim Mombaça e compará-la à disponibilidade hídrica. Os resultados obtidos mostraram a ocorrência de déficit hídrico e necessidade de irrigação no inverno, conforme Tabela 7.

No outono, os valores de C + I e ET_c foram muito próximos e nas demais estações (primavera e verão), os valores de C + I superaram os respectivos valores de ET_c, e que os valores acumulados de C + I (1569,9 mm) também foram superiores à ET_c acumulada (1336,3 mm). Entretanto, houve vários períodos curtos de déficit hídrico, mostrando que, apesar de ser uma região de clima úmido, houve períodos curtos (veranicos) e longos (seca) de déficit hídrico.

Os resultados apresentados na Tabela 7 indicam que a irrigação pode surtir efeito positivo, mesmo em regiões úmidas, e que o planejamento da irrigação não deve ser feito com base em dados climáticos acumulados por estação ou por mês, mas em intervalos menores.

Tabela 7. Valores de chuva, irrigação e evapotranspiração durante o período experimental, Piracicaba/SP, 2017/2018.

Volume acumulados no período (mm)						
	Chuva (C)	Irrigação (I)	C + I	ET _o FAO56	ET _c Estações*	ET _c média*
Inverno	79,5	237,8	317,3	353,7	389,1	378,5
Primavera	382,3	81,8	464,1	365,2	347,0	390,8
Verão	497,5	39,7	537,2	330,7	370,3	353,8
Outono	173,7	77,6	251,3	240,6	259,9	257,5
Total	1133,0	436,9	1569,9	1290,2	1336,3	1380,6
Volume médios diários (mm)						
	Chuva	Irrigação	C + I	ET _o FAO56	ET _c Estações*	ET _c média *
Inverno	0,7	1,9	2,6	2,9	3,2	3,1
Primavera	4,6	1,0	5,6	4,3	4,1	4,7
Verão	5,9	0,5	6,4	3,9	4,4	4,2
Outono	2,6	1,2	3,8	3,6	3,9	3,8
MG	3,4	1,1	4,6	3,6	3,8	3,9

* Valores estimados a partir de Sanches et al. (2019).

Os dados médios botânicos obtidos no experimento e discriminados por estação e por tratamento de adubação são apresentados na Tabela 8. As estações influenciaram significativamente os resultados de todos os parâmetros biométricos e os menores valores foram obtidos no inverno. No outono, a PTF foi inferior à do verão e a percentagem e colmos foi superior à da primavera e do verão, indicando redução na oferta e na qualidade da forragem.

Considerando o período de outono/inverno, as reduções na produção total de forragem (PTF) e da percentagem de folhas (PF) na forragem indicam a queda da disponibilidade e da qualidade da forragem, bem como a necessidade de maior suplementação na alimentação dos animais durante essa estação.

Ainda na Tabela 8, os tratamentos de adubação causaram diferenças significativas apenas sobre a PTF, sem efeito sobre as percentagens de folhas (PF), colmos (PC) e material morto (MM). O nitrogênio e o boro não surtiram efeito positivo sobre o percentual de folhas, mas geraram acréscimo na PTF. Houve efeito interativo de N e B sobre PTF nas doses N2 a N4. O efeito positivo do B foi sentido na dose N4 (1000 kg ha⁻¹ de N), e o tratamento N4B1 (1000 kg ha⁻¹ de N; 1 kg ha⁻¹ de B) resultou no maior valor de PTF em todo o experimento.

Em geral, no período de primavera e verão, a participação de material morto foi inferior, em comparação às estações de outono e inverno. Segundo Moreira et al. (2009), a renovação de tecidos é acentuada no período chuvoso, elevando tanto o nascimento quanto a mortalidade de

perfilhos. Entretanto, no fim do período chuvoso, há uma maior tendência de acúmulo de material morto, já que a capacidade de renovação de folhas e perfilhos passa a ser limitada pela condição ambiental, tanto pela precipitação pluvial quanto pela radiação.

Tabela 8. Dados médios de produtividade total de forragem (PTF), produção de folhas (PF), produção de colmos (PC), índice de área foliar (IAF) e produtividade da água (PA) de capim Mombaça, discriminados por estação e por tratamento de adubação. Piracicaba/SP, 2017/18.

Estação	PTF (kg ha ⁻¹)	PF	PC	MM	PA (kg m ⁻³)
		-----	(%) -----	-----	
Inverno	6.159 C	67,8 C	23,4 A	8,8 B	1,94 B
Primavera	16.214,2 AB	89,9 B	8,2 B	1,9 A	3,49 A
Verão	18.004,3 A	91,5 AB	7,4 B	1,0 A	3,35 A
Outono	9.642,8 BC	60,8 BC	34,5 A	4,6 A	3,84 A

Fertilizantes	PTF (kg ha ⁻¹)	PF	PC	MM	PA (kg m ⁻³)
		-----	(%) -----	-----	
N1B0	38.873,3 FG	77,1 A	19,8 A	3,1 A	2,48 A
N2B0	48.233,0 E	80,4 A	15,8 A	3,8 A	3,07 A
N3B0	53.988,2 CD	78,3 A	17,5 A	4,2 A	3,44 A
N4B0	61.335,3 B	77,6 A	17,9 A	4,5 A	3,91 A
N1B1	34.170,3 G	78,9 A	15,8 A	5,3 A	2,18 A
N2B1	40.414,8 F	81,4 A	15,7 A	2,9 A	2,57 A
N3B1	55.357,1 C	78,1 A	17,5 A	4,4 A	3,53 A
N4B1	66.203,6 A	82,8 A	14,1 A	3,1 A	4,22 A
N1B2	38.707,7 FG	72,9 A	19,5 A	7,6 A	2,47 A
N2B2	50.415,1 DE	79,5 A	16,3 A	4,3 A	3,21 A
N3B2	48.295,0 E	79,5 A	17,9 A	2,6 A	3,08 A
N4B2	64.249,9 AB	82,1 A	15,1 A	2,8 A	4,09 A

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na coluna, não diferem entre si estatisticamente pelo teste Tukey (p<0,05).

Com relação à produtividade da água (PA), não houve efeito significativo da adubação com N e B, mas as estações afetaram esse parâmetro. O mais baixo valor de PA ocorreu no inverno (1,94 kg m⁻³), cerca de 40 a 50% inferior à PA das demais estações. Tal fato evidencia a importância de estratégias como a sobressemeadura de forrageiras hibernais no outono, a fim de aumentar a oferta de forragem e a produtividade da água em pastagens irrigadas.

4.4. Conclusões

O nitrogênio influenciou positivamente a produtividade do capim Mombaça, que oscilou entre 34,2 e 66,2 Mg ha⁻¹. A maior produtividade foi obtida com a maior dose de N (1000 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹).

Houve efeito interativo entre nitrogênio e boro, especialmente sobre a produtividade total de forragem e na mais alta dose de N.

O capim Mombaça apresentou forte flutuação produtiva ao longo dos ciclos, e o período outono/inverno influenciou negativamente a oferta de forragem em comparação ao período de primavera/verão.

A irrigação reduziu os efeitos da sazonalidade, mas não foi capaz de eliminar tais efeitos no período de outono/inverno.

A menor produtividade de água ocorreu no inverno com $1,94 \text{ kg m}^{-3}$ água disponibilizado, enquanto que as demais estações estiveram acima dos 3 kg m^{-3} .

4.5. Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela bolsa concedida à primeira autora.

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, C. A. B. de; CUNHA, F. F. da; MARTINS, C. E.; CÓSER, A. C.; DE OLIVEIRA, R. A.; ARAÚJO, R. A. S. Adubação nitrogenada e estações anuais na produção de capins irrigados no leste mineiro sob corte. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v. 14, n. 3, p. 413–425, 2013.
- ALENCAR, C. A. B.; OLIVEIRA, R. A.; COSER, A. C.; MARTINS, C. E.; FIGUEIREDO, J. L. A.; CUNHA, F. F. et al. Produção de seis capins manejados por pastejo sob efeito de diferentes doses nitrogenadas e estações anuais. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, Salvador, v. 11, n. 1, p. 48-58, 2010.
- ALMEIDA, G. M. de; CANTO, M. W. do; NETO, A. B.; COSTA, A. C. S. da. Resposta da cultura de sementes de capim-mombaça a épocas e doses de adubação de boro. *Semina: Ciências Agrárias Agrária*, v. 36, n. 3, p. 1545–1558, 2015.
- ANJOS, AJ dos; GOMIDE, CA de M.; RIBEIRO, KG; MADEIRO, AS; MORENZ, MJF; PACIULLO, DSC Massa de forragem e composição morfológica de pastagem de capim-marandu em período de repouso. *Ciência e Agrotecnologia*, v.40, p.79-86, 2016.
- BARTH NETO, A; BOLETA, V. S.; PANCERA JÚNIOR, E. J.; ALMEIDA, G. M.; CANTO, M. W.; GASPARINO, E.; BALTAZAR, L. F. Nitrogênio e época de colheita nos componentes da produtividade de forragem e sementes de capim-mombaça. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 45, n. 11, p. 1312-1320, 2011.
- BENDITO, B. P. C.; DE SOUZA, P. A.; PEREIRA, M. A.; GONÇALVES, D. S. Diagnóstico ambiental e proposição de uso de SAF para área de pastagem degradada. *Geoambiente On-Line*, v. 29, 2017.
- BENETT, C. C. S.; BUZETTI, S.; SILVA, K. S.; BERGAMASCHINE, A. F.; FABRICIO, J. A. Produtividade e composição bromatológica do capim-marandu a fontes e doses de nitrogênio. *Ciencia e Agrotecnologia*, v. 32, n. 5, p. 1629-1636, 2008.
- BENEVENUTE, P. A. N.; PASSO, L. A. C.; MELO, L. B. B.; SILVA, E. A.; OLIVEIRA, G. C. Synthetic polymers on water retention and pore distribution in a clayey latosol. *Revista Scientia Agraria*, v. 17, p. 24-30, 2016.

- CASTAGNARA, D.D.; KRUTZMANN, A.; UHLEIN, A.; MESQUITA, E.E.; NERES, M.A.; OLIVEIRA, P.S.R. Produção de forragem, características estruturais e eficiência de utilização do nitrogênio em forrageiras tropicais sob adubação nitrogenada. *Semina: Ciências Agrárias*, v.32, p.1637-1648, 2011.
- CHERUBIN, S. R.; KARLEN, D. L.; FRANCO, A. L. C.; TORMENA, C. A.; CERRI, C. E. P.; DAVIES, C. A.; CERRI, C. C. Resposta da qualidade física do solo à expansão da cana-de-açúcar no Brasil. *Geoderma*, v. 267, p.156-168, 2016.
- COAN, R. M.; REIS, R. A.; RESENDE, F. D. D.; SAMPAIO, R. L.; SCHOCKEN-ITURRINO, R. P.; GARCIA, G. R.; BERCHIELLI, T. T. Viabilidade econômica, desempenho e características de carcaça de garrotes em confinamento alimentados com dietas contendo silagem de capins tanzânia ou marandu ou silagem de milho. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 37, n. 2, p. 311-318, 2008.
- COBLENTZ, W. K.; AKINS, M. S.; CAVADINI, J. S.; JOKELA, W. E. Efeitos líquidos da adubação nitrogenada no valor nutritivo e na digestibilidade de forragens de aveia. *Journal of Dairy Science*, v. 100, n. 3, p. 1739–1750, 2017.
- COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; BERGAMASCHINE, A. F.; LOPES, K. S. M.; LIMA, A. E. L. Custo da produção de silagens em sistemas de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. *Revista Ceres*, v. 62, n. 1, p. 9-19, 2015.
- DEMARCHI, JJAA; MANELLA, MQ; PRIMAVESI, O.; FRIGHETTO, RTS; ROMERO, LA; BERNDT, A.; LIMA, MA Efeito das estações do ano nas emissões de metano entérico de bovinos que pastam em *Urochloa brizantha*. *Journal of Agricultural Science*, v. 8, p.106-115, 2016.
- DIAS FILHO, M. B. Desafios da Produção Animal em Pastagens na Fronteira Agrícola Brasileira. *Embrapa Amazônia Oriental*, v. Documentos, p. 34, 2012.
- FERNANDES, F. D.; RAMOS, A. K. B.; JANK, L.; CARVALHO, M. A.; MARTHA JR., G. B.; BRAGA, G. J. Produtividade de forragem e valor nutritivo de genótipos de *Panicum maximum* no cerrado brasileiro. *Scientia Agricola*, v. 71, p. 23-29, 2014.

- FERNANDES, J. C.; BUZETTI, S.; DUPAS, E.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; ANDREOTTI, M. Sources and rates of nitrogen fertilizer used in Mombasa guineagrass in the Brazilian Cerrado region. *African Journal of Agricultural Research*, v. 10, n. 19, p. 2076-2082, 2015.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- FERREIRA, E. A.; ABREU, J. G. de; MARTINEZ, J. C.; BRAZ, T. G. dos S.; FERREIRA, D. P. Cutting ages of elephant grass for chopped hay production1. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 48, n. 3, p. 245-253, 2018.
- FREITAS, K. R.; ROSA, B.; RUGGIERO, J. A.; NASCIMENTO, J. L.; HEINEMAN, A. B.; MACEDO, R. F.; OLIVEIRA, I. P. Avaliação da composição químico - bromatológica do capim Mombaça (*Panicum maximum* Jacq.) submetido a diferentes doses de nitrogênio. *Bioscience Journal*, v. 23, n. 3, p. 1-10, 2007.
- GALINDO, F. S.; BELONI, T.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; DUPAS, E.; LUDKIEWICZ, M. G. Z. Technical and economic viability and nutritional quality of mombasa guinea grass silage production. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 40, e36395, 2018.
- GASTAL, F.; LEMAIRE, G. Absorção e distribuição de N nas culturas: uma perspectiva agronômica e ecofisiológica. *Journal of Experimental Botany*, v. 53, n. 370, p. 789-799, 2002.
- GOMES, E. P.; RICKLI, M. E.; CECATO, U.; FARHATE, C. V. V.; GOES, R. H. de T. e B. de; OLIVEIRA, E. De. Productivity of Tifton 85 grass irrigated and overseeded with winter forages. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, v. 37, n. 2, p. 123, 2015a.
- GOMES, E. P.; RICKLI, M. E.; CECATO, U.; VIEIRA, C. V.; SAPIA, J. G.; SANCHES, A. C. Produtividade de capim Tifton 85 sob irrigação e doses de nitrogênio. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 19, n. 1807-1929, p. 317-323, 2015b.
- HAJIGHASEMI, S.; KESHAVARZ-AFSHAR, R.; CHAICHIA, M. R. Nitrogen Fertilizer and Seeding Rate Influence on Grain and Forage Yield of Dual-Purpose Barley. *Agronomy Journal*, v. 108, n. 4, p. 1486-1484, 2016

- LIMA, D. M.; ABDALLA FILHO, A. L.; LIMA, P. DE M. T.; SAKITA, G. Z.; SILVA, T. P. D.; MCMANUS, C.; ABDALLA, A. L.; LOUVANDINI, H. Morphological characteristics, nutritive quality, and methane production of tropical grasses in Brazil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 53, n. 3, p. 323-331, Mar. 2018 .. <https://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2018000300007>
- MAGALHÃES, J. A.; CARNEIRO, M. S. de S.; ANDRADE, A. C.; PEREIRA, E. S.; SOUTO, J. S.; PINTO, M. S. de C.; RODRIGUES, B. H. N.; COSTA, N. de L.; MOCHÊL FILHO, W. de J. E. Eficiência do nitrogênio, produtividade e composição do capim-andropogon sob irrigação e adubação. *Archivos de Zootecnia*, v. 61, n. 236, p. 577–588, 2012.
- MARTINS, J. C.; SILVA, A. L. P. Estacionalidade e planejamento forrageiro. *Revista Eletrônica Biociências, Biotecnologia e Saúde*, v. 3, n. 12, p. 86-88, 2016.
- MOREIRA, L. DE M.; MARTUSCELLO, J. A.; FONSECA, D. M. DA; MISTURA, C., MORAIS, R. V. DE; RIBEIRO JÚNIOR, J. I. Perfilamento, acúmulo de forragem e composição bromatológica do capim-braquiária adubado com nitrogênio. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa , v. 38, n. 9, p. 1675-1684, 2009.
- MUNARI-ESCAROLA, C.; PIETROSKI, M.; PRADO, R. M.; CAMPOS, C. N. S.; CAIONE, G. Effect of nitrogen fertilization on productivity and quality of Mombasa forage (*Megathyrus maximum* cv. Mombasa). *Acta Agronomy*, v. 66, n.1, p. 42-48, 2017.
- OLIVEIRA, E. M.; OLIVEIRA FILHO, J. C.; OLIVEIRA, R. A.; OLIVEIRA, R. M.; CECON, P. R.; CÔSER, A. C. Efeito da aplicação de diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio e potássio na produção do capim Tanzânia. *Rev. Ambiente e Água*, v. 10, n. 3, Taubaté, 2015.
- PEREIRA, F. F. S.; PAI, E. D.; MONTENEGRO, R. J. V.; ROMÁN, R. M. S.; GONZÁLEZ, A. M. G. O.; ESCOBEDO, J. F. Estudo Comparativo da evapotranspiração de referência entre localidades do estado de São Paulo e na província de Habana. *Irriga*, v. 21, n. 2, p. 395–408, 2016.
- PEREIRA, L. S.; ALLEN, R. G.; SMITH, M.; RAES, D. Crop evapotranspiration estimation with FAO56: Past and future. *Agricultural Water Management*, v. 147, p. 4–20, 2015.

- RAIJ, B. Van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, Ã. M. C. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997.
- REIS, M. M.; SANTOS, L. D. T.; OLIVEIRA, F. G.; SANTOS, M. V. Irrigação de pastagens tropicais: desafios e perspectivas. Unimontes Científica, v. 19, n.1, p. 178-190, 2017.
- ROMA, C. F. C.; CECATO, U.; SOARES FILHO, C. V.; SANTOS, G. T. dos; RIBEIRO, O. S.; IWAMOTO, B. S. Morphogenetic and tillering dynamics in Tanzania grass fertilized and nonfertilized with nitrogen according to season. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v. 41, n. 3, p. 565-573, mar. 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982012000300013>
- ROSADO, T. L., GONTIJO, I., ALMEIDA, M. S., NETO, A. C., & SIMON, C. P. Production and tillering of Mombaça grass with different sources and levels of applied nitrogen. Revista engenharia na agricultura-reveng, v. 24, n. 2, p. 139-146, 2016. <https://periodicos.ufv.br/reveng/article/view/599/403>
- SANCHES, A. C.; GOMES, E. P.; RICKLI, M. E.; FRISKE, E.; FASOLIN, J. P. Produtividade e valor nutritivo de Tifton 85 durante primavera e verão, sob irrigação e doses de nitrogênio. Revista Engenharia Agrícola, v. 37, n. 2, 2017.
- SANCHES, A. C.; SOUZA, D. P. D.; JESUS, F. L. F. D. MENDONÇA, F. C.; GOMES, E. P. Crop coefficients of tropical forage crops, single cropped and overseeded with black oat and ryegrass. Scientia Agrícola, v. 76, n. 6, p. 448-458, 2019.
- SILVA, D. R. G.; COSTA, K. A. P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I. P.; BERNARDES, T. F. Doses e fontes de nitrogênio na recuperação das características estruturais e produtivas do capim-marandu. Revista Ciência Agronômica, v. 44, n. 1, p. 184-191, 2013.
- SILVA, S. C. da; BUENO, A. A. de O.; CARNEVALLI, R. A.; UEBELE, M. C.; BUENO, F. O.; HODGSON, J.; MATTHEW, C.; ARNOLD, G. C.; MORAIS, J. P. G. de. Sward structural characteristics and herbage accumulation of *Panicum maximum* cv. Mombaça subjected to rotational stocking managements. Scientia Agrícola, v. 66, n. 1, p. 8–19, fev. 2009.
- SIMONETTI, A.; MARQUES, W. M.; COSTA, L. V. C. Produtividade de Capim-Mombaça (*Panicum maximum*), com diferentes doses de biofertilizante. Brazilian journal of Biosystems Engineering, v. 10, n. 1, p. 107–115, 2016.

VAN GENUCHTEN, M. T. A Closed-form Equation for Predicting the Hydraulic Conductivity of Unsaturated Soils¹ Soil Science Society of America Journal, 1980.

WEIL, R. R.; BRADY, N. C. The Nature and Properties of Soils. 5ed. Pearson, New York, NY, USA, 2016.

5. CRESCIMENTO DE CAPIM MOMBAÇA IRRIGADO E SOB DIFERENTES DOSES DE N E B, EM FUNÇÃO DO ACÚMULO DE GRAUS-DIAS

RESUMO

Um das dificuldades enfrentadas pelos produtores rurais em sistemas de pastejo rotacionado é definir a entrada e saída de animais em um sistema de produção a pasto controlando altura de resíduo com o ajuste de uma carga animal. Várias técnicas têm sido utilizadas para isto, principalmente para medição da oferta de forragem em função da altura do dossel forrageiro. Entretanto, demandam um frequente trabalho de medição de altura, que possivelmente pode ser reduzido ou eliminado por meio de modelos agrometeorológicos que utilizam correlações entre dados climáticos e a produção de forragem. Assim, neste trabalho objetivou-se avaliar as correlações existentes entre o acúmulo de graus-dias de desenvolvimento (GDD), altura do dossel forrageiro (ADF), índice de área foliar (IAF) e o número de dias do ciclo para *Megathyrsus maximus* (Syn. *Panicum maximum*) cv. Mombaça irrigado, com diferentes combinações de nitrogênio e boro em diferentes ciclos de rebrota. O experimento foi desenvolvido em Piracicaba-SP (Latitude 22° 42' 14.6" Sul; Longitude 47° 37' 24.1" Oeste; Altitude de 569 m; clima Cwa – subtropical ou tropical de altitude), entre agosto 2017 e agosto 2018. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em esquema fatorial 3 x 4 x 11, com quatro repetições. Os tratamentos foram: (i) adubação boratada: 0; 0,181 e 0,363 kg ha⁻¹ ciclo-1; (ii) adubação nitrogenada: 22,7; 45,5; 68,2 e 90,9 kg ha⁻¹ ciclo-1; (iii) 11 ciclos experimentais, distribuídos nas estações do ano. Observou-se boa correlação entre GDD e os parâmetros estudados. O nitrogênio teve pequena influência na altura dossel e no IAF, e o boro não teve influência sobre esses parâmetros.

Palavras-chave: *Megathyrsus maximus* (Syn. *Panicum maximum*); Nitrogênio; Boro; Temperatura base; Altura do dossel forrageiro; IAF

Growth of irrigated 'Mombaça' under different doses of N and B, as a function of degrees-days accumulation

ABSTRACT

One of the difficulties faced by farmers in rotational grazing systems is to define the input and output of animals in a pasture production system by controlling the residual canopy height by adjusting the stocking rate. There are several techniques used for this, mainly for forage supply measurement as a function of forage canopy height. However, they require frequent height measurements, which can possibly be reduced or eliminated using agrometeorological models that use correlations between climate data and forage production. Thus, this study aimed to evaluate the correlations between the accumulation of degree-days of development (GDD), forage canopy height (ADF), leaf area index (LAI) and the number of cycle days for *Megathyrsus maximus* (Syn. *Panicum maximum*) cv. Irrigated 'Mombasa' guinea grass, with different combinations of nitrogen and boron in different regrowth cycles. The experiment was carried out in Piracicaba-SP (Latitude 22° 42' 14.6" South; Longitude 47° 37' 24.1" West; Altitude 569 m; Cwa climate - subtropical or tropical altitude), between August 2017 and August 2018. It was carried out under a random blocks statistical design, in a 3 x 4 x 11 factorial scheme, with four replications. The treatments were: (i) boron fertilization: 0; 0.181 and 0.363 kg ha⁻¹ cycle⁻¹; (ii) nitrogen fertilization: 22.7; 45.5; 68.2 and 90.9 kg ha⁻¹ cycle⁻¹; (iii) 11 experimental cycles, distributed in the seasons of the year. There was a good correlation between GDD and the studied parameters. Nitrogen had little influence on crop canopy height and LAI, and boron had no influence on these parameters.

Keywords: *Megathyrsus maximus* (Syn. *Panicum maximum*); Nitrogen; Boron; Base temperature; Canopy height; LAI.

5.1. Introdução

Uma das dificuldades no manejo de pastagens é a determinação de parâmetros biométricos, tais como a altura ideal do relvado para a entrada de animais e início do pastejo. Assim, o conhecimento do ciclo fenológico da cultura é de suma importância para uma recomendação correta de manejo (BANDEIRA et al., 2016).

O crescimento das pastagens é influenciado por variáveis climáticas, principalmente a radiação solar e a temperatura ambiente (VOGELER et al., 2016). Em países de clima tropical, como o Brasil, as altas temperaturas favorecem o crescimento de plantas forrageiras, e com manejo adequado têm-se observado altas produções (PEZZOPANE et al., 2012).

Um dos mais populares índices climáticos é o acúmulo de graus-dias de desenvolvimento (GDD), também conhecido por “soma térmica” ou “tempo térmico”, que é a soma de calor acima de uma temperatura basal, definida para cada cultura (BANDEIRA et al., 2016). Temperaturas abaixo desse limite fazem com que os processos metabólicos cessem ou ocorram a taxas tão baixas que podem ser desconsideradas para o desenvolvimento de plantas. Há vários estudos sobre temperatura base para forrageiras tropicais, mas de modo geral, utiliza-se como temperatura basal valores próximos a 15°C (MORENO et al., 2014).

Sanches et al. (2019) realizaram um estudo com capim Mombaça em Piracicaba, SP e relataram uma boa correlação entre altura de plantas e a soma térmica. Os autores observaram que em um ciclo de corte de outono/inverno com 12 dias a mais que os ciclos de primavera/verão, acúmulo de graus-dia de desenvolvimento (GDD) foi ligeiramente inferior.

Assim, o objetivo deste trabalho foi correlacionar a soma térmica (GDD) com a altura do dossel forrageiro (ADF) e com o índice de área foliar (IAF) da forrageira *Megathyrus maximus* (Syn. *Panicum maximum*) cv. Mombaça.

5.2. Material e métodos

O experimento foi realizado entre agosto de 2017 e agosto de 2018, na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP), localizada no município de Piracicaba, SP (Latitude 22° 42' 14,6" Sul; Longitude 47° 37' 24,1" Oeste; Altitude de 569 m). O solo da área experimental é classificado como Nitossolo Vermelho Latossólico Eutroférico (SANTOS et al., 2013), com as seguintes características granulométricas: 32,5% de areia, 18,9% de silte e 48,6% de argila. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cwa – subtropical ou

tropical de altitude, com verões quentes, geadas pouco frequentes e concentração de chuvas nos meses de verão (PEREIRA et al., 2016).

Foram utilizadas 12 parcelas experimentais medindo 2,3 x 2,75 m, 3,33 m² cada, com 4 repetições, totalizando 303,6 m² de área útil e 440 m² de área total, incluindo as bordaduras. O experimento foi conduzido sob delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial 4 x 3 x 11. Os tratamentos foram: (i) adubação boratada: 0, 1 e 2 kg ha⁻¹; (ii) adubação nitrogenada: 250, 500, 750 e 1000 kg ha⁻¹; (iii) 11 ciclos de crescimento e corte, ao longo das estações do ano.

A espécie forrageira utilizada foi a *Megathyrsus maximus* (Syn. *Panicum maximum*) cv. Mombaça, e os 11 ciclos de coleta ocorridos durante um ano experimental foram distribuídos em 5 ciclos no outono/inverno e 6 ciclos na primavera verão.

O experimento foi iniciado em 2017, em área com a forrageira implantada em 2015 (dois anos antes). O preparo do solo das parcelas incluiu aração, gradagem, controle de plantas invasoras, correção do pH e da fertilidade do solo segundo as recomendações de Raj et al. (1997). A semeadura do capim Mombaça ocorreu entre outubro e novembro de 2015. Em 2017, nova análise química de solo foi feita, procedendo-se nova correção da fertilidade previamente ao início do experimento.

Em 11 de agosto de 2017 foi feito o corte de uniformização da forragem nas parcelas experimentais e iniciou-se o experimento. Durante o período experimental, as temperaturas oscilaram entre a mínima de 3,6°C e a máxima de 37,3°C. No quarto trimestre experimental foram observadas as menores temperaturas, com soma térmica de 1750,6°C (Figura 15).

Figura 15. Valores de temperatura mínima (Tmin) e temperatura máxima (Tmax) durante o período experimental, de 08/2017 a 08/2018. Piracicaba/SP.

A irrigação das parcelas foi feita com um sistema de irrigação por aspersão convencional, com aspersores de baixa vazão e dispositivo setorial. Os aspersores foram regulados para funcionar em ângulo de 90° (irrigação individualizada por parcela), com pressão de serviço de 300 kPa (30 mca) e vazão de 0,584 m³ h⁻¹, instalados em espaçamento de 11 x 8 m (aspersores x linhas), resultando em uma intensidade de aplicação (Ia) de 17,1 mm h⁻¹. A irrigação foi feita com turno de rega fixo (4 dias) e lâmina d'água variável, de acordo com o consumo de água da cultura aferido por meio de tensiômetros instalados na área experimental.

A lâmina de irrigação (LI) a ser aplicada foi determinada a partir das médias de potencial matricial (Ψ_m , bar), calculado a partir das leituras tensiômetros instalados na zona radicular da cultura. Os valores de Ψ_m foram correlacionados com a curva de retenção de água no solo para obter a umidade volumétrica atual (θ_a em mm) e o armazenamento atual de água no solo (ARMa, mm), considerando uma profundidade efetiva de raízes (Z) igual a 0,4 m.

Os valores de umidade atual (θ_a) foram estimados por meio da curva de retenção de água no solo, obtida com o auxílio de mesa de tensão e extrator de Richards, no Laboratório de Solos e Qualidade da Água da ESALQ/USP e ajustada com a equação de Van Genuchten (1980):

$$\theta_a = 0,2938 + \left[\frac{(0,4934 - 0,2938)}{[1 + (0,113\Psi_{ma})^{1,3211}]^{0,2431}} \right]; (R^2=1,00 \text{ e } P<0,01) \quad (1)$$

Em que:

θ_a = umidade volumétrica atual (cm³ cm⁻³)

Ψ_{ma} = potencial matricial atual de água no solo (bar).

Os valores de umidade à capacidade de campo (θ_{cc}) e ao ponto de murcha permanente (θ_{pmp}) foram considerados como correspondentes aos valores de potencial matricial $\Psi_{m_{cc}} = 10$ kPa (0,1 bar) (BENEVENUTE et al., 2016) e $\Psi_{m_{pmp}} = 1500$ kPa (15 bar).

O intervalo máximo entre irrigações foi previamente estabelecido considerando um valor mínimo da capacidade de armazenamento de água do solo, de modo que se mantivesse uma umidade crítica correspondente a 60% da capacidade de água disponível (CAD, mm – umidade entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente) (θ_{60} = umidade a 60% CAD).

Em cada parcela foram realizados ciclos de corte sucessivos até agosto de 2018, com duração aproximada de 1 ano. Adotou-se a altura pós-corte (resíduo) de 0,3 m para o capim Mombaça, segundo recomendações consultadas na literatura (SIMONETTI; MARQUES; COSTA, 2016).

Os ciclos de corte e coleta de forragem (CDC) foram variáveis em função das estações do ano: no período de outono/inverno, 40 dias; no período de primavera/verão, 28 dias, aproximadamente.

Durante os ciclos foram determinados: (i) interceptação luminosa (IL, %), medida com o auxílio de um aparelho LAI 2000 Plant Canopy Analyzer (LI-COR®); (ii) índice de área foliar (IAF, m² m⁻²), estimado a partir da IL; e (iii) altura do dossel forrageiro (ADF, cm), por meio de uma regua graduada com amplitude de zero a 150 cm, com uma base para apoio foliar.

Os parâmetros biométricos avaliados (IAF e ADF) foram utilizados para estabelecer correlações com o acúmulo de graus-dias de desenvolvimento (GDD, °C d⁻¹). Em todas as parcelas, as medições foram realizadas em intervalos de 4 dias. As leituras de interceptação luminosa (IL) pelos dosséis forrageiros foram feitas no mesmo intervalo de tempo que as medidas de parâmetros biométricos, em horários com pouca radiação solar (antes do pôr do sol). As medições de altura do dossel forrageiro (ADF) foram feitas em seis pontos por parcela, medindo-se a altura a partir do solo até a curvatura da última folha recentemente expandida.

O cálculo de GDD foi feito em períodos variáveis por ciclo, de acordo com as indicações da interceptação luminosa, estabelecendo-se o limite de GDD quando IL = 95%, considerado o momento adequado para corte ou início de pastejo (SILVA et al., 2009). Os graus-dias de desenvolvimento (GDD) foram calculados conforme proposto por ARNOLD (1959):

$$GDD = \sum \left[\frac{(TM + Tm)}{2} - Tb \right] \quad (2)$$

Em que,

TM - Temperatura máxima diária, em °C;

Tm - Temperatura mínima diária, em °C;

Tb - Temperatura base inferior, em °C;

De modo geral, a temperatura base inferior (Tb) de gramíneas tropicais de forma geral encontra-se entre 12°C e 15°C (NETO et al., 2002; MENDONÇA e RASSINI, 2006; ANDRADE et al., 2016). No entanto, para maior precisão nos dados a Tb foi determinada por do menor desvio padrão em graus-dia (YANG; LOGAN; COFFEY, 1995):

$$Tb = \frac{\sum_{i=1}^n (Ti \cdot di) \sum_{i=1}^n di - n \sum_{i=1}^n (di^2 \cdot Ti)}{(\sum_{i=1}^n di)^2 - n \sum_{i=1}^n di^2} \quad (3)$$

Em que:

T_b – temperatura base inferior, em °C;

T_i – temperatura média de cada época específica;

n – número de ciclos de corte;

d_i – número de dias requerido para se alcançar um estágio de desenvolvimento em cada série de corte ou ciclo.

Desta forma, a temperatura basal inferior para o capim Mombaça foi de 14,1°C. Os resultados obtidos foram processados com o auxílio da planilha eletrônica MS Excel®, com análise descritiva quantitativa e curva de regressão dos mesmos.

5.3. Resultados e discussão

Devido ao crescimento da pastagem ser caracterizado pelo crescimento vigoroso no período das águas e um período de baixo crescimento, conhecido por entressafra da produção, os dados foram agrupados em: outono/inverno e primavera/verão. As médias de soma térmica diária foram de 7,2 GDD d⁻¹ durante o período de outono/inverno e de 10,4 GDD d⁻¹ durante o período de primavera/verão (Figura 16). Os valores acumulados a cada ciclo foi bem próximo de 289,9 e 291,1 GDD, de outono/inverno e de primavera/verão, respectivamente.

Os gráficos de IAF e ADF do capim Mombaça demonstram que, em condições climáticas semelhantes às do experimento, pastagens com essa forrageira apresentariam um comportamento linear e crescente do IAF e da ADF em função da soma térmica (GDD), (Figuras 16.a e 16.b).

Apesar de os ciclos de outono/inverno serem mais longos que os de primavera/verão (Figuras 16.c e 16.d), em ambos os períodos considerados, a cultura atingiu o ponto de corte ou pastejo (IL = 95%) com valores similares de soma térmica, cerca de 290 GDD. Sanches et al., (2019), observaram o mesmo comportamento para os capins Mombaça e o capim Bermuda (gênero *Cynodon*), chegando à conclusão que é possível obter uma correlação entre ADF, IAF e GDD.

Figura 16. Capim Mombaça: Modelos empíricos para estimativa de altura do dossel forrageiro (ADF, cm) e Índice de Área Foliar (IAF, m² m⁻²) em função da soma térmica (GDD): a) Outono/inverno, b) Primavera/Verão; e em função do Número de Dias do Ciclo (NDC): c) outono/inverno e d) primavera/verão. Piracicaba/SP, Brasil, 2017/2018.

Percebe-se uma relação direta entre o crescimento (ADF) e a soma térmica (GDD). Melo et al. (2011) observaram que as variações da temperatura do ar e da intensidade luminosa promovem alterações no tamanho e do número de folhas, na densidade de perfilhos e, consequentemente, na evolução do IAF e da ADF.

Os modelos auxiliam na explicação dos efeitos da temperatura sobre o acúmulo de forragem. A maioria deles usa submodelos baseados em temperatura e soma térmica para simular o crescimento das plantas. Pouco ou nenhum crescimento é esperado para gramíneas tropicais quando as temperaturas estão entre 10 e 15°C (MORENO et al., 2014). Entretanto, os dados obtidos no presente experimento mostram que, mesmo no outono/inverno houve crescimento.

Devido ao intervalo de quatro dias entre medições dos parâmetros biométricos, não foi possível observar o momento em que o crescimento cessa ou recomeça. Assim, foi possível observar a diferença de amplitude no crescimento entre o período quente e chuvoso (primavera/verão) e o período frio e seco (outono/inverno), mas não definir exatamente quando e por quanto tempo ele ocorreu.

Dentre as características do gênero *Megathyrsus* (Syn. *Panicum*) está o grande porte, podendo atingir entre 1,5 e 1,8 m de altura. Entretanto, a partir de certo ponto, o aumento de altura do dossel forrageiro (ADF) se dá principalmente pelo alongamento de colmos. Simonetti et

al. (2016) e Silva et al. (2009) observaram que a partir desta altura (95 cm) a produção de folhas não é tão significativa em relação as perdas de folhas mais velhas no terço inferior da planta. Por isso, estabeleceu-se como altura ideal o momento em que a gramínea atinge IAF próximo a 6, com ADF aproximada de 0,95 m (Figura 16).

Quando comparadas as doses nitrogenadas (250, 500, 750 e 1000 kg ha⁻¹ano⁻¹), observa-se que o crescimento da ADF e do IAF foi similar em todas. Na maior dose (N4), os valores foram sempre um pouco acima das demais (Figura 17). Tal resultado é interessante porque possibilita entender que a ADF e o IAF não podem ser tomados como parâmetros exclusivos para avaliar a produção de forragem, apesar de serem ótimos parâmetros para o manejo de entrada dos animais em piquetes, no pastejo rotacionado.

Lopes et al. (2013) observaram que as taxas de alongamento foliar de *Panicum maximum* (Syn. *Megathyrsus maximus*) cv. Massai aumentaram até a segunda maior dose de N (450 mg dm⁻³ de solo), e a partir de então não houve mais resposta. Assim, acredita-se que a altura de plantas sofreu pouca influência das doses de N, o que não significa que a produção de MS foi semelhante.

Figura 17. Capim Mombaça: Modelos empíricos para estimativa de altura do dossel forrageiro (ADF) e Índice de Área Foliar (IAF) em função do acúmulo de Graus Dias de Desenvolvimento (GDD) para as diferentes doses nitrogenadas: a) IAF de outono/inverno, b) ADF de outono/inverno, c) IAF de primavera/verão e d) ADF de primavera/verão. Piracicaba/SP, Brasil, 2017/2018.

Observa-se um crescimento acentuado até atingir 90 GDD, tanto no outono/inverno quanto na primavera/verão, o que corresponde a aproximadamente aos 7 a 10 dias iniciais do ciclo (Figura 18. b e d). Tal fato, pode estar relacionado às adubações nitrogenadas de cobertura realizada, feitas logo após o corte de forragem, e ao pico de crescimento do capim Mombaça, que normalmente ocorre nos primeiros dias após o corte (SANCHES et al., 2019).

O IAF atingiu valores até um ponto superiores no período de primavera/verão entre a maior e a menor dose de N (1000 e 250 kg ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente). Do outono/inverno para a primavera/verão observa-se que os valores médios limítrofes superiores de IAF variam de 5,3 para 6,3, respectivamente.

Figura 18. Capim Mombaça: Modelos empíricos para estimativa de altura do dossel forrageiro (ADF) e do Índice de Área Foliar (IAF) em função do número de dias após o corte (DAC) para as diferentes doses nitrogenadas (N1: 250 kg ha⁻¹; N2 – 500 kg ha⁻¹; N3 – 750 kg ha⁻¹; N4: 1000 kg ha⁻¹): a) IAF de outono/inverno, b) ADF de outono/inverno, c) IAF de primavera/verão e d) ADF de primavera/verão. Piracicaba/SP, Brasil, 2017/2018.

5.4. Conclusões

As correlações entre altura do dossel forrageiro (ADF), índice de área foliar (IAF) e acúmulo de graus-dias de desenvolvimento (GDD) resultaram em modelos empíricos com ajustes de regressão linear aplicáveis, com altos coeficientes de correlação para todos os tratamentos.

O capim Mombaça apresentou crescimento acentuado nos 8 dias iniciais do ciclo e o dossel forrageiro atingiu interceptação luminosa $IL = 95\%$ em ciclos que variaram de 28 dias (primavera/verão) a 40 dias (outono/inverno). Não houve deflexão nas curvas de crescimento, com crescimento linear constante.

A soma térmica (GDD) pode ser usada adequadamente para estimativa de IAF e de ADF e, conseqüentemente para o manejo de entrada de animais em sistemas de pastejo rotacionado.

As doses nitrogenadas tiveram pouca influência sobre nos parâmetros biométricos estudados. O boro não foi avaliado por não apresentar efeito significativo variação na produção da pastagem.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, A. S.; SANTOS, P. M.; PEZZOPANE, J. R. M.; ARAUJO, L. C.; PEDREIRA, B. C.; PEDREIRA, C. G. S.; LARA, M. A. S. Simulating tropical forage growth and biomass accumulation na overview of model development and application. *Grass and Forage Science*, v. 71, n. 1, p. 54-65, 2016.
- ANDRADE, R. D. S.; STONE, L. F. Estimativa da umidade na capacidade de campo em solos sob Cerrado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 15, n. 2, p. 111-116, 2011.
- ARNOLD, C. Y.. The development and significance of the base temperature in a linear heat unit system. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*. 74, p. 430-445, 1959.
- BANDEIRA, A. H.; MEDEIROS, S. L. P.; EMYGDIO, B. M.; BIONDO, J. C.; SILVA, N. G. da; LEAL, L. T. Temperatura base inferior e exigência térmica de genótipos de sorgo sacarino. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v. 15, n. 2, p. 240-250, 2016.
- BENEVENUTE, P. A. N.; PASSO, L. A. C.; MELO, L. B. B.; SILVA, É. A.; OLIVEIRA, G. C. Synthetic polymers on water retention and pore distribution in a clayey latosol. *Revista Scientia Agraria*, v. 17, p. 24-30, 2016.
- LOPES, M. N.; CÂNDIDO, M. J. D.; POMPEU, R. C. F. F.; SILVA, R. G. D.; LOPES, J. W. B.; FERNANDES, F. R. B.; BEZERRA, F. M. L. Response of biomass flow in Massai grass to nitrogen fertilization during the establishment and regrowth. *Revista Ceres*, v. 60, n. 3, p. 363-371, 2013.
- MELO, J. C.; SANTOS, P. M.dos; SANTOS, A. C. dos; ALEXANDRINO, E.; PAULA NETO, J. J. de. Respostas morfofisiológicas do capim mombaça submetido a doses de resíduo líquido de laticínios. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 54, n. 3, p. 247-258, 2011.
- MENDONÇA, F. C.; RASSINI, J. B. Temperatura-base inferior e estacionalidade de produção de gramíneas forrageiras tropicais. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste-Circular Técnica, 2006. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/47581/1/Circular45.pdf>>. Acesso em 20/07/2019.

- MORENO, L. S. B.; PEDREIRA, C. G. S.; BOOTE, K. J.; ALVES, R. R. Base temperature determination of tropical *Panicum* spp. grasses and its effects on degree-day-based models. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 186, p. 26–33, 2014
- NETO, A. F. G.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; REGAZZI, A. J.; FONSECA, D. M.; MOSQUIM, P. R.; GOBBI, K. F. Respostas morfogênicas e estruturais de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e alturas de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 31, n. 5, p. 1890-1900, 2002.
- PEREIRA, F. F. S.; PAI, E. D.; MONTENEGRO, R. J. V.; ROMÁN, R. M. S.; GONZÁLEZ, A. M. G. O.; ESCOBEDO, J. F. Estudo Comparativo da evapotranspiração de referência entre localidades do estado de São Paulo e na província de Habana. *Irriga*, v. 21, n. 2, p. 395–408, 2016.
- PEZZOPANE, J. R. M.; SANTOS, P. M.; MENDONÇA, F. C.; ARAUJO, L. C. de; CRUZ, P. G. da. Dry matter production of Tanzania grass as a function of agrometeorological variables. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 47, n. 4, p. 471–477, abr. 2012
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. 3. ed., 1997.
- SANCHES, A. C.; SOUZA, D. P. de; JESUS, F. L. F. de; MENDONÇA, F. C.; GOMES, E. P. Vegetative development and growing degree-days of tropical and winter forages. *Engenharia Agrícola*, v. 39, n. 2, p. 191-197, 2019.
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. Á. D.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2013
- SILVA, S. C. da; BUENO, A. A. de O.; CARNEVALLI, R. A.; UEBELE, M. C.; BUENO, F. O.; HODGSON, J.; MATTHEW, C.; ARNOLD, G. C.; MORAIS, J. P. G. de. Sward structural characteristics and herbage accumulation of *Panicum maximum* cv. Mombaça subjected to rotational stocking managements. *Scientia Agrícola*, v. 66, n. 1, p. 8–19, fev. 2009.
- SILVA, S.; SBRISSIA, A.; PEREIRA, L. Ecophysiology of C4 forage grasses - Understanding plant growth for optimising their use and management. *Agriculture*, v. 5, n. 3, p. 598–625, 2015.

SIMONETTI, A.; MARQUES, W. M.; COSTA, L. V. C. Produtividade de capim-Mombaça (*Panicum maximum*), com diferentes doses de biofertilizante. Brazilian Journal of Biosystems Engineering, v. 10, n. 1, p. 107–115, 2016.

VAN GENUCHTEN, M. T. A Closed-form Equation for Predicting the Hydraulic Conductivity of Unsaturated Soils1Soil Science Society of America Journal, 1980.

VOGELER, I.; MACKAY, A.; VIBART, R.; RENDEL, J.; BEAUTRAIS, J.; DENNIS, S. Effect of inter-annual variability in pasture growth and irrigation response on farm productivity and profitability based on biophysical and farm systems modelling. Science of The Total Environment, v. 565, p. 564–575, set. 2016.

YANG, S.; LOGAN, J.; COFFEY, D. L. Mathematical formulae for calculating the base temperature for growing degree days. Agricultural and Forest Meteorology, v. 74, n. 1–2, p. 61–74, abr. 1995.

6. EFEITO DA SAZONALIDADE NAS VARIÁVEIS PRODUTIVAS DO *Megathyrsus maximus* cv. MOMBAÇA IRRIGADO

RESUMO

A sazonalidade na produção de forrageiras tropicais (estacionalidade) é comum nas regiões tropicais e subtropicais. É importante identificá-la para tomadas de decisão sobre a taxa de lotação animal a cada período. Este trabalho objetivou avaliar a variabilidade da produção de matéria seca de (*Syn. Panicum maximum*) cv. Mombaça em 2 anos subsequentes. O experimento foi realizado entre fevereiro/2016 e agosto/2018, em Piracicaba-SP (Lat. 22° 42' 14.6" S; Long. 47° 37' 24.1" O; Altitude 569 m; clima Cwa, segundo a classificação de Köppen). O experimento foi conduzido sob delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 4, com 4 repetições. Os tratamentos foram: (i) dois períodos anuais (2016/2017 e 2017/2018); e (ii) quatro estações (primavera, verão, outono e inverno). O capim recebeu adubação nitrogenada de 1000 kg ha⁻¹ ano⁻¹ e foi manejado sob irrigação por aspersão, com umidade do solo monitorada por tensiometria. Os parâmetros avaliados foram: massa seca de folhas (MSF), massa seca de colmos (MSC), produção total de matéria seca (PROD) e produção de folhas e colmos (PFC). O capim Mombaça atingiu produção média de matéria seca (MS) superior a 60 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, e as maiores produções por ciclo de corte ocorreram no período de primavera/verão. O capim apresentou alto acúmulo diário de forragem (ADF), com médias superiores a 100 kg ha⁻¹ d⁻¹ de MS, com máximo acúmulo superior a 200 kg ha⁻¹ d⁻¹ no período mais produtivo, superando o período hibernar em todos os parâmetros avaliados.

Palavras-chave: Irrigação de pastagens; Capacidade de suporte; Taxa de lotação animal

SEASONALITY EFFECT ON PRODUCTIVE PARAMETERS OF IRRIGATED *Megathyrsus maximus* cv. 'MOMBASA'

ABSTRACT

Seasonality in tropical forage yield is common in tropical and subtropical regions, which must be identified for decision making on stocking rate at each period. This work aimed to evaluate the variability of dry matter yield of *Megathyrsus maximus* (Syn. *Panicum maximum*) cv. 'Mombasa' over 2 years. The experiment was carried out from August, 2017 to August, 2018, in Piracicaba, SP (Lat. 22° 42' 14.6" S; Long. 47° 37' 24.1" W; Alt. 569 m; climate Cwa, according to Köppen's classification). The experimental design was random blocks in a 2 x 4 factorial scheme, with 4 replications, and the treatments were: (i) two years (2016/2017 and 2017/2018); and (ii) four seasons (spring, summer, autumn and winter). The grass received nitrogen fertilization of 1000 kg ha⁻¹ year⁻¹ and was managed under sprinkler irrigation, with soil moisture monitored by tensiometry. The evaluated parameters were: leaf dry mass (LDM), stem dry mass (SDM), total dry matter production (PROD) and leaf and stem production (LSP). 'Mombasa' grass reached an average dry matter (DM) production above 60 Mg ha⁻¹ year⁻¹, with highest yields per cutting cycle during the spring/summer period. The grass showed high daily forage accumulation (DFA), with averages higher than 100 kg ha⁻¹ d⁻¹ DM, and a more than 200 kg ha⁻¹ d⁻¹ in the most productive period, surpassing the hibernal period in all parameters evaluated.

Keywords: Pasture irrigation; Support capacity; Stocking rate

6.1. Introdução

As culturas forrageiras tropicais apresentam diferentes valores produtivos em função da sazonalidade, com incremento da produção nas estações primavera/verão e diminuição da produtividade durante o outono/inverno (SOUZA et al., 2018).

O crescimento e desenvolvimento dessas plantas é variável ao longo do ano e influenciado por vários fatores ambientais (ESMAILI & SALEHI, 2012), tais como disponibilidade de luz, radiação solar, temperatura basal inferior e disponibilidade da água no solo (ALENCAR et al., 2010; GHOSH et al., 2015; GOBBI et al., 2011).

A sazonalidade de produção de forragem nas pastagens, também chamada de estacionalidade, ocorre no período de outono/inverno e é causada pela baixa disponibilidade de fatores de crescimento, como precipitação pluvial, radiação solar, temperatura do ar e fotoperíodo, durante o período de entressafra, podendo afetar negativamente a produção e a qualidade da pastagem (SANCHES et al., 2016; FERREIRA, et al., 2018). O valor nutricional também pode ser alterado, mudando a capacidade de suporte das pastagens e exigindo maior suplementação alimentar dos animais sob pastejo.

Dependendo das condições climáticas locais, o uso da irrigação torna-se um fator determinante (GHOSH et al., 2015). Se a disponibilidade hídrica for o fator limitante, a técnica garante um aumento na produção de forragem e na taxa de lotação animal. Além disso, pastagens irrigadas atingem pontos de colheita em menores intervalos de crescimento, devido à maior taxa de produção foliar (LOPES et al., 2014).

Apesar de não eliminar a sazonalidade climática, a irrigação pode ser utilizada para atenuá-la. Alguns trabalhos levaram à conclusão de que a irrigação possibilita obter, no período seco e frio (outono/inverno) uma produtividade da ordem de 60% da que ocorre no período das úmido e quente (primavera/verão) (TEIXEIRA et al., 2013); enquanto sem irrigação essa proporção não chega a 20% (NOGUEIRA et al., 2013).

As mudanças nos aspectos produtivos com o uso da irrigação têm sido enfatizadas em diversas pesquisas (ANTONIEL et al., 2016; LOPES et al., 2014; RIBEIRO et al., 2009; SANCHES et al., 2015, 2016, 2018; SANTOS et al. 2013b). Os relatos desses autores mostram que a produção pode aumentar em até 40% quando a demanda de água das culturas é suprida pela irrigação, juntamente com a alta fertilidade do solo.

Antoniél et al (2016) relataram que a irrigação gerou aumentos na produtividade de 36,6% para *Panicum maximum* (Syn. *Megathyrsus maximus*) cv. Mombaça, e de 32,7% para *Urochloa brizantha* (Syn. *Brachiaria brizantha*) cv. 'Piatã', do primeiro ao segundo cortes, considerando a alta

resposta produtiva em relação à evapotranspiração. Dupas et al. (2010) relataram um aumento de produtividade com a irrigação de *Urochloa brizantha* (Syn. *Brachiaria brizantha*) cv. Marandu, que foi 45,7% maior que na forrageira não irrigada.

Durante o período seco e em condições de déficit hídrico, as plantas forrageiras fecham seus estômatos para evitar a perda excessiva de água para a atmosfera, modificando todo o seu metabolismo e produzindo menos biomassa, com alteração da área foliar (ZANCHI et al., 2009).

Desta forma, compreender os aspectos de disponibilidade hídrica, fertilidade do solo, temperatura e luminosidade é fundamental para definir estratégias de manejo racionais e eficientes na forragicultura (OLIVEIRA et al., 2011; SANCHES et al., 2016; SKONIESKI et al., 2011).

Este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito sazonal do clima sobre a produção de matéria seca do capim Mombaça irrigado, em dois anos subsequentes e na região leste do estado de São Paulo.

6.2. Materiais e métodos

Os dados utilizados neste trabalho são provenientes de experimentos conduzidos entre fevereiro de 2016 e agosto de 2018, em dois anos consecutivos de cultivo, em área experimental do Departamento de Engenharia de Biosistemas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP, em Piracicaba-SP (Figura 1), (Latitude 22° 42’ 14.6” Sul e Longitude 47° 37’ 24.1” Oeste, Altitude de 569 m). Segundo a classificação de Köppen, o clima de região é do tipo Cwa – Subtropical ou tropical de altitude, com verões quentes, geadas pouco frequentes e concentração das chuvas nos meses de verão (PEREIRA et al., 2016).

Figura 19. Localização geográfica da área experimental, Piracicaba/SP 2016/2018.

Durante o período experimental (Ano I – fevereiro de 2016 a fevereiro de 2017; Ano II – agosto de 2017 a agosto de 2018), a precipitação pluvial acumulada foi de 2590,6 mm (1133 e 1457,6 mm) e a suplementação de água por irrigação foi de 1007,6 mm (436,9 e 570,7 mm), com temperatura mínima no inverno por volta de 3,35°C (3,1 e 3,6°C), ocorridos nos Anos I e II, respectivamente. A Figura 20 mostra a distribuição temporal das chuvas, da irrigação, da umidade relativa média do ar e das temperaturas média e mínima durante o período experimental.

O solo da área experimental é classificado como Nitossolo Vermelho Latossólico Eutroférico (SANTOS et al., 2013a). Antes do início do experimento foi feita a correção do pH do solo com aplicação de calcário dolomítico na dosagem de 4 Mg ha⁻¹ e adubação de base, segundo critérios estabelecidos por Raij et al. (1997) e baseados na análise química e física do solo (Tabela 9).

Figura 20. Valores de precipitação pluvial (mm), Irrigação (mm) temperatura média (°C), Temperatura mínima (°C) e Umidade Relativa (%) durante o período experimental de fevereiro de 2016 a 02 de agosto de 2018, Piracicaba/SP. Legenda: Umidade Relativa (UR-%)

Tabela 9. Análise química e granulométrica do solo da área experimental na camada de 0 – 20 cm, 20 – 40 cm. Piracicaba/SP, 2016.

Camada (cm)	pH	P	K	Ca	Mg	H+Al	Al	CTC	Areia	Silte	Argila	Boro
	CaCl ₂	mg dm ⁻³			mmol _c dm ⁻³			mmol _c dm ⁻³	(%)	(%)	(%)	(Água quente)
0 – 20	6,3	72	6,0	36	19	20	1	81	35,7	19,2	45,1	0,21
20 – 40	5,9	31	5,1	29	12	28	0	74	29,3	18,7	52,0	0,23

P = fósforo; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; H+Al = acidez potencial; Al = alumínio trocável; CTC = complexo de troca catiônica.

Durante o experimento houve adubações nitrogenadas, fracionadas com ureia, aplicadas após cada ciclo de crescimento e corte, totalizando 1000 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹. A forrageira utilizada no experimento foi o capim *Megathysus maximus* (Syn. *Panicum maximum*) cv. Mombaça. Durante os dois anos do experimento houve 22 ciclos de crescimento e corte, com duração individual de 40 dias nos períodos de outono/inverno os ciclos e 28 dias nos períodos de primavera verão.

A irrigação foi feita com um sistema de aspersão convencional fixo e automatizado, com espaçamento 11 x 8 m (emissores x linhas), com turno de rega fixo e lâmina d'água variável, de acordo com o consumo de água das culturas. O sistema de irrigação tinha aspersores de baixa vazão com dispositivo setorial (para restringir a irrigação em ângulo de 90° e 180°), com vazão de 0,558 m³ h⁻¹ e pressão de serviço de 300 kPa (30 mca). A intensidade de aplicação do sistema de irrigação (Ia) foi medida a campo, resultando em 17,1 mm h⁻¹.

A lâmina de irrigação (LI) ser aplicada foi determinada com o auxílio de tensiômetros, cujas leituras foram transformadas em umidade volumétrica atual (θ_a - mm) por meio das curvas de retenção correspondentes a cada camada de solo. A irrigação real necessária (IRN) foi calculada utilizando-se a seguinte equação:

$$IRN = (\theta_{cc} - \theta_a) Z \quad (1)$$

Em que:

IRN – irrigação real necessária, mm;

θ_{cc} – umidade do solo à capacidade de campo, cm³ cm⁻³;

θ_a – umidade atual do solo, cm³ cm⁻³;

Z – profundidade efetiva do sistema radicular, mm.

(Z = 600 mm).

O intervalo de irrigação foi previamente estabelecido em 4 dias, observando um de fator de disponibilidade de água no solo de 40% (f = 0,4), de modo que o armazenamento de água no solo fosse sempre igual ou superior a 40% da capacidade de água disponível (ARM ≥ 0,4 CAD). A umidade à capacidade de campo (θ_{cc}) foi considerada como a umidade correspondente ao valor do potencial matricial, sendo $\Psi_m = 0,1$ bar (BENEVENUTE et al., 2016).

Os valores de umidade atual (θ_a) foram estimados por meio da curva de retenção de água no solo, obtida com o auxílio de mesa de tensão e extrator de Richards, no Laboratório de Solos e Qualidade da Água da ESALQ/USP e ajustada pela equação de Genuchten (VAN GENUCHTEN, 1980):

$$\theta_a = 0,2938 + \frac{(0,4934 - 0,2938)}{[1 + (0,113 \psi_m)^{1,3211}]^{0,2431}}; (R^2=1,00 \text{ e } P<0,01) \quad (2)$$

Em que:

θ_a – umidade volumétrica atual ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)

Ψ_m – potencial matricial atual de água no solo (bar).

A fim de aumentar a segurança, os valores de tensão no solo foram obtidos com o auxílio de tensiômetros e a variação da umidade do solo foi verificada com o auxílio de lisímetros de pesagem (Sanches et al., 2019; 2017) alocados nas parcelas experimentais (Figura 21).

Figura 21. Valores de tensão de água no solo (kPa) e números de eventos de irrigação (EI) para o ciclos experimental de fevereiro de 2016 a 02 de agosto de 2018, Piracicaba/SP. Legenda: $\sigma_{\text{média}}$ = tensão média de água no solo.

A altura de resíduo (pós-corte) utilizada foi de 30 cm, conforme Simonetti et al. (2016). As amostras de forragem foram pesadas no campo, logo após o corte, e levadas ao laboratório, onde foi feita a separação botânica (folhas, colmos e material morto). Posteriormente, foram secas em estufa de circulação forçada de ar (65° por 72 h) e determinou-se a percentagem de matéria seca, obtendo-se os seguintes parâmetros: produtividade total de forragem (PTF); produtividade de folhas (PF), produtividade de colmos (PC), material morto (MM). Os valores de PF, PC e MM foram utilizados para calcular a PTF (Equação 3):

$$PTF = MSF + MSC + MSM \quad (3)$$

Em que:

PTF - produtividade total de forragem, kg ha⁻¹

MSF - massa seca de folhas, kg ha⁻¹

MSC - massa seca de colmos, kg ha⁻¹

MSM - massa seca de material morto, kg ha⁻¹

A fim de verificar a produção de material comestível, calculou-se a produtividade de folhas e colmos (PFC, Equação 4) e a razão folha-colmo (RFC, Equação 5).

$$PFC = MSF + MSC \quad (4)$$

Em que:

PFC - produtividade de folhas e de colmos, kg ha⁻¹

$$RFC = \frac{MSF}{MSC} \quad (5)$$

Em que:

RFC - relação folha/colmo, adimensional

Apesar da produtividade de folha e colmos ser o material consumido pelos animais, nem toda a matéria seca produzida será necessariamente consumida, pois existe o pisoteio animal, a quebra e queda de folhas, e perdas durante o processo físico de mastigação animal. Assim, faz-se normalmente uma estimativa da eficiência de colheita de forragem (EF). Segundo Euclides et al.

(2015) e Braga et al. (2007), a EF varia de acordo com o tipo de animal (principalmente seu tamanho) e a disponibilidade da forragem; Entretanto, há um consenso que EF pode chegar a 70% de toda forragem ofertada.

A necessidade diária de volumoso (NDV) foi considerada como 2% da Unidade Animal (1 UA = 450 kg), conforme Gomes et al. (2015). Assim, a NDV é igual a 9 kg UA⁻¹ de MS. Na simulação feita neste trabalho, considerou-se vacas da raça Holandês, com peso equivalente a 1,33 UA, resultando na necessidade de MS igual a 12 kg vaca⁻¹ dia⁻¹.

Com os valores e EF e NDV considerados, calculou-se a taxa de lotação animal (TL, em UA ha⁻¹ e em vacas ha⁻¹) de uma pastagem com PTF igual à obtida no presente estudo:

$$TL = \frac{(PFC * EF)}{365 NDV} \quad (6)$$

Em que:

TL - taxa de lotação, UA ha⁻¹

NDV - necessidade diária de volumoso, kg UA⁻¹ ou kg vaca⁻¹

EF – eficiência de colheita, adimensional (70%)

A PTF também foi separada em produção de entressafra (PROD_{ES}: período estacional – outono/inverno) e de safra (PROD_S: primavera/verão), e calculou-se a razão entressafra-safra (R_{ES-S}) da produtividade de matéria seca:

$$PROD_{ES} = MSF_{ES} + MSC_{ES} + MSM_{ES} \quad (5)$$

Em que:

PROD_{ES} - produtividade total de matéria seca na entressafra, kg ha⁻¹

MSF_{ES} - massa seca de folhas na entressafra, kg ha⁻¹

MSC_{ES} - massa seca de colmos na entressafra, kg ha⁻¹

MSM_{ES} - massa seca de matéria morta na entressafra, kg ha⁻¹

$$PROD_S = MSFS + MSCS + MSMS \quad (6)$$

Em que:

PROD_S - produtividade total de matéria seca na safra, kg ha⁻¹

MSF_{ES} - massa seca de folhas na safra, kg ha⁻¹

MSC_{ES} - massa seca de colmos na safra, kg ha⁻¹

MSM_{ES} - massa seca de matéria morta na safra, kg ha⁻¹

$$R_{ES-S} = \left(\frac{PROD_{ES}}{PROD_S} \right) 100 \quad (7)$$

Em que:

R_{ES-S} - razão entressafra/safra da produtividade de matéria seca, em %.

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$) e, quando houve diferenças significativas, as médias foram comparadas por meio do Teste Tukey ($p \leq 0,05$), com auxílio da ferramenta estatística SISVAR Versão 5.6 (FERREIRA, 2011).

6.3. Resultados e discussão

Os maiores valores médios de produtividade total de forragem (PTF, em kg ha⁻¹ de MS) obtidos entre os dois anos ocorreram nos períodos de primavera e verão, que juntos corresponderam a 38556,5 kg ha⁻¹ de MS (Tabela 10). Observa-se também que a produção de folhas, maior parte integrante da dietas dos animais ruminantes, ocorre justamente nos meses de primavera e verão.

Tabela 10. Dados médios de matéria seca de folhas (MSF), colmos (MSC), material morto (MM) e produtividade total de forragem (PTF) para as estações do ano, (kg ha⁻¹ e % do total anual), obtidas em dois anos experimentais. Piracicaba/SP, 2016-2018.

	MSF		MSC		MM		PTF	
	kg ha ⁻¹	(%)	kg ha ⁻¹	(%)	kg ha ⁻¹	(%)	kg ha ⁻¹	(%)
Primavera	16921,3 A	33,0	1714 B	19,0	237,5 B	18,1	18874,0 A	30,6
Verão	17045,0 A	33,3	2440 AB	27,0	197,5 B	15,1	19682,5 A	32,0
Outono	8973,8 B	17,5	3525 A	39,0	255,0 B	19,5	12753,8 B	20,7
Inverno	8321,3 B	16,2	1355 B	15,0	620,0 A	47,3	10296,3 B	16,7
Média	12815,4	---	2258,5	---	327,5	---	15401,7	---
CV (%)	23,49	---	43,98	---	41,98	---	18,56	---

Legenda: MSF - Massa seca de folhas (kg ha⁻¹), MSC - Massa seca de colmos (kg ha⁻¹), MM - Massa seca de material morto (kg ha⁻¹), PTF - Produtividade total de forragem (kg ha⁻¹); CV (%) - coeficiente de variação.

Médias seguidas pelas mesmas letras, maiúsculas, na coluna, não diferem entre si estatisticamente pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

A distribuição de PTF por estação mostra valores de 30,6% e 32,0% para primavera e verão (62,6% do total anual), e de 20,7% e 16,7% para outono e inverno (37,4% do total anual), mostrando claramente o efeito da estacionalidade de produção de forragem. A produção de forragem no período hibernar (outono/inverno) equivale a cerca de 60% da produção de primavera/verão.

O crescimento de pastagens tropicais está sujeito a uma faixa de temperatura, e valores abaixo ou acima desta faixa limitam seu crescimento, mesmo em condições ideais de disponibilidade hídrica, tais como no presente experimento. Portanto, a temperatura do ar foi limitante ao desenvolvimento do capim Mombaça nos meses de outono/inverno, fato também observado por Dantas et al. (2016) em experimento sobre produção de forragem do capim braquiária irrigado, no qual a menor produção ocorreu no inverno.

Nas menores temperaturas (Figura 20) estão associadas a menores índices de radiação solar, reduzindo o crescimento do capim e resultando em menor concentração de matéria seca, conforme foi observado por Sanches et al. (2016) e Alencar et al. (2009).

No inverno, as temperaturas mínimas chegaram a 3,1°C e 3,6°C nos Anos 1 e 2, respectivamente, resultando também em maior acúmulo de material morto (MM) em relação às demais estações do ano. Tal fato justifica-se pela redução do ritmo dos processos metabólicos associados ao crescimento e pelo aumento da senescência.

A menor concentração de massa seca de colmos (Tabela 10) ocorreu nos meses de inverno e primavera, o que pode ser atribuído às baixas temperaturas no final de outono e durante o inverno, levando à redução do crescimento e ao alongamento caulinar, que também afetou parte da primavera. Já no outono e no verão ocorreu o oposto; as temperaturas altas a partir do meio da primavera possibilitaram forte crescimento e a produção de colmos aumentou.

Agrupando os dados por períodos produtivos, considerando safra (meses quentes e úmidos da primavera/verão) e entressafra (meses mais frios e secos, de outono/inverno), pode-se visualizar uma grande discrepância produtiva (Tabela 11). Todas as variáveis apresentadas em seus valores médios (anos 1 e 2) diferiram estatisticamente entre si, com significância estatística para $p < 0,05$.

A PTF no período de safra correspondeu a uma média 56,3% e 68,4% nos anos 1 e 2, respectivamente. Maiores produções no período quente e úmido (safra) também foram observadas por Gomes et al. (2015) em capim de Tifton 85 irrigado, com 78% da produtividade total da forragem na primavera/verão.

Tabela 11. Produção de matéria seca de folhas (MSF), colmos (MSC), material morto (MM) e produtividade total de forragem (PTF) e razão entressafra/safra da produtividade de matéria seca (R_{E-S}) de capim Mombaça nos períodos de Safra e Entressafra, nos anos de 2016 a 2018, Piracicaba/SP.

	MSF (kg ha ⁻¹)			
	Ano 1 (2016-17)	Ano 2 (2017-18)	Média bienal	CV (%)
Safra	28.406,3 Ab	39.526,7 Aa	33.966,5 A	5,72
Entressafra	21.696,5 Bb	12.893,8 Bb	17.295,2 B	
Média anual	25.051,4 a	26.210,2 a	25.630,8	
R _{E-SS}	76,4 %	32,6 %	50,9 %	
	MSC (kg ha ⁻¹)			
	Ano 1 (2016-17)	Ano 2 (2017-18)	Média bienal	CV (%)
Safra	4.667,0 Aa	3.639,5 Bb	4.153,3 B	13,24
Entressafra	3.331,3 Bb	6.431,3 Aa	4.881,3 A	
Média anual	3.999,2 b	5.035,5 a	4.517,3	
R _{E-SS}	71,4 %	176,7 %	117,5 %	
	MM (kg ha ⁻¹)			
	Ano 1 (2016-17)	Ano 2 (2017-18)	Média bienal	CV (%)
Safra	328,3 Ba	550,2 Aa	439,2 B	29,52
Entressafra	863,7 Aa	888,1 Aa	875,9 A	
Média anual	596,0 a	719,1 a	657,6	
R _{E-SS}	263 %	161 %	199,4 %	
	PTF (kg ha ⁻¹)			
	Ano 1 (2016-17)	Ano 2 (2017-18)	Média bienal	CV (%)
Safra	33.401,6 Ab	43.716,4 Aa	38.559 A	5,90
Entressafra	25.891,5 Ba	20.213,2 Bb	23.052,4 B	
Média anual	29.646,6 b	31.964,8 b	30.805,7	
R _{E-SS}	77,5 %	46,2 %	59,8 %	

Legenda: MSF – Massa seca de folhas; MSC – Massa seca de colmos; MM – Massa seca de material morto; PTF – Produtividade Total de Forragem;

Médias seguidas pelas mesmas letras, maiúsculas na coluna e minúsculas nas linhas, não diferem entre si estatisticamente pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Comparando as safras dos Anos 1 e 2, nota-se que a PTF e a MSF no Ano 2 foram superiores em cerca de 10 e 11 Mg ha⁻¹, respectivamente. A mesma comparação feita na entressafra mostra que, no Ano 1, os valores de PTF e MSF foram superiores aos do Ano 2 em cerca de 5 e 9 Mg ha⁻¹, respectivamente.

A relação menos elástica entre safra e entressafra no Ano 1 (56,3% e 43,7%, respectivamente) pode ser explicada pela produção atípica de outono/inverno, que pode estar relacionada aos altos valores observados de tensiometria no período, com média de 37,3 kPa, evidenciando altos consumos hídricos no período.

Transformando os valores de PTF em acúmulo diário de forragem (ADF, kg ha⁻¹ d⁻¹ de MS), os valores médios por estação foram sempre superiores a 100 kg ha⁻¹ d⁻¹ de MS (Tabela 12), o que corrobora os resultados obtidos por outros autores, que confirmam tal possibilidade em

pastagens irrigadas, com valores de ADF iguais ou superiores a $100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ de MS (Queiroz et al., 2012; Nogueira et al., 2013; Teixeira et al., 2013).

Tabela 12. Acúmulo de Diário de Forragem (ADF) baseado na produção total de forragem (PROD) e baseado na Produção de folhas e colmos (PFC), Piracicaba/SP, 2016-2018.

	ADF - PTF ($\text{kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$)				
	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Ano
Ano 1	197,3 Ba	142,8 Ab	137,1 Ab	173,8 Ba	162,8 A
Ano 2	240,2 Aa	134,5 Ab	84,3 Bb	245,6 Aa	176,1 A
Média	218,7 a	138,7 b	110,7 c	209,7 a	169,4

	ADF - PFC ($\text{kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$)				
	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Ano
Ano 1	194,8 Ba	140,1 Ab	130,5 Ab	172,7 Ba	159,5 A
Ano 2	238,2 Aa	131,6 Ab	77,6 Bc	241,4 Aa	172,2 A
Média	216,5 a	135,9 b	104,0 c	207,0 a	165,9

Legenda: ADF – PTF: Acúmulo médio diário a partir de dados de produtividade total de forragem, ADF – PFC: Acúmulo médio diário de forragem a partir de dados de produtividade de folhas e colmos.

Médias seguidas pelas mesmas letras, maiúsculas na coluna e minúsculas nas linhas, não diferem entre si estatisticamente pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

A análise da PTF resulta em uma ADF média geral de $169,4 \text{ kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ de MS, valor bem próximo do obtido dos $165 \text{ kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ obtidos por Sanches et al. (2019), com capim Mombaça irrigado, e dos $172,4 \text{ kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ obtidos por Aguiar et al. (2006), com capim Tifton 85 irrigado (híbrido *Cynodon dactylon* x *Cynodon nlemfuensis* cv. Tifton 68).

Os maiores valores de ADF ($214,2 \text{ kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$) foram obtidos no período de primavera/verão, evidenciando o alto potencial produtivo da forrageira, quando submetida à irrigação e a doses elevadas de nitrogênio ($1000 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de N). Tal valor de ADF foi superior aos valores máximos obtidos por Sanches et al. (2015; 2017b), de 122 e $184 \text{ kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ de MS, para o capim Tifton 85 irrigado e com dose de 1050 kg ha^{-1} de N ($75 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ciclo}^{-1}$ e 14 ciclos ano^{-1}) considerado um dos capins mais produtivos e indicados para sistemas de alta produção.

Comparando os valores de ADF em função da produção de folhas e colmos (PFC), material que realmente é aproveitado por um animal ruminante, os valores médios também foram altos. A menor média ocorreu no inverno, com $104 \text{ kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ de MS.

Quando comparado o valor da TL em função de vacas de raça Holandesa, os valores médios são menores (Tabelas 13 e 14), devido ao peso vivo desses animais, com cerca de 600 kg de peso vivo ($1,33 \text{ UA vaca}^{-1}$).

Considerando-se o mínimo ADF ($104 \text{ kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$) e um consumo diário de matéria seca igual a 9 kg UA^{-1} de MS, ou 12 kg vaca^{-1} (raça Holandês, $1,33 \text{ UA vaca}^{-1}$), e 70% de eficiência de colheita de forragem pelos animais, estima-se que a menor taxa de lotação animal seria de 8,1

UA ha⁻¹, ou 6,1 vacas ha⁻¹ (Tabela 13). Esta taxa é bem superior à média nacional, de 1,2 UA ha⁻¹ (FRANCISCO, 2017).

Diavão et al. (2017) realizaram um experimento com capim do gênero *Pennisetum* sem irrigação, nos meses de janeiro a maio, e obteve-se uma taxa de lotação (TL) de 7,8 UA ha⁻¹. Gomes et al. (20015) realizaram experimento irrigado com o capim Tifton 85 e obteve TL de 10,7 e 17,2 UA ha⁻¹ nos períodos de entressafra e safra, respectivamente, não levando em consideração nenhum fator de correção para a eficiência de pastejo. Tal resultado corrobora os dados do presente experimento, em que se obteve médias de 9,3 e 16,5 UA ha⁻¹ para entressafra e safra, respectivamente (Tabela 14).

Tabela 13. Taxa de lotação em unidade animal por hectare (TL – UA) e Taxa de lotação em vacas holandesas por hectare (TL – Ho) baseado no peso de um animal adulto, Piracicaba/SP, 2016-2018.

CV (%)	TL – UA ha ⁻¹ (unitário)				
11,57	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Ano
Ano 1	15,1 Ba	10,9 Abc	10,2 Ac	13,4 Bab	12,4 A
Ano 2	18,5 Aa	10,2 Ab	6,0 Bc	18,8 Aa	13,4 A
MG	16,8 a	10,6 b	8,1 c	16,1 a	12,9
CV (%)	TL – Ho ha ⁻¹ (unitário)				
11,58	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Ano
Ano 1	11,4 Ba	8,2 Abc	7,6 Ac	10,1 Bab	9,3 A
Ano 2	13,9 Aa	7,7 Ab	4,5 Bc	14,1 Aa	10,0 A
MG	12,6 a	7,9 b	6,1 c	12,1 a	9,7

Legenda: UA: Unidade animal baseado em 450 kg de peso vivo por hectare, Ho: Unidade de vaca holandesa baseado em 600 kg de peso vivo por hectare, MG – Média Geral.

Médias seguidas pelas mesmas letras, maiúsculas na coluna e minúsculas nas linhas, não diferem entre si estatisticamente pelo teste Tukey (p < 0,05).

Os maiores valores de TL (em UA ha⁻¹ ou vacas ha⁻¹) ocorreram na safra, em ambos os anos avaliados (Tabela 14).

Tabela 14. Taxa de lotação em unidade animal por hectare (TL – UA) safra e entressafra e Taxa de lotação em vacas holandesas por hectare (TL – Ho) safra e entressafra baseado no peso de um animal adulto, Piracicaba/SP, 2016-2018.

	TL – UA (unitário)			TL - Ho (unitário)		
	Safra	Entressafra	Média	Safra	Entressafra	Média
Ano 1	14,3 Ba	10,5 Ab	12,4 A	10,7 Ba	7,9 Ab	9,3 A
Ano 2	18,7 Aa	8,1 Bb	13,4 A	14,0 Aa	6,1 Bb	10,1 A
MG	16,5 a	9,3 b	12,9	12,4 a	7,0 b	9,7

Legenda: UA: Unidade animal baseado em 450 kg de peso vivo, Ho: Unidade de vaca holandesa baseado em 600 kg de peso vivo.

Médias seguidas pelas mesmas letras, maiúsculas na coluna e minúsculas nas linhas, não diferem entre si estatisticamente pelo teste Tukey (p < 0,05).

Quanto à TL em função de vacas da raça Holandesa, o valor médio anual foi de 9,7 vacas ha^{-1} , demonstrando expressiva capacidade de suporte animal.

Observa-se, porém, que a maioria das propriedades produtoras de leite tem rebanho composto por vacas, novilhas e bezerras, e que nem todas as vacas do rebanho estão em lactação.

Considerando-se uma propriedade com sistema intensivo de produção a pasto, a composição normal do rebanho é de 60% de vacas (1,33 UA vaca $^{-1}$), 20% de novilhas (0,7 UA novilha $^{-1}$) e 20% de bezerras (0,3 UA bezerra $^{-1}$), com 83% das vacas em lactação (50% do rebanho). Com essa composição, o peso médio de um rebanho pode ser convertido em cerca de 1 UA ($1,33 \times 60\% + 0,7 \times 20\% + 0,3 \times 20\%$).

A lotação média anual de 9,7 UA ha^{-1} (rebanho) e uma proporção de 50% de vacas em lactação no rebanho, uma lotação de 4,85 vacas ha^{-1} em lactação. Supondo que as vacas tenham produção média de 15 L d^{-1} , comum em rebanhos especializados para leite, o potencial de produção de leite nessa pastagem seria superior a 26500 L $\text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$. Tal produtividade é muito superior à média nacional (cerca de 2000 L $\text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$).

6.4. Conclusão

O capim mombaça apresenta grande potencial produtivo para a produção animal em sistemas intensivos, com pastagens irrigadas e adubadas, com produtividade média acumulada de 61 Mg $\text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$, em 2 anos consecutivos de experimento.

O capim apresentou expressiva taxa de acúmulo de forragem, acima de 10 kg $\text{ha}^{-1} \text{d}^{-1}$ de MS, o que demonstra grande potencial de uso em atividade pecuária intensiva.

Na safra (primavera/verão) ocorreu a maior produção de todos os parâmetros biométricos avaliados, com uma relação média geral de 60% de toda a matéria seca produzida.

A produção de entressafra (outono/inverno) foi equivalente a 60% da produção de safra (primavera/verão).

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, C. A. B. de; CÓSER, A. C.; MARTINS, C. E.; OLIVEIRA, R. A. de; CUNHA, F. F. da; FIGUEIREDO, J. L. A. Altura de capins e cobertura do solo sob adubação nitrogenada, irrigação e pastejo nas estações do ano. *Acta Scientiarum Agronomy*, v. 32, n. 1, p. 21–27, 2010.
- AGUIAR, A. D.; DRUMOND, L.; CAMARGO, A.; MINNA, J. H.; SCANDIUZZI, R.; RESENDE, J.; APONTE, J. Parâmetros de crescimento de uma pastagem de tifton 85 (“*Cynodon dactylon*” x “*Cynodon nlemfuensis*” cv. Tifton 68) irrigada e submetida ao manejo intensivo do pastejo. *FAZU em Revista*, n.3, p.25-27, 2006.
- ALENCAR, C. A. B. de; OLIVEIRA, R. A. de; MARTINS, C. E.; CÓSER, A. C.; FIGUEIREDO, J. L. A.; CUNHA, F. F. D. Irrigation depth and annual seasons in the soil cover and height of the grasses under cut. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 31, n. 3, p. 467-472, 2009.
- ANTONIEL, L. S.; PRADO, G. do; TINOS, C.; BELTRAME, G. A.; ALMEIDA, J. V. C. de; CUOCO, G. P. Pasture production under different irrigation depths. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.20, n.6, p-539– 544, 2016.
- BENEVUTE, P. A. N.; PASSOS, L. A. C.; MELO, L. B. B. de; SILVA, É. A. da; OLIVEIRA, G. C. de. Synthetic polymers on water retention and pore distribution in a clayey latosol. *Revista Scientia Agraria*, v. 17, n. 3, p. 24–30, 2016.
- BRAGA, G. J.; PEDREIRA, C. G. S.; HERLING, V. R.; LUZ, P. H. de C. Eficiência de pastejo de capim-marandu submetido a diferentes ofertas de forragem. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 42, n. 11, p. 1641-1649, 2007.
- DANTAS, G. D. F.; FARIA, R. T. D.; SANTOS, G. O.; DALRI, A. B.; PALARETTI, L. F. Produtividade e qualidade da brachiaria irrigada no outono/inverno. *Engenharia Agrícola*, v. 36, n. 3, p. 469-481, 2016.
- DIAVÃO, J.; SCHMITT, D.; MEDEIROS-NETO, C.; MARTINS, C. D. M.; SBRISIA, A. F. Acúmulo de forragem durante o período de ocupação dos animais em pastos sob lotação intermitente. *Ciência Animal Brasileira*, 18, 2017.

- DUPAS, E.; BUZETTI, S.; SARTO, A. L.; HERNANDEZ F. B. T.; BERGAMASCHINE, A. F. Dry matter yield and nutritional value of Marandu grass under nitrogen fertilization and irrigation in cerrado in São Paulo. *Revista Brasileira de Zootecnia*. v. 39, n.12, p. 2598-2603, 2010.
- EUCLIDES, V. P. B.; MONTAGNER, D. B.; BARBOSA, R. A.; NANTES, N. N. Manejo do pastejo de cultivares de *Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf e de *Panicum maximum* (Jacq.). *Ceres*, v. 61, n. 7, 2015.
- ESMAILI, S.; SALEHI H. Effects of temperature and photoperiod on postponing bermudagrass *Cynodon dactylon* turf dormancy. *Journal of plant physiology*, v. 169, n. 9 p. 851-858, 2012.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.
- FERREIRA, E. A.; ABREU, J. G. de; MARTINEZ, J. C.; BRAZ, T. G. dos S.; FERREIRA, D. P. Cutting ages of elephant grass for chopped hay production¹. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 48, n. 3, p. 245-253, 2018.
- FRANCISCO, E. A. B., BONFIM-SILVA, E. M., & TEIXEIRA, R. A. Aumento da produtividade de carne via adubação de pastagens. *Informações Agronômicas*. Piracicaba, INPI, 6-12, 2017.
[http://www.ipni.net/PUBLICATION/IABRASIL.NSF/0/57237C870591958D83258153006D5BFF/\\$FILE/Page6-12-158.pdf](http://www.ipni.net/PUBLICATION/IABRASIL.NSF/0/57237C870591958D83258153006D5BFF/$FILE/Page6-12-158.pdf)
- GHOSH, P. K.; PALSANIYA, D. R.; RAI, A. K.; KUMAR, S. Strategies for higher nutrient use efficiency and productivity in forage crops. In: RAKSHIT, A.; SINGH H. B.; SEN, A. (Ed.). *Nutrient use efficiency: from basics to advances*, New Delhi, Springer India. p.329-342, 2015.
- GOBBI, K. F.; GARCIA, R.; VENTRELLA, M. C.; FRÓES, A.; NETO, G.; ROCHA, G. C. Área foliar específica e anatomia foliar quantitativa do capim-braquiária e do amendoim-forrageiro submetidos a sombreamento. *Revista Brasileira Zootecnia*. v. 40, n. 7, p-1436-1444, 2011.
- GOMES, E. P.; RICKLI, M. E.; CECATO, U.; VIEIRA, C. V.; SAPIAS, J. G.; SANCHES, A. C. Produtividade do capim Tifton 85 sob irrigação e doses de nitrogênio. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.19, p. 317-323, 2015

- LOPES, M. N.; POMPEU, R. C. L. F. F.; SILVA, R. G. da; FILHO JOSÉ, G. L. R.; LACERDA C. F. de; BEZERRA, M. A. Fluxo de biomassa e estrutura do dossel em capim-braquiária manejado, sob lâminas de irrigação e idades de crescimento. *Bioscience Journal*. v.30, n.2, p.490–500, 2014.
- NOGUEIRA, S. F.; PEREIRA, B. F. F.; GOMES, T. M.; DE PAULA, A. M.; DOS SANTOS, J. A.; MONTES, C. R. Treated sewage effluent: Agronomical and economical aspects on bermudagrass production. *Agricultural water Management*, v. 116, p. 151-159, 2013.
- OLIVEIRA, M. A.; PEREIRA, O. G.; RIBEIRO, K. G.; SANTOS, M. E. R.; CHIZZOTTI, F. H.M.; CECON, P. R. Produção e valor nutritivo do capim-coastcross sob doses de nitrogênio e idades de rebrotação. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 63, p. 694–703, 2011.
- PEREIRA, F. F. S.; PAI, E. D.; MONTENEGRO, R. J. V.; ROMÁN, R. M. S.; GONZÁLEZ, A. M. G. O.; ESCOBEDO, J. F. Estudo Comparativo da evapotranspiração de referência entre localidades do estado de São Paulo e na província de Habana. *Irriga*, v. 21, n. 2, p. 395–408, 2016.
- QUEIROZ, D. S.; MENEZES, M. A.C.; OLIVEIRA, R. A. D.; VIANA, M. C. M.; SILVA, E. A. D.; RUAS, J. R. M. Nitrogen fertilization strategies for Xaraes and Tifton 85 grasses irrigated in the dry season. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.41, p.1832-1839, 2012.
- RAIJ, B. Van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, Ã. M. C. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. 285 p. Boletim técnico, 100.
- RIBEIRO, E. G.; FONTES, C. A. de A.; PALIERAQUI, J. G. B.; CÓSER, A. C.; MARTINS, C. E.; SILVA, R. C. da. Influência da irrigação, nas épocas seca e chuvosa, na produção e composição química dos capins Napier e Mombaça em sistema de lotação intermitente. *Revista Brasileira Zootecnia*. v. 38, n. 8, p. 1432-1442, 2009.
- SANCHES, A. C.; SOUZA, D. P. de.; JESUS, F. L. F. de; MENDONÇA, F. C.; GOMES, E. P. Crop coefficients of tropical forage crops, single cropped and overseeded with black oat and ryegrass. *Scientia Agricola*, v. 76, n. 6, p. 448-458, 2019.

- SANCHES, A. C.; SOUZA, D. P.de; MENDONÇA, F. C.; MAFFEI, R. G. Construction and calibration of weighing lysimeters with an automated drainage system. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 21, n. 7, p. 505-509, 2017a.
- SANCHES, A. C.; GOMES, E. P.; RICKLI, M. E.; FASOLIN, J. P. Productivity and nutritive value of Tifton 85 in summer, with and without irrigation under different nitrogen doses. *Engenharia Agrícola*, v. 37, n. 2, p. 246-256, 2017b.
- SANCHES, A. C.; GOMES, E. P.; RICKLI, M. E.; FRISKE, E. Produtividade, composição botânica e valor nutricional do Tifton 85 nas diferentes estações do ano sob irrigação. *Irriga, Edição Especial, Grandes Culturas*, p. 221-232, 2016.
- SANCHES, A. C.; GOMES, E. P.; RICKLI, M. E.; FASOLIN, J. P.; SOARES, M. R.; GOES, R. H. de. Produtividade e valor nutritivo do capim Tifton 85 irrigado e sobressemeado com aveia. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 19, n. 2, p. 126-133, 2015.
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. Á. D.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013a.
- SANTOS, P. M., CRUZ, P. G. DA, ARAUJO, L. C. DE, PEZZOPANE, J. R. M., VALLE, C. B. DO, PEZZOPANE, C. DE GI. Response mechanisms of *Brachiaria brizantha* cultivars to water deficit stress. *Revista Brasileira de Zootecnia*. v.42, n.11, p.767–773, 2013b.
- SIMONETTI, A.; MARQUES, W. M.; COSTA, L. V. C. Produtividade de Capim-Mombaça (*Panicum maximum*), com diferentes doses de biofertilizante. *Brazilian journal of Biosystems Engineering*, v. 10, n. 1, p. 107–115, 2016.
- SKONIESKI, F. R.; VIÉGAS, J.; BERMUDEZ, R. F.; NÖRNBERG, J. L.; ZIECH, M. F.; COSTA, O. A. D.; MEINERZ, G. R. Botanic and structural composition and nutritional value on intercropped ryegrass pastures. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 40, n. 3, p. 550-556, 2011.
- SOUZA, D. P.; SANCHES, A. C.; JESUS, F. L. F.; MENDONÇA, F. C. Yield and biometry of palisadegrass throughout the seasons of the year. *Australian Journal of crop Science*, v. 12, n. 12, p. 1866-1874, 2018.

- TEIXEIRA, A. M.; JAYME, D. G.; SENE, G.A.; FERNANDES, L. O. BARRETO, A. C.; RODRIGUES JÚNIOR, D. J.; GLÓRIA, J. R. Desempenho de vacas Girolando mantidas em pastejo de Tifton 85 irrigado ou sequeiro. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 65, n. 5, p. 1447-1453, 2013.
- VAN GENUCHTEN, M. T. A Closed-form Equation for Predicting the Hydraulic Conductivity of Unsaturated Soils¹ *Soil Science Society of America Journal*, 1980.
- ZANCHI, F. B.; WATERLOO, M. J.; AGUIAR, L. J. G.; Von RANDOW, C.; KRUIJT, B.; CARDOSO, F. L.; MANZI, A. O. Estimativa do índice de área foliar (IAF) e biomassa em pastagem no estado de Rondônia, Brasil. *Acta Amazônica*, n. 39, v. 2, p. 335-348, 2009.