

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

ANDRESSA RADTKE BAUNGRATZ

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E MORFOGÊNICAS DE *Megathyrus maximus* cv
ARUANA SUBMETIDA À ADUBAÇÃO NITROGENADA EM SISTEMA
SILVIPASTORIL E PLENO SOL**

MARECHAL CÂNDIDO RONDON

2022

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

ANDRESSA RADTKE BAUNGRATZ

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E MORFOGÊNICAS DE *Megathyrus maximus* cv
ARUANA SUBMETIDA À ADUBAÇÃO NITROGENADA EM SISTEMA
SILVIPASTORIL E PLENO SOL

Tese apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná como requisito parcial do Programa de Pós-graduação *stricto sensu* em Zootecnia para obtenção do título de Doutora em Zootecnia.

Orientador: Dr. Ériton Egidio Lisboa Valente

Coorientador: Dr. Vicente de Paulo Macedo

Coorientador: Dr. Newton Tavares Escocard de Oliveira

MARECHAL CÂNDIDO RONDON

2022

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Baungratz, Andressa Radtke

Características químicas e morfogênicas de *Megathyrus maximus* cv Auana submetida à adubação nitrogenada em sistema silvipastoril e pleno sol / Andressa Radtke Baungratz; orientador Ériton Egidio Lisboa Valente; coorientador Vicente de Paulo Macedo. -- Marechal Cândido Rondon, 2022.
78 p.

Tese (Doutorado Campus de Marechal Cândido Rondon) -- Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2022.

1. Forragicultura e pastagens. 2. Ovinocultura. 3. Silvipastoril. 4. Morfogênese. I. Valente, Ériton Egidio Lisboa, orient. II. Macedo, Vicente de Paulo, coorient. III. Título.

ANDRESSA RADTKE BAUNGRATZ

Características químicas e morfogênicas de *Megathyrus maximus* cv Aruana submetida à adubação nitrogenada em sistema silvipastoril e pleno sol

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de “Doutora em Zootecnia”, Área de Concentração “Produção e Nutrição Animal”, Linha de pesquisa “Produção e Nutrição de Ruminantes / Forragicultura”, APROVADA pela seguinte Banca Examinadora:

Orientador / Presidente – Prof. Dr. Ériton Egidio Lisboa Valente

Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) - *Campus* de Mal. Cândido Rondon

Membro – Prof.^a Dr^a Magali Floriano da Silveira

Universidade Tecnológica Federal do Paraná - *Campus* Dois Vizinhos

Membro – Prof. Dr. Laércio Ricardo Sartor

Universidade Tecnológica Federal do Paraná - *Campus* Dois Vizinhos

Membro – Prof. Dr. Eduardo Eustáquio Mesquita

Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) - *Campus* de Mal. Cândido Rondon

Membro – Prof.^a Dr^a Lilian Regina Rothe Mayer

Universidade Tecnológica Federal do Paraná - *Campus* Dois Vizinhos

Membro – Dr. André Luis Finkler da Silveira

Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná – Iapar-Emater (IDR-Paraná)

Marechal Cândido Rondon, 16 de dezembro de 2022.



unioeste

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46
Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>
Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000
Marechal Cândido Rondon - PR.



PARANÁ
GOVERNO DO ESTADO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

DECLARAÇÃO E PARECER DE PARTICIPAÇÃO EM BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE TESE DE DOUTORADO REALIZADA À DISTÂNCIA, DE FORMA SÍNCRONA, POR VIDEOCONFERÊNCIA

Eu, **Prof. Dr. Ériton Egidio Lisboa Valente**, declaro como **ORIENTADOR** que presidi os trabalhos de defesa à **distância, de forma síncrona e por videoconferência**, da Banca Examinadora de Defesa de Tese da candidata **Andressa Radtke Baungratz**, aluna de Doutorado deste Programa de Pós-Graduação.

Considerando o trabalho entregue, a apresentação e a arguição dos membros da Banca Examinadora, **formalizo como Orientador**, para fins de registro, por meio desta declaração, a decisão da Banca Examinadora de que a candidata foi considerada **APROVADA** na banca realizada em 16/12/2022, com o trabalho intitulado **“Características químicas e morfogênicas de *Megathyrus maximus* cv Aruana submetida à adubação nitrogenada em sistema silvipastoril e pleno sol”**.

Descreva abaixo observações e/ou restrições (se julgar necessárias):

Prof. Dr. Ériton Egidio Lisboa Valente - ORIENTADOR / PRESIDENTE

Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) / *Campus* de Mal. Cândido Rondon
Centro de Ciências Agrárias



unioeste

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46
Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>
Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000
Marechal Cândido Rondon - PR.



PARANÁ
GOVERNO DO ESTADO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

DECLARAÇÃO E PARECER DE PARTICIPAÇÃO EM BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DOUTORADO REALIZADA À DISTÂNCIA, DE FORMA SÍNCRONA, POR VIDEOCONFERÊNCIA

Eu, **Prof.^a Dr.^a Magali Floriano da Silveira**, declaro que **participei à distância, de forma síncrona e por videoconferência**, da Banca Examinadora de Defesa de Tese da candidata **Andressa Radtke Baungratz**, aluna de Doutorado deste Programa de Pós-Graduação.

Considerando o trabalho entregue, apresentado e a arguição realizada, **formalizo como Membro**, para fins de registro, por meio desta declaração, minha decisão de que a candidata pode ser considerada **APROVADA** na banca realizada em 16/12/2022, com o trabalho intitulado **“Características químicas e morfogênicas de *Megathyrus maximus* cv Aruana submetida à adubação nitrogenada em sistema silvipastoril e pleno sol”**.

Descreva abaixo observações e/ou restrições (se julgar necessárias):

Apresentar com mais profundidade o teu sistema silvipastoril. Detalhar melhor a metodologia. Ajustar as variáveis que mostraram interação em uma tabela específica. Conferir os dados de Produção de Matéria Seca. Seguir uma ordem na apresentação dos resultados. A discussão deve ser mais aprofundada na busca dos por quês.

Prof.^a Dr.^a Magali Floriano da Silveira
UTFPR – Campus de Dois Vizinhos



unioeste

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46
Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>
Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000
Marechal Cândido Rondon - PR.



PARANÁ
GOVERNO DO ESTADO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

DECLARAÇÃO E PARECER DE PARTICIPAÇÃO EM BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DOUTORADO REALIZADA À DISTÂNCIA, DE FORMA SÍNCRONA, POR VIDEOCONFERÊNCIA

Eu, **Prof. Dr. Laércio Ricardo Sartor**, declaro que **participei à distância, de forma síncrona e por videoconferência**, da Banca Examinadora de Defesa de Tese da candidata **Andressa Radtke Baungratz**, aluna de Doutorado deste Programa de Pós-Graduação.

Considerando o trabalho entregue, apresentado e a arguição realizada, **formalizo como Membro**, para fins de registro, por meio desta declaração, minha decisão de que a candidata pode ser considerada **APROVADA** na banca realizada em 16/12/2022, com o trabalho intitulado **“Características químicas e morfogênicas de *Megathyrus maximus* cv Aruana submetida à adubação nitrogenada em sistema silvipastoril e pleno sol”**.

Descreva abaixo observações e/ou restrições (se julgar necessárias):

As observações estão pontuadas na versão de correção do manuscrito enviado à doutoranda.

Prof. Dr. Laércio Ricardo Sartor
UTFPR – Campus de Dois Vizinhos



unioeste

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46

Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>

Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000

Marechal Cândido Rondon - PR.



PARANÁ

GOVERNO DO ESTADO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

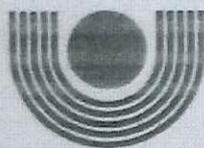
DECLARAÇÃO E PARECER DE PARTICIPAÇÃO EM BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DOUTORADO REALIZADA À DISTÂNCIA, DE FORMA SÍNCRONA, POR VIDEOCONFERÊNCIA

Eu, **Prof. Dr. Eduardo Eustáquio Mesquita**, declaro que **participei à distância, de forma síncrona e por videoconferência**, da Banca Examinadora de Defesa de Tese da candidata **Andressa Radtke Baungratz**, aluna de Doutorado deste Programa de Pós-Graduação.

Considerando o trabalho entregue, apresentado e a arguição realizada, **formalizo como Membro**, para fins de registro, por meio desta declaração, minha decisão de que a candidata pode ser considerada **APROVADA** na banca realizada em 16/12/2022, com o trabalho intitulado **“Características químicas e morfogênicas de *Megathyrus maximus* cv Aruana submetida à adubação nitrogenada em sistema silvipastoril e pleno sol”**.

Descreva abaixo observações e/ou restrições (se julgar necessárias):

Prof. Dr. Eduardo Eustáquio Mesquita
Unioeste – *Campus* de Mal. Cândido Rondon
Centro de Ciências Agrárias



unioeste

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46
Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>
Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000
Marechal Cândido Rondon - PR.



PARANÁ
GOVERNO DO ESTADO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

DECLARAÇÃO E PARECER DE PARTICIPAÇÃO EM BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DOUTORADO REALIZADA À DISTÂNCIA, DE FORMA SÍNCRONA, POR VIDEOCONFERÊNCIA

Eu, **Prof.^a Dr.^a Lilian Regina Rothe Mayer**, declaro que participei à distância, de forma síncrona e por videoconferência, da Banca Examinadora de Defesa de Tese da candidata **Andressa Radtke Baungratz**, aluna de Doutorado deste Programa de Pós-Graduação.

Considerando o trabalho entregue, apresentado e a arguição realizada, **formalizo como Membro Externo**, para fins de registro, por meio desta declaração, minha decisão de que a candidata pode ser considerada **APROVADA** na banca realizada em 16/12/2022, com o trabalho intitulado "**Características químicas e morfogênicas de *Megathyrus maximus* cv Aruana submetida à adubação nitrogenada em sistema silvipastoril e pleno sol**".

Descreva abaixo observações e/ou restrições (se julgar necessárias):

Correções dos itens identificados no corpo da tese; inserção de itens mencionados durante a arguição da candidata.

Prof.^a Dr.^a Lilian Regina Rothe Mayer
UTFPR - Campus Dois Vizinhos



unioeste

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46

Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>

Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000

Marechal Cândido Rondon - PR.



PARANÁ

GOVERNO DO ESTADO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

DECLARAÇÃO E PARECER DE PARTICIPAÇÃO EM BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DOUTORADO REALIZADA À DISTÂNCIA, DE FORMA SÍNCRONA, POR VIDEOCONFERÊNCIA

Eu, Dr. André Luís Finkler da Silveira, declaro que participei à distância, de forma síncrona e por videoconferência, da Banca Examinadora de Defesa de Tese da candidata **Andressa Radtke Baungratz**, aluna de Doutorado deste Programa de Pós-Graduação.

Considerando o trabalho entregue, apresentado e a arguição realizada, formalizo como **Membro Externo**, para fins de registro, por meio desta declaração, minha decisão de que a candidata pode ser considerada APROVADA na banca realizada em 16/12/2022, com o trabalho intitulado "Características químicas e morfológicas de *Megathyrus maximus* cv Aruana submetida à adubação nitrogenada em sistema silvipastoril e pleno sol".

Descreva abaixo observações e/ou restrições (se julgar necessárias):

Dr. André Luís Finkler da Silveira
Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná - IDR

DEDICATÓRIA

Àqueles que nunca soltaram a minha mão, que em meio a tempestade foram minha calma e em dias ensolarados a minha alegria. Pai e mãe, obrigada por todos os investimentos em mim e na minha educação, dedico esta conquista a vocês.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e por sempre guiar meus caminhos.

Aos meus pais Nelson e Enaide, por todo o amor e cuidado, por entenderem minha ausência em muitos momentos e sempre incentivarem a busca pelos meus sonhos.

Ao Tiago, meu fiel companheiro, por todo carinho e atenção, pela paciência e resiliência. Eu seguir firme até o fim também é mérito seu.

À UNIOESTE, em especial ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia pela oportunidade.

À CAPES, pela bolsa de estudos concedida.

À UTFPR-DV, por me acolher mais uma vez e possibilitar o desenvolvimento deste trabalho.

Ao professor Vicente, por aceitar mais este desafio e sempre me apresentar os melhores caminhos, obrigada pela amizade ao longo desses dez anos.

Aos meus colegas de labuta durante o trabalho em campo, ao grupo GEOVICAPRI, principalmente à Bruna e ao Leonardo, vocês foram excepcionais.

Aos professores Ériton, Eduardo e Newton, por acrescentarem na construção deste projeto.

Ao amigo Cleison e ao professor Raul pela ajuda com as análises estatísticas.

Aos que me acolheram em suas casas durante boa parte dessa jornada, meus compadres Jéssica e Rodrigo, e à querida Tânia, sempre serei grata.

A todos aqueles que por diversas vezes me estenderam a mão e disseram palavras de incentivo.

Muito obrigada!

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E MORFOGÊNICAS DE *Megathyrus maximus* cv
ARUANA SUBMETIDA À ADUBAÇÃO NITROGENADA EM SISTEMA
SILVIPASTORIL E PLENO SOL**

RESUMO

A busca por sistemas de produção sustentáveis está cada dia mais presente na produção de animais a pasto. Os sistemas silvipastoris são uma opção cujas características incrementam a produtividade e o sistema como um todo. Todavia, pastagens que alcancem elevada produtividade em determinadas épocas do ano, com elevada qualidade nutricional são um desafio. Desta forma, a utilização de adubação química com nitrogênio (N) é uma estratégia viável. O objetivo foi avaliar as características morfogênicas, estruturais e produtivas e composição mineral de *M. maximus* com influência da adubação nitrogenada em sistema pleno sol e silvipastoril. O estudo foi conduzido por 84 dias, divididos em quatro períodos experimentais. Os tratamentos avaliados foram: (1) pastagem de Aruana a pleno sol com adubação nitrogenada, (2) pastagem de Aruana a pleno sol sem adubação nitrogenada, (3) pastagem de Aruana em sistema silvipastoril com adubação nitrogenada e (4) pastagem de Aruana em sistema silvipastoril sem adubação nitrogenada. A caracterização de nutrientes, a excreção urinária de N e a quantidade retornada do nutriente foram determinadas a partir de quatro cordeiros em quadrado latino. A morfogênese das plantas foi influenciada pelos tratamentos e a adubação com N promoveu maiores densidades de perfilhos, aéreos e basilares. Maior índice de área foliar foi observado no sistema pleno sol assim como a produção de MS que foi maior no sistema pleno sol com adubação. A composição química de folhas e colmos foi influenciada positivamente pelo uso de adubação com N, enquanto os teores de MS, FDA e FDN foram maiores sem o fertilizante. Os tratamentos não influenciaram os teores de M.O. e C.O. do solo. Os teores de N nas folhas e colmos não foram influenciados pelos tratamentos, teores elevados de P e K foram observados no sistema silvipastoril. O pleno sol em conjunto com a adubação com N proporcionou melhores condições para o desenvolvimento e composição química bromatológica da forrageira.

Palavras-chave: composição mineral, densidade de perfilhos, IAF, morfogênese, nitrogênio.

CHEMICAL AND MORPHOGENESIS CHARACTERISTICS OF *Megathyrsus maximus* cv ARUANA SUBMITTED TO NITROGEN FERTILIZATION IN A SILVIPASTORIL SYSTEM AND FULL SUNLIGHT

ABSTRACT

The search for sustainable production systems is increasingly present in the production of pasture animals. Silvopastoral systems are an option whose characteristics increase productivity and the system as a whole. However, pastures that reach high productivity in certain times of the year, with high nutritional quality are a challenge. In this way, the use of chemical fertilization with nitrogen (N) is a viable strategy. The objective was to evaluate the morphogenetic, structural and productive characteristics and mineral composition of *M. maximus* under the influence of nitrogen fertilization in full sun and silvipastoral systems. The study was conducted for 84 days, divided into four experimental periods. The treatments evaluated were: (1) Aruana pasture in full sun with nitrogen fertilization, (2) Aruana pasture in full sun without nitrogen fertilization, (3) Aruana pasture in silvipastoral system with nitrogen fertilization and (4) Aruana pasture in silvipastoral system without nitrogen fertilization. Nutrient characterization, urinary excretion of N and the returned amount of the nutrient were determined from four lambs in a Latin square. Plant morphogenesis was influenced by the treatments and N fertilization promoted higher densities of tillers, aerial and basilar. Greater leaf area index was observed in the full sun system as well as the production of DM that was higher in the full sun system with fertilization. The chemical composition of leaves and stalks was positively influenced by the use of N fertilizer, while the contents of DM, ADF and NDF were higher without fertilizer. The treatments have not influenced the O.M. and O.C. contents of the soil. N contents in leaves and stalks were not influenced by the treatments, high P and K contents were observed in the silvipastoral system. Full sun combined with N fertilization provided better conditions for the development and bromatological chemical composition of forage.

Keywords: mineral composition, tiller density, LAI, morphogenesis, nitrogen.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|----|
| 3. CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS E MORFOFISIOLÓGICAS DE <i>Megathyrus maximus</i> cv Aruana COM ADUBAÇÃO NITROGENADA EM SISTEMA SILVIPASTORIL E PLENO SOL | 34 |
| Figura 1. Dados meteorológicos (temperaturas mínima e máxima, °C e precipitação, mm) observados durante as avaliações a campo (novembro/2019 a março/2020). Fonte: GPCS (2020). | 50 |
| Figura 2. Efeito do sombreamento e dias de avaliação sobre teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente ácido (FDA), fibra em detergente neutro (FDN) e lignina (LIG) de folhas de <i>Megathyrus maximus</i> | 51 |
| Figura 3. Efeito do sombreamento e dias de avaliação sobre teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente ácido (FDA), fibra em detergente neutro (FDN) e lignina (LIG) de colmos de <i>Megathyrus maximus</i> | 52 |
| 4. CARACTERIZAÇÃO DE NUTRIENTES E COMPOSIÇÃO MINERAL DE <i>Megathyrus maximus</i> EM SISTEMA INTEGRADO COM ADUBAÇÃO NITROGENADA | 55 |
| Figura 1. Dados meteorológicos (temperaturas mínima e máxima, °C e precipitação, mm) observados durante as avaliações a campo (novembro/2019 a março/2020). Fonte: GPCS (2020). | 75 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| 3. CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS E MORFOFISIOLÓGICAS DE <i>Megathyrus maximus</i> cv Aruana COM ADUBAÇÃO NITROGENADA EM SISTEMA SILVIPASTORIL E PLENO SOL | 34 |
| Tabela 1 – Efeito da adubação nitrogenada e sombreamento sobre taxa de aparecimento de folhas, taxa de alongamento de folhas, taxa de alongamento de colmos, taxa de senescência foliar, vida útil da folha, número de folhas vivas, comprimento final da folha intacta, comprimento final da folha desfolhada, densidade populacional de perfilhos aéreos, densidade populacional de perfilhos basais, índice de área foliar, produção de matéria seca total, massa de forragem e taxa de acúmulo diário de <i>Megathyrus maximus</i> | 53 |
| Tabela 2 – Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), resposta estimada da variável, teores de mínimos ou máximos (TM) e coeficiente de variação (CV%) de <i>Megathyrus maximus</i> em sistema silvipastoril e pleno sol..... | 54 |
| 4. CARACTERIZAÇÃO DE NUTRIENTES E COMPOSIÇÃO MINERAL DE <i>Megathyrus maximus</i> EM SISTEMA INTEGRADO COM ADUBAÇÃO NITROGENADA..... | 55 |
| Tabela 1. Efeito da adubação nitrogenada e sombreamento sobre teores de matéria orgânica, carbono orgânico e nitrogênio total e erro padrão da média de amostras de solo coletadas ao final do último período experimental nos diferentes tratamentos. | 76 |
| Tabela 2. Efeito da adubação nitrogenada e sombreamento sobre peso corporal (kg), lotação (kg/ha), excreção total de urina (L/ha x dia), nitrogênio urinário (g/L) e quantidade de nitrogênio retornado via urina (g/ha x dia) e erro padrão da média de cordeiros em sistema de sombreamento e pleno sol com e sem adubação nitrogenada. | 77 |
| Tabela 3. Efeito da adubação nitrogenada e sombreamento sobre teores de minerais (g/kg) e erro padrão da média de amostras de folhas e colmos de <i>Megathyrus maximus</i> cv. Aruana em sistema silvipastoril e pleno sol com e sem adubação. | 78 |

LISTA DE ABREVIATURAS

AF - área foliar
AIC – critério de informação de akaike
AOAC - Association of Official Analytical Chemists
ATP – adenosina trifosfato
BIC – critério de informação bayesiano
C.O. - carbono orgânico
C:N - relação carbono:nitrogênio
CA - carga animal
CEUA - Comissão de Ética no Uso de Animais
CFF - comprimento final da folha
CN - concentração de N
CONCEA - Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal
DPP - densidade populacional de perfilhos
DVF - duração de vida da folha
EE - extrato etéreo
EPM – erro padrão da média
ETU - excreção total de urina
FDA - fibra em detergente ácido
FDN - fibra em detergente neutro
Fil - filocrono
GMD – ganho médio diário
GPC - ganho de peso corporal
H + Al - acidez potencial
IAF - índice de área foliar
IMS - ingestão de matéria seca
LA - lotação animal
M.O. - matéria orgânica
MF - massa de forragem
MM - matéria mineral (cinzas)
MOS – matéria orgânica do solo
MS - matéria seca
NDT - nutrientes digestíveis totais
NFV - número de folhas vivas por perfilho
OF - oferta de forragem

Pf - peso final
pH - potencial hidrogeniônico
Pi - peso inicial
PM – peso médio
PU - produção de urina
PC – peso corporal
QNRU - quantidade de N retornada via urina
SB - soma de bases
TA - taxa de acúmulo diária
TAIC - taxa de alongamento de colmos
TAIF - taxa de alongamento de folhas
TapF - taxa de aparecimento de folhas
V % - saturação por bases
VC – variação estrutura de erros

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 11 |
| 2. Revisão | 12 |
| 2.1 <i>Megathyrus maximus</i> cv. Aruana..... | 12 |
| 2.2 Nitrogênio no ecossistema da pastagem | 13 |
| 2.3 Utilização de sistemas silvipastoris | 13 |
| 2.4 Morfogênese..... | 15 |
| 2.4.1 Características morfogênicas..... | 15 |
| 2.4.2 Características estruturais..... | 17 |
| 2.4.3 Características produtivas e de consumo | 18 |
| 2.5 Índice de área foliar (IAF) | 19 |
| 2.6 Dinâmica de nutrientes | 20 |
| 2.6.1 O nitrogênio no processo de ciclagem | 20 |
| 2.6.2 Fontes de nutrientes do sistema..... | 22 |
| 2.6.3 Importância da relação C:N no solo | 23 |
| 2.6 Referências bibliográficas..... | 24 |
| 3. CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS E MORFOFISIOLÓGICAS DE <i>Megathyrus maximus</i> COM ADUBAÇÃO NITROGENADA EM SISTEMA SILVIPASTORIL E PLENO SOL | 34 |
| Introdução | 35 |
| Material e métodos | 36 |
| Resultados | 41 |
| Discussão | 42 |
| Conclusões | 44 |
| Agradecimentos..... | 44 |
| Referências..... | 45 |
| Figuras e tabelas | 50 |
| 4. DINÂMICA DE NUTRIENTES E COMPOSIÇÃO MINERAL DE <i>Megathyrus maximus</i> EM SISTEMA INTEGRADO COM ADUBAÇÃO NITROGENADA | 55 |
| Introdução | 56 |
| Material e métodos | 58 |
| Resultados e discussão..... | 63 |
| Conclusões | 68 |
| Agradecimentos..... | 68 |
| Referências..... | 68 |

| | |
|-------------------------|----|
| Figuras e tabelas | 75 |
|-------------------------|----|

1. INTRODUÇÃO

As cultivares do gênero *Megathyrsus* apresentam elevado potencial de produção de matéria seca (MS), se estabelecendo com facilidade mesmo sendo exigente quanto a solos com fertilidade elevada. Em situações de exploração intensiva, a utilização de adubação nitrogenada proporciona melhora da composição química da forrageira, elevando os teores de proteína bruta (PB) e melhorando a digestibilidade da fibra (CECATO et al., 2001; GALINDO et al., 2017).

Cultivares como o *M. maximus* cv. Aruana apresentam potencial para utilização em sistemas com sombreamento, como os silvipastoris. Esses sistemas integrados de produção promovem benefícios para planta, solo e animal, visto que contribuem com a qualidade do solo e da forragem, promovem condições de conforto e bem-estar animal, auxiliam na recuperação de áreas degradadas e contribuem para a diversificação dos produtos produzidos em uma mesma área (MURGUEITIO et al., 2011; ABRAHAM et al., 2014; PACIULLO et al., 2014; LÓPEZ-CARRASCO et al., 2015; PACIULLO et al., 2017).

Condições de manejo adequadas e fertilizações periódicas proporcionam rendimento e perenidade elevados em forrageiras. Adubações com fertilizantes nitrogenados promovem o crescimento e desenvolvimento dos órgãos vegetais, promovendo aumento significativo no fluxo de tecidos (CABRAL et al., 2012; SACRAMENTO et al., 2019). As interações ecofisiológicas das plantas interferem diretamente no seu desenvolvimento e podem ser avaliadas por meio de técnicas de manejo como a morfogênese (SACRAMENTO et al., 2019). A morfogênese é definida como a dinâmica de crescimento e desenvolvimento da planta (LEMAIRE, 1997) e avalia a mesma como um todo, permitindo utilizar estratégias de manejo adequadas para o momento exato da necessidade fisiológica da planta.

O conhecimento das relações entre planta-animal dentro de um ecossistema de pastagem é necessário visando conhecer as variáveis que determinam a otimização do processo de uso da mesma, possibilitando ambientes que não limitem o animal nem a forrageira em situações de pastejo (CARVALHO et al., 2001). A utilização de variáveis estruturais e morfogênicas são muito empregadas quando o objetivo é conhecer as características e garantir condições de pasto adequadas aos animais, assegurando assim uma produção animal eficiente e sustentável (SANTOS et al., 2011).

Sistemas que adotem condições de manejo que promovam a ciclagem de nutrientes são cada vez mais utilizados com o objetivo de diminuir o total de áreas degradadas e otimizar a

produção, sabendo que o solo pode ser o maior reservatório de carbono (C) e nitrogênio (N) no sistema de produção. A serrapilheira, plantas em processo de senescência e excretas animais são as principais vias de retorno dos nutrientes por meio de sua decomposição, retornando parte daquilo que foi anteriormente investido no mesmo espaço (DE SÁ SOUZA et al., 2018). Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da adubação nitrogenada na morfogênese, composição química e mineral da Aruana e excreção urinária de N no silvipastoril e pleno sol.

2. Revisão

2.1 *Megathyrsus maximus* cv. Aruana

Originária do continente africano, a espécie *Panicum maximum* (sin. *Megathyrsus maximus*) apresenta elevado potencial de produção de matéria seca (MS) e qualidade nutricional e é considerada de fácil adaptação (JANK et al., 2017). Foi introduzida no mercado em 1989 pelo Instituto de Zootecnia (IZ), em Nova Odessa, estado de São Paulo. Por ser uma forrageira relativamente baixa e de caules curtos, é recomendada para alimentação de ovinos (SACRAMENTO et al., 2019).

Sua propagação é feita por sementes, o que facilita a ressemeadura da espécie, além disso, apresenta elevada capacidade de perfilhamento e rebrote, é tolerante ao pastejo excessivo e tem boa regeneração às condições extremas como geadas, fogo, erros de manejo e danos ocasionados por pragas, tendo média resistência às cigarrinhas da pastagem (SANTOS, 1999; JANK et al., 2010; DUARTE, 2011).

De forma geral, todos os cultivares do gênero *M. maximus* são exigentes quanto à fertilidade do solo. O cultivar Aruana, em especial, é uma gramínea perene de verão, muito adaptada às condições da região sul do Brasil e que apresenta elevada produção de MS (15 a 26 t ha⁻¹ ano⁻¹ de MS) e boa qualidade nutricional quando bem manejada e em condições de adubação, principalmente nitrogenada (COLOZZA et al., 2000; LAVRES JÚNIOR & MONTEIRO, 2006).

2.2 Nitrogênio no ecossistema da pastagem

A produtividade das forrageiras está relacionada à utilização de nutrientes como o nitrogênio (N), visto que ele participa da formação de proteínas, cloroplastos e demais compostos ativos nas sínteses de compostos orgânicos, responsáveis pela formação das estruturas vegetais (GOMES et al., 2020). A adição de N na fase vegetativa das plantas aumenta o crescimento da parte aérea, ocasionando melhora na captação da luz e atividade fotossintética, o que por sua vez melhora a absorção de nutrientes pelas raízes (FAGAN et al., 2016).

Além de ser o nutriente requerido em maior quantidade pelas plantas, o N é capaz de promover alterações nos teores de MS da forragem (FRANÇA et al., 2007) e reduzir os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e de fibra em detergente ácido (FDA) (CECATO et al., 2001). Modificações de características estruturais (tamanho de folha, densidade de perfilhos e número de folhas por perfilho) e morfogênicas (taxa de aparecimento foliar, taxa de alongamento foliar, senescência foliar) da planta também são interferidas pela presença do nutriente (SANTOS et al., 2012; GASTAL & LEMAIRE, 2015).

É um nutriente móvel e limitante na planta e no solo e normalmente assimilado na forma de aminoácidos. A assimilação de N nas folhas é influenciada pela quantidade de luz que afeta a fotossíntese e fornece esqueletos de carbono (C) para o processo (FAGAN et al., 2016). A disponibilidade de N para a planta pode ser observada a partir da rapidez com que novas gemas axilares de perfilhos são formadas (NABINGER & MEDEIROS, 1995).

A deficiência de N ocasiona prejuízo na síntese de proteínas, o que afeta diretamente a produção (ABREU et al., 2020). Em situações de falta, a alongação foliar e a emissão de perfilhos serão diminuídas e as raízes irão apresentar maior crescimento inicial, como mecanismo de captura do recurso no solo (NABINGER, 1996). Situações como queda de vigor e disponibilidade de forragem, aparecimento de espécies invasoras e menor resistência a pragas e doenças são indícios de esgotamento do nutriente no solo (PEREIRA & POLIZEL, 2016).

2.3 Utilização de sistemas silvipastoris

A demanda por sistemas pecuários que promovam benefícios ambientais, econômicos e sociais é cada vez maior. Os sistemas silvipastoris são exemplos disso, integram os elementos lenhoso, forragem e animal buscando favorecer a produtividade e a sustentabilidade por meio de efeitos como a ciclagem de nutrientes, proteção contra a erosão, modificação do microclima,

conforto térmico para os animais, estratificação do uso dos recursos, efeitos sobre pragas e demais (NAIR, 1993; PORFÍRIO-DA-SILVA, 2015).

Em sistemas integrados, interações como a redução da evapotranspiração, fixação de nitrogênio e condições de competição (água, luz e nutrientes) arbóreo e herbáceo são comuns e essenciais para a sustentabilidade e produtividade do sistema, principalmente quando houver situação de pastejo (BARRAGÁN-HERNÁNDEZ & CAJAS-GIRÓN, 2019). A queda de folhas das árvores é uma fonte contínua de material orgânico que serve como cobertura e enriquecimento do solo, interferindo diretamente na ciclagem de nutrientes (BALBINO et al., 2011).

Dos sistemas de produção integrados, cerca de 57% possuem como componente arbóreo espécies de eucalipto (*Eucalyptus* sp.), que em conjunto com o pins (*Pinus* sp.) são as espécies exóticas mais utilizadas. Estas, apresentam vantagens competitivas em relação às espécies nativas, devido às características de fomento industrial e institucional. Todavia, essa dependência de poucas variedades resulta em problemas como a perda de patrimônio genético e ameaça aos sistemas ecológicos e biomas onde o mesmo está inserido (BENTO, SCHMITT FILHO & FAITA, 2020). As espécies nativas ainda não possuem um mercado consolidado (BEHLING et al., 2013) e as pesquisas desenvolvidas concluem que o fornecimento de produtos florestais não madeireiros destas é promissor, proporcionando maior rentabilidade (TREVISAN et al., 2019).

Em condições de sombreamento, as plantas se aclimatam objetivando maximizar a eficiência do uso da radiação, mantendo os níveis de fotoassimilados adequados e atendendo demandas de manutenção e produção de novos tecidos (VALLADARES & NIINEMETS, 2008). Exemplo disso são as mudanças que podem ser observadas na morfologia e anatomia foliar como o estiramento foliar (PACIULLO et al., 2017), a redução da taxa de aparecimento de caules e o aumento do seu comprimento (ABRAHAM et al., 2014).

A adaptabilidade das plantas ao sistema como um todo é um fator indispensável para o bom andamento do conjunto. Espécies que sejam resistentes às condições de sombreamento imposto pelo componente arbóreo, bem como a resistência ao pastejo pelos animais devem ser priorizadas para utilização. Gramíneas do gênero *Megathyrsus* apresentam evidências de plasticidade adaptativa sob condições de sombreamento, tendo efeitos positivos sobre a morfologia da forrageira, principalmente altura da planta, largura da folha, comprimento e taxas de aparecimento do caule (VIAFARA, CLAVERO & ARAUJO-FEBRES, 1997; MEDINILLA-SALINAS et al., 2013; SANTIAGO-HERNÁNDEZ et al., 2016; PACIULLO et

al., 2017; SILVEIRA et al., 2017) e aspectos relativos à qualidade nutricional, como aumento do teor de proteína bruta (PB) (DURR & RANGEL, 2003; SANTIAGO-HERNÁNDEZ et al., 2016; PACIULLO et al., 2017).

A criação de ovinos vem se mostrando uma atividade promissora no estado do Paraná, e em situações de criação a pasto, o sistema silvipastoril é uma alternativa promissora que apresenta resultados positivos quando o sistema se encontra em equilíbrio. A região sul do país ainda é carente quanto à utilização destes sistemas para tal objetivo, todavia, resultados positivos como a melhoria da qualidade da pastagem (RIBASKI, RAKOCEVIK & PORFÍRIO-DA-SILVA, 2003), ganho de peso dos animais (SILVA & SAIBRO, 1998) e redução dos danos provocados por geadas nas forragens (PORFÍRIO-DA-SILVA, 1994; CARVALHO, 1998) já são evidenciados.

2.4 Morfogênese

A dinâmica de geração e expansão de órgãos vegetais no tempo e no espaço caracterizando assim toda a estrutura do dossel é um dos conceitos explicados e conhecidos como morfogênese (LEMAIRE & CHAPMAN, 1996). A capacidade de uma planta emitir folhas de meristemas remanescentes assim como gerar novos perfilhos que irão dar início a uma nova área foliar é o que garante a perenidade da planta mesmo após cortes e pastejos. Sendo assim, o manejo a ser adotado com a forrageira é dependente do conhecimento da dinâmica de crescimento e desenvolvimento da planta (SILVA, 2011).

As características morfogênicas são influenciadas diretamente por fatores externos como a quantidade e qualidade de luz que chega à planta, temperatura, precipitação, adubação, o número de animais em pastejo e o manejo adotado, que podem alterar o tamanho das folhas, a densidade e a quantidade das mesmas nos perfilhos. Uma vez que todos estes fatores se encontram em equilíbrio, observa-se elevada produção de matéria seca (MS), proporcionada por elevadas taxas de rebrota com alongamento foliar e aparecimento de novos perfilhos (SILVA et al., 2013, MARTINS, 2014).

2.4.1 Características morfogênicas

A dinâmica de desenvolvimento e crescimento das plantas, envolvendo o crescimento até a morte, pode ser estudada por meio de marcações individuais em cada perfilho (LEMAIRE,

AGNUSDEI, 2000; PONTES, 2000). Esta técnica é muito empregada quando o objetivo é avaliar a taxa de crescimento da forragem em pastejo (ALMEIDA et al., 2000). Quando em desenvolvimento vegetativo, a morfogênese pode ser definida pela taxa de aparecimento de folhas (TapF), taxa de alongamento de folhas (TAIF) e colmo (TAIC) e duração de vida da folha (DVF) (CHAPMAN & LEMAIRE, 1993; VIEIRA & MOCHEL FILHO, 2010).

A TapF (número de folha/dia/perfilho) mede a dinâmica do fluxo de tecido das plantas, interferindo diretamente nos componentes de estrutura da forragem, como a densidade de perfilhos, tamanho das folhas e número de folhas vivas por perfilho (LEMAIRE & CHAPMAN, 1996). A TAIF tem relação com alterações na estrutura do pasto, principalmente no comprimento final da folha, uma vez que considera as diferentes fases de desenvolvimento das folhas durante a formação de um perfilho, desde a expansão, emergência e expansão completa (GOMIDE & GOMIDE, 2000). É a variável que tem maior relação com a produção por perfilho e produção total de MS, servindo como base para mensurar o potencial produtivo da forragem (HORST, 1978; NELSON & ZARROUGH, 1981; CASTAGNARA, 2009).

O intervalo de tempo para o aparecimento de duas folhas consecutivas, sendo o inverso da TapF, é definido como filocrono (WILHELM & MCMASTER, 1995). Em condições ambientais constantes, o filocrono é relativamente contínuo durante o desenvolvimento vegetativo de um perfilho (GOMIDE, 1997). A TAIC por sua vez interfere diretamente na estrutura do pasto e na competição por luz, principalmente em forrageiras tropicais, que possuem hábito de crescimento ereto (SBRISSIA & DA SILVA, 2001). O desenvolvimento dos colmos pode afetar o desempenho dos animais em pastejo, uma vez que promove uma diminuição da relação folha:colmo, pela sua interferência na estrutura do dossel e alteração na produção de MS (EUCLIDES, 2000).

O intervalo de tempo em que uma folha permanece verde até o aparecimento da senescência é definido como a DVF. Esta variável, bem como a senescência são influenciadas pela temperatura assim como a TapF, o que significa que quando um perfilho atinge seu número máximo de folhas têm-se equilíbrio entre a taxa de surgimento e a senescência das folhas (SILVA, 2011). A redução da atividade metabólica da folha caracteriza o processo de senescência foliar, podendo ser influenciada por condições adversas assim como as demais variáveis.

2.4.2 Características estruturais

A avaliação dos componentes morfogênicos e a relação folha:colmo determinam componentes estruturais do pasto como o número de folhas vivas por perfilho (NFV), o comprimento final da folha (CFF) e a densidade populacional de perfilhos (DPP) (CHAPMAN & LEMAIRE, 1993). Quando a forrageira não apresentar deficiências nutricionais ou hídricas, o NFV será relativamente estável, isso porque em determinado momento do desenvolvimento da planta, para cada folha que passa a senescer, surge uma nova. A avaliação das taxas relacionadas à sobrevivência e desenvolvimento da folha são de extrema importância para estimar e/ou aproximar o momento e a frequência de pastejo ideal, evitando perdas por senescência (HODGSON, 1990; SILVA, 2011).

O comprimento da folha é uma característica vegetal plástica que responde à intensidade de desfolhação, que por sua vez auxilia a planta na resistência ao pastejo (LEMAIRE & CHAPMAN, 1996). O tamanho final da folha é influenciado pelo comprimento da bainha foliar, que irá promover maior multiplicação celular em folhas maiores (DURU & DUCROCQ, 2000). Pastos sujeitos a intensidades de desfolhação elevadas apresentam comprimento foliar menor, todavia, quando a planta atinge 95% de interceptação luminosa durante o processo de rebrota, e a intensidade da desfolha é diminuída, o acúmulo de colmo passa a ser elevado, bem como de material morto, alterando a estrutura do pasto (SILVA, 2011).

O perfilho é a unidade básica de crescimento das gramíneas, e uma pastagem é então considerada como uma população de perfilhos. Uma única planta pode apresentar gerações diferentes de perfilhos, isto porque cada gema axilar pode formar um perfilho novo. O número de perfilhos vivos de uma planta é determinado pela relação periódica entre o aparecimento de novos perfilhos e a sua longevidade. Assim, a densidade de perfilhos de uma pastagem é resultado do equilíbrio entre a taxa de aparecimento de perfilhos e de mortalidade dos mesmos. Quando a planta se encontra em estágio vegetativo, o surgimento de perfilhos é intenso, ao contrário da fase reprodutiva, quando o perfilhamento é cessado e a planta apresenta aumento de peso em virtude do crescimento dos perfilhos existentes. Isso pode ser evidenciado ao encontrar touceiras pesadas com população diminuída de perfilhos (SILVEIRA et al., 2010; COSTA, 2011).

2.4.3 Características produtivas e de consumo

A produção de MS da planta está diretamente relacionada à quantidade de luz incidente por ela interceptada e à distribuição dos tecidos produzidos (SBRISSIA, 2004). Quando em crescimento, a planta prioriza a produção de folhas e a quantidade de massa passa a ser aumentada, assim como a sobreposição das folhas, ocasionando sombreamento entre as mesmas. Quando é submetida ao pastejo ou corte, a planta busca refazer sua área foliar objetivando maximizar novamente a captura de luz. Além disso, a competição por luz promove o aceleração do crescimento de colmos, reduzindo assim a quantidade de folhas (PEREIRA & POLIZEL, 2016).

Quando utilizada na avaliação de plantas forrageiras, a produção de MS é comumente avaliada em um determinado período ou espaço de tempo (FERNANDEZ et al., 1991; THOM et al., 1990), sendo assim, a produção de MS é frequentemente apresentada em toneladas de MS por hectare por dia ($t\ ha^{-1}\ dia^{-1}$ de MS) (CECATO, 1993; MONTEIRO, 1996).

Diferentes características ambientais podem interferir no desenvolvimento da planta, variáveis como clima, temperatura, pluviosidade, características e pH do solo e demais influenciam desde a implantação até a senescência de determinada forrageira. A atividade fotossintética bem como práticas de adubação com nitrogênio (N) são condições que interferem de forma direta na proporção de folhas em um dossel, visto que participam de processos de desenvolvimento das lâminas - relacionados principalmente ao número e tipo de células presentes nas folhas (GUARDA & CAMPOS, 2014).

O aumento da quantidade de folhas em um dossel promove o auto sombreamento do mesmo, fazendo com que a planta acumule colmo na tentativa de impulsionar as folhas jovens para os estratos superiores a fim de obter luz (CRUZ et al, 2021). Isto confirma a ideia de que o aumento da disponibilidade de N e maior taxa de aparecimento de folhas resultam em elevação da taxa de colmos (ABREU et al., 2020), que juntos estimulam a elevação da densidade populacional de perfilhos e o acúmulo de forragem (SILVA et al., 2015).

Relativo ao consumo pelos animais, o controle do desenvolvimento do colmo é de extrema importância, visto que o mesmo apresenta qualidade inferior quando comparado às folhas e tem influência negativa no comportamento ingestivo (FONSECA, SANTOS & MARTUSCELLO, 2010). Algumas espécies animais, a exemplo dos ovinos, possuem preferência por folhas, principalmente as suas pontas, promovendo assim um rebaixamento da altura da pastagem aos poucos (SOUZA et al., 2018). Características como estas devem ser

decisivas na escolha do manejo a ser adotado, priorizando sempre maiores quantidades de folhas à colmos.

2.5 Índice de área foliar (IAF)

O índice de área foliar (IAF) representa a junção das características morfogênicas e estruturais de uma planta, além disso, reflete o balanço de todos os processos que ocorrem durante o desenvolvimento da mesma, como os de oferta (fotossíntese) e demanda de fotoassimilados (respiração, acúmulo de reservas, síntese e senescência de tecidos), influenciando assim no ritmo de desenvolvimento e crescimento da forragem (NABINGER & CARVALHO, 2009).

A área foliar é determinada pelo comprimento das folhas, o que é alterado conforme o consumo dos animais, pela desfolhação. Por este motivo, entende-se que o conjunto de características estruturais de uma pastagem (número de folhas vivas em cada perfilho, tamanho de folha, densidade populacional de perfilhos) definem o IAF em pastagens compostas por gramíneas (LEMAIRE & CHAPMAN, 1996). Isso explica porque em pastos com altura maior a quantidade de perfilhos é menor e estes são maiores e pastos com altura menor apresentam maiores quantidades de perfilhos menores, cujo objetivo é otimizar seu IAF (SANTOS, 2014). Isso explica o fato da característica estrutural de densidade populacional de perfilhos ser a que apresenta maior flexibilidade de ajuste mesmo em condições de diferentes regimes de desfolha (MATTHEW et al., 2000).

A faixa de IAF ótimo para forrageiras do gênero *Panicum* encontra-se entre 3 e 5; valores abaixo indicam taxa de crescimento reduzida e ao alcançar o índice ótimo, a tendência é que ocorra estabilidade ou redução, por conta do sombreamento promovido pela porção inferior da planta (HUMPHREYS, 1991). Após a desfolhação, as forrageiras são incapazes de manter um elevado potencial de crescimento, mesmo tendo como possibilidade a mobilização de reservas de hidratos de carbono e alterações na área foliar (IRVING, 2015; CHAPMAN, 2016). Todavia, a desfolha estimula o desenvolvimento de novos perfilhos, por conta da maior quantidade de luz que adentra o dossel e chega até a base da planta e a decapitação do meristema apical (GAUTIER et al., 1999; MCSTEEN, 2009).

Para que a planta atinja o máximo acúmulo de forragem mesmo em condições de desfolha, a mesma deve apresentar maiores alturas de copa e intervalos de tempo mais longos. Esse atraso na recuperação do dossel em condições pós-pastejo pode ser explicado pela

necessidade de a planta apresentar elevada taxa de aparecimento de novos perfilhos, o que pode ter influência conforme a espécie da forrageira em questão (MARTINS et al., 2021). De forma geral, o IAF é dependente de diferentes questões - a espécie forrageira escolhida, condições de sombreamento oferecidas ao dossel, utilização de técnicas de adubação, intensidade de pastejo e demais.

2.6 Dinâmica de nutrientes

Um ecossistema é definido como um sistema complexo e interdependente, constituído por herbívoros, plantas e condições edafoclimáticas locais; dentro dele ocorrem processos dinâmicos oriundos das inter-relações entre plantas, animais, solo e clima, assim, o conhecimento destas trocas é necessário para um uso eficiente dos recursos naturais (SANTOS et al., 2011). Ao aplicarmos estes conceitos em um ecossistema de pastagem, a cobertura vegetal de uma área pode ser classificada como a base da biodiversidade, que serve como alimento para os herbívoros que se alimentam desta por meio do pastejo (ROOK & TALLOWIN, 2003).

O fluxo ou movimentação dos nutrientes nos diferentes compartimentos do ecossistema de pastagem dão origem ao processo conhecido por ciclagem de nutrientes, visto que a disponibilidade destes pode ser alterada conforme as necessidades de utilização de organismos que integram o sistema - microbiota do solo, espécies vegetais e animais em pastejo, processo conhecido por ciclo biogeoquímico (DUBEUX JÚNIOR et al., 2006; DE SÁ SOUZA et al., 2018).

A eficiência com que os nutrientes excretados são reciclados no sistema depende de fatores relativos ao manejo animal, condições climáticas e do solo. De forma geral, o que é excretado pelos animais é rapidamente mineralizado pelos microrganismos do solo, podendo ser reutilizado pelas plantas forrageiras para seu crescimento e desenvolvimento - estima-se que cerca de 60-90% dos nutrientes ingeridos retornam ao sistema via excretas (RODRIGUES, 2000).

2.6.1 O nitrogênio no processo de ciclagem

Dentro dos ecossistemas de pastagens, a vegetação, os animais e os microrganismos são considerados os fatores bióticos, enquanto que condições de umidade e a energia radiante são

classificados como abióticos. Juntos, são responsáveis pela sua movimentação entre os diferentes compartimentos - atmosfera, solo, espécies vegetais e animais, ricos em nutrientes como o N (DUBEIX JÚNIOR et al., 2007). O N está presente no solo na forma orgânica, podendo ser oriundo do fluxo anual do sistema ou ainda de processos dependentes da atividade da microbiota do solo, como a mineralização e a imobilização (RODRIGUES, 2000).

Nutrientes como o N podem ser introduzidos no sistema de forma natural, pela incorporação no sistema através da fixação biológica, precipitação pluvial e deposição atmosférica, e não natural, por meio de fertilização química e suplementação animal (Dias-Filho, 2006). Quando ficam na superfície do solo, constituem uma reserva de nutrientes que pode ter disponibilização rápida e intensa ou lenta e gradual, cuja variação ocorre pelos mesmos motivos da incorporação além da qualidade e quantidade de resíduo vegetal disponível (OLIVEIRA et al., 2002; ROSOLEM et al., 2003).

Quando disponibilizado para as plantas, o N eleva a taxa fotossintética das folhas, aumenta a produção de MS e o vigor de rebrota, o que promove maior capacidade de suporte da pastagem. Além disso, o valor nutritivo é melhorado, principalmente pelo aumento do teor de PB e da proporção de folhas, o que eleva o consumo animal e a digestibilidade da MS (GOMIDE, 1989; RODRIGUES, 2000). Em resumo, o uso de adubos nitrogenados minerais promove incrementos na produtividade animal, observados pelo aumento na quantidade de produtos produzidos (kg de leite/carne ha⁻¹ano⁻¹). Além de que aumenta o processo de ciclagem por meio da deposição de partes de plantas não consumidas pelos animais no solo, pelo processo de decomposição (MONTEIRO & WERNER, 1998).

Estudos indicam que para cada 1 kg de N aplicado nas plantas forrageiras tropicais podem apresentar uma produção de 40 a 70 kg de MS de forragem (CORSI & NÚSSIO, 1993). Além da fertilização química, os alimentos fornecidos aos animais podem contribuir para o conjunto de nutrientes na pastagem, a exemplo da suplementação com grãos, silagem, feno e subprodutos e/ou misturas (MOTT, 1974). A combinação da suplementação animal e a fertilização da pastagem podem proporcionar benefícios mais significativos quanto à produtividade e questões econômicas, se comparados à utilização de apenas uma das técnicas (RUSSELLE, 1997).

2.6.2 Fontes de nutrientes do sistema

Os nutrientes do sistema podem ser oriundos de fontes internas ou externas. As internas estão relacionadas com a realimentação de determinados pontos enquanto que as externas fazem parte do grupo daqueles que podem ser adicionados ao mesmo. O estabelecimento e a produtividade das plantas inseridas nesse sistema são influenciados pela disponibilidade de nutrientes, sobretudo aqueles presentes no solo, uma vez que os elementos químicos inseridos no conjunto solo:planta:animal desempenham funções vitais para o bom funcionamento do mesmo (RODRIGUES, 2000).

Os herbívoros possuem papel importante no processo de movimentação dos nutrientes minerais no sistema, pois, à medida que se alimentam das forrageiras, caminham e excretam, auxiliam na incorporação dos mesmos (RODRIGUES, 2000; SANTOS et al., 2011). A quantidade de minerais retida nestes e excretadas pelos mesmos varia conforme a categoria animal, idade, condição corporal e fisiológica, estágio de produção e nível de consumo de forragem (RODRIGUES, 2000).

O pastejo pode influenciar a dinâmica de nutrientes por meio de diferentes situações, como: alteração na capacidade de absorção de nutrientes - ocasionada pela remoção das raízes das plantas, recolocação dos nutrientes oriundos do pastejo, comum em situações aonde os animais são realocados de piquetes, concentrações de excretas em áreas específicas da pastagem, conversão de nutrientes e alterações das condições físicas do solo a exemplo da compactação por condições adversas como superpastejo (SANTOS et al., 2011).

A passagem dos nutrientes pelo organismo animal é outra via de ciclagem muito importante dentro do sistema, isto porque a maior parte dos nutrientes minerais, inclusive o N, é ingerida e retorna ao sistema via excretas. A proporção destes nutrientes que é ciclada depende da quantidade de forragem ingerida pelo animal e a sua composição química (MONTEIRO & WERNER, 1998; BARCELLOS et al., 2008). O teor de N excretado nas fezes é relativamente constante, dessa forma, o nível de ureia presente na dieta do animal parece ser o responsável pelo consumo de N (RODRIGUES, 2000). Além disso, minerais como N, potássio (K) e Boro (B) são facilmente absorvidos pelos animais, conseqüentemente facilmente excretados via urina (BARROW & LAMBOURNE, 1962), representando 50 a 80% da deposição mineral total (BARCELLOS et al., 2008).

A excreta animal é responsável pelo retorno de aproximadamente 70 a 95% dos nutrientes ingeridos pelos animais (BALBINOT JÚNIOR et al., 2009). Além da excreta, a camada de resíduos depositada sobre o solo proveniente de processos como a senescência e

abscisão foliar (serrapilheira) armazena grandes quantidades de nutrientes, os quais irão retornar ao solo por processos de decomposição de microrganismos (DUBEUX JÚNIOR et al., 2006; TROEH & THOMPSON, 2007; VENDRAMINI et al., 2014). Quando comparada com a deposição de minerais via urina e fezes, a serrapilheira é mais efetiva, isto porque sua distribuição é mais homogênea (VENDRAMINI et al., 2007).

2.6.3 Importância da relação C:N no solo

A relação carbono:nitrogênio (C:N) da matéria orgânica do solo (MOS) determina a velocidade da decomposição dos resíduos e interfere na mineralização e imobilização do N pela microbiota do solo, assim, é um dos principais fatores que interferem diretamente na dinâmica do N (DE SÁ SOUZA et al., 2018). Mesmo sendo considerada a maior reserva de nutrientes, a MOS não pode ser apontada como a principal fonte imediata nutricional para os vegetais, pois sua taxa de mineralização é relativamente baixa. Praticamente todo o N contido no solo está ligado à matéria orgânica e a quantidade disponibilizada para as plantas é inferior àquela requerida para atender as exigências das gramíneas forrageiras tropicais (COSTA et al., 2006; DUBEUX JÚNIOR et al., 2007).

O solo é considerado como o maior reservatório mundial de C, e as pastagens possuem papel fundamental na movimentação e sobre o conteúdo desse elemento no solo (ASSEFA et al., 2017). A quantidade expressiva de C na MOS e o processo lento de decomposição no ecossistema tornam os valores de C provenientes das pastagens importantes no somatório do total da quantidade circulante no planeta e estocado no solo (BRAGA, 2006).

A relação C:N é importante para a determinação da competição entre os nutrientes essenciais para os microrganismos do solo, uma vez que é um indicador da decomposição da matéria orgânica do solo, informando sobre a humidificação do mesmo (LUCHESE et al., 2002). A quantidade de N presente nessa relação está ligada com o processo de mineralização do mesmo - quanto menor for a relação C:N dos resíduos vegetais, mais rápido será este processo (TROEH & THOMPSON, 2007). Quando a relação é maior, o N pode ser imobilizado, sendo convertido em N orgânico à medida que os microrganismos utilizam os íons amônio e nitrato para a síntese de proteína, o que torna o nutriente indisponível para os vegetais (LOPES, 1998; TROEH & THOMPSON, 2007).

2.6 Referências bibliográficas

- ABRAHAM, E.M.; KYRIAZOPOULOS, A.P.; PARISSI, Z.M. et al. Growth, dry matter production, phenotypic plasticity, and nutritive value of three natural populations of *Dactylis glomerata* L. under various shading treatments. **Agroforestry Systems**, v.88, n.2, p.287–299, 2014.
- ABREU, M.J.I.D.; PAULA, P.R.P.; TAVARES, V.B. et al. Morfogênese, características estruturais e acúmulo de forragem do *Megathyrus maximus* BRS Zuri submetido à adubação nitrogenada. **Boletim De Indústria Animal**, v. 77, p. 1-17, 2020.
- ALMEIDA, E.X.D.; MARASCHIN, G.E.; HARTHMANN, O.E.L. et al. Oferta de forragem de capim-elefante anão ‘Mott’ e a dinâmica da pastagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.5, p.1281-1287, 2000.
- ASSEFA, D.; REWALD, B.; SANDÉN, H. et al. Deforestation and land use strongly effect soil organic carbon and nitrogen stock in Northwest Ethiopia. **Catena**, v.153, p.89-99, 2017.
- BALBINO, L.C.; CORDEIRO, L.A.M.; PORFÍRIO DA SILVA, V. et al. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.10, p.1-12, 2011.
- BALBINOT JÚNIOR, A.A.; MORAES, A.; VEIGA, M. et al. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. **Ciência Rural**, v.39, n.6, p.1925-1933, 2009.
- BARCELLOS, A.O.; RAMOS, A.K.B.; VILELA, L. et al. Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína, nos trópicos brasileiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.SPE, p.51-67, 2008.
- BARRAGÁN-HERNÁNDEZ, W.A.; CAJAS-GIRÓN, Y.S. Bromatological and structural changes in *Megathyrus maximus* in four silvopastoral arrangement systems. **Ciencia y Tecnología Agropecuaria**, v.20, n.2, p.245-258, 2019.
- BARROW, N.J.; LAMBOURNE, L.J. Partition of excreted nitrogen, sulfur, and phosphorus between the faeces and urine of sheep being fed pasture. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.13, n.3, p.461-471, 1962.
- BEHLING, M.; PEDREIRA, B.C.E.; CARNEVALLI, R. A. et al. Pastagens: Planejamento da arborização de pastagens para produção de Leite. **Revista Leite Integral**, p.14–21, 2013.
- BENTO, G.P.; SCHMITT FILHO, A.L.; FAITA, M.R. Sistemas silvipastoris no Brasil: uma revisão sistemática. **Research, Society and Development**, v.9, n.10, p.e7019109016-e7019109016, 2020.

- BRAGA, G. Sequestro de carbono em pastagens cultivadas. **Pesquisa & Tecnologia**, v.7, n.1, p.1-6, 2006.
- CABRAL, W.B.; SOUZA, A.L.; ALEXANDRINO, E. et al. Características estruturais e agronômicas da *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés submetida a doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, n.4, p.846-855, 2012.
- CARVALHO, M.M. 1998. **Arborização de pastagens cultivadas**. Juiz de Fora: MG. EMBRAPA CNPGL, 37p. (Documentos-64).
- CASTAGNARA, D.D. **Adubação nitrogenada sobre o crescimento, a produção e a qualidade de gramíneas forrageiras tropicais**. 2009. 97f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Marechal Cândido Rondon.
- CECATO, U. **Influência da frequência de corte, níveis e formas de aplicação de nitrogênio na produção e composição bromatológica do Capim Aruana (*Panicum maximum* Jacq. cv. Aruana)**. 1993. 112f. Tese (Doutorado em Produção Animal) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- CECATO, U.; CASTRO, C.R.C.; CANTO, M.W. et al. Perdas de forragem em capim tanzânia (*Panicum maximum* Jacq cv. Tanzânia-1) manejado sob diferentes alturas de pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.2, p.295-301, 2001.
- CHAPMAN, D.F. Using ecophysiology to improve farm efficiency: application in temperate dairy grazing systems. **Agriculture**, v.6, n.2, p.17-36, 2016.
- CHAPMAN, D.F.; LEMAIRE, G. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 17., 1993, New Zealand. **Proceedings...** New Zealand: New Zealand Grassland Association, 1993. p.55-64.
- COLOZZA, M.T.; DE CASTRO KIEHL, J.; WERNER, J.C. et al. Respostas de *Panicum maximum* cultivar Aruana a doses de nitrogênio. **Boletim de Indústria Animal**, v.57, n.1, p.21-32, 2000.
- CORSI, M.; NUSSIO, G. Manejo do capim elefante: correção e adubação do solo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 10., 1992, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1993. p. 87-117.
- COSTA, K.P.; DE OLIVEIRA, J.; FAQUIN, V. 2006. **Adubação nitrogenada para pastagens do gênero *Brachiaria* em solos do Cerrado**. Santo Antônio de Goiás: GO. Embrapa Arroz e Feijão, 60p. (Documentos-192).

- CRUZ, N.T.; PIRES, A.J.V.; FRIES, D.D. et al. Fatores que afetam as características morfológicas e estruturais de plantas forrageiras. **Research, Society and Development**, v.10, n.7, p.e5410716180-e5410716180, 2021.
- DE SÁ SOUZA, M.; JARDIM, A.M.D.R.F.; JÚNIOR, G.D.N.A. et al. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas de pastagens tropicais. **Pubvet**, v.12, n.5, p.1-9, 2018.
- DIAS FILHO, M. Degradação e recuperação de pastagens. In: PEDREIRA, C.G.S., MOURA, J.C., SILVA, S.C. et al. (Ed.). **As pastagens e o meio ambiente**. 1.ed. Piracicaba: FEALQ, 2006. p. 520.
- DUARTE, A.L.M. Pastos de capim aruana para ovinos. **Pesquisa & Tecnologia**, v.8, n.37, 2011.
- DUBEUX JÚNIOR, J., SOLLENBERGER, L., MATHEWS, B. et al. Nutrient cycling in warm-climate grassland. **Crop Science**, v.47, n.3, p.915-928, 2007.
- DUBEUX JÚNIOR, J.; LIRA, M.D.A.; SANTOS, M.D. et al. Fluxo de nutrientes em ecossistemas de pastagens: impactos no ambiente e na produtividade. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DA PASTAGEM, 23., 2006, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2006. p.439-506.
- DURR, P.A.; RANGEL, J. The response of *Panicum maximum* to a simulated subcanopy environment: 2. soil x shade x water interaction. **Tropical Grasslands**, v.37, n.1, p.1-10, 2003.
- DURU, M.; DUCROCQ, H. Growth and senescence of the successive grass leaves on a tiller, Ontogenic development and effect of temperature. **Annals of Botany**, v.85, n.5, p.635-643, 2000.
- FAGAN, E.B.; ONO, E.O.; RODRIGUES, J.D. et al. **Fisiologia vegetal: metabolismo e nutrição mineral**. 1.ed. São Paulo: Editora Andrei, 2016. 305 p.
- FERNANDEZ, D. et al. Influencia de la fertilization con nitrogen y la frecuencia de corte en bermuda cruzada 1 (*Cynodon dactylon*) con riego y sin riego. I Rendimiento y economia. **Herbage Abstract**, v.61, n.9, p.14. 1991.
- FONSECA, D.M.; SANTOS, M.E.R.; MARTUSCELLO, J.A. Importância das forrageiras no sistema de produção. In: FONSECA, D.M.; MARTUSCELLO, J.A. (Ed.). **Plantas Forrageiras**. 1.ed. UFV, 2010. 537 p.
- FRANÇA, A.F.S.; BORJAS, A.L.R.; OLIVEIRA, E.R. et al. Parâmetros nutricionais do capim-tanzânia sob doses crescentes de nitrogênio em diferentes idades de corte. **Ciência Animal Brasileira**, v.8, n 4, p.695-703, 2007.

- GALINDO, F.S.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M.C.M. et al. Application of different nitrogen doses to increase nitrogen efficiency in Mombasa guinegrass (*Panicum maximum* cv. Mombasa) at dry and rainy seasons. **Australian Journal of Crop Science**, v.11 n.12, p.1657-1664, 2017.
- GASTAL, F.; LEMAIRE, G. Defoliation, shootplasticity, sward structure and herbage utilization in pasture: review of the underlying Eco physiological processes. **Agriculture**, v.5, n.4, p.1146-1171, 2015.
- GAUTIER, H.; VARLET-GRANCHER, C.; HAZARD, L. Tillering responses to the light environment and to defoliation in populations of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) selected for contrasting leaf length. **Annals of Botany**, v.83, n.4, p.423-429, 1999.
- GOMES, E.S.; BITTAR, D.Y.; SÉRVULO, A.C.O. Produção de forrageiras da espécie *Panicum maximum* submetidas a doses de nitrogênio. **Ipê Agronomic Journal**, v.4, n.2, p.1-8, 2020.
- GOMIDE, C.A.M.; GOMIDE, J.A. Morfogênese de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.2, p.341-348. 2000.
- GOMIDE, G.A. Morfogênese e análise de crescimento de gramíneas tropicais. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 14., 1997, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1997. p.411-430.
- GOMIDE, J.A. Aspectos biológicos e econômicos da adubação de pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMA DE PASTAGENS, 1., 1989, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, 1989. p. 237-270.
- GUARDA, V.D.L.; CAMPOS, L.J.M. 2014. **Bases ecofisiológicas da assimilação de carbono e suas implicações na produção de forragem**. Palmas: TO. Embrapa Pesca e Agricultura, 48p. (Documentos-07).
- HODGSON, J. **Grazing management—science into practice**. 1.ed. Essex: Longman Scientific & Technical, 1990. 203p.
- HORST, G.L.; NELSON, C.J.; ASAY, K.H. Relationship of leaf elongation to forage yield of tall fescue genotypes. **Crop Science**, v.18, n.5, p.715-719, 1978.
- HUMPHREYS, L.R. **Tropical pasture utilization** 1.ed. Australia: Cambridge University Press, 1991. 206p.
- IRVING, J. Carbon assimilation, biomass partitioning and productivity in grasses. **Agriculture**, v.5, n.4, p.1116-1134, 2015.

- JANK, L.; MARTUSCELLO, J.A.; EUCLIDES, V.P.B. et al. *Panicum maximum* Jacq. In: FONSECA, D.M.; MARTUSCELLO, J.A. (Ed.). **Plantas Forrageiras**. 1.ed. UFV, 2010. 537 p.
- JANK, L.; SANTOS, M.F.; VALLE, C.B. et al. Novas alternativas de cultivares de forrageiras e melhoramento para a sustentabilidade da pecuária. In: SIMPÓSIO DE ADUBAÇÃO E MANEJO DE PASTAGENS, 4., 2017. Dracena. **Anais...** São Paulo: Cultura Acadêmica, 2017. p. 107-11.
- LAVRES JUNIOR, J.; MONTEIRO, F.A. Diagnose nutricional de nitrogênio no capim-aruaana em condições controladas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, n.5, p.829-837, 2006.
- LEMAIRE, G. The physiology of grass growth under grazing: tissue turnover. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1997, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1997. p. 15-96.
- LEMAIRE, G.; AGNUSDEI, M. Leaf tissue turn-over and efficiency of herbage utilization. In: LEMAIER, G.; HODGSON, J.; MORAES, A. et al. (Eds.) **Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology**. CABI, 2000, p. 265-288.
- LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plant communities. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. (Eds.) **The ecology and management of grazing systems**. 1.ed. Wallingford: CAB International, 1996, p. 3-36.
- LOPES, A.S. **Manual internacional de fertilidade do solo**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1998. 177p.
- LÓPEZ-CARRASCO C.; LÓPEZ-SANCHEZ, A.; SAN MIGUEL, A. et al. The effect of tree cover on the biomass and diversity of the herbaceous layer in a Mediterranean dehesa. **Grass and Forage Science**, v.70, n.4, p.639-650, 2015.
- LUCHESE, E.B.; FAVERO, L.O.B.; LENZI, E. **Fundamentos da Química do Solo Teoria e Prática**. 2. ed. Freitas Bastos: Rio de Janeiro, 2002. 159p.
- MARTINS, A.D. **Relação do nível de sombreamento artificial e da adubação sobre o desenvolvimento da forrageira *Urochloa brizantha* cv. Marandu**. 2014. 60f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Federal do Tocantins, Araguaína.
- MARTINS, C.D.M.; SCHMITT, D.; DUCHINI, P.G. et al. Defoliation intensity and leaf area index recovery in defoliated swards: implications for forage accumulation. **Scientia Agricola**, v.78, n.2, e20190095, 2021.

- MATTHEW, C.; ASSUERO, S.G.; BLACK, C.K. et al. Tiller dynamics of grazed swards. In: LEMAIRE, G. et al. (Ed.) **Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology**. 1.ed. Wallingford: CABI Publishing, 2000, p. 127-150.
- MCSTEEN, P. Hormonal regulation of branching in grasses. **Plant Physiology**, v.149, n.1, p.46-55, 2009.
- MEDINILLA-SALINAS, L.; VARGAS-MENDOZA, M.D.C.; LÓPEZ-ORTIZ, S. et al. Growth, productivity and quality of *Megathyrus maximus* under cover from *Gliricidia sepium*. **Agroforestry Systems**, v.87, n.4, p.891-99, 2013.
- MONTEIRO, F.A. Cynodon: exigências minerais e adubação. In: WORKSHOP SOBRE O POTENCIAL FORRAGEIRO DO GÊNERO Cynodon, 1996, Juiz de Fora. **Anais... Juiz de Fora**: EMBRAPA: Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Leite, p. 23-45. 1996.
- MONTEIRO, F.A.; WERNER, J.C. Reciclagem de nutrientes nas pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 14., 1998, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1998. p.327.
- MONTEIRO, F.A.; WERNER, J.C. Reciclagem de nutrientes nas pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 14., 1998, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1998. p.327.
- MOTT, G.O. Nutrient recycling in pastures. In: MAYS, D.A. (Ed.) **Forage fertilization**. 1. ed. Madisson: American Society of Agronomy, 1974. p. 323-339.
- NABINGER, C. Princípios da exploração intensiva de pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DAS PASTAGENS, 13., 1996, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1996. p. 15-95.
- NABINGER, C.; CARVALHO, P.C.F. Ecofisiología de sistemas pastoriles: aplicaciones para su sustentabilidad. **Agrociência**, v.13, n.3, p.18-27, 2009.
- NABINGER, C.; MEDEIROS, R. B. Produção de sementes de *Panicum maximum* Jacq. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DE PASTAGENS, 12., 1995, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1995, p. 59-128.
- NAIR, P.K.R. **An introduction to agroforestry**. 1.ed. Dordrecht: ICRAF, 1993. 491p.
- NELSON, C.J.; ZARROUGH, K.M. Tiller density and tiller weight as yield determinants of vegetative swards. In: WRIGTH, C.E. (Ed.) **Plant physiology and herbage production**. Hurley: British Grassland Society. 1981. p.25-29.

- OLIVEIRA, T.K.; CARVALHO, G.J.; MORAES, R.N.S. Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.8, p.1079-1087, 2002.
- PACIULLO, D.S.C.; GOMIDE, C.A.M.; CASTRO, C.R.T. et al. Morphogenesis, biomass and nutritive value of *Panicum maximum* under different shade levels and fertilizer nitrogen rates. **Grass and forage Science**, v.72, n.3, p.590-600, 2017.
- PACIULLO D.S.C.; PIRES M.F.A.; AROEIRA L.J.M. et al. Sward characteristics and performance of dairy cows in organic grass-legume pastures shaded by tropical trees. **Animal**, v.8, n.8, p.1264–1271, 2014.
- PEREIRA, L.E.T.; POLIZEL, G.H.G. [2016]. **Princípios e recomendações para o manejo de pastagens**. Disponível em: <<http://www.livrosabertos.sibi.usp.br/portaldelivrosUSP/catalog/book/122>> Acesso: 12/01/2022.
- PONTES, L.S. **Dinâmica de crescimento em pastagens de azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.) manejadas em diferentes alturas**. 2000. 102f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- PORFÍRIO-DA-SILVA, V. Sistema silvipastoril (grevílea + pastagem): uma proposição para aumento da produção do arenito caiuá. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 1.; ENCONTRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS NOS PAÍSES DO MERCOSUL, 1, 1994, Porto Velho. **Anais...** Colombo: EMBRAPA - CNPF, 1994. p. 291-298.
- PORFÍRIO-DA-SILVA, V. O sistema silvipastoril no Paraná: uma sinopse. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO ANIMAL A PASTO, 3., 2015, Dois Vizinhos. **Anais...** Maringá: Sthampa, 2015. p.253-272.
- RIBASKI, J.; RAKOCEVIC, M.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V. Avaliação de um sistema silvipastoril com eucalipto (*Corymbia citriodora*) e braquiária (*Brachiaria brizantha*) no Noroeste do Paraná. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 8., 2003, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura: Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais, [2003]. (CD-ROM)
- RODRIGUES, C.A.F. [2000]. **Interação do solo:planta:animal e impacto da reciclagem do nitrogênio e do fósforo em pastagem**. Disponível em: <<http://www.forragicultura.com.br/arquivos/interaçãosoloplantaanimalimpactoreciclagem.pdf>> Acesso em: 09/02/2022.

- RODRIGUES, C.A.F. [2000]. **Interação do solo-planta-animal e impacto da reciclagem do nitrogênio e do fósforo em pastagem.** Disponível em: <<http://atividaderural.com.br/artigos/530cd4c393043.pdf>> Acesso em: 23/01/2022.
- ROOK, A.J.; TALLOWIN, J.R.B. Grazing and pasture management for biodiversity benefit. **Animal Research**, v.52, n.2, p.181-189, 2003.
- ROSOLEM, C.A.; CALONEGO, J.C.; FOLONI, J.S. Lixiviação de potássio da palha de espécies de cobertura de solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n.2, p.355-362, 2003.
- RUSSELLE, M.P. Nutrient cycling in pasture. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1., 1997, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 1997. p. 235-266.
- SACRAMENTO, A.M.H.; DE MENEZES, O.C.; BARROS, T.M. et al. Morphogenic and structural characteristics and chemical composition of grass aruana, submitted to nitrogen fertilization. **Semina: Ciências Agrárias**, v.40, n.6, p.3167-3180, 2019.
- SANTIAGO-HERNÁNDEZ, F.; LÓPEZ-ORTIZ, S.; ÁVILA-RESÉNDIZ, C. et al. Physiological and production responses of four grasses from the genera *Urochloa* and *Megathyrsus* to shade from *Melia azedarach* L.. **Agroforestry Systems**, v.90, n.2, p.339-349, 2016.
- SANTOS, G.T. **Dinâmica e compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos em pastos de capim-quicuío sob lotação intermitente.** 2014. 104f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages.
- SANTOS, L.E.; CUNHA, E.A.; BUENO, M.S. Atualidades na produção em pastagens. In: SIMPÓSIO PAULISTA DE OVINOCULTURA E ENCONTRO INTERNACIONAL DE OVINOCULTURA, 5., 1999. Botucatu. **Anais...** Botucatu: UNESP, Campinas: SAA/CATI; Nova Odessa: IZ; São Manuel: ASPACO. 1999. p. 35-50.
- SANTOS, M.R.; FONSECA, D.M.; GOMES, V.M. et al. Correlações entre características morfológicas e estruturais em pastos de capim braquiária. **Ciência Animal Brasileira**, v.13, n.1, p.49-56, 2012.
- SANTOS, N.L.; COSTA, V.; SILVA, P.E.S. et al. As interações entre solo, planta e animal no ecossistema pastoril. **Ciência Animal**, n.21, v.1, p.65-76, 2011.
- SBRISSIA, A.F. **Morfogênese, dinâmica do perfilhamento e do acúmulo de forragem em pastos de capim-marandu sob lotação contínua.** 2004. 170f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

- SILVA, J.L.S.; SAIBRO, J.C. Utilização e manejo de sistemas silvipastoris. In: CICLO DE PALESTRAS EM PRODUÇÃO E MANEJO DE BOVINOS DE CORTE, 3, 1998. **Anais...** Canoas: Ed. da ULBRA, 1998. p. 3-28.
- SILVA, S.C.; SBRISIA, A.F.; PEREIRA, L.E.T. Ecophysiology of C4 forage grasses— understanding plant growth for optimizing their use and management. **Agriculture**, v.5, n.3, p.598-625, 2015.
- SILVA, V.C. **Morfogênese, estrutura e dinâmica de perfilhamento de capim-tanzânia manejado com diferentes IAF residual, sob pastejo de cabras Anglonubiano**. 2011. 66f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- SILVA, W.L.; COSTA, J.P.R.; CAPUTTI, G.P. et al. Medidas lineares do limbo foliar dos capins xaraés e massai para a estimativa da área foliar. **Revista Biotemas**, v.26, n.3, p.11-18, 2013.
- SILVEIRA, M.C.T; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; DA CUNHA, B.A.L.; et al. 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.
- SILVEIRA, O.; DOS SANTOS, A.C.; RODRIGUES, M.O.D. et al. Productive efficiency of mombasa grass in silvopastoral system under pasture deferment and nitrogen fertilizer. **Semina: Ciências Agrárias**, v.38, n.5, p.3307-3318, 2017.
- SOUZA, E.L.; DA CRUZ, P.J.R.; BONFÁ, C.S. et al. Plantas forrageiras para pastos de alta produtividade. **Nutritime Revista Eletrônica**, v.15, n.4, p.8272-8284, 2018.
- THOM, W.O.; RICE, H.B.; COLLINS, M. et al. Effect of applied fertilizer on Tifton 44 [*Cynodon dactylon* (L.) Pers] Bermudagrass. **Journal of production agriculture**, v.61, n.9, p.498-501, 1990.
- TREVISAN, A.C.D.; ABREU, A.M.; NICOLAU, V.R.V. et al. Quintais agroflorestais para a produção de frutos de Juçara em Santa Catarina. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.14, n.4, p.102-112, 2019.
- TROEH, F.R.; THOMPSON, L.M. **Solos e fertilidade do solo**. 1. ed. São Paulo: Andrei Editora, 2007. 718p.
- VALLADARES, F.; NIINEMETS, Ü. Shade tolerance, a key plant feature of complex nature and consequences. **Annual Review of Ecology Evolution and Systematics**, v. 39, p. 237–257, 2008.
- VENDRAMINI, J.; DUBEUX JR, J.C.; SILVEIRA, M.L. Nutrient cycling in tropical pasture ecosystems. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.9, n.2, p.308-315, 2014.

- VENDRAMINI, J.M.B.; SILVEIRA, M.L.A.; DUBEUX JR, J.C.B. et al. Environmental impacts and nutrient recycling on pastures grazed by cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.139-149, 2007.
- VIAFARA, B.; CLAVERO, T.; ARAUJO-FEBRES, O. Efecto del sombreado de samán (*Pithecelobium saman* Jacq. (Benth)) sobre el crecimiento y desarrollo del pasto guinea (*Panicum maximum* Jacq). **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, v.5, p.39-41, 1997.
- VIEIRA, M.M.; MOCHEL FILHO, W.J.E. Influência dos fatores abióticos no fluxo de biomassa e na estrutura do dossel. **Archivos de Zootecnia**, v.59, n.12, p.15-24, 2010.
- WILHELM, W.W.; McMASTER, G.S. Importance of the phyllochron in studying development and growth in grasses. **Crop Science**, v.35, n.1, p.1-3, 1995.

(Artigo nas normas da Revista *Grass and Forage Science* – online ISSN: 1365-2494)

3. CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS E MORFOFISIOLÓGICAS DE *Megathyrus maximus* cv Aruana COM ADUBAÇÃO NITROGENADA EM SISTEMA SILVIPASTORIL E PLENO SOL

Resumo

A utilização de sistemas silvipastoris com objetivo de integrar a produção pecuária e florestal e elevar a produtividade proporciona sustentabilidade ao sistema como um todo. Entretanto, não está bem elucidado o efeito da adubação nitrogenada quando incluída no sistema com o objetivo de elevar a produtividade das plantas e a qualidade bromatológica. Neste sentido, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito da adubação nitrogenada em *M. maximus* cv. Aruana cultivado em sistema silvipastoril ou pleno sol sobre as características morfogênicas, estruturais, produtivas e composição química. Este estudo foi conduzido por 84 dias e avaliou quatro tratamentos: (1) pastagem de Aruana a pleno sol pleno sol com adubação nitrogenada, (2) pastagem de Aruana a pleno sol sem adubação nitrogenada, (3) pastagem de Aruana em sistema silvipastoril com adubação nitrogenada e (4) pastagem de *M. Aruana* em sistema silvipastoril sem adubação nitrogenada pastejada por ovinos em lotação contínua. A morfogênese das plantas foi influenciada pelos tratamentos; a densidade populacional de perfilhos aéreos e basais foi superior com o uso de adubação com N. O pleno sol promoveu maior IAF, o que teve efeito direto na capacidade fotossintética das plantas. A produção de MS foi influenciada pela adubação com N no pleno sol, promovendo maiores valores de produção de matérias seca total, massa de forragem e taxa de acúmulo diária. Os teores de MS, FDA e FDN foram maiores sem o uso de adubação ao contrário de PB e lignina. O pleno sol e a adubação nitrogenada favoreceram o desenvolvimento, crescimento e composição química da forrageira quando comparado ao silvipastoril.

Palavras-chave

morfogênese, Aruana, adubação mineral, sombreamento, IAF

ABSTRACT

The use of silvipastoral systems with the objective of integrating livestock and forest production and increasing productivity provides sustainability to the system as a whole. However, the effect of nitrogen fertilization is not well elucidated when included in the system with the objective of increasing plant productivity and bromatological quality. In this sense, the objective of the present work was to evaluate the effect of nitrogen fertilization in *M. maximus* cv. Aruana cultivated in silvipastoral system or full sun on morphogenic, structural, productive characteristics and chemical composition. This study was conducted for 84 days and evaluated four treatments: (1) Aruana pasture in full sun with nitrogen fertilization, (2) Aruana pasture in full sun without nitrogen fertilization, (3) Aruana pasture in silvipastoral system with nitrogen fertilization and (4) Aruana pasture in silvipastoral system without nitrogen fertilization grazed by sheep in continuous stocking. The morphogenesis of the plants was influenced by the treatments; the population density of aerial and basal tillers was higher with the use of N fertilization. Full sun promoted greater LAI, which had a direct effect on the photosynthetic capacity of the plants. The production of DM was influenced by N fertilization in full sun, promoting higher values of total dry matter production, forage mass and daily accumulation rate. The contents of DM, ADF and NDF were higher without the use of fertilizer unlike PB and lignin. Full sun and nitrogen fertilization favored the development, growth and chemical composition of the forage when compared to silvipastoral.

Keywords: morphogenesis, Aruana, mineral fertilization, shading, LAI.

Introdução

Os sistemas silvipastoris podem promover aumento da eficiência produtiva de seus componentes, contribuindo para a sustentabilidade nos sistemas de produção animal (Porfírio-da-Silva & Moraes, 2010, Paciullo et al., 2017, Anjos & Chaves, 2021). Além disso, sua utilização proporciona potencial de elevar a fertilidade do solo e qualidade da forragem, produção e conforto térmico animal, auxilia no processo de recuperação de áreas degradadas, contribui para o sequestro de carbono e melhora a biodiversidade, diversificando a renda do produtor (Murgueitio et al., 2011; Abraham et al., 2014; Paciullo et al., 2014; López-Carrasco et al., 2015). Todavia, a competição por luminosidade entre árvores e forragem deve ser gerenciada em sistemas silvipastoris, visto que o potencial da forrageira pode ser limitado

conforme o sombreamento proporcionado pelas árvores (Neel et al., 2016; Santiago-Hernández et al., 2016).

Independente do sistema adotado, o crescimento de forrageiras tropicais pode ser severamente afetado pela deficiência de nutrientes como o nitrogênio (N) (Silveira et al., 2015). A adição de N na fase vegetativa da planta promove aumento do crescimento da parte aérea, com consequente melhora da captação de luz, atividade fotossintética e absorção dos nutrientes pelas raízes (Fagan et al., 2016). Estudos indicam que a disponibilidade de N no solo é melhor em condições de sombreamento, em resposta à redução mais lenta do teor de umidade do solo quando comparado a condições a pleno sol, explicada pelo processo favorável à atividade microbiana do solo e mineralização (Wilson, 1996).

A fim de alcançar os ganhos potenciais proporcionados pelo sombreamento e adubação, a espécie forrageira utilizada deve ser bem adaptada e bastante difundida, a exemplo dos cultivares de *Megathyrus maximus*. Altura mediana e comprimento de caule curto são características potenciais de *M. maximus* cv Aruana para pastejo por ovinos (Sacramento et al., 2019). Elevado potencial de produção de matéria seca por unidade de área, alta adaptabilidade, qualidade nutricional elevada, facilidade de estabelecimento e elevada capacidade de suporte tornam *M. maximus* uma das melhores forragens tropicais (Oliveira et al., 2012).

A hipótese testada neste experimento foi que o silvipastoril aliado à adubação com N influencia positivamente a forrageira, implicando no seu crescimento e desenvolvimento e composição química. O objetivo foi avaliar características morfogênicas, estruturais e produtivas e composição química de *M. maximus* cultivado em sistema silvipastoril ou pleno sol com e sem adubação nitrogenada pastejada por ovinos.

Material e métodos

Localização

O experimento foi realizado de dezembro de 2019 até março de 2020 em condições de campo, na Unidade de Ensino e Pesquisa de Ovinocaprinocultura da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Dois Vizinhos. A instituição está localizada na região Sudoeste do Paraná, sob latitude de 25° 42' S e longitude de 53° 03' W, com altitude aproximada de 520 metros acima do nível do mar (INMET, 2013). O solo é classificado como um Latossolo Vermelho Distrófico de textura argilosa (EMBRAPA, 1999). A região é caracterizada por clima

subtropical úmido mesotérmico (Cfa), com precipitação média anual de 1.953 mm e temperaturas médias anuais de 25,2 (máxima) e 14,7 °C (mínima) (Alvares et al., 2013) (Figura 1).

Procedimentos experimentais

Este estudo foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA – Universidade Tecnológica Federal do Paraná – protocolo nº 2019-34), segundo recomendações do Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA).

Os tratamentos foram: 1 – Pastagem de Aruana a pleno sol com adubação nitrogenada, 2 - Pastagem de Aruana a pleno sol sem adubação nitrogenada, 3 – Pastagem de Aruana em sistema silvipastoril com adubação nitrogenada, 4 - Pastagem de Aruana em sistema silvipastoril sem adubação nitrogenada.

O experimento foi implantado em uma área total de 0,48 ha de pasto *M. maximus* cv. Aruana, (Aruana) dividido em dois sistemas: 06 piquetes em sistema silvipastoril (400m² de área cada) composto por louro-pardo (*Cordia trichotoma*) e canafístula (*Peltophorum dubium*) e 06 piquetes a pleno sol (400m² de área cada). A pastagem foi implantada no ano de 2010 e o componente arbóreo foi efetivado nos anos de 2013/2014 no sistema silvipastoril, no sentido Leste-oeste com a disposição das árvores em 4 linhas duplas nas extremidades de cada um dos piquetes, num intervalo de 10 m entre elas e espaçamento de 2,00 m (entre plantas) e 1,50 m (entre linhas). Conforme levantamento florestal realizado no ano de 2019, os exemplares de *C. trichotoma* apresentavam diâmetro de copa médio de 3,05 m, altura de copa de 3,10 m e altura média de 7,90 m. Em 2018 foram levantados os dados de *P. dubium*, sendo: diâmetro de copa médio de 2,20 m, altura de copa de 2,00 m e altura de 3,90 m. A área de sombra proporcionada por cada uma das árvores foi em média 36m² (Cipriani et al, 2016). Os dois sistemas eram providos de bebedouros e cochos para suplementação mineral dos animais.

Anterior à implantação do experimento, o pH do solo da área total foi corrigido utilizando calcário dolomítico (PRNT 95,2%) a fim de elevar a saturação por bases a 70% (V%: 55,9 %). Nos piquetes do tratamento com adubação nitrogenada, a mesma foi realizada na forma de ureia agrícola (46% N total), com aplicação única na dose de 200 kg N ha⁻¹, realizada após corte de uniformização para melhorar a eficiência da fertilização, cerca de 15 dias antes do início das avaliações experimentais.

Cada período experimental foi de 21 dias, sendo o experimento composto por quatro períodos, totalizando 84 dias de avaliação. Foram utilizados 24 cordeiros (Dorper x Santa Inês),

machos não castrados com idade média de 60 ± 15 dias e peso médio (PM) de $23 \pm 3,5$ kg. O método de pastejo utilizado foi com lotação contínua e taxa de lotação variável, conforme a técnica “*put and take*” (Mott & Lucas, 1952).

O ganho de peso corporal por hectare (GPC/ha) foi calculado a partir do ganho médio diário (GMD) calculado em cada período de avaliação (21 dias) à partir da equação: $((\text{GMD} \times \text{número de dias no piquete}) / \text{área do piquete})$.

As avaliações de pastagem foram realizadas em intervalos de 21 dias, visando manter oferta constante de 10% de massa de forragem (MF) (10 kg MS/100 kg PC animal/dia). A determinação da MF disponível foi feita pelo método de dupla amostragem (Wilm et al., 1994).

Morfogênese

A fim de determinar características morfogênicas e estruturais, três transectas com cinco perfilhos cada, marcados com arames coloridos, foram utilizados em cada um dos piquetes experimentais, conforme metodologia de Carrère et al. (1997). As transectas foram distribuídas nos piquetes em locais que representassem a área em questão. As avaliações foram feitas duas vezes na semana, e os perfilhos trocados ao início de um novo período, sempre garantindo a representatividade da área na escolha dos mesmos.

As avaliações foram feitas com auxílio de uma régua graduada em milímetros, e as variáveis analisadas foram as seguintes: comprimento de folha e colmo, número de folhas maduras e seu tamanho (cm), classificadas conforme seu estado – senescente ou não e intacto ou desfolhado de acordo com Lemaire & Chapman (1996). À partir destas informações coletadas, foi determinado: taxa de aparecimento de folhas (TApF), definido como o número de folhas totalmente expandidas dividido pelo número de dias do período experimental; taxa de alongamento de folhas (TAIF), obtida pela diferença entre os comprimentos finais e iniciais das lâminas foliares dividido pelo número de dias do período; taxa de alongamento de colmo (TAIC), obtida pela diferença entre os comprimentos finais e iniciais dos colmos, dividido pelo número de dias do período; taxa de senescência foliar (TSeF), somatório dos comprimentos senescidos das lâminas foliares dividido pelo número de dias do período; número de folhas vivas (NFV), média do total de folhas completamente expandidas sem sinal de senescência; comprimento final da folha (CFF) e vida útil da folha (Vida útil), estimada através da equação: $\text{NFV} \times \text{filocrono}$.

Massa de forragem e densidade populacional de perfilhos

A fim de determinar a massa de forragem (MF) (kg ha^{-1}), o material vegetal foi coletado de cada um dos piquetes experimentais conforme técnica de dupla amostragem (Wilm et al., 1994) a partir da estimativa visual de 12 pontos e três estimativas reais de cada piquete experimental, com corte da forragem rente ao solo com auxílio de um quadrado (área $0,25 \text{ m}^2$) nos pontos reais, e determinada a composição estrutural do total coletado. A densidade populacional de perfilhos basais (DPPB) e aéreos (DPPA) foi determinada utilizando um quadrado com área de $0,0625 \text{ m}^2$, no início de cada período experimental, contados os perfilhos dentro desta área. Para isso, foram realizadas três avaliações por piquete considerando uma área representativa de cada piquete.

Taxa de acúmulo diária (TAD) e índice de área foliar (IAF)

A taxa de acúmulo diário de forragem foi realizada utilizando gaiolas de exclusão ao pastejo ($0,25 \text{ m}^2$) em cada um dos piquetes experimentais. A gaiola foi alocada em um local representativo da área e outro ponto semelhante foi selecionado e realizado o corte da forragem disponível, utilizando um quadrado de $0,25 \text{ m}^2$ em uma área de mesmo tamanho. Ambas as amostras foram secas em estufa à 55°C por 72 horas, pesadas, e assim obteve-se a taxa de acúmulo diária (TAD) pela diferença de peso entre os valores, dividido pelo número de dias do período avaliado, conforme Klingman et al. (1943).

Para determinação do índice de área foliar (IAF), coletou-se material vegetal de cada um dos piquetes experimentais em uma área de $0,25 \text{ m}^2$, escolhida em local representativo da área. O material foi separado em folhas, colmos e material morto. Deste total, em cada parcela, foram utilizadas lâminas foliares de cerca de 10 perfilhos para determinação de IAF conforme Zanchi et al. (2009) e Sousa et al. (2015), o restante do material foi pesado e encaminhado para estufa de circulação forçada de ar (55°C) a fim de determinar o teor de MS.

A área foliar (AF) foi determinada pelo método AFUFT (Sousa et al., 2015), com auxílio de régua milimetrada, baseado em três medidas de cada uma das folhas amostradas (comprimento total: medida A, largura da base do limbo: medida B, largura do meio do limbo: medida C, ambos em cm). Os cálculos realizados foram: $AF = \text{área do triângulo } [(medida C) * (medida A/2)] / 2 + \text{área do trapézio } [((medida C + medida B) / 2) * (medida A/2)]$ e para determinação do IAF: $IAF = (\text{peso folhas}) / (\text{peso folhas} + \text{peso colmos}) * \text{peso material morto} * AF / 10000$.

Análises bromatológicas

Para as determinações da composição químicas, amostras de folhas e colmos foram coletadas, secas em estufa de circulação forçada de ar (55°C) por 72 horas e moídas em moinho tipo Willey com peneira de crivo de 2 mm. Foram realizadas a determinação da matéria seca (MS – método 934.01) e proteína bruta (PB – método 981.10) conforme AOAC (2000). A determinação da fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram realizadas conforme Van Soest et al. (1991), utilizando *filter bags* (Komareck, 1993), em autoclave a 110°C por 40 minutos (Senger et al., 2008). O teor de lignina foi determinado a partir do tratamento das amostras com ácido sulfúrico 72% (Método 973.18; AOAC, 1998).

Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em um arranjo fatorial duplo (com e sem adubação nitrogenada, e dois sistemas – pleno sol e sistema silvipastoril) com medidas repetidas no tempo. Os dados foram testados quanto à normalidade (Shapiro–Wilk), utilizando o procedimento UNIVARIATE. Após, foram submetidos à análise de variância (ANOVA) de duas vias com medidas repetidas no tempo (sistemas (silvipastoril e pleno sol), adubação (com e sem), 4 períodos de coleta (21, 42, 63 e 84) utilizando o comando PROC GLIMMIX do software estatístico SAS® University Edition (2017). Dentre todas as estruturas de erros investigadas, a estrutura Componentes de variação estrutura de erros (VC) foi a melhor de acordo com o critério de informação de akaike (AIC) e o de informação bayesiano (BIC).

Quando significativo para avaliação dos efeitos isolados, as médias entre as classes sistemas de produção e adubação foram comparadas utilizando o teste F; ainda se utilizou a análise de regressão para avaliar o efeito dos períodos, por meio dos comandos PROC GLIMMIX e PROC REG. O nível de significância adotado em todos os testes de hipóteses foi de $\alpha = 0,05$.

O modelo matemático utilizado para análise das variáveis foi:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + R_k + P_j + TP_{ij} + e_{ijk}$$

Em que:

Y_{ijk} : Observação relativa a i -ésima classe de sistema de produção, a k -ésima classe de adubação e ao j -ésimo período; μ : Média geral; T_i : Efeito correspondente a i -ésima classe de sistema de produção (silvipastoril e pleno sol); R_k (T_i): Efeito correspondente a k -ésima classe de adubação (com e sem); P_j : Efeito correspondente ao j -ésimo período (21, 42, 63 e 84 dias);

TP_{ikj}: Efeito da interação entre a *i*-ésima classe de sistema de produção, *k*-ésima classe de adubação e o *j*-ésimo período; e_{ijk}: Erro aleatório associado a *i*-ésima classe de sistema de produção, *k*-ésima classe de adubação e o *j*-ésimo período.

Para a variável densidade populacional de perfilhos basais, o comando PROC GLM foi ajustado aos dados, utilizando-se da distribuição Gamma e função de ligação Log. Para a variável taxa de senescência foliar, o GLM foi ajustado aos dados, utilizando-se da distribuição Exponencial e função de ligação Log. Para a variável densidade populacional de perfilhos basais, o GLM foi ajustado aos dados, utilizando-se da distribuição negativa binomial e função de ligação Log. O AIC, em conjunto com a análise gráfica de aderência dos resíduos, foram utilizados como critérios para determinar a qualidade de ajuste do modelo.

Resultados

Características morfogênicas e estruturais

A taxa de senescência foliar não foi influenciada ($P > 0,05$) pelos tratamentos avaliados. A altura do dossel foi maior ($P < 0,05$) no silvipastoril (27,52 cm) que no pleno sol (21,97 cm). As taxas de aparecimento de folhas e alongamento foliar e de colmo foram influenciadas pelo período de avaliação (Tabela 1). A densidade populacional de perfilhos aéreos apresentou efeito de interação ($P < 0,05$) entre o uso ou não de adubação com N e os dias de avaliação (Tabela 2). A densidade populacional de perfilhos basais apresentou efeito linear ($P < 0,05$) para os dias de avaliação (Tabela 2).

Foi observada interação entre o sistema utilizado e os dias de avaliação para a variável comprimento final da folha desfolhada. A resposta estimada para o silvipastoril foi de 2,60 mm aos 42 dias de avaliação, e 3,993 mm aos 40 dias para o pleno sol (Tabela 1). O comprimento final da folha intacta apresentou efeito significativo ($P < 0,05$) para o dia de avaliação. O número de folhas vivas por perfilho e a vida útil apresentaram interação ($P < 0,05$) entre o sistema avaliado e o período de avaliação (Tabela 2).

Produção de matéria seca e desempenho animal

A produção de matéria seca foi influenciada ($P < 0,05$) pela adubação nitrogenada no pleno sol, por meio dos maiores valores de massa de forragem e taxa de acúmulo diária (Tabela 1). Corroborando com estes resultados, o IAF foi maior ($P < 0,05$) para o tratamento pleno sol.

A produção de massa de forragem apresentou efeito para o sistema de produção, sendo maior ($P < 0,05$) no pleno sol (Tabela 1).

A carga animal foi maior ($P < 0,05$) no pleno sol (Tabela 1). O ganho de peso corporal animal teve efeito ($P < 0,05$) do sistema avaliado, do uso de adubação com N e do período de avaliação (Tabelas 1 e 2).

Composição bromatológica

Os teores de matéria seca, proteína bruta, fibra em detergente neutro e detergente ácido e lignina tiveram efeito ($P < 0,05$) do dia de avaliação para amostras de folhas e colmos (Figuras 2 e 3). O pleno sol proporcionou teores mais elevados ($P < 0,05$) de PB para folhas e colmos (Figura 1).

Discussão

A TapF influencia diretamente a morfogênese da planta, pelo tamanho final da folha, a densidade populacional de perfilhos e o número de folhas vivas por perfilho. O ponto de máxima encontrado para a variável foi de 34 dias, e a resposta estimada $0,219$ folhas perfilho⁻¹ dia⁻¹, de maneira geral, maiores valores de TapF estão associados a folhas de menor tamanho em maior quantidade, visto que, quanto mais rápido é o aparecimento de novas folhas, menor é o tempo disponível para a sua completa expansão (Lemaire et al., 2011).

A redução no período para o desenvolvimento de novas folhas também interfere na multiplicação celular que determina o comprimento das folhas, que em condições de desfolha mais intensa influenciam na distância que a folha precisa percorrer até que ocorra a emergência do pseudocolmo (Lemaire et al., 2011). O comprimento das folhas é considerado uma característica de escape das plantas em condições de pastejo, por ser plástica e responsiva à intensidade de desfolha (Costa et al., 2018).

Além do período, a quantidade de luz que a planta recebe também influencia diretamente no crescimento das lâminas, efeito comprovado pelo maior desenvolvimento das folhas em condições de pleno sol, quando as folhas apresentam potencial para atingir comprimento maior em menor tempo de avaliação.

A densidade populacional de perfilhos, aéreos e basais, sofre influência de fatores nutricionais, ambientais e de manejo, os quais modelam as respostas da planta às condições fornecidas. A produção de novos perfilhos é dependente da quantidade de energia da

fotossíntese e da atividade dos pontos de crescimento, sendo um processo contínuo e acelerado quando há melhora da condição luminosa do ambiente na base do dossel (Gastal & Lemaire, 2002, Nabinger & Carvalho, 2009, Costa et al., 2018).

Os resultados observados inferiores tanto para perfilhos basais quanto aéreos no silvipastoril, corroboram com os achados da literatura (Abraham et al., 2014; Paciullo et al., 2017) e comprovam a importância da luz solar na produção de plantas de forma geral. A resposta linear observada para a densidade populacional de perfilhos basais conforme os dias de avaliação sugere a priorização do desenvolvimento das estruturas morfogênicas já existentes em detrimento do surgimento de novas, característica comum observada nas plantas com objetivo de sobrevivência.

Os resultados positivos para o número de folhas por perfilho podem ser explicados pelo elevado teor de N utilizado, o que contribui para as respostas fotossintéticas à luz pela planta, tornando-a mais eficiente na utilização da radiação solar. O número de folhas vivas por perfilho é mais influenciável pelas características genéticas da espécie forrageira do que pela condição de ambiente proporcionada (Paciullo et al., 2011, Paciullo et al., 2017). Deste modo, a adubação com N sobre o número de folhas pode apresentar pouco efeito sobre esta característica. O nitrogênio promove aumento da vida útil da folha, assim como reduz a taxa de senescência das mesmas, pois mantém a capacidade fotossintética de folhas jovens elevada por períodos mais longos, sem necessitar de processos de remobilização do nutriente de folhas mais velhas (De Assis Farias Filho et al., 2018). Valores inferiores são evidenciados na literatura, 3,71 folhas perfilho⁻¹ aos 42 dias de avaliação para a cultivar Tanzânia-1 isolada de pastejo (Costa et al., 2018).

O IAF foi inferior no sistema silvipastoril, assim como a massa de forragem produzida. A capacidade fotossintética das plantas está intrinsecamente relacionada à luz e ao teor de N disponível. Para que o processo de fotossíntese ocorra, compostos nitrogenados são requeridos para que ocorra a produção de compostos de carbono que compõem a biomassa (Carelli et al., 1996). Do ponto de vista fisiológico, a capacidade fotossintética das plantas e o metabolismo dos nutrientes como o N estão estreitamente ligados, o que justifica os valores observados neste estudo. Em condições de baixa luminosidade, tendem a priorizar a expansão da área foliar na busca por luz, diminuindo assim o aporte para o sistema radicular (Guenni et al., 2008; Paciullo et al., 2010). Ao avaliar diferentes períodos de descanso da cultivar Quênia, Costa et al. (2019) observaram IAF de 4,05 aos 42 dias sem pastejo, enquanto que para apenas 14 dias sem pastejo o valor foi de 3,11.

A taxa de acúmulo de forragem superior quando com adubação nitrogenada e pleno sol indica que as plantas puderam responder efetivamente à dose de fertilizante utilizada. Resultados semelhantes são evidenciados na literatura, comprovando que 50% ou mais de bloqueio da luz solar impacta na produção de MS e acúmulo de biomassa (Guenni et al., 2008, Barnes et al., 2015).

O sistema pleno sol foi mais favorável para o desenvolvimento e produção do pasto, apresentando média superior ao sistema silvipastoril (16.860,00 kg MS ha⁻¹). Quando as necessidades de C e N da planta são atendidas, ocorre a ativação potencial dos meristemas, promovendo maior perfilhamento, crescimento das folhas e consequente acúmulo de biomassa (De Assis Farias Filho et al., 2018).

O incremento de PB foi superior no sistema pleno sol, tanto nas folhas como nos colmos, comprovando os efeitos da luz solar no aproveitamento do fertilizante e demais nutrientes pela planta. Os teores elevados de PB comprovam a capacidade das folhas em responder à adubação com N, em virtude do elevado número de folhas observadas na morfogênese. Além disso, as condições edafoclimáticas durante período experimental proporcionaram elevada produção de lâminas foliares pelas plantas, o que justifica os elevados teores nutricionais.

O uso de adubação nitrogenada em doses elevadas ocasiona aumento da porção fibrosa das plantas (Neumann et al., 2019), isto porque, quanto maior a produtividade da planta, maior a sua necessidade de sustentação. O processo de envelhecimento e senescência das folhas também promove aumento dos teores de fibra da planta, o aumento do comprimento das folhas também participa deste processo, visto que, com o comprimento do tubo da bainha também irá se elevar.

Conclusões

O desenvolvimento, crescimento e composição química da forrageira foi melhor no pleno sol com uso de adubação nitrogenada. As características estruturais, morfogênicas e de desempenho animal foram influenciadas positivamente pelo pleno sol, assim como a qualidade bromatológica de folhas e colmos foi melhor que no silvipastoril.

Agradecimentos

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

Referências

- Abraham, E. M., Kyriazopoulos, A. P., Parissi, Z. M., Kostopoulou, P., Karatassiou, M., Anjalanidou, K., & Katsouta, C. (2014). Growth, dry matter production, phenotypic plasticity, and nutritive value of three natural populations of *Dactylis glomerata* L. under various shading treatments. *Agroforestry Systems*, 88, 287–299. <https://doi.org/10.1007/s10457-014-9682-9>
- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, J. L. M., & Sparovek, G., (2013). Koppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22, 711-728. <http://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Anjos, A. J. & Chaves, C. S., (2021). Características do componente forrageiro em sistemas silvipastoris. *Scientific Electronic Archives*, 13, 53-64. <https://doi.org/10.36560/14320211239>
- Association of Official Analytical Chemists – AOAC International. (2000). Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry. Gaithersburg.
- Association of Official Analytical Chemists – AOAC International. (1998). Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry. Maryland.
- Barnes, P., Wilson, B. R., Reid, N., Bayerlein, L., Koen, T. B., & Olupot, G. (2015). Examining the impact of shade on above-ground biomass and normalized difference vegetation index of C3 and C4 grass species in North-Western NSW, Australia. *Grass and Forage Science*, 70, 324-334. <https://doi.org/10.1111/gfs.12118>
- Carrère, P., Louault, F., & Soussana, J. F., (1997). Tissue turnover within grass-clover mixed swards grazed by sheep fluxes. *Journal of Applied Ecology*, 34, 333-348. <http://doi.org/10.2307/2404880>
- Carelli, M. L. C., Ungaro, M. R. G., Fahl, J. I., & Novo, M. C. S. S. (1996). Níveis de nitrogênio, metabolismo, crescimento e produção de girassol. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 8, 123-130.
- Cipriani, H. N., Salman, A. K. D., Dos Passos, A. M. A., Schmitt, E., Cruz, P. C., Botelho, F. J. E., & Moraes, K. K. S. (2016). Uma planilha eletrônica gratuita para calcular a sombra projetada pelas árvores. *Embrapa, Circular técnica* 145.
- Costa, N. D. L., Jank, L., Magalhães, J. A., Rodrigues, A. N. A., Fogaça, F. D. S., Bendahan, A. B., & Santos, F. D. S. (2018). Características morfogênicas e estruturais de *Megathyrsus maximus* cv. Tanzânia-1 sob intensidades de desfolhação. *PUBVET*, 12, 1-7. <https://doi.org/10.22256/pubvet.v12n4a67.1-7>

- Costa, N. D. L., Jank, L., Magalhães, J. A., Bendahan, A. B., Fogaça, F. D. S., Rodrigues, B. H. N., Santos, F. D. S. (2019). Acúmulo de forragem, composição química e morfogênese de *Megathyrus maximus* cv. Quênia sob desfolhação intermitente. PUBVET, 13, 1-8. <http://doi.org/10.31533/pubvet.v13n3a282.1-8>
- De Assis Farias Filho, J., de Paula, F. L. M., de Paula, A. L., Paris, W., Ghinzelli, F., Arend, G. H., & de Menezes, L. F. G. (2018). Production and quality of Tifton 85 pastures overseeded with black oat: effects of irrigation and nitrogen fertilization. Semina: Ciências Agrárias, 39, 2071-2080. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2018v39n5p2071>
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. (1999). Sistema Brasileiro de classificação dos solos. Embrapa solos.
- Fagan, E. B., Ono, E. O., Rodrigues, J. D., Soares, L. H., & Dourado Neto, D. (2016). Fisiologia vegetal: metabolismo e nutrição mineral. Editora Andrei.
- Gastal, F., & Lemaire, G., (2002). N uptake and distribution in crops: an agronomical and ecophysiological perspective. Journal of Experimental Botany, 53, 789-799. <https://doi.org/10.1093/jexbot/53.370.789>
- Guenni O., Seiter S., & Figueroa, R. (2008) Growth responses of three *Brachiaria* species to light intensity and nitrogen supply. Tropical Grasslands, 42,75–87.
- Insua, J. R., Agnusdei, M. G., Utsumi, S. A., & Berone, G. D. (2018). Morphological, environmental and management factors affecting nutritive value of tall fescue (*Lolium arundinaceum*). Crop and Pasture Science, 69, 1165-1172. <https://doi.org/10.1071/CP18182>
- Klingman, D. L., Miles, S. R., & Mott, G. O., (1943). The cage method for determining consumption and yield of pasture herbage. Journal of the American Society Agronomy, 35, 739-746.
- Komareck, A. R., (1993). A filter bag procedure for improved efficiency of fiber analysis. Journal of Dairy Science, 76, 250.
- Lemaire, G., & Chapman, D. (1996). Tissue flows in grazed plant communities. In: J. Hodgson, A. W. Illus, A. W. (Eds.), Morphogenesis and tiller density of Aruana grass managed at different heights under sheep grazing (pp. 3-36). CAB International.
- Lemaire, G., Hodgson, J., & Chabbi, A. (2011). Grassland productivity and ecosystem services. Cabi, Wallingford.
- López-Carrasco, C., López-Sánchez, A., San Miguel, A., & Roig, S., (2015). The effect of tree cover on the biomass and diversity of the herbaceous layer in a Mediterranean dehesa. Grass and Forage Science, 70, 639–650. <https://doi.org/10.1111/gfs.12161>

- Mott, G. O., & Lucas, H. L. (1952). The design, conduct, and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. Proceedings of the 6th International Grassland Congress (pp.1380-1385).
- Murgueitio, E., Callez., Uribe, F., Calle, A., & Solorio, B., (2011). Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. Forest Ecology and Management, 261, 1654–1663. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.09.027>
- Nabinger, C. & Carvalho, P. F. C. (2009). Ecofisiología de sistemas pastoriles: aplicaciones para su sustentabilidad. Agrociencia, 13, 18-27. <https://doi.org/10.31285/AGRO.13.842>
- Neel, J. P. S., Felton, E. E. D., Singh, S., Sextone, A. J., & Belesky, D. P. (2016). Open pasture, silvopasture and sward herbage maturity effects on nutritive value and fermentation characteristics of cool-season pasture. Grass and Forage Science, 71, 259–269. <https://doi.org/10.1111/gfs.12172>
- Neumann, M., Horst, E. H., de Souza, A. M., Venancio, B. J., Junior, E. S. S., & Karpinski, R. A. K. (2019). Avaliação de doses crescentes de nitrogênio em cobertura em milho para silagem. Agrarian, 12, 156-164. <http://doi.org/10.30612/agrarian.v12i44.7195>
- Oliveira, S. B., Caione, G., Camargo, M. F., Oliveira, A. N. B., & Santana, L., (2012). Fontes de fósforo no estabelecimento e produtividade de forrageiras na região de Alta Floresta – MT. Global Science and Technology, 5, 1-10.
- Paciullo, D. S. C., Castro, C. R. T., Gomide, C. A. M., Fernandes, P. B., Duarte, W. S. R., Müller, M. D., & Rossiello, R. O. P. (2010) Soil bulk density and biomass partitioning of *Brachiaria decumbens* in a silvopastoral system. Scientia Agricola, 67, 401–407. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162010000500014>
- Paciullo, D. S. C., Fernandes, P. B., Gomide, C. A. M., Castro, C. R. T., Souza Sobrinho, F. S., & Carvalho, C. A. B. (2011). The growth dynamics in *Brachiaria* species according to nitrogen dose and shade. Revista Brasileira de Zootecnia, 40, 270–276. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000200006>
- Paciullo, D. S. C., Gomide, C. D. M., Castro, C. D., Maurício, R. M., Fernandes, P. B., & Morenz, M. J. F. (2017). Morphogenesis, biomass and nutritive value of *Panicum maximum* under different shade levels and fertilizer nitrogen rates. Grass and forage Science, 72, 590-600. <https://doi.org/10.1111/gfs.12264>
- Paciullo, D. S. C., Pires, M. F. A., Aroeira, L. J. M., Morenz, M. J. F., Maurício, R. M., Gomide, C. A. M., & Silveira, S. R. (2014). Sward characteristics and performance of dairy cows in

- organic grass–legume pastures shaded by tropical trees. *Animal*, 8, 1264-1271. <http://doi.org/10.1017/S1751731114000767>
- Porfírio-Da-Silva, V., & Moraes, A. D., (2010). Sistemas silvipastoris: fundamentos para a implementação. In: A. V., Pires. *Bovinocultura de corte* (pp. 1421-1455). FEALQ.
- Sacramento, A. M. H., de Menezes, O. C., Barros, T. M., Pinheiro, D. N., Jaeger, S. M. P. L., Ribeiro, O. L., Ramos, C. E. C. O., & de Oliveira, G. A., (2019). Morphogenic and structural characteristics and chemical composition of grass aruana, submitted to nitrogen fertilization. *Semina: Ciências Agrárias*, 40, 3167-3180. <http://doi.org/10.5433/1679-0359.2019v40n6Supl2p3167>
- Santiago-Hernández, F., López-Ortiz, S., Ávila-Reséndiz, C., Jarillo-Rodríguez, J., Pérez-Hernández, P., & Guerrero-Rodríguez, J. D., (2016). Physiological and production responses of four grasses from the genera *Urochloa* and *Megathyrsus* to shade from *Melia azedarach* L. *Agroforestry Systems*, 90, 339–349. <https://doi.org/10.1007/s10457-015-9858-y>
- Senger, C. C. D., Kozloski, G. V., Sanchez, L. M. B., Mesquita, F. R., Alves, T. P., & Castagnino, D. S., (2008). Evaluation of autoclave procedures for fibre analysis in forage and concentrate feedstuffs. *Animal Feed Science and Technology*, 146, 169–174. <http://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.12.008>
- Silveira, M. L., Vendramini, J. M. B., Sellers, B., Monteiro, F. A., Artur, A. G., & Dupas, E., (2015). Bahiagrass response and N loss from selected N fertilizer sources. *Grass and Forage Science*, 70, 154–160. <https://doi.org/10.1111/gfs.12078>
- Sousa, L. F., Santos, J. G. D., Alexandrino, E., Maurício, R. M., Martins, A. D., & Sousa, J. T. L. (2015). Método prático e eficiente para estimar a área foliar de gramíneas forrageiras tropicais. *Archivos de zootecnia*, 64, 83-85. <https://doi.org/10.21071/az.v64i245.380>
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B., & Lewis, B. A., (1991). Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74, 3583–3597. [http://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](http://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
- Wilm, H. G., Costello, D. F., & Klipple, G. E., (1944). Estimating forage yield by the 11 double-sampling methods. *Journal of American Society of Agronomy*, 36, 194-203.
- Wilson, J. R., (1996). Shade-stimulated growth and nitrogen uptake by pasture grasses in a subtropical environment. *Australian Journal of Agriculture Research*, 47, 1075–1093. <https://doi.org/10.1071/AR9961075>

Zanchi, F. B., Aguiar, L. J., Von Randow, C., Kruijt, B., Cardoso, F. L., & Manzi, A. O. (2009). Estimativa do Índice de Área Foliar (IAF) e Biomassa em pastagem no estado de Rondônia, Brasil. *Acta Amazonica*, 39, 335-347. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672009000200012>

Figuras e tabelas

Figura 1. Dados meteorológicos (temperaturas mínima e máxima, °C e precipitação, mm) observados durante as avaliações a campo (novembro/2019 a março/2020). Fonte: GPCS (2020).

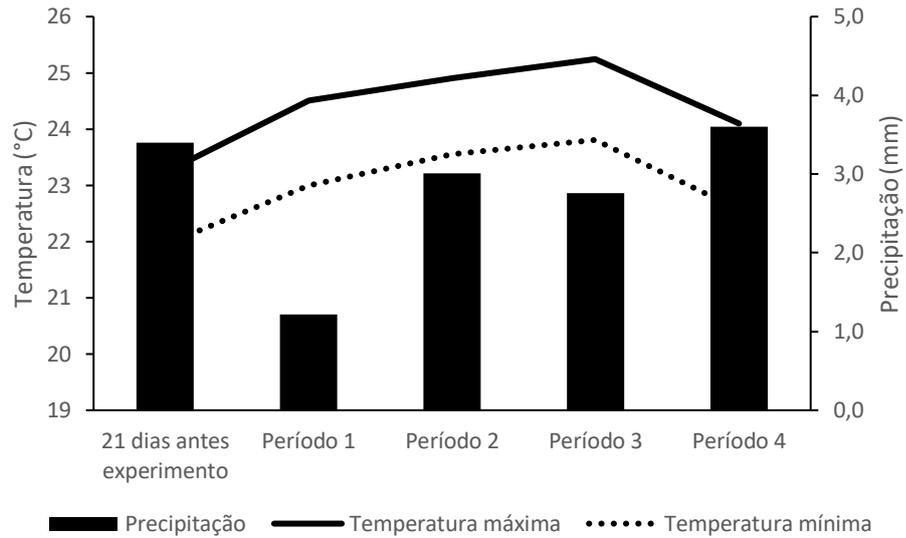
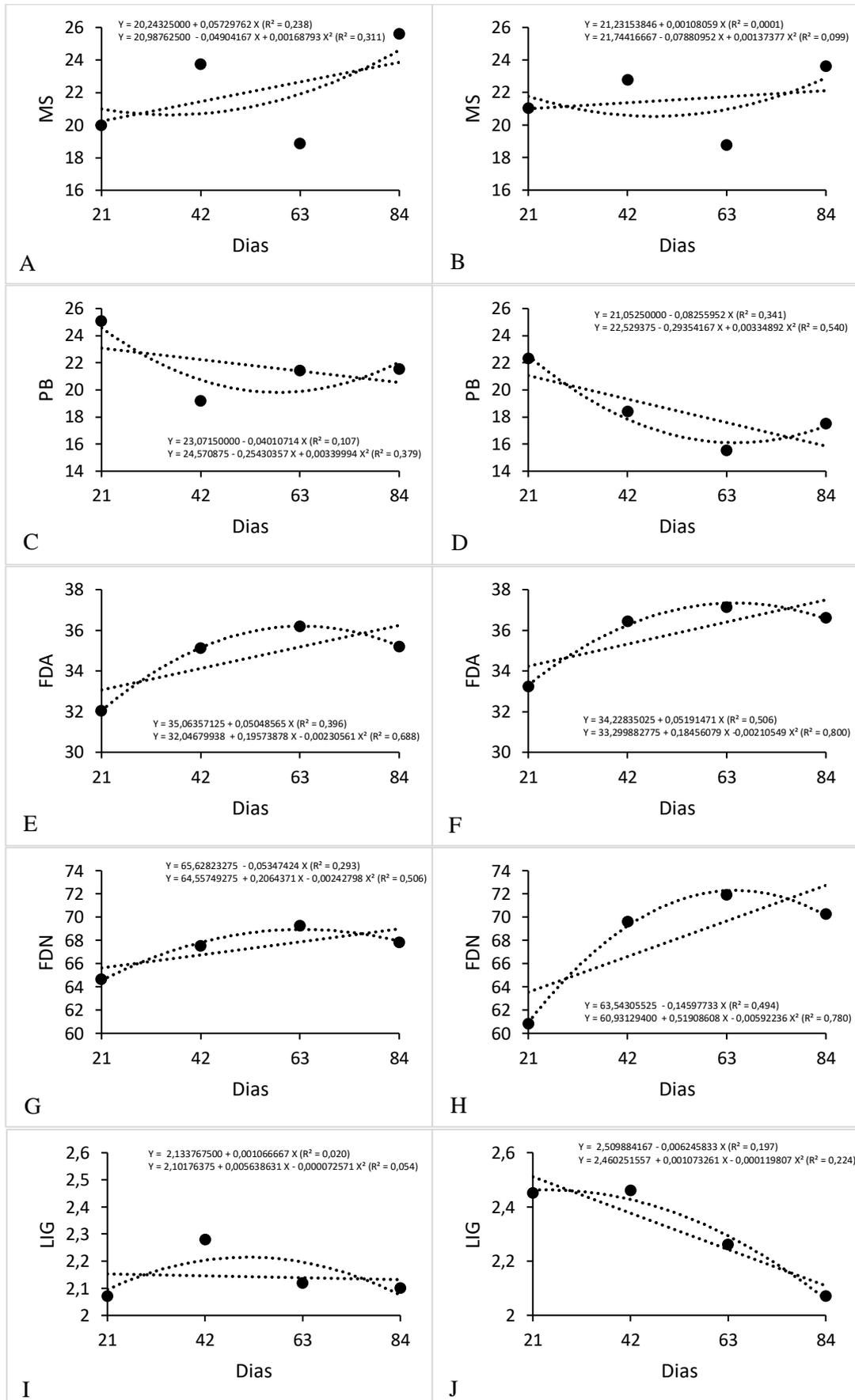
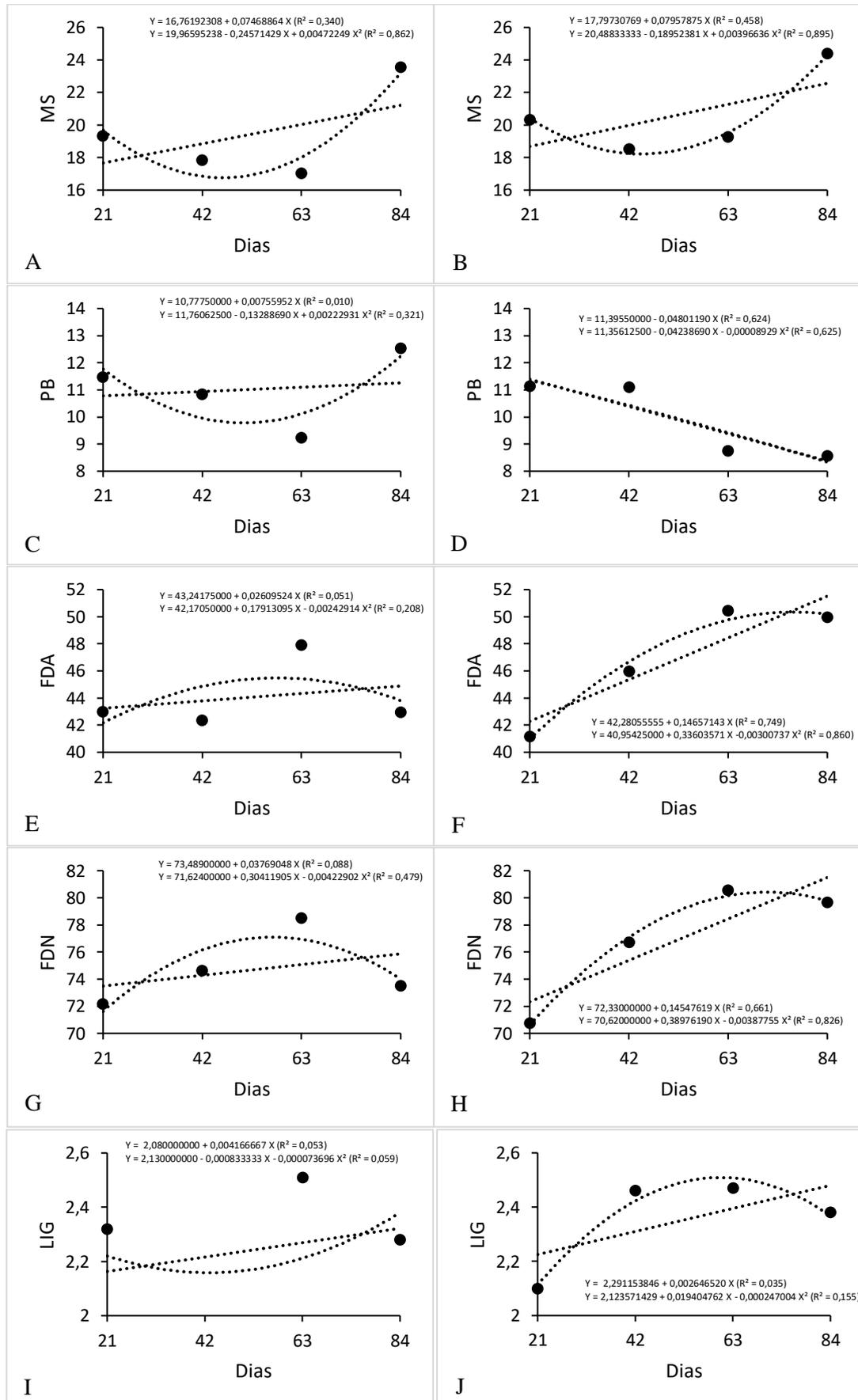


Figura 2. Efeito do sombreamento e dias de avaliação sobre teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente ácido (FDA), fibra em detergente neutro (FDN) e lignina (LIG) de folhas de *Megathyrus maximus*



A, C, E, G, I – pleno sol; B, D, F, H, J – silvipastoreil.

Figura 3. Efeito do sombreamento e dias de avaliação sobre teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente ácido (FDA), fibra em detergente neutro (FDN) e lignina (LIG) de colmos de *Megathyrsus maximus*



A, C, E, G, I – pleno sol; B, D, F, H, J – silvipastoril.

Tabela 1 – Efeito da adubação nitrogenada e sombreamento sobre taxa de aparecimento de folhas, taxa de alongamento de folhas, taxa de alongamento de colmos, taxa de senescência foliar, vida útil da folha, número de folhas vivas, comprimento final da folha intacta, comprimento final da folha desfolhada, densidade populacional de perfilhos aéreos, densidade populacional de perfilhos basais, índice de área foliar, produção de matéria seca total, massa de forragem e taxa de acúmulo diário de *Megathyrus maximus*.

| Adubação (A) | TapF | TAIF | TAIC | TSeF | Vida útil | NFV | CFFI | CFFD | DPPA | DPPB | AD | IAF | PMST | MF | TAD | CA | GPC |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|----------|--------|--------|--------|
| Sem adubação | 0,185 | 1,197 | 0,11 | 0,019 | 42,22 | 4,49 | 9,53 | 4,98 | 90,90 | 533,49 | 23,59 | 1,124 | 13.994,50 | 1.237,50 | 45,24 | 154,55 | 20,03 |
| Com adubação | 0,168 | 1,359 | 0,114 | 0,018 | 40,70 | 4,33 | 10,59 | 5,23 | 106,89 | 622,38 | 25,97 | 1,231 | 15.182,00 | 1.891,30 | 72,82 | 145,67 | 13,26 |
| Sistema (S) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pleno sol | 0,179 | 1,329 | 0,117 | 0,021 | 42,87 | 4,56 | 10,54 | 5,43 | 128,47 | 671,27 | 21,97 | 1,604 | 16.860,00 | 1.868,69 | 74,89 | 166,27 | 18,96 |
| Silvipastoril | 0,173 | 1,235 | 0,098 | 0,017 | 40,07 | 4,26 | 9,60 | 4,81 | 71,18 | 491,20 | 27,52 | 0,773 | 12.316,50 | 1.259,17 | 43,16 | 133,95 | 14,39 |
| Dia | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | 0,129 | 1,697 | 0,328 | 0,010 | 51,32 | 5,46 | 18,52 | 8,34 | 78,67 | 665,50 | 32,08 | 2,052 | 14.666,00 | 1.598,33 | 93,89 | 132,39 | 25,67 |
| 42 | 0,213 | 1,218 | 0,049 | 0,045 | 38,48 | 4,09 | 8,56 | 4,62 | 87,77 | 599,11 | 27,21 | 1,191 | 14.033,00 | 1.692,73 | 57,62 | 150,56 | 12,46 |
| 63 | 0,207 | 1,054 | 0,031 | 0,009 | 33,30 | 3,54 | 5,49 | 3,20 | 142,81 | 575,54 | 21,57 | 0,818 | 15.684,00 | 1.738,33 | 52,70 | 167,38 | 11,74 |
| 84 | 0,155 | 1,226 | 0,045 | 0,013 | 43,11 | 4,59 | 7,95 | 4,69 | 85,33 | 475,15 | 17,69 | 0,673 | 13.970,00 | 1.211,67 | 31,90 | - | - |
| Média | 0,176 | 1,280 | 0,108 | 0,018 | 41,45 | 4,40 | 10,08 | 5,11 | 99,01 | 578,59 | 24,80 | 1,1787 | 14.588,25 | 1.557,45 | 59,03 | 150,11 | 16,74 |
| EPM | 0,006 | 0,051 | 0,013 | 0,003 | 1,119 | 0,119 | 0,495 | 0,213 | 7,357 | 18,398 | 1,213 | 0,123 | 1.287,41 | 97,715 | 5,881 | 4,707 | 1,705 |
| <i>p-valor</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Adubação | 0,2105 | 0,1186 | 0,1483 | 0,7558 | 0,3617 | 0,3617 | 0,0209 | 0,2054 | 0,3402 | 0,0035 | 0,0318 | 0,2208 | 0,0713 | 0,0001 | 0,0039 | 0,2045 | 0,0011 |
| Sistema | 0,6107 | 0,2784 | 0,7471 | 0,2153 | 0,1198 | 0,1198 | 0,2132 | 0,0508 | 0,0007 | 0,0001 | 0,0002 | 0,0001 | 0,0095 | 0,0001 | 0,0007 | 0,0001 | 0,0158 |
| Dia | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,1705 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,6318 | 0,0012 | 0,0001 | 0,2633 | 0,7671 | 0,2792 | 0,1942 | 0,0014 | 0,0007 |
| A x S | 0,8961 | 0,9984 | 0,9829 | 0,5906 | 0,6341 | 0,6341 | 0,4916 | 0,6089 | 0,4450 | 0,2330 | 0,2791 | 0,0886 | 0,0882 | 0,0221 | 0,3102 | 0,4632 | 0,1732 |
| A x dia | 0,1546 | 0,3936 | 0,1777 | 0,4727 | 0,1284 | 0,1284 | 0,8061 | 0,7419 | 0,0373 | 0,9773 | 0,2072 | 0,9521 | 0,4761 | 0,8240 | 0,9896 | 0,9661 | 0,0223 |
| S x dia | 0,9005 | 0,1740 | 0,4068 | 0,4833 | 0,0195 | 0,0195 | 0,9165 | 0,0168 | 0,6630 | 0,6046 | 0,3610 | 0,0044 | 0,2632 | 0,3583 | 0,4618 | 0,8537 | 0,0334 |
| A x S x dia | 0,5380 | 0,8931 | 0,1929 | 0,3538 | 0,9177 | 0,9177 | 0,7262 | 0,4685 | 0,0051 | 0,6401 | 0,7986 | 0,3928 | 0,2317 | 0,3741 | 0,0905 | 0,9246 | 0,9896 |

TapF – taxa de aparecimento de folhas (folhas perfilho⁻¹ dia⁻¹); TAIF – taxa de alongamento foliar (mm perfilho⁻¹ dia⁻¹); TAIC – taxa de alongamento de colmos (mm perfilho⁻¹ dia⁻¹); TSeF – taxa de senescência foliar (mm perfilho⁻¹ dia⁻¹); Vida útil – vida útil das folhas (dias); NFV – número de folhas vivas (folhas perfilho⁻¹); CFFI – comprimento final da folha intacta (mm); CFFD – comprimento final da folha desfolhada (mm); DPPA – densidade populacional de perfilhos aéreos (perfilhos m⁻²); DPPB – densidade populacional de perfilhos basais (perfilhos m⁻²); AD – altura do dossel (cm); IAF – índice de área foliar; PMST – produção de matéria seca total (kg ha⁻¹); MF – massa de forragem (kg ha⁻¹); TAD – taxa de acúmulo diário (kg⁻¹ ha⁻¹ dia); CA – carga animal (kg PV⁻¹); GPC – ganho de peso corporal (kg ha⁻¹). Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna comparando o efeito de adubação e/ou sombreamento são diferentes pelo teste T (p<0,05).

Tabela 2 – Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), resposta estimada da variável, teores de mínimos ou máximos (TM) e coeficiente de variação (CV%) de *Megathyrus maximus* em sistema silvipastoril e pleno sol

| Variável | Equações de regressão | R^2 | Resposta estimada | TM | CV |
|----------------------|--|-------|-------------------|----|-------|
| TapF | $0,131420 + 0,005168*\text{Dia} - 0,000076*\text{Dia}^2$ | 0,246 | 0,219 | 34 | 34,81 |
| TAIF | $1,698065 - 0,003078*\text{Dia} + 0,000369*\text{Dia}^2$ | 0,156 | 1,692 | 04 | 42,40 |
| TAIC | $0,315223 - 0,014400*\text{Dia} + 0,000163*\text{Dia}^2$ | 0,397 | -0,003 | 44 | 84,39 |
| DPPB | $667,8807335 - 2,8208548*\text{Dia}$ | 0,092 | - | - | 35,45 |
| CFFI | $18,450990 - 0,608909*\text{Dia} + 0,007037*\text{Dia}^2$ | 0,745 | 5,279 | 43 | 29,23 |
| CA | $132,6176389 + 0,8329960*\text{Dia}$ | 0,262 | - | - | 16,39 |
| AD | $31,96870940 - 0,23251077*\text{Dia}$ | 0,467 | - | - | 24,20 |
| <i>Silvipastoril</i> | | | | | |
| NFV | $5,840912023 - 0,139870126*\text{Dia} + 0,001846306*\text{Dia}^2$ | 0,359 | 3,192 | 34 | 31,16 |
| Vida útil | $54,90457302 - 1,31477918*\text{Dia} + 0,01735528*\text{Dia}^2$ | 0,359 | 30 | 30 | 31,16 |
| IAF | $1,397390244 - 0,042675184*\text{Dia} + 0,000451514*\text{Dia}^2$ | 0,824 | 0,389 | 47 | 25,56 |
| CFFD | $8,766770186 - 0,295013803*\text{Dia} + 0,003528393*\text{Dia}^2$ | 0,715 | 2,60 | 42 | 30,10 |
| GPC | $19,81000000 - 0,72654762*\text{Dia} + 0,01307823*\text{Dia}^2$ | 0,239 | 9,71 | 27 | 55,72 |
| <i>Pleno sol</i> | | | | | |
| NFV | $5,177785479 - 0,064142189*\text{Dia} + 0,000914612*\text{Dia}^2$ | 0,155 | 4,053 | 35 | 22,94 |
| Vida útil | $48,67118350 - 0,60293658*\text{Dia} + 0,0085973*\text{Dia}^2$ | 0,155 | 38 | 38 | 22,94 |
| IAF | $2,970666667 - 0,06622619*\text{Dia} + 0,000519841*\text{Dia}^2$ | 0,765 | 0,861 | 64 | 28,11 |
| CFFD | $7,9596078430 - 0,195939932*\text{Dia} + 0,002420005*\text{Dia}^2$ | 0,416 | 3,993 | 40 | 32,29 |
| GPC | $31,52666667 - 1,15968254*\text{Dia} + 0,01604308*\text{Dia}^2$ | 0,692 | 10,57 | 36 | 34,51 |

TapF – taxa de aparecimento de folhas (folhas perfilho⁻¹ dia⁻¹); TAIF – taxa de alongamento foliar (mm perfilho⁻¹ dia⁻¹); TAIC – taxa de alongamento de colmo (mm perfilho⁻¹ dia⁻¹); DPPB – densidade populacional de perfilhos basais (perfilhos m⁻²); CA – carga animal (kg PV⁻¹); AD – altura do dossel (cm); CFFI – comprimento final da folha intacta (mm); NFV – número de folhas vivas (folhas perfilho⁻¹); Vida útil – vida útil das folhas (dias); IAF – índice de área foliar; CFFD – comprimento final da folha desfolhada (mm); GPC – ganho de peso corporal (kg).

(Artigo nas normas da Pesquisa Agropecuária Brasileira – online ISSN: 1678-3921)

4. CARACTERIZAÇÃO DE NUTRIENTES E COMPOSIÇÃO MINERAL DE *Megathyrus maximus* EM SISTEMA INTEGRADO COM ADUBAÇÃO NITROGENADA

Resumo - o objetivo foi realizar a caracterização de nutrientes e a composição mineral de *M. maximus* cv Aruana pastejado por cordeiros em sistema silvipastoril ou pleno sol com adição de nitrogênio. Os tratamentos são: (1) pastagem de Aruana a pleno sol com adubação nitrogenada, (2) pastagem de Aruana a pleno sol sem adubação nitrogenada, (3) pastagem de Aruana em sistema silvipastoril com adubação nitrogenada e (4) pastagem de Aruana em sistema silvipastoril sem adubação nitrogenada. A dinâmica de nutrientes, excreção urinária de N e a quantidade retornada do nutriente foi determinada a partir de quatro ovinos em um delineamento experimental em quadrado latino; a composição mineral das folhas e colmos do capim foi realizado por meio de coletas de amostras dos piquetes utilizados, totalizando seis em cada tratamento avaliado. O sistema silvipastoril proporcionou teores elevados de P e K nas plantas forrageiras. A adubação nitrogenada e os sistemas não influenciaram na composição mineral de folhas e colmos da forrageira. A excreção urinária de N e os teores de minerais da urina foram influenciados pelos sistemas avaliados e pelo uso da adubação nitrogenada. O N não apresentou diferença para folhas e colmos, o que sugere novos estudos que avaliem a adubação com N e diferentes níveis de incidência solar.

Palavras-chave – Aruana, nitrogênio, silvipastoril, excreção urinária

Abstract - the objective was to characterize the nutrient and mineral composition of *M. maximus* cv Aruana grazed by lambs in silvipastoral or full sun with added nitrogen. The

26 treatments are: (1) Aruana grazed in full sun with nitrogen fertilization, (2) Aruana grazed in
27 full sun without nitrogen fertilization, (3) Aruana grazed in silvipastoral system with nitrogen
28 fertilization and (4) Aruana grazed in silvipastoral system without nitrogen fertilization.
29 Nutrient dynamics, urinary excretion of N, and the amount returned of the nutrient were
30 determined from four sheep in a latin-square experimental design; the mineral composition of
31 the leaves and stalks of the grass was carried out by collecting samples from the plots used,
32 totaling six in each treatment evaluated. The silvipastoral system provided high levels of P and
33 K in forage plants. Nitrogen fertilization and the systems did not influence the mineral
34 composition of leaves and stalks of forage plants. Urinary N excretion and urine mineral
35 contents were influenced by the systems evaluated and the use of N fertilizer. N did not show
36 differences for leaves and canes, which suggests new studies that evaluate N fertilization and
37 different levels of solar incidence.

38 **Keywords** - Aruana, nitrogen, silvipastoral, urinary excretion

39

40

Introdução

41

42

43

44

45

46

A produção de ovinos em pasto desempenha um papel importante em regiões de clima subtropical ao redor do mundo, todavia, a produção alcançada ainda é muito aquém do real potencial não explorado da atividade (Poli et al., 2020). Características destas regiões, forrageiras altamente produtivas combinadas com precipitações elevadas e distribuídas ao longo do ano possibilitam a produção de cordeiros com qualidade de forma sustentável (Wrege et al., 2012; Poli et al., 2020).

47

48

49

A qualidade das forragens tropicais e as condições climáticas são fatores que limitam a produtividade na atividade da produção animal. O animal busca adaptar seu comportamento no sistema em que está inserido de acordo com as condições do meio-ambiente, o que acaba por

50 comprometer atividades essenciais como o pastejo (Siqueira & Fernandes, 2014; Manno et al.,
51 2019). Em busca de diminuir estes comportamentos, a criação em sistemas integrados de
52 produção, a exemplo dos silvipastoris, bem como a adoção de técnicas de manejo como a
53 aplicação orientada de fertilizantes, possibilitam o aumento da produção do sistema em que o
54 animal está inserido (Bernardino & Garcia, 2009).

55 *Megathyrus maximus* cv. Aruana é uma opção importante, econômica e
56 ecologicamente adequada para a produção de ovinos, por conta das características como boa
57 resposta à fertilização com nitrogênio (N), adaptabilidade às condições de sombreamento,
58 elevado rendimento de matéria seca e valor nutritivo (Paciullo et al, 2017). O papel
59 determinante do N na produção de forragem combinado com a baixa disponibilidade do
60 fertilizante no solo ainda é um fator limitante em áreas de forragens tropicais e subtropicais
61 (Bernardino & Garcia, 2009). A introdução do nutriente no sistema via fertilização química e
62 processos de ciclagem são as formas mais observadas (Gerdes et al., 2020).

63 A ciclagem de nutrientes em ecossistemas terrestres é proporcionada pela deposição de
64 dejetos animais como urina e fezes no solo. Os herbívoros também atuam como transportadores
65 espaciais de diferentes nutrientes, a exemplo do N, uma vez que consomem estes nutrientes na
66 forma de material vegetal em determinado local, e o transportam via excretas para outros (Le
67 Roux et al., 2018; Veldhuisetal, 2018; Li et al., 2021). A degradação de pastagens pode ser
68 evitada pela ciclagem de N, que por sua vez tem sua velocidade de degradação, mineralização
69 e imobilização determinadas pela relação carbono:nitrogênio encontrada na matéria orgânica
70 do solo (MOS) (De Sá Souza et al., 2018).

71 Em situações em que a reposição de fertilizantes nas pastagens não é usual, os nutrientes
72 contidos nas excretas animais possuem papel importante para a perenidade e sustentabilidade
73 dos pastos. De toda a forragem consumida durante o pastejo, apenas uma pequena proporção é
74 retida nos produtos animais (Wilkinson & Lowrey, 1973) e pelo menos 60% desse total é

75 retornado por meio das excreções (Barrow, 1987). O N é um dos nutrientes com maior potencial
76 de excreção tanto nas fezes quanto na urina (Haynes & Willians, 1993), elevando a dinâmica
77 do sistema como um todo. A hipótese testada foi que a composição mineral da forragem é
78 influenciada positivamente pela adubação nitrogenada e pelo sistema silvipastoril. O objetivo
79 foi realizar a caracterização de nutrientes e a composição mineral de *M. maximus* pastejado por
80 cordeiros em sistema silvipastoril ou pleno sol com adição de N.

81

82

Material e métodos

83 Localização

84 O experimento foi realizado na Unidade de Ensino e Pesquisa de Ovinocaprinocultura
85 da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Dois Vizinhos. A instituição está
86 localizada na região Sudoeste do Paraná, sob latitude de 25° 42' S e longitude de 53° 03' W,
87 com altitude aproximada de 520 metros acima do nível do mar. O solo é classificado como um
88 Latossolo Vermelho Distrófico de textura argilosa (EMBRAPA, 1999). A região é
89 caracterizada por clima subtropical úmido mesotérmico (Cfa), com precipitação média anual
90 de 1.953 mm e temperaturas médias anuais de 25,2 (máxima) e 14,7 °C (mínima) (Alvares et
91 al., 2013) (Figura 1).

92

93 Animais, dietas e delineamento experimental

94 Este estudo foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA-
95 Universidade Tecnológica Federal do Paraná – protocolo nº 2019-34), em conformidade com
96 os princípios éticos de experimentação animal recomendados pelo Conselho Nacional de
97 Controle da Experimentação Animal (CONCEA).

98 Os tratamentos foram: 1 – Pastagem de Aruana a pleno sol pleno sol com adubação

99 nitrogenada, 2 - Pastagem de Aruana a pleno sol sem adubação nitrogenada, 3 – Pastagem de
100 Aruana em sistema silvipastoril com adubação nitrogenada, 4 - Pastagem de Aruana em sistema
101 silvipastoril sem adubação nitrogenada.

102 O experimento foi implantado uma área total contendo pastagem de Aruana, dividido
103 em dois sistemas: 06 piquetes em sistema silvipastoril (400m² de área) louro-pardo (*Cordia*
104 *trichotoma*) e canafístula (*Peltophorum dubium*) e 06 piquetes a pleno sol (400m² de área). A
105 área de pastagem foi implantada no ano de 2010 e o componente arbóreo foi efetivado nos anos
106 de 2013/2014 no sistema silvipastoril, no sentido Leste-oeste com a disposição das árvores em
107 4 linhas duplas nas extremidades de cada um dos piquetes, num intervalo de 10m entre elas e
108 espaçamento de 2,00 m (entre plantas) e 1,50 m (entre linhas). Conforme levantamento florestal
109 realizado no ano de 2019, os exemplares de *C. trichotoma* apresentavam diâmetro de copa
110 médio de 3,05 m, altura de copa de 3,10 m e altura média de 7,90 m. Em 2018 foram levantados
111 os dados de *P. dubium*, sendo: diâmetro de copa médio de 2,20 m, altura de copa de 2,00 m e
112 altura de 3,90 m. A área de sombra proporcionada por cada uma das árvores foi em média 36m²
113 (Cipriani et al, 2016). Os dois sistemas eram providos de bebedouros e cochos para
114 suplementação mineral dos animais.

115 Anterior à implantação do experimento, o pH do solo da área total foi corrigido
116 utilizando calcário dolomítico (PRNT 95,2%) a fim de elevar a saturação por bases a 70% (V%:
117 55,9 %). Nos piquetes do tratamento com adubação nitrogenada, a mesma foi realizada na
118 forma de ureia agrícola (46% N total), com aplicação única na dose de 200 kg N ha⁻¹, realizada
119 após corte de uniformização para melhorar a eficiência da fertilização, cerca de 15 dias antes
120 do início das avaliações experimentais.

121 Foram utilizados 24 cordeiros (Dorper x Santa Inês), machos não castrados com idade
122 média de 60±15 dias e peso médio (PM) de 23,00±3,50 kg para pastejo, distribuídos de forma
123 aleatória em número igual entre todos os piquetes. Para a determinação de dinâmica de

124 nutrientes, foram utilizados 04 cordeiros com as mesmas características e PM de $17,75 \pm 1,00$
125 kg, submetidos aos tratamentos em um quadrado latino 4×4 (4 tratamentos x 4 períodos),
126 mantidos em cada piquete durante cinco dias de adaptação e 10 dias de avaliações. Cada um
127 dos quatro animais percorreu ao menos um piquete correspondente ao tratamento em questão
128 durante o período experimental.

129 Os animais foram pesados a cada 15 dias, ou assim que eram trocados de piquete durante
130 determinado período de avaliação. A carga animal (CA), kg PV ha^{-1} foi calculada a partir do
131 somatório de peso corporal de cada animal e da área de cada piquete.

132

133 **Técnicas de medição e amostragem**

134 As avaliações de forragem foram realizadas no início de cada período experimental
135 visando proporcionar uma oferta constante de 10% de massa de forragem (MF) ($10 \text{ kg MS}/100$
136 kg PV animal/dia). A determinação da MF disponível foi feita pelo método de dupla
137 amostragem (Wilm et al., 1994) a partir da estimativa visual de 12 pontos e três estimativas
138 reais de cada piquete experimental, com corte da forragem rente ao solo com auxílio de um
139 quadrado (área $0,25 \text{ m}^2$) de nos pontos reais. O método de pastejo utilizado foi com lotação
140 contínua e taxa de lotação variável, conforme a técnica “*put and take*” (Mott & Lucas, 1952)
141 conforme a MF disponível. Amostras de forragem, folhas e colmos foram coletadas com o
142 objetivo de avaliar a composição mineral.

143 Amostras de solo foram coletadas (0-20 cm) com auxílio de um trado de caneca, em 10
144 pontos espaçados de cada subárea experimental, escolhidos aleatoriamente evitando áreas com
145 presença de fezes. Ao final, subamostras foram concentradas formando amostras compostas
146 que foram secas em estufa de circulação forçada de ar à 55°C por 72 horas, moídas em moinho
147 de facas com crivo de 1 mm e posteriormente analisadas quanto aos teores de carbono orgânico
148 (C.O.), matéria orgânica (M.O.) e nitrogênio total (N).

149 Amostras de urina *spot* foram coletadas de cada um dos animais no dia 15 do período
150 experimental. Os quatro animais foram alocados em baias suspensas individuais (0,96 m² de
151 área) com bebedouro, cerca de 4 horas após a alimentação do período da manhã a fim de coletar
152 porções de urina por micção espontânea. Após a coleta, amostras de 10 ml de urina foram
153 diluídas em 40 ml de H₂SO₄ (0,036N) e armazenadas em freezer (-20°C).

154

155 **Análises químicas**

156 Amostras de forragem e solo foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 55°C
157 por 72 horas e moídas em moinho com peneira de 1mm de crivo. Foram realizadas
158 determinações de matéria seca (MS – método 934.01) conforme AOAC (2000), P, K, Ca, Mg
159 e S por digestão nitroperclórica (P: colorimetria; S: turbidimetria; K: fotometria de chama; Ca
160 e Mg: espectrofotometria de absorção atômica e N por digestão sulfúrica (Silva, 2009). Teores
161 de matéria orgânica (M.O.) e carbono orgânico (C.O.) nas amostras de solo foram determinadas
162 pelo método pH em CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹; C.O.(1)/M.O.(1) método colorimétrico (Van Raij et
163 al., 2001). Os teores de P e K extraídos com solução Mehlich-1 (EMBAPA, 1979).

164 As concentrações de creatinina urinária foram analisadas utilizando kit comercial
165 (Labtest® Lagoa Santa, MG, BR). O volume urinário diário foi calculado utilizando a relação
166 entre a excreção diária de creatinina e sua concentração nas amostras de urina *spot* utilizando-
167 se o valor 19,82 mg de creatinina/kg de peso corporal (Dos Santos et al., 2018).

168 A partir dos teores estimados de produções de urina (PU), lotação animal (LA) e teores
169 de N determinados, foi calculada a excreção total de urina (ETU) (Saraiva, 2010):

$$170 \quad ETU = [PU/PC] \times LA$$

171 Onde: PC corresponde ao peso corporal do animal (kg/ha.dia).

172 As quantidades de N retornadas via urina (QNRU) (g/ha.dia⁻¹) foram determinadas
173 utilizando as excreções calculadas anteriormente e a concentração de N da urina (Saraiva,

174 2010):

175
$$QNRU = CN \times ETU$$

 176 Onde: CN corresponde à concentração de nitrogênio (g/L).

177

178 **Análise estatística**

179 Os teores de M.O., C.O. e N das amostras de solo e os teores de minerais de folhas e
 180 colmos foram analisados independentemente pela ANOVA e quando apresentaram diferença
 181 significativa ($P < 0,05$) as médias foram comparadas pelo teste de Tukey.

182 As variáveis PC, lotação, excreção total de urina, N urinário e a quantidade de N
 183 retornado via urina foram analisados pela ANOVA e quando apresentaram diferença
 184 significativa as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). As variáveis
 185 dependentes foram analisadas no desenho do quadrado latino 4×4 dividido em blocos, com
 186 efeitos fixos (período e tratamento) e efeito aleatório (animal).

187 O modelo estatístico utilizado foi:

188
$$Y_{ijk} = \mu + A_i + P_j + T_k + e_{ijk}$$

189 Em que, Y_{ijk} : Observação relativa a i-ésimo animal, ao j-ésimo período e ao k-ésimo
 190 tratamento; μ : Média geral; A_i : Efeito correspondente ao i-ésimo animal (1, 2, 3 e 4); P_j : Efeito
 191 correspondente ao j-ésimo período (1, 2, 3 e 4); T_k : Efeito correspondente ao k-ésimo
 192 tratamento (1 - Pastagem de Aruana a pleno sol pleno sol com adubação nitrogenada, 2 -
 193 Pastagem de Aruana a pleno sol sem adubação nitrogenada, 3 – Pastagem de Aruana em sistema
 194 silvipastoril com adubação nitrogenada, 4 - Pastagem de Aruana em sistema silvipastoril sem
 195 adubação nitrogenada); e_{ijk} : Erro aleatório associado a i-ésimo animal, j-ésimo período e k-
 196 éximo tratamento.

197

Resultados e discussão

198

199

200

201

202

203

204

Os teores de M.O., C.O., N, P e K do solo não apresentaram diferença entre os tratamentos (Tabela 1). Em condições de sombreamento o microclima tende a ser modificado pelas árvores, reduzindo a radiação solar e elevando a umidade do ar e do solo. Aliado a isso, áreas com pastagem tendem a ser ricas em material vegetal prontamente disponível, oriundo do crescimento e cobertura do solo pelas plantas, além dos resíduos depositados pelos animais em pastejo, o que pode estimular a biomassa microbiana (Sampaio et al., 2020).

205

206

207

208

209

210

211

212

213

Os teores elevados de K observados em sistemas silvipastoris (Crusciol e Borgui, 2007; Leite et al., 2013) são atribuídos à capacidade do sistema radicular das gramíneas em absorção e acúmulo do nutriente aliado à velocidade de liberação acelerada para o solo por meio da ciclagem. Adicionalmente, o aporte de palhada presente no solo em conjunto com a quantidade de raízes de gramíneas em profundidade sugere a eficiência das plantas em absorver e aproveitar nutrientes como o P e K (Torres e Pereira, 2008). Essa deposição de resíduos vegetais sob o solo, ricos em substratos orgânicos de rápida decomposição e baixa relação C/N, sugere o comportamento similar dos teores de N total observados em ambos sistemas avaliados (Cardoso et al., 2010).

214

215

216

217

218

219

220

221

As pastagens possuem papel fundamental na movimentação de C.O. no solo, em virtude do sistema radicular abundante em rizodeposição e distribuição de exsudatos que favorecem a manutenção da M.O., elevando o teor de C.O. no solo (Leite et al., 2013); em conjunto, a adoção de técnicas de manejo como a adubação nitrogenada tendem a ocasionar alterações nestes valores. O N do solo está na forma orgânica e não é suficiente para atender as demandas das pastagens de alta produtividade, assim, a introdução do nutriente no sistema permite que a forrageira apresente melhor vigor de rebrota e crescimento, refletindo na composição química do material vegetal e na produtividade animal.

222 A eficiência do N está ligada à quantidade de água disponível e ao local de absorção, e
223 as duas principais formas de perda do nutriente são conhecidas por lixiviação e/ou volatilização
224 (Troeh & Thompson, 2007). O volume de chuvas ocorrido durante o período experimental foi
225 extremamente baixo (Figura 1), o que pode ter ocasionado processo de volatilização de parte
226 do fertilizante, ou ainda dificuldade na incorporação devido à dificuldade em gerar um maior
227 potencial de água próximo à raiz das plantas.

228 A excreção total de urina, bem como a quantidade de N excretada na mesma não
229 apresentaram diferença entre os tratamentos (Tabela 2). A alimentação dos animais com dietas
230 ricas em proteína pode ocasionar um aumento na excreção de N na urina, assim como possíveis
231 perdas por volatilização (Ayantunde et al., 2018), este comportamento não foi evidenciado no
232 presente estudo, uma vez que os animais ingeriram pastagem adubada, tendo um aporte
233 nutricional adequado conforme recomendações do NRC (2007).

234 As excreções, tanto urinária quanto fecal são distintas quando o componente arbóreo
235 inserido no sistema é nativo. Espécies de árvores nativas são importantes fontes de N para os
236 animais e o sistema como um todo, o que pode alterar a excreção de N urinário para fecal,
237 diminuindo as perdas por volatilização, possibilitando maiores teores no nutriente para
238 ciclagem. Dietas ricas em proteína tendem a aumentar a excreção de N na urina, visto que esta
239 depende das concentrações e degradabilidade deste componente e do teor de taninos presente
240 nos alimentos ingeridos pelos animais (Ayantunde et al., 2018).

241 A quantidade de N retornada via urina não diferiu entre os tratamentos (Tabela 2). Uma
242 vez que o retorno é dependente do consumo e aproveitamento do N pelos animais, resultado da
243 quantidade de forragem ingerida bem como da qualidade da parte do vegetal consumido,
244 sugere-se que a adubação química não influenciou neste fator.

245 Os teores de minerais de folhas e colmos foram influenciados pelas condições de
246 sombreamento e adubação (Tabela 3). O teor de P foi influenciado pela incidência luminosa,

247 sendo superior no silvipastoril para folhas e colmos. Resultados da literatura indicam que os
248 teores do nutriente na porção folhosa da planta tendem a se elevar em condições de
249 sombreamento intenso; enquanto que para os colmos, o nível de P tende a decrescer quando há
250 redução da luminosidade (Costa et al., 2001). A deficiência de P influencia na fotossíntese e
251 na produção de energia; na assimilação de nutrientes por meio do ATP utilizado na criação de
252 um potencial eletroquímico para a absorção de N, por exemplo (Vilar & Vilar, 2013). Efeitos
253 de concentração de nutrientes no tecido devido ao menor gasto de energia e acúmulo de
254 biomassa já foram evidenciados pela literatura avaliando os cultivares de *M. maximus* Massai
255 e Tanzânia e sugerem o comportamento observado (Oliveira et al., 2009).

256 Teores elevados de K foram observados em amostras de folhas no sistema silvipastoril,
257 enquanto que para colmo não foi observada diferença (Tabela 3). Sob luminosidade reduzida,
258 os teores de K se concentram por efeito de diluição. Esse comportamento é comum para folhas,
259 enquanto que nos colmos não são observadas diferenças em consequência da luminosidade.
260 Este efeito não é observado para o N, o nutriente influencia diretamente na taxa fotossintética
261 das plantas, a qual é dependente de luminosidade. O N promove maior síntese de rubisco e
262 maior atividade ao estímulo na taxa de transpiração foliar, o que favorece a fotossíntese da
263 planta; além disso, o N tem influência na síntese de clorofila, que dependem da luminosidade
264 para produção de energia (Rosado e Gontijo, 2017).

265 A concentração de Mg nas folhas e caules foi superior no tratamento pleno sol com uso
266 de adubação, não diferindo para o mesmo sistema sem uso do fertilizante nos colmos (Tabela
267 4). A concentração do mineral foi superior à citada na literatura (6,460 e 6,058 g/kg), que varia
268 entre 2,0 a 4,0 g/kg. Os valores superiores observados no pleno sol e de forma geral nas folhas,
269 se devem à maior concentração de clorofila nestes órgãos da planta, isto porque o Mg é
270 constituinte desta molécula e a intensidade luminosa afeta de forma marcante o aparelho
271 fotossintético (Castro et al., 2001).

272 Valores superiores de Ca foram observados nas folhas no tratamento pleno sol com uso
273 de adubação quando comparados ao mesmo sistema sem uso do fertilizante químico, todavia,
274 estes não diferiram das condições ofertadas no sistema silvipastoril (Tabela 3). Os valores para
275 amostras de colmo não apresentaram diferença e são menores que os evidenciados nas folhas.
276 Segundo a literatura, ambos valores se encontram dentro da faixa adequada, que varia de 3 a 12
277 g/kg (Santos-Filho et al., 2007). O Ca é fundamental para o metabolismo do N, quando há
278 deficiência do nutriente pode ser observada incapacidade na absorção ou acúmulo de nitratos
279 (Freitas et al., 2007).

280 Os teores de S nas folhas e colmos foram influenciados pelos tratamentos (Tabela 3). O
281 S é constituinte de determinados aminoácidos, o que explica maiores teores do nutriente em
282 condições em que foi evidenciada menor excreção do nutriente. Os teores observados são mais
283 elevados que aqueles considerados adequados para suprir as necessidades de ovinos e caprinos,
284 em torno de 1,1 a 1,5 g/kg (Malavolta et al., 1997). O S está envolvido em vias metabólicas de
285 assimilação, de modo que faz parte de grupos que transferem energia e são responsáveis pela
286 assimilação de N (Fagan et al., 2016). Assim, a luminosidade tem forte influência sobre o bom
287 funcionamento do mineral, uma vez que o composto assimilado em conjunto é foto dependente.

288 Os teores de N para folhas e colmos não foram influenciados pelos tratamentos, todavia,
289 foram mais elevados nas folhas quando comparados aos colmos (Tabela 3). Este
290 comportamento indica resposta à luminosidade, que influencia diretamente na absorção e
291 utilização do N pelas plantas. A luz interfere na atividade da enzima nitrato redutase que está
292 presente nas folhas, assim, tem efeito na fotossíntese ao fornecer esqueletos de carbono para a
293 assimilação do nutriente (Marschner, 2012). O mineral é constituinte do triptofano, aminoácido
294 precursor das auxinas, que são capazes de incrementar o desenvolvimento de raízes e ocasionar
295 aumento da absorção de nutrientes do solo (Fagan et al., 2016). O N tem efeito positivo sobre
296 o alongamento de folhas e colmos, além do perfilhamento da forrageira (Braz et al., 2014).

297 De forma geral, os teores observados para N nas folhas (Tabela 3) atendem os teores
298 mínimos necessários, valores entre 20 a 50 g/kg de N em relação ao peso da planta, são
299 considerados como teor ótimo para o crescimento e desenvolvimento das culturas, sendo que
300 estes podem ser alterados pelo estágio de desenvolvimento e órgão da planta, bem como as
301 diferentes espécies (Bonato et al., 1998). Em estudo com os cultivares Massai e Mombaça em
302 casa de vegetação, Oliveira et al. (2009) observaram teores médios inferiores aos observados
303 no presente estudo, 10,82 e 8,21, respectivamente.

304 A adubação nitrogenada tem impacto sobre a composição mineral das forrageiras.
305 Quando o N é fornecido na forma de amônio, pode resultar na diminuição de Ca, K e Mg,
306 todavia, resultados avaliando essa interação ainda são considerados inconsistentes e não foram
307 observados neste trabalho. Estudos indicam que as concentrações de macro e microminerais
308 podem ser diminuídas quando há uso da adubação, em virtude do efeito de diluição (Ghosh et
309 al., 2017).

310 Na integração de árvores e pastagem, o sombreamento e a biomassa produzida pelo
311 componente arbóreo do sistema apresentam potencial para elevar a fertilidade do solo e
312 melhorar a composição química da forragem pelo aumento da disponibilidade de N para as
313 forrageiras. Isso se deve à modificação do microclima e redução da radiação solar pelas árvores,
314 proporcionando temperaturas mais amenas, umidade do ar elevada, taxa de evapotranspiração
315 reduzida e umidade do solo elevada, com conseqüente atividade microbiológica e taxa de
316 mineralização da M.O. do solo elevadas (Bernardino e Garcia, 2009). A luz não atua
317 diretamente sobre a absorção de minerais nas plantas, mas sim fornece energia para a absorção
318 e metabolização desses compostos. Processos biológicos como a fotossíntese, transpiração e
319 respiração são exemplos desse comportamento (Clark, 1981).

Conclusões

- 320
- 321 1. A adubação nitrogenada e os sistemas não influenciaram na concentração de nutrientes na
- 322 forragem e na excreção urinária de N.
- 323 2. Os teores de minerais de folhas e colmos foram influenciados pelos sistemas avaliados e pelo
- 324 uso da adubação nitrogenada.

Agradecimentos

325 O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de

326 Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Agradecemos ao

327 LabSolos pelo auxílio na construção do conhecimento e nas análises efetuadas para esse

328 trabalho.

329

330

Referências

- 331
- 332 ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G.
- 333 Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, p.711-728,
- 334 2013. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507
- 335 ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC INTERNATIONAL.
- 336 **Official methods of analysis**. [Gaithersburg: The Association of Official Analytical Chemists,
- 337 2000]. 2000p.
- 338 AYANTUNDE, A.; HIERNAUX, P.; FERNANDEZ-RIVERA, S.; SANGARE, M. Nutrient
- 339 management in livestock systems in West Africa Sahel with emphasis on feed and grazing
- 340 management. In: BATIONO, A.; NGARADOUM, D.; YOUL, S.; LOMPO, F.; FENING, J.
- 341 Improving the profitability, sustainability and efficiency of nutrients through site specific
- 342 fertilizer recommendations in West Africa agro-ecosystems. **Springer International**
- 343 **Publishing**, 2018. p.11-23. DOI: 10.1007/978-3-319-58789-9_2

- 344 BARROW, N.J. Return of nutrients by animals. In: SNAYDON, R.W. (Ed.) **Ecosystems of**
345 **the world 17B – Managed Grasslands/Analytical Studies**. Amsterdam: Elsevier, 1987.
346 p.181-186.
- 347 BERNARDINO, FS.; GARCIA, R Sistemas silvipastoris. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.60,
348 p.77-77, 2009. DOI: 10.4336/2009.pfb.60.77
- 349 BONATO, C.M.; RUBIN FILHO, C.J.; MELGES, E.; DOS DANTOS, V.D. **Nutrição mineral**
350 **de plantas**. [Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 1998]. 137p.
- 351 BRAZ, T.G.S.; ARAÚJO, S.A.C.; MOREIRA, R.L.; ORTÊNCIO, M.O.; MOREIRA, K.R.
352 Morfogênese de forrageiras de inverno adubadas com nitrogênio. **Zootecnia**, v.1, p.1-6, 2014.
- 353 CASTRO, C.R.T.; GARCIA, R.; CARVALHO, M.M.; FREITAS, V.P. Efeitos do
354 Sombreamento na Composição Mineral de Gramíneas Forrageiras Tropicais. **Revista**
355 **Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.1959-1968, 2001. DOI: 10.1590/S1516-35982001000800001
- 356 CARDOSO, E.L.; SILVA, M.L.N.; SILVA, C.A.; CURI, N.; FREITAS, D.A.F. Estoques de
357 carbono e nitrogênio em solo sob florestas nativas e pastagens no bioma Pantanal. **Pesquisa**
358 **Agropecuária Brasileira**, v.45, p.1028-1035, 2010. DOI: 10.1590/S0100-
359 204X2010000900013
- 360 CIPRIANI, H.N.; SALMAN, A.K.D.; DOS PASSOS, A.M.A.; SCHMITT, E.; CRUZ, P.C.;
361 BOTELHO, F.J.E.; MORAES, K.K.S. **Uma planilha eletrônica gratuita para calcular a**
362 **sombra projetada pelas árvores**. Embrapa, Circular técnica 145. 2016.
- 363 CLARK, R.B. Effect of light and water stress on mineral element composition of plants.
364 **Journal of Plant Nutrition**, v.3, p.853-885, 1981. DOI: 10.1080/01904168109362884
- 365 CRUSCIOL, C.A.C.; BORGHI, E. Consórcio de milho com braquiária: produção de forragem
366 e palhada para o plantio direto. **Plantio Direto**, v.16, p.10-14, 2007.

- 367 DE SÁ SOUZA, M.; JARDIM, A.M.D.R.F.; JÚNIOR, G.D.N.A.; SILVA, J.R.I.; LEITE,
368 M.L.D.M.V.; TEIXEIRA, V.I.; DA SILVA, T.G.F. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas de
369 pastagens tropicais. **Pubvet**, v.12, p.1-9, 2018. DOI: 10.22256/pubvet.v12n5a91.1-9
- 370 DOS SANTOS, A.C.S.; SANTOS, S.A.; CARVALHO, G.G.P.; MARIZ, L.D.S.; TOSTO, M.;
371 VALADARES FILHO, S.C.; AZEVEDO, J.A.G. A comparative study on the excretion of
372 urinary metabolites in goats and sheep to evaluate spot sampling applied to protein nutrition
373 trials. **Journal of animal science**, v.96, p.3381-3397, 2018. DOI: 10.1093/jas/sky198
- 374 EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de**
375 **métodos de análises de solo**. [Rio de Janeiro: Embrapa solos, 1979]. 247p.
- 376 EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema**
377 **Brasileiro de classificação dos solos**. [Rio de Janeiro: Embrapa solos, 1999]. 412p.
- 378 FAGAN, E.B.; ONO, E.O.; RODRIGUES, J.D.; SOARES, L.H.; DOURADO NETO, D.
379 **Fisiologia vegetal: metabolismo e nutrição mineral**. [São Paulo: Editora Andrei, 2016]. 305p.
- 380 FREITAS, K.R.; ROSA, B.; RUGGIERO, J.A.; DO NASCIMENTO, J.L.; HEINEMAM, A.B.;
381 MACEDO, R.F.; NAVES, M.A.T.; DE OLIVEIRA, I.P. Avaliação da composição químico-
382 bromatológica do capim mombaça (*Panicum maximum* Jacq.) submetido a diferentes doses de
383 nitrogênio. **Bioscience Journal**, v.23, p.1-10, 2007.
- 384 GERDES, L.; BARBOSA, C.M.P.; GIACOMINI, A.A.; MATTOS, W.T.D.; GIMENES,
385 F.M.D.A.; BATISTA, K.; UZAN, B.Z. Introduction of forage legumes into Aruana
386 Guineagrass pasture. **Boletim De Indústria Animal**, v.77, p.1-10, 2020. DOI:
387 10.17523/bia.2020.v77.e1472
- 388 GHOSH, P.K.; MAHANTA, S.K. RAM, S.N. Nitrogen Dynamics in Grasslands. In: **The**
389 **Indian Nitrogen Assessment: Sources of Reactive Nitrogen, Environmental and Climate**
390 **Effects, Management Options, and Policies**, 2017. p.187-205. DOI: 10.1016/B978-0-12-
391 811836-8.00013-6.

- 392 HAYNES, R.J.; WILLIAMS, P.H. Nutrient cycling and fertility in the grazed pasture
393 ecosystem. **Advances in Agronomy**, v.49, p.119-199, 1993. DOI: 10.32473/edis-ss578-2013
- 394 LEITE, L.F.; ARRUDA, F.P.D.; COSTA, C.D.N.; FERREIRA, J.D.S.; HOLANDA NETO,
395 M.R. Qualidade química do solo e dinâmica de carbono sob monocultivo e consórcio de
396 macaúba e pastagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, p.1257-
397 1263, 2013. DOI: 10.1590/S1415-43662013001200002
- 398 LE ROUX, E.; KERLEY, G.I.H.; CROMSIGT, J. Megaherbivores modify trophic cascades
399 triggered by fear of predation in an African savanna ecosystem. **Current Biology**, v.28, p.2493-
400 2499.e3, 2018. DOI: 10.1016/j.cub.2018.05.088
- 401 LEITE, L.F.C.; ARRUDA, F.P.; COSTA, C.N.; FERREIRA, J.S.; HOLANDA NETO, M.R.
402 Qualidade química do solo e dinâmica de carbono sob monocultivo e consórcio de macaúba e
403 pastagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, p.1257-1263, 2013.
404 DOI: 10.1590/S1415-43662013001200002
- 405 LI, L.; ZHANG, J.; H.E, X.Z.; HOU, F. Different effects of sheep excrement type and supply
406 level on plant and soil C: N: P stoichiometry in a typical steppe on the loess plateau. **Plant and**
407 **Soil**, v.462, p.45-58, 2021. DOI: 10.1007/s11104-021-04880-6
- 408 MALAVOLTA, E.; VITTI, G.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional de**
409 **plantas: princípios e aplicações**. [Piracicaba: Potafós, 1997]. 319p.
- 410 MANNO, M.C.; RODRIGUES, L.F.D.S.; LIMA, K.R.D.S.; CARVALHAL, M.V.D.L.;
411 RODRIGUES, S.S.; COSTA, G.L.D.; BARRETO, A.D.N. Behavioral aspects of Santa Inês
412 sheep kept in pasture in a tropical rainforest climate. **Ciência Rural**, v.49, e20180033, 2018.
413 DOI: 10.1590/0103-8478cr20180033
- 414 MARSCHNER, P. **Mineral nutrition of higher plants**. [London: Academic Press, 2012].
415 651p.

- 416 MOTT, G.O.; LUCAS, H.L. The design, conduct, and interpretation of grazing trials on
417 cultivated and improved pastures. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 6.,
418 Pennsylvania, 1952. **Proceedings...** Pennsylvania: [s.n.], p.1380-1385, 1952.
- 419 NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of small ruminants.**
420 Washington, DC, USA: NAP, 2007]. 362p.
- 421 OLIVEIRA, P.S.R.; CASTAGNARA, D.D.; JUNIOR, A.C.G.; MESQUITA, E.E.; NERES,
422 M.A. Teores de macrominerais em *Panicum maximum* cvs. Massai e Mombaça. **Synergismus**
423 **scyentifica UTFPR**, v.4, p.1-3, 2009.
- 424 PACIULLO, D.S.C.; GOMIDE, C.A.M.; CASTRO, C.R.T.; MAURÍCIO, R.M.;
425 FERNANDES, P.B.; MORENZ, M.J.F. Morphogenesis, biomass and nutritive value of
426 *Panicum maximum* under different shade levels and fertilizer nitrogen rates. **Grass and Forage**
427 **Science**, v.72. p.590-600, 2017. DOI: 10.1111/gfs.12264
- 428 POLI, C.H.E.C.; MONTEIRO, A.L.G.; DEVINCENZI, T.; ALBUQUERQUE, F.H.M.A.R.D.;
429 MOTTA, J.H.D.; BORGES, L.I.; MUIR, J.P. Management strategies for lamb production on
430 pasture-based systems in subtropical regions: A Review. **Frontiers in Veterinary Science**, v.7,
431 p.543, 2020. DOI: 10.3389/fvets.2020.00543
- 432 ROSADO, T.L.; GONTIJO, I. Adubação nitrogenada em pastagens: os resultados promissores
433 obtidos na pesquisa e a realidade enfrentada pelos produtores. **Vértices (Campos dos**
434 **Goitacazes)**, v.19, p.1-13, 2017. DOI: 10.19180/1809-2667.v19n12017p163-174
- 435 SAMPAIO, A.C.F.; SILVA, E.S.; JÚNIOR, J.F.V.; SILVA, E.E.; SANTOS, B.R.; OLIVEIRA,
436 R.F. Granulometria e teores de carbono e nitrogênio em solo sob sistemas integrados de
437 produção. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.16, p.58-63, 2020. DOI:
438 10.30969/acsa.v16i2.1083
- 439 SANTOS-FILHO, B.G.; PANTOJA, M.J.R.; BATISTA, T.F.C.; TAVARES, A.E.B.,
440 RIBEIRO, R.C.; PINHEIRO, H.A. Comportamento nutricional de espécies arbóreas utilizadas

- 441 no reflorestamento de áreas degradadas sob o impacto da exploração petrolífera na região de
442 urucu, município de Coari, AM. **Revista Brasileira de Biociências**, v.5, p.1134-1136, 2007.
- 443 SARAIVA F.P. **Ciclagem de nutrientes em pastagens de gramíneas tropicais manejadas**
444 **sob diferentes intensidades de pastejo**. 2010. 73p. Dissertação (Mestrado) – Universidade
445 Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- 446 SILVA, F.C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. [Brasília:
447 Embrapa, 2009]. 627p.
- 448 SIQUEIRA, E. R.; FERNANDES, S. Comportamento e Bem-estar de Ovinos em Pastagem. In:
449 SELAIVE, A.B.; OSÓRIO, J.C.S. **Produção de Ovinos no Brasil**. Brasil: Rocca, 2014. p.379-
450 395.
- 451 TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G. Dinâmica do potássio nos resíduos vegetais de plantas de
452 cobertura no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1609-1618, 2008. DOI:
453 10.1590/S0100-06832008000400025
- 454 TROEH, F.R.; THOMPSON, L.M. **Solos e fertilidade do solo**. [São Paulo: Andrei, 2007].
455 1017p.
- 456 VAN RAIJ, B.; DE ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química**
457 **para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. [Campinas, Instituto Agrônomo, 2001].
458 285p.
- 459 VELDHUIS, M.P.; GOMMERS, M.I.; OLFF, H.; BERG, M.P. Spatial redistribution of
460 nutrients by large herbivores and dung beetles in a savanna ecosystem, **Journal of Ecology**,
461 v.106, p.422-433, 2018. DOI: 10.1111/1365-2745.12874
- 462 VILAR, C.C.; VILAR, F.C.M. Comportamento do fósforo em solo e planta. **Revista Campo**
463 **Digital**, v.8, p.37-44, 2013.

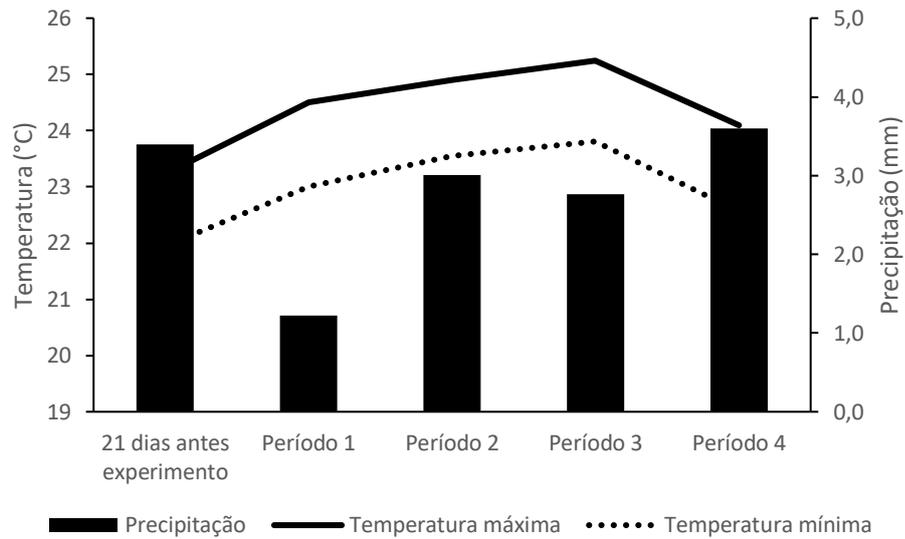
- 464 WILKINSON, S.R.; LOWREY, R.W. Cycling of mineral nutrients in pasture ecosystems. In:
465 BUTLER, G.W.; BALLEY, R.W. (Eds.) **Chemistry and biochemistry of herbage**. New York:
466 Academic Press, 1973. p.247-315.
- 467 WILM, H.G.; COSTELLO, D.F.; KLIPPLE, G.E. Estimating forage yield by the 11 double-
468 sampling methods. **Journal of American Society of Agronomy**, v.36, p.194-203, 1994. DOI:
469 10.2134/agronj1944.00021962003600030003x
- 470 WREGE, M.S.; STEINMETZ, S.; REISSER JÚNIOR, C.; ALMEIDA, I.R. **Atlas climático da**
471 **região Sul do Brasil: estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. [Brasília:
472 Embrapa, 2012.] 334p.
- 473

474 **Figuras e tabelas**

475

476 **Figura 1.** Dados meteorológicos (temperaturas mínima e máxima, °C e precipitação, mm)
477 observados durante as avaliações a campo (novembro/2019 a março/2020). Fonte: GPCS
478 (2020).

479



486 **Tabela 1.** Efeito da adubação nitrogenada e sombreamento sobre teores de matéria orgânica,
 487 carbono orgânico e nitrogênio total e erro padrão da média de amostras de solo coletadas ao
 488 final do último período experimental nos diferentes tratamentos.

| Variável | Tratamentos | | | | Média |
|---------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------|
| | Pleno sol | | Silvipastoril | | |
| | adubação | sem adubação | adubação | sem adubação | |
| M.O. (g/dm ³) | 43,37±2,92 | 46,23±1,19 | 47,00±0,72 | 45,33±1,45 | 45,48 |
| M.O. (kg/ha) | 86.733±5.842 | 92.466±2.384 | 94.000±1.442 | 90.666±2.899 | 90.966 |
| C.O. (g/dm ³) | 25,13±1,71 | 26,83±0,69 | 27,23±0,43 | 26,30±0,84 | 26,37 |
| C.O. (kg/ha) | 50.266±3.414 | 53.666±1.377 | 54.466±851 | 52.600±1.677 | 52.750 |
| N (mg/kg) | 2.356,67±234,21 | 2.380,00±122,52 | 2.338,00±78,00 | 2.090,67±76,93 | 2.291,33 |
| N (kg/ha) | 4.713,33±488,41 | 4.760,00±424,41 | 4.676,00±156,11 | 4.181,33±153,86 | 4.582,67 |
| P (mg/dm ³) | 9,20±2,20 | 10,25±1,32 | 9,66±2,42 | 6,89±1,03 | 9,00 |
| P (kg/ha) | 18,40±4,41 | 20,51±2,64 | 19,32±4,85 | 13,79±2,07 | 18,00 |
| K (mg/dm ³) | 84,72±29,46 | 112,09±19,20 | 110,78±34,18 | 102,96±37,53 | 102,63 |
| K (kg/ha) | 169,43±58,92 | 224,17±38,40 | 221,56±68,37 | 205,93±75,05 | 205,27 |

489 M.O. – matéria orgânica; C.O. – carbono orgânico; N – nitrogênio total; P – fósforo; K –
 490 potássio; EPM – erro padrão da média
 491

492 **Tabela 2.** Efeito da adubação nitrogenada e sombreamento sobre peso corporal (kg), lotação
 493 (kg/ha), excreção total de urina (L/ha x dia), nitrogênio urinário (g/L) e quantidade de nitrogênio
 494 retornado via urina (g/ha x dia) e erro padrão da média de cordeiros em sistema de
 495 sombreamento e pleno sol com e sem adubação nitrogenada.

| Variáveis | Tratamentos | | | | Média geral |
|--|-------------|-----------------|---------------|-----------------|----------------|
| | Pleno sol | | Silvipastoril | | |
| | adubação | sem adubação | adubação | sem adubação | |
| Peso corporal (kg) | 21,31±2,08 | 21,02±1,79 | 21,19±1,65 | 20,81±0,65 | 21,05 |
| Lotação (kg/ha) | 23,30±4,79 | 17,26±2,34 | 19,67±3,34 | 17,24±1,93 | 19,37 |
| Excreção total de urina (L/ha x dia) | 0,732±0,14 | 0,709±0,16 | 0,695±0,10 | 0,512±0,07 | 0,662 |
| Nitrogênio urinário (g/L) | 0,459±0,08 | 0,473±0,06 | 0,435±0,08 | 0,405±0,09 | 0,443 |
| Quantidade de N retornado via urina (g/ha x dia) | 0,361±0,12 | 0,334±0,09 | 0,282±0,02 | 0,196±0,05 | 0,293 |

496 EPM – erro padrão da média

497

498 **Tabela 3.** Efeito da adubação nitrogenada e sombreamento sobre teores de minerais (g/kg) e erro padrão da média de amostras de folhas e colmos
 499 de *Megathyrus maximus* cv. Aruana em sistema silvipastoril e pleno sol com e sem adubação.

| Variáveis | Folhas | | | | | Colmos | | | | |
|-----------|-------------|-----------------|---------------|-----------------|----------------|-------------|-----------------|---------------|-----------------|----------------|
| | Tratamentos | | | | Média geral | Tratamentos | | | | Média geral |
| | Pleno sol | | Silvipastoril | | | Pleno sol | | Silvipastoril | | |
| | adubação | sem adubação | adubação | sem adubação | | adubação | sem adubação | adubação | sem adubação | |
| P | 2,61±0,11b | 3,27±0,07a | 2,57±0,19b | 2,94±0,05ab | 2,85 | 1,67±0,03b | 2,12±0,05a | 1,55±0,14b | 1,79±0,17ab | 1,78 |
| K | 17,95±1,00b | 16,79±1,78b | 26,17±0,52a | 24,25±1,29a | 21,29 | 18,13±1,85 | 15,47±2,46 | 20,99±2,50 | 16,62±1,25 | 17,80 |
| Ca | 6,47±0,18a | 5,74±0,12b | 6,38±0,18ab | 6,25±0,18ab | 6,21 | 3,53±0,08 | 3,44±0,05 | 3,55±0,05 | 3,42±0,11 | 3,48 |
| Mg | 6,46±0,20a | 5,17±0,28b | 5,28±0,31b | 5,17±0,15b | 5,52 | 6,06±0,28a | 5,29±0,32ab | 4,76±0,35b | 4,96±0,14b | 5,27 |
| S | 2,34±0,08ab | 2,51±0,05a | 2,19±0,06b | 2,56±0,04a | 2,40 | 1,94±0,05b | 2,56±0,12a | 1,73±0,05b | 2,57±0,12a | 2,20 |
| N | 28,03±2,52 | 27,03±1,46 | 25,34±1,56 | 26,79±0,59 | 26,80 | 12,62±1,60 | 18,96±2,95 | 14,50±1,24 | 12,10±2,17 | 14,54 |

500 EPM – erro padrão da média. Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha comparando o efeito de adubação e sombreamento são diferentes
 501 (p<0,05).

502

503

504

505

