

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS DE ARAGUAÍNA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
TROPICAL**

**Aspectos morfofisiológicos e nutricionais das forrageiras Mombaça
e Marandu na Amazônia em sistema silvipastoril**

Leonardo Bernardes Taverny de Oliveira

**ARAGUAÍNA
2015**

LEONARDO BERNARDES TAVERNY DE OLIVEIRA

**Aspectos morfofisiológicos e nutricionais das forrageiras Mombaça e Marandu
na Amazônia em sistema silvipastoril**

**Tese apresentada como requisito para
obtenção do título de Doutor, junto ao
Programa de Pós-Graduação em Ciência
Animal Tropical, da Universidade Federal do
Tocantins.**

Área de concentração: Produção Animal

**Orientador: Prof. Dr. Antonio Clementino dos
Santos**

**Coorientador: Prof. Dr. Luciano Fernandes
Sousa**

**ARAGUAÍNA
2015**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

O48a Oliveira, Leonardo Bernardes Tavemy de.

Aspectos morfofisiológicos e nutricionais das forrageiras Mombaça e Marandu na Amazônia em sistema silvipastoril. / Leonardo Bernardes Tavemy de Oliveira. – Araguaína, TO, 2015.

91 f.

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Araguaína - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em Ciência Animal Tropical, 2015.

Orientador: Antonio Clementino dos Santos

Coorientador: Luciano Fernandes Sousa

1. Clorofila. 2. Mesofilo. 3. Panicum maximum. 4. Silvipastoril. I. Título

CDD 636.089

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

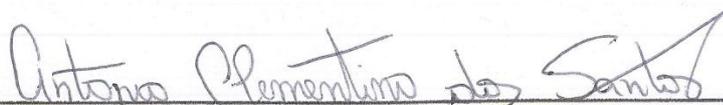
Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

**Aspectos morfofisiológicos e nutricionais das forrageiras Mombaça e Marandu
na Amazônia em sistema silvipastoril**

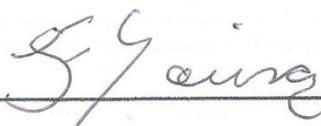
Por

LEONARDO BERNARDES TAVERNY DE OLIVEIRA

Tese apresentada como requisito parcial para obtenção do título de doutor, tendo sido julgada e aprovada pela banca examinadora formada pelos professores:



Orientador: Profº Dr. Antonio Clementino dos Santos - UFT



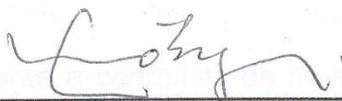
Co-Orientador: Profº Dr. Luciano Fernandes Sousa - UFT



Membro: Profº Dr. Perlon Maia dos Santos - UFRA



Membro: Profª Drª. Susana Queiroz Santos Mello - UFT



Membro: Dr. Elcivan Bento da Nóbrega - UFT

Araguaína, 14 de Agosto de 2015

DEDICATÓRIA

Dedico primeiramente a conquista de mais uma etapa da vida acadêmica, a Deus, em especial aos meus pais, Ezidório Procópio de Oliveira e a minha mãe Maria Salete Taverny de Oliveira, pelo incondicional apoio desde o princípio da minha escolha profissional; as minhas irmãs Isadora Procópio e Isabela Procópio; a minha noiva Camila Barros Noronha pela constante presença e apoio com palavras nos momentos de dificuldade, ademais estendo esta dedicatória toda minha família pelo afeto e incentivo.

AGRADECIMENTOS

A realização de qualquer conquista que seja, só é possível quando concebida no seio familiar, recheada de parentes, amigos e de conselhos construtivos. Não me furto de mencionar os nomes das pessoas que contribuíram para o entalhamento da pessoa e do profissional que hoje possibilita galgar voos maiores, pois o orgulho que sinto dos que me rodeiam é maior que qualquer animosidade que talvez chegou e passou como um raio.

Aos amigos e colegas do grupo de pesquisa do Laboratório de Solos da EMVZ: Aridouglas dos Santos Araújo, Márcio Odilon Dias Rodrigues, Marcos Odilon Dias Rodrigues, Octacílio da Silveira Júnior, Nayara de Alencar Martins, Perlon Maia dos Santos, Durval Nolasco, Klezion Sertão.

Aos companheiros de experimento, Tiago Barbalho André e Hugo Mariano de Oliveira.

Ao professor Dr. Antonio Clementino, pela amizade e orientação.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de doutorado concedida.

“Se a gente comparar a educação brasileira de hoje com a de 30 anos atrás, melhorou. Se comparar com o que se exige hoje da educação, nós pioramos. É como se nós avançássemos ficando para trás, porque as exigências educacionais crescem mais rapidamente do que a educação brasileira melhora”

Cristóvam Buarque

SUMÁRIO

RESUMO.....	10
ABSTRACT.....	11
INTRODUÇÃO.....	12
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	15
CAPÍTULO I.....	16
Potencial de resposta dos capins Marandu e Mombaça à aclimação de sombra e classificação de espécies a partir dos elementos anatômicos.....	17
RESUMO.....	17
ABSTRACT.....	18
1 INTRODUÇÃO.....	19
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	21
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
4 CONCLUSÕES.....	37
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37
CAPÍTULO II.....	39
Influência do sistema silvipastoril na Amazônia Legal sobre os aspectos anatômicos dos capins Mombaça e Marandu e sobre a qualidade da matéria seca e produção de.....	40
RESUMO.....	40
ABSTRACT.....	41
1 INTRODUÇÃO.....	42
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	44
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	48
4 CONCLUSÕES.....	54
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55
CAPÍTULO III.....	56
Sinergismo entre a concentração dos pigmentos fotossintéticos e os teores de nitrogênio e magnésio de duas forrageiras em função do sombreamento natural.....	57
RESUMO.....	57
ABSTRACT.....	58
1 INTRODUÇÃO.....	59
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	61
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	64
4 CONCLUSÕES.....	70
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70
CAPÍTULO IV.....	71
Discriminação do capim Mombaça sombreado a partir das variáveis biomassa e teor de nutrientes submetido ao sombreamento natural em diferentes períodos.....	72
RESUMO.....	72
ABSTRACT.....	73
1 INTRODUÇÃO.....	74
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	76
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	79
4 CONCLUSÕES.....	87
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	88

CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	90
---------------------------	----

RESUMO

Objetivou com o presente trabalho avaliar a influência de níveis de sombreamento natural sobre as propriedades morfofisiológicas e nutricionais das forrageiras *Panicum maximum* cv. Mombaça e *Urochloa brizantha* (syn. *Brachiaria*) cv. Marandu em sistema silvipastoril. O experimento foi conduzido na Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal do Tocantins. Foram avaliadas duas espécies forrageiras *Panicum maximum* cv. Mombaça e *Urochloa brizantha* cv. Marandu, sob três gradientes de sombreamento (0, 25 e 50%). Na lâmina foliar foi mensurada a espessura dos tecidos parenquimáticos (mesofilo), componentes do feixe vascular (metaxilema e metafloema), bainha do feixe vascular, epidermes abaxial e adaxial, células buliformes, bainha esclerenquimática, calota esclerenquimática, extensão esclerenquimática, comprimento de cloroplastos e espessamento secundário da epiderme; teor de clorofilas *a*, *b*, total e carotenóides; concentração de Ca^{2+} , Mg^{2+} , P, K^+ e N. Foi utilizado método multivariado de Análise de Componentes Principais para selecionar as variáveis mais responsivas na discriminação de espécies e a ser usada no teste de médias. A forrageiras de melhor resposta ao sombreamento natural foi o capim Mombaça que mostrou habilidade adaptativa traduzida em elementos essenciais a sua sobrevivência e produção, como espessura de mesofilo que foi maior que no Marandu em sombreamento de 25%; a relação clorofila *a*:*b* também apresentou resposta análoga, (1,32 e 1,03), com aumento na proporção de clorofila *b*. A menor sensibilidade do Mombaça ao sombreamento em relação ao Marandu resultou em maior proporção de tecido esclerenquimático que tem baixa degradabilidade ocasionando em menor produção de gases.

Palavras chave: Clorofila, Mesofilo, *Panicum maximum*, Silvipastoril, *Urochloa brizantha*.

ABSTRACT

The objective of the present work to check the power of adaptation of *Panicum maximum* cv. Mombasa and *Urochloa brizantha* (syn. *Brachiaria*) cv. Marandu in silvopastoral system and the most responsive variables different swings luz.O experiment was conducted at the School of Veterinary Medicine and Animal Science of the Federal University of Tocantins were evaluated two forage species *Panicum maximum* cv. Mombasa and *Brachiaria brizantha* cv. Marandu under three shading levels (0, 25 and 50%). In the leaf blade was measured the thickness of the parenchyma tissue (mesophyll), components of the vascular bundle (metaxylem and metafloema), the vascular bundle sheath, abaxial epidermis and adaxial, bulliform cells, sclerenchymatic sheath sclerenchymatic cap, sclerenchymatic extension, length of chloroplasts and secondary thickening of the epidermis; chlorophylls a, b, and total carotenoid; Ca²⁺, Mg²⁺, P, K⁺ and N was used multivariate method Principal Component Analysis to select the most responsive variables and the discrimination of species to be used in the test medium. The forage better response to natural shading, was Mombasa grass which had its adaptive ability translated into essential to their survival and production, as thick mesophyll which was higher than in Marandu in 25% shading (40 and 27 respectively) ; the chlorophyll a: b also showed similar response, (1.32 and 1.03), an increase in the proportion of chlorophyll b. The lower sensitivity of Mombasa to shading in relation to Marandu resulted in a higher proportion of sclerenchyma that has low degradability resulting in lower production of gas.

Keywords: Chlorophyll, mesophyll, *Panicum maximum*, Silvopastoral, *Urochloa brizantha*.

Introdução

As pastagens constituem o principal pilar econômico para bovinocultura em face a redução de custos e competitividade da carne no cenário comercial mundial. Entretanto, o manejo inadequado, especialmente na Amazônia, gradualmente aumentam dentro do espaço geográfico da ociosidade produtiva, resultando no atenuante da fertilidade do solo, impulsionados por manejos incorretamente empregados ou negados às práticas conservacionistas e produtivas. Nesse contexto, necessita-se encontrar formas de contornar as incompatibilidades de exploração do solo, e economia da aplicação de insumos (FALESI e GALEÃO, 2002), sem promover danos ao ecossistema frágil da Amazônia, de forma que ambos entrem em consonância e ocupem o mesmo espaço, estabelecendo a pecuária de caráter sustentável (PACIULLO et al., 2008).

Os sistemas silvipastoris formados de bosques de árvores nativas podem ser a alternativa mais coerente encontrada para o estabelecimento de pastagens mais vigorosas, nutritivas, persistentes e sustentáveis na Amazônia, consistindo na reposição constante de nutrientes; podendo ainda utilizá-los como corredores ecológicos, bem como aumentar a superfície vegetal sequestradora de carbono, além de diminuição do rigor imposto pelos fatores ambientais aos animais (FALESI e GALEÃO, 2002), conservação do solo e melhoria na qualidade biológica do mesmo (PACIULLO et al., 2008).

A conservação de parte da vegetação nativa resulta ainda na manutenção dos aspectos naturais e dinâmicos com menor impacto às relações naturais do ecossistema nativo (SÁNCHEZ et al., 2003). Contudo, a escolha da forrageira inadequada e as limitações das propriedades químicas e físicas do solo (VEIGA et al., 1996) podem afetar a produção de fitomassa que reflete à produção animal (CASTRO et al., 2008)

Déficit na produção de biomassa resultante do sombreamento pode variar de acordo com a espécie e está alinhado as várias alterações morfofisiológicas e nutricionais, por isso é primordial que na tomada de decisão do sistema, a espécie forrageira selecionada seja aquela que melhor responda às variações de oferta de luz. Trabalhos realizados com sombreamento moderado em espécies tropicais comprovam que pode-se obter produção proporcional às espécies cultivadas a sol pleno (QUEIROZ et al., 2000). Dentre as alterações mais marcantes do

sombreamento sobre as forrageiras está a redução de tecidos fundamentais, que impacta sobre o nível de fixação de CO₂ e conseqüentemente diminuição da taxa de crescimento cultural (CÉZAR et al., 2010; TAIZ e ZEIGER, 2009), além da manutenção da concentração de minerais na parte aérea da planta durante os períodos de estacionalidade (ARYA, 2006).

A capacidade adaptativa das forrageiras é o fator crucial na adoção dos sistemas silvipastoris que baseia-se na espessura de tecidos fotossintetizantes, teor de clorofila e principalmente produção de matéria seca aérea, é em cima deste último aspecto que muitas pesquisas têm se baseado (RODRIGUES et al., 1993; ANDRADE e VALENTIM, 1999; CASTRO 2008). Esses efeitos traduzidos pelo sombreamento podem ter o subsídio de outros fatores de produção que são exigidos na síntese de tecidos e pigmentos. As clorofilas são as principais entidades pigmentares responsáveis pela captação de luz, e sua concentração na planta pode depender da porcentagem de sombreamento e da espécie.

As plantas sombreadas dedicam boa parte de seus fotoassimilados para alterações nas funções fisiológicas e de organização celular nas folhas, aumentando relativamente sua área foliar específica e diminuindo a espessura de mesófilo (GOBBI et al., 2011). As adaptações morfoanatômicas é o resultado da quantidade de luz captada pelas plantas para aumentar a capacidade fotossintética (LAMBERS et al., 1998). Estudos do gênero *Brachiaria*, apresentaram incremento significativo no aumento da área foliar específica de 34 e 41% para as porcentagens de sombreamento de 50 e 70%, respectivamente (GOBBI et al., 2011). Naturalmente as plantas encontram um meio de se adaptar as condições de baixa luminosidade. O aumento da superfície específica da folha potencializa a captação de luz diminuindo a densidade de folhas (LAMBERS et al., 1998).

Intrínseco as variações teciduais, principalmente tecidos lignificáveis, mesófilo e floema está a digestibilidade dos mesmos que são constituídos por estruturas químicas responsáveis por sua degradabilidade. O sombreamento pode reduzir a proporção e tecidos lignificáveis e aumentar a de celulósicos, como floema e parênquima, resultando em maior degradabilidade da matéria seca (TOWNSEND et al., 2000; CASTRO et al., 2008). Paciullo et al. (2007) avaliaram a digestibilidade do capim Marandu em sombreamento e sol pleno, detectaram para o mesmo cultivar, aumento da digestibilidade superior para forragem sombreada, que também esteve associada a maiores teores de proteína bruta e menores de lignina.

Cabe ressaltar, que mesmo espécies adaptada em determinado ambiente, quando submetida à restrição permanente de algum fator de produção (água, luz, temperatura e nutrientes), poderá apresentar efeitos nada satisfatórios. Os efeitos morfofisiológicos da diminuição da entrada de luz no sub-bosque podem ser compensados, uma vez selecionando a espécie adequada e a porcentagem de sombreamento limite sem alterações profundas na produção e taxa de crescimento (CARVALHO, 2001). Paciullo et al. (2007) trabalhando com *Brachiaria decumbens* sob diferentes níveis de sombreamento detectaram, que a produção de matéria seca em 35% de sombreamento foi de 91% (1.260 e 1.158 kg ha⁻¹ MS) da produção à pleno sol, sem diferença significativa na radiação fotossinteticamente ativa e com incremento no valor proteico da forragem sob sombreamento de 12,4 contra 9,6% à sol pleno. Embora os inúmeros benefícios trazidos pelo cultivo de pastagens sob as copas das árvores; deve-se atentar para as limitações impostas pelas mesmas às forrageiras que devem ser moderadas, a fim de amenizar as alterações na produção da biomassa, adaptações relacionadas à estrutura morfofisiológica das folhas em razão da disponibilidade de luz e dos valores nutricionais condicionadas em ambiente sombreado imposto pelo dossel arbóreo (PACIULLO et al., 2007).

Compreender os efeitos resultantes do sombreamento de sistemas silvipastoris sobre os aspectos fisiológicos, morfológicos e anatômicos de plantas forrageiras é de fundamental importância para determinar o poder de adaptabilidade de determinados genótipos as condições de um novo conceito de pastagens sustentáveis para a Amazônia.

Dessa forma objetivou com este estudo avaliar a influência do sombreamento natural em diferentes porcentagens de luz sobre as propriedades morfofisiológicas e nutricionais das forrageiras *Panicum maximum* cv. Mombaça e *Urochloa brizantha* (syn. *Brachiaria*) cv. Marandu em sistema silvipastoril na Amazônia.

Referências Bibliográficas

- ANDRADE, C. M. S.; VALENTIM, J. F. Adaptação, produtividade e persistência de *Arachis pintoi* submetido a diferentes níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, n.3, p. 439-445, 1999.
- ARYA, R. A silvipastoral study combining *Cenchrus ciliaris* and three species of tree in arid India. **Jornal of Arid Environments**, v.65, n. , 2006, p. 179-191.
- CARVALHO, M. M.; Contribuição dos sistemas silvipastoris para a sustentabilidade da atividade leiteira. In: Simpósio sobre sustentabilidade de sistemas de produção de leite a pasto e em confinamento, 2001, Juiz de Fora. **Anais**. Juiz de Fora: Embrapa gado de Leite, 2001. p. 85-108.
- CASTRO, A. C.; LOURENÇO JÚNIOR, J. B.; SANTOS, N. F. A.; MONTEIRO, E. M. M.; AVIZ, M. A. B.; GARCIA, A. R. Sistema silvipastoril na Amazônia: ferramenta para elevar o desempenho produtivo de búfalos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 8, p. 2395-2402, 2008.
- CÉSAR, F. R. C. F.; MATSUMOTO, S. N.; VIANA, A. E.; SANTOS, M. A. F.; BONFIM J. A. Morfofisiologia foliar de cafeeiro sob diferentes níveis de restrição luminosa. **Coffee Science**, v. 5, n. 3, p. 262-271, 2010.
- FALESI, I. C.; GALEÃO, R. R. **Recuperação de áreas antropizadas da mesorregião do nordeste paranaense através de sistemas agroflorestais**. Belém: Emater, 2002. 25 p. (Documentos 1).
- GOBBI, K. F.; GARCIA, R.; VENTRELLA, M. C.; NETO GARCEZ, A. F.; ROCHA, G. C. Área foliar específica e anatomia foliar quantitativa do capim-braquiária e amendoim-forrageiro submetidos a sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 7, p. 1436-1444, 2011.
- LAMBERS, H.; CHAPIM III, F. S.; PONS, T. L. **Plant physiological ecology**. New York: Spring, 1998. 540 p.
- PACIULLO, D. S. C.; CAMPOS, N. R.; GOMIDE, C. A. M. Crescimento de capim-braquiária influenciado pelo grau de sombreamento e pela estação do ano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 43, p. 917-923, 2008.
- PACIULLO, D. S. C.; CARVALHO, C. A. B.; AROEIRA, L. J. M.; MORENZ, M. J. M.; LOPEZ F. C F.; ROSSIELO, R. O. P. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 4, 2007.
- QUEIROZ, D. S.; GOMIDE, J. A.; MARIA, J. Avaliação da folha e do colmo de topo e base de perfilhos de três gramíneas forrageiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 1, p. 61-68, 2000.

VEIGA, J. B.; TOURRAND, J. F. ; SIMAO NETO, M. **Agropecuária na fronteira agrícola da Amazônia: O caso do município de Uruará, PA, região da Transamazônica**. Belém: Embrapa-CPATU, 1996. 61 p. (Documentos, 87).

RODRIGUES, T. J. D. RODRIGUES, L. R. A, REIS, R. A. Adaptação de plantas forrageiras às condições adversas. in: **Simpósio sobre ecossistemas pastagem**, 1993, Jaboticabal-São Paulo: FUNep, 1993, p.17-61.

SÁNCHEZ, S. HERNÁNDEZ, M.; SIMÓN, L. Efecto del sistema silvopastoril em la fertilidad edáfica en unidad lecheras de la empresa Nazareno. **Pastos e Forrajes**. V. 26, p. 131-136, 2003.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**.4 ed. Porto Alegre, Artmed, 2009, 848 p.

TOWNSEND C. R.; MAGALHÃES, J. A.; COSTA, N. L.; PEREIRA, R. G.; SILVA NETTO, F. G. **condições térmicas ambientais sob diferentes sistemas silvipastoris em Presidente Médici –Rondônia**. CT/188, EMBRAPA-CPAF-Rondônia, 2000.

CAPÍTULO I

POTENCIAL DE RESPOSTA DOS CAPINS MARANDU E MOMBAÇA À ACLIMATAÇÃO DE SOMBRA NA AMZÔNIA PARTIR DE PROPRIEDADES ANATÔMICAS

RESUMO

Objetivou com este estudo, avaliar o potencial de respostas dos capins Mombaça e Marandu ao sombreamento natural sobre os caracteres anatômicos das folhas, em sistema silvipastoril. Foram avaliadas duas espécies forrageiras *Panicum maximum* cv. Mombaça e *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, sob três porcentagens de sombreamento (0, 25 e 50%). Na lâmina foliar foi mensurada a espessura dos tecidos parenquimáticos (mesofilo), componentes do feixe vascular (metaxilema e metafloema), bainha do feixe vascular, epidermes abaxial e adaxial, células buliformes, bainha esclerenquimática, calota esclerenquimática, extensão esclerenquimática, comprimento de cloroplastos e espessamento secundário da epiderme. Foi utilizado método multivariado de Análise de Componentes Principais para selecionar as variáveis mais responsivas e direcionadas a análise discriminante e teste t. Em ambas as espécies ocorreram decréscimo na espessura de tecidos, com exceção dos cloroplastos que aumentaram seu comprimento com o aumento do sombreamento, permitindo que comporte maior volume de pigmentos responsáveis pela captação de luz. Os resultados denotam que a capacidade de sobrevivência das duas espécies, reflete em bom prenúncio para exploração integrada entre floresta e pasto. O efeito é mais deletério para o capim Marandu que tem redução da espessura de tecidos acima da menor resposta do capim Mombaça, que se iguala aos resultados do Marandu sob sol pleno de tecidos importantes para realização da fotossíntese. Neste sentido o capim Mombaça é o mais indicado a ser usado nesse tipo de sistema.

Palavras-chave: *Brachiaria brizantha*, Esclerênquima, Mesofilo, *Panicum maximum*,

RESPONSE OF POTENTIAL GRASSES MARANDU MOMBASA AND THE SHADOW OF THE ACCLIMATIZATION AMZÔNIA PROPERTIES FROM ANATOMICAL

ABSTRACT

Objective of this study verify the anatomical adjustments of the leaves of grasses and Marandu and Mombasa, under different shade conditions in a silvopastoral system. Two *Poaceae*s species *Panicum maximum* cv. were evaluated. Mombasa and *Brachiaria brizantha*cv. Marandu under three shading levels (0, 25 and 50%). The cross sections of the leaves of forage cuts were dehydrated, clarified, fixed and then stained with toluidine blue to be subsequently analyzed by light microscopy. In both species decrease occurred in thick tissue with the exception of chloroplasts which increased its length with increasing shading, allowing behave bulk pigment responsible for capturing light. The results denote that the survivability of the two species, reflects on good omen for integrated operation between forest and pasture. The effect is more harmful to Marandu grass that has reduced the thickness of tissue above the lower response of grass Mombasa, which equates to the results of Marandu under full sunshine of important tissues to perform photosynthesis. In this sense the grass Mombasa is the most suitable to be used in this type of system.

Keywords: *Brachiaria brizantha*, Mesophyll, *Panicum maximum*, Sclerenchyma

Introdução

A crescente necessidade pela otimização dos espaços ociosos pastoris, abrem brecha a necessidade de diversificação dos sistemas convencionais através da introdução de sistemas mais sustentáveis. As pressões políticas pela implantação de sistemas de exploração que impactem o mínimo possível os recursos naturais, também orientam as pesquisas no campo da exploração de pastagens.

Estudar as interações ecológicas decorrentes das relações mútuas entre os organismos da floresta e do pasto nos permite compreender, desenvolver e aplicar técnicas necessárias à adequação do processo produtivo e a ampliação coerente dos recursos naturais inexplorados.

Os sistemas silvipastoris, além de sua importância econômica contribuem para preservação e ampliação da biodiversidade, conservação e otimização dos fatores de produção. Entretanto, para inserir rendimento econômico, produção de forragem e preservação de florestas integrados no mesmo contexto, torna-se necessário compreender os mecanismos morfofisiológicos envolvidos no desenvolvimento vegetal.

Nos sistemas tradicionais de exploração de pastagens, as plantas estão habilmente adaptadas às condições de exposição abundante de luz, especialmente as C4, que expressam elevada capacidade produtiva de biomassa (GOMES et al., 2011a). Sob condições de limitação de luz, algumas espécies podem exprimir modulações anatômicas em sua estrutura interior, para adaptarem-se as condições de baixa luminosidade (KOZUKA et al., 2005; ARANDA, et al., 2004; LIMA et al., 2010).

As plantas podem apresentar alterações fisiológicas e estruturais diferentes em resposta ao sombreamento dependendo de sua capacidade de resiliência e da qualidade da luz (DIAZ-FILHO, 2000). O estudo dos aspectos anatômicos das plantas permite a delimitação das características fisiológicas específicas para compreensão da capacidade limite de sobrevivência em ambientes adversos, além de serem os aspectos fundamentais dos programas de seleção genética (GOMES et al., 2011a).

Alguns aspectos morfofisiológicos das plantas estão diretamente associados com as oscilações expressas pelas condições que o próprio ambiente as expõe. As alterações nos padrões morfológicos podem ser afetadas em função de características genéticas peculiares a cada espécie e inerentes a presença de componentes fisiológicos de extrema importância, como os fitocromos (MELO et al., 2011; KOZUKA et al., 2005; FRANKLIN et al., 2003) e espessura de mesofilo (BRITO et al., 2004).

A anatomia vegetal permite compreender ainda o comportamento interno das estruturas das plantas e abstrair sua importância para pesquisas comparativas entre espécies. Mesmo tratando-se de espécies diferentes, a avaliação quantitativa de células, torna-se um método coerente, pois trata-se de estruturas idênticas que são modeladas de acordo com o potencial de resposta às variações climáticas (MELO et al., 2011).

Trabalhos como de Brito et al. (2004), Martins e Zieri (2003), Paciullo et al. (2001) e Melo et al. (2011), exploraram a comparação entre espécies diferentes através do estudo dos tecidos em análises preliminares de genótipos mais adaptados as condições de luminosidade e da interpretação detalhada da capacidade de ingestão dos ruminantes que é afetada pela proporção de fibra.

A qualidade das fibras, em grande parte são responsáveis pela alteração na taxa de degradação dos tecidos. Componentes insolúveis da parede celular, como celulose e hemicelulose estão propensos a altas taxas de lignificação dos tecidos, impactando diretamente sobre os processos de degradação do material (AKIN, 1989).

Embora a lignificação seja um processo proeminente, e estratégico em plantas forrageiras C4 (GOMES et al., 2011b), que pode ser reduzido com o sombreamento resultando em aumento da degradabilidade da forragem, bem como pela flexibilidade dos componentes morfológicos (PACIULLO et al., 2002). Outros tecidos que abrigam as células fotossintéticas como, mesofilo e bainha do feixe vascular são responsáveis pela captação de luz e bioconversão em metabólitos orgânicos, são passíveis de estudos pontuais para adaptação de genótipos (GOMES et al., 2011a).

A necessidade de aumentar a eficiência no aproveitamento de luz ofertada de comprimentos de ondas mais longos, obriga as células do mesofilo a tornarem-se mais delgadas e compridas (GOBBI et al., 2011) e a comportarem plastídios de

maior porte que armazenam maior quantidade de pigmentos (MELO et al., 2011). Entretanto, a capacidade da planta em sintetizar maior número de células e de maior tamanho está relacionado ao seu potencial de expressão genético, quando necessário.

Objetivou com este estudo, verificar os ajustes anatômicos das folhas dos capins Mombaça e Marandu submetidos a diferentes condições de sombreamento, e determinar as variáveis anatômicas mais responsivas em sistema silvipastoril.

Materiais e Métodos

O experimento foi conduzido na Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia (EMVZ) da Universidade Federal do Tocantins, em sistema silvipastoril de bosque nativo raleado em topografia plana (2% de declividade). O clima da região segundo classificação de Köppen é Aw (quente e úmido), com chuvas de outubro a maio, precipitação pluviométrica média anual de 1800 mm e temperatura média de 28°C. O solo foi classificado como Neossolo Quartzarênico Órtico típico, do qual foi realizada a análise química de caracterização a partir das amostras coletadas na profundidade de 0-20 cm (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização química do solo no início da implantação do experimento, antecedendo o primeiro ciclo.

	pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	K ⁺	P	MO	CTC	V
	CaCl ₂	-----cmol _c dm ⁻³ -----				---mgdm ⁻³ ---		cmol _c	%	
BSP	4,78	0,67	0,59	0,66	2,26	0,012	2,9	5,62	3,54	36,18
B25	3,76	0,76	0,54	0,58	4,57	0,016	3,1	13,6	5,90	22,50
B50	3,84	0,61	0,59	1,17	5,61	0,016	2,7	14,0	6,83	17,83
MSP	4,57	0,86	0,57	0,42	4,64	0,009	2,8	8,04	6,08	23,70
M25	4,17	1,13	0,90	0,74	5,22	0,017	2,7	11,7	7,27	28,17
M50	3,97	0,78	0,78	1,10	4,76	0,013	3,1	12,5	6,35	24,95

Análise do solo na profundidade de 0-20 cm, em Neossolo Quartzarênico Órtico típico. BSP: Marandu sol pleno; B25: Marandu 25% de sombra; B50: Marandu 50% de sombra; MSP: Mombaça sol pleno; M25: Mombaça 25% de sombra; M50: Mombaça 50% de sombra. MO: matéria orgânica; CTC: capacidade de troca de cátions; V: saturação por bases.

O ensaio experimental foi implantado sob faixas de sombreamento natural contíguas de vegetação, transição cerrado-Amazônia, e enriquecido com duas espécies de forrageiras.

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), arranjado em fatorial 2x3 – duas espécies forrageiras (*Urochloa brizantha* cv. Marandu (syn.

Brachiaria brizantha) e *Panicum maximum* cv. Mombaça) sob três porcentagens de sombreamento (0, 25 e 50%) e quatro repetições por tratamento, totalizando 24 unidades experimentais.

A área de floresta foi manejada pela primeira vez em outubro de 2009, adotando como critério de raleamento o sombreamento de 0, 25 e 50% de transmissão de luz no ambiente e novamente revisada em junho de 2012 com auxílio de luxímetro, que quantifica a transmissão da radiação em lúmen.

Após o manejo de raleamento das árvores nativas, em Outubro de 2013 foi efetuada a aplicação de calcário na ordem de 800 kg ha⁻¹, 45 kg de P₂O₅ ha⁻¹ e 50 kg de K₂O ha⁻¹. Em seguida procedeu-se a semeadura das forrageiras, esperou-se o estabelecimento da mesma e efetuou-se um corte de uniformização com roçadeira costal, a 20 cm do solo e subsequentemente o surgimento de 3 folhas para capim Mombaça (26-29 dias), e 4,5 (27-32 dias) para capim Marandu. Posteriormente ser dada a entrada dos animais nos piquetes, que correspondiam a 2.250 m² cada. Dado três dias após a saída dos animais dos piquetes foi feita adubação nitrogenada na ordem de 40 kg de N ha⁻¹.

As folhas selecionadas, destinadas aos cortes histológicos consistiram da última folha completamente expandida na porção mediana da lâmina foliar.

Durante o processo de colheita, as folhas destinadas a análise anatômica foram acondicionadas imediatamente em caixa térmica a 12°C, como medida de conservação dos componentes do sistema fundamental dos órgãos vegetativos.

Após coletado, o material foi conduzido ao laboratório de bioquímica e morfologia da EMVZ, onde as folhas foram seccionadas em aproximadamente 1 cm², desidratadas em álcool a 70, 75, 80, 85, 90%, absoluto I e II e por último em álcool absoluto III e xilol I, para clarificação das amostras, a cada passagem as amostras permaneciam 30 minutos. Em seguida os segmentos foram novamente clarificados com xilol II e fixados com solução FAA 50 5:5:90 (JOHANSEN, 1940) (FAA → Formaldeído 40%, Álcool etílico 50% e Ácido acético glacial P.A.). As seções foram impregnadas em parafina para posterior realização dos cortes transversais a 5 µm em micrótomo.

Os cortes foram aderidos à lâmina para posterior coloração em azul de toluidina. Após a confecção, as lâminas foram fotomicrografadas em aparelho Leica.

Na lâmina foliar foi mensurada a espessura dos tecidos parenquimáticos (mesofilo); componentes do feixe vascular (metaxilema e metafloema); bainha do

feixe vascular; células buliformes; bainha esclerenquimática; calota esclerenquimática; extensão esclerenquimática; comprimento de cloroplastos e espessamento secundário da epiderme; epidermes abaxial e adaxial, contudo ao medir essas duas últimas, as células buliformes foram excluídas, (Figura 1). A determinação da espessura dos tecidos foi procedida via microscopia óptica e pelo software Motic plus 2.0.

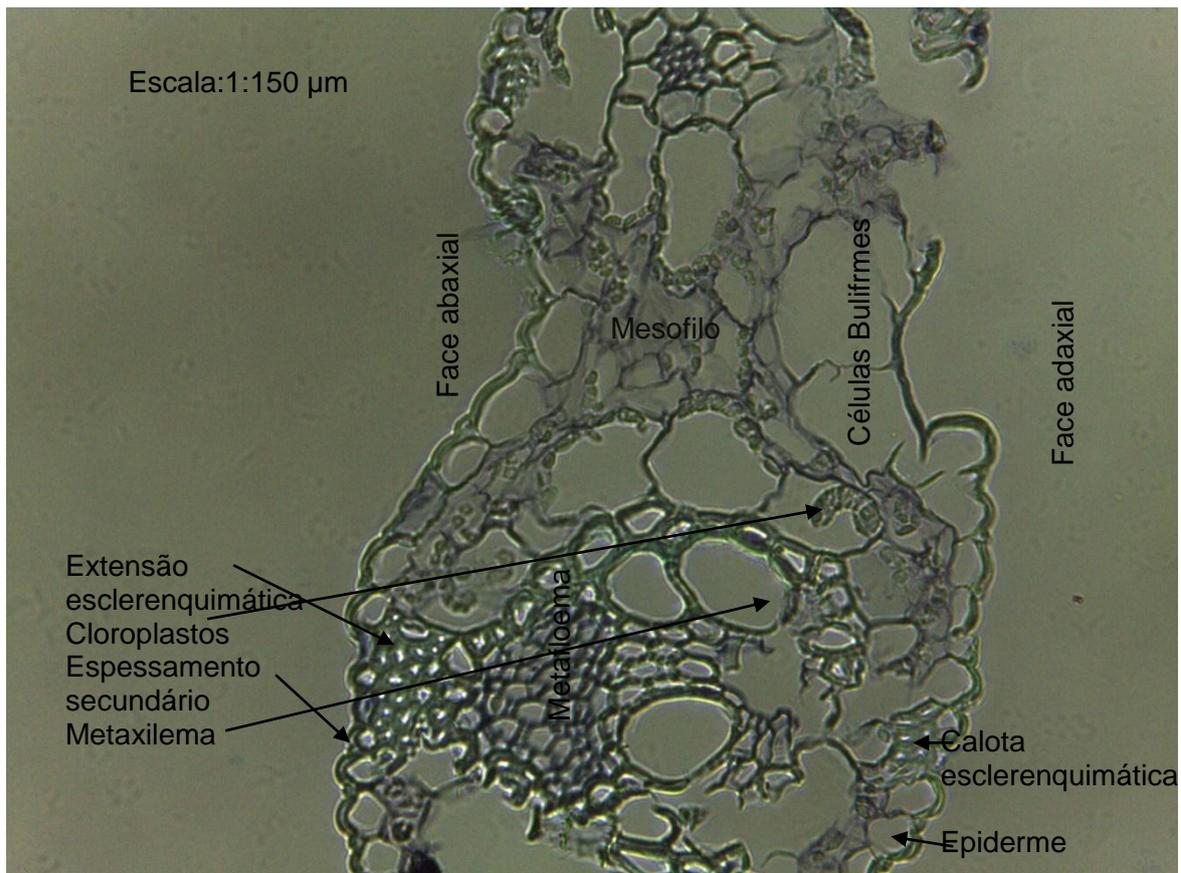


Figura 1- Estrutura anatômica do limbo foliar de *Urochloa Brizantha* cv. Marandu (syn. *Brachiaria brizantha*) cultivada em sol pleno. Imagem obtida da ocular de 40X.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Os dados foram analisados através do programa estatístico, STATISTICA 10.0. Para redução da dimensionalidade das variáveis medidas, foi efetuada análise de componentes principais a partir da matriz de correlação entre as variáveis e os fatores formados. Baseada na matriz de correlação, apenas as variáveis cujos coeficientes expressam 70% (0,7) foram selecionadas para subsequente discriminação dos grupos (tratamentos). As variáveis que apresentaram coeficientes abaixo de 0,7 são consideradas pouco significativas para construção dos fatores e,

consequentemente, exerce pouco efeito sobre a constituição dos mesmos. Segundo o critério de normalização de Kaiser autovalores acima de 1 (KAISER, 1960), são considerados adequados para seleção de fatores e variáveis genéricas. Após definir as variáveis, gera-se nova matriz apenas com as variáveis significativas, que será direcionada para análise de discriminante, para segregação dos grupos experimentais através da formação de duas ou uma função discriminante. As variáveis filtradas pela análise de componentes principais foram submetidas ao teste de normalidade de Shapiro Wilks a 5% e em seguida ao teste de médias de t ao nível de 5% de significância.

Resultados e Discussão

Na Tabela 2 estão presentes os dois componentes principais (fatores) sintetizados a partir das variáveis originais que acumulam 71,6% da variação total explicada. Estes fatores foram destacados através da seleção de autovalores que estiveram acima de um, como preconizado no critério de Kaiser, bem como a soma da variação das componentes principais deve ser igual ou superior a 70%.

Para seleção das variáveis que mais contribuem para formação dos fatores, foi feita abordagem pela correlação, aquelas variáveis que expressaram coeficientes de correlação acima de 0,7 são as mais bem correlacionadas com respectivo fator e, consequentemente, as que mais contribuem para formação do mesmo.

Os valores marcados com asteriscos (Tabela 2) representam a magnitude da contribuição das associações entre as variáveis e os fatores na soma proporcional das variáveis. O autovalor do primeiro fator resulta em 58% da variação total. Embora todas as variáveis envolvidas contribuam para formação do primeiro fator, espessura de limbo foliar e espessura de tecidos esclerenquimáticos são as que mais contribuem para a síntese do primeiro fator e acrescem maior representatividade aos níveis de sombreamento.

No segundo fator a única variável de maior contribuição para sua formação é o comprimento de cloroplastos, a organela de maior respaldo fotossintético, a qual foi a que representou a maior participação na formação do segundo fator que retém 13% da variação total (Tabela 2).

O crescimento absoluto da organela alinha-se em ordem contrária as demais características anatômicas das duas espécies de *Poaceae*, sendo o único componente anatômico avaliado, que traduz repostas proporcionais ao aumento do sombreamento.

Tabela 2. Correlação dos autovalores entre os componentes principais e as variáveis anatômicas.

	Componentes principais	
	1	2
Autovalores	7,6	1,7
Proporção	58,5	13,11
Proporção acumulada	58,5	71,6
Variáveis originais	Correlação dos componentes principais	
Bainha esclerenquimática	-0,874570*** ©	-0,199036
Abaxial	-0,749884 ©	-0,013980
Adaxial	-0,793261 ©	0,266651
Mesofilo	-0,848154 ©	-0,000910
Limbo	-0,939935* ©	0,089178
Calota	-0,806603 ©	-0,475531 ©
Extensão esclerenquimática	-0,935211** ©	-0,088389
Bainha do feixe	-0,793973 ©	0,028040
Buliformes	-0,724381 ©	-0,482610 ©
Metafloema	-0,698604 ©	0,388198
Metaxilema	-0,666260 ©	0,555329 ©
Cloroplasto	-0,407671	0,737710 *©
Espessamento	-0,627130 ©	-0,431255 ©

© correlação significativa entre as variáveis e os fatores. * maior correlação, ** segunda maior correlação e *** terceira maior correlação entre os fatores.

As variáveis metaxilema e espessamento de epiderme não demonstraram participação na retenção da variância global dos autovalores (0,7) (Tabela 2). Estas foram excluídas do processo de análise para discriminação dos grupos em questão (sombreamento+espécie). As demais variáveis como, espessuras de bainha esclerenquimática, face adaxial, face abaxial, mesofilo, limbo, calota esclerenquimática, bainha do feixe vascular, células buliformes e metafloema são as variáveis mais significativas e, portanto seguiram para o teste de discriminante e teste de médias.

A análise de componentes principais mensura as oscilações globais existentes entre os grupos. Neste sentido a variação é proporcional à significância da formação e associação entre os atributos avaliados e o fator ou componente

principal sintetizado a partir dos dados originais, logo, as variáveis Limbo foliar, extensão esclerenquimática, bainha esclerenquimática são as principais responsáveis pela formação da primeira componente, com valores dos coeficientes variando entre 94, 93 e 87%, respectivamente (Tabela 2).

Apesar da significativa correlação entre o primeiro fator e as variáveis espessamentos esclerenquimático da epiderme e espessura de metaxilema suas baixas faixas de variação entre os tratamentos não permitiu que estas fossem selecionadas para as análises seguintes, visto que apresentaram pouca representatividade dentro de ambos os fatores, resultando em suas exclusões na análise univariada.

Associando os resultados da análise de componentes principais (Tabela 2) aos valores da análise univariada, verifica-se que os valores de maior amplitude de variação estão nas três variáveis citadas na Tabela 2. Tomando os valores da Tabela 3 e 4, como parâmetro para avaliar o desempenho das forrageiras em resposta aos níveis de sombreamento, nota-se que há diminuição na espessura de todos os tecidos. Excepcionalmente os tecidos de sustentação e espessura de limbo foliar são os mais afetados pela oferta e qualidade de luz, principalmente no Marandu, já o Mombaça apresenta ligeira diminuição do tecido esclerenquimático, embora de menor representatividade que o efeito sobre o Marandu. Entre espécies diferentes pode ocorrer drásticas oscilações em espessura de tecidos (BRITO et al., 2004).

Os valores referentes à espessura de extensão esclerenquimática variam do maior valor 31,2 μ m (MSP) aos menores 12,7 μ m (B25) e 16,5 μ m (B50). De modo geral, os componentes esclerenquimáticos na Tabela 3 (extensão, calota e bainha esclerenquimática) apresentaram redução em espessura na medida em que aumenta o sombreamento nas duas espécies. Contudo, o capim Mombaça mantém espessura desses tecidos maior que o capim Marandu.

Tabela 3. Análise univariada dos componentes anatômicos. BSP: Marandu sol pleno, B25: Marandu 25% de sombra, B50: Marandu 50% de sombra, MSP: Mombaça sol pleno, M25: Mombaça 25% de sombra, M50: Mombaça 50% de sombra.

	SP	25%	50%	Médias	CV (%)
Extensão esclerenquimática (μm)					
Marandu (B)	25,2bA	12,7bB	16,5aAB	18,1a	
Mombaça (M)	31,2aA	21,5aB	19,5abB	21,4a	21
Médias	24,7A	17,1B	17,3B		
Bainha do esclerenquimática (μm)					
Marandu (B)	11,7aA	7 bB	8 aAB	8,9 b	
Mombaça (M)	13aA	11 aA	9,5 aAB	11,1 b	13
Médias	12,3 A	9 B	8,7 B		
Calota (μm)					
Marandu (B)	Marandu	13 bA	7,5 bB	9,5 b	
Mombaça (M)	Mombaça	22 aA	16,2 aA	15,9 a	21
Médias	Médias	17,5 A	10,3 B		
Limbo foliar (μm)					
Marandu (B)	137,1aA	106,7bB	108,2bB	117,5 b	
Mombaça (M)	135,5aA	115,7aB	119,2aB	123,1 a	18
Médias	136,1A	111,2B	113,7B		
Mesofilo (μm)					
Marandu (B)	37,2 bA	27,7 bB	27,1 abB	30,5 b	
Mombaça (M)	45,7 aA	40,2 aAB	36,3 aB	42, 1 a	16
Médias	42,7 A	36,2 AB	30,1 B		
Epiderme abaxial (μm)					
Marandu (B)	11,7	10,1	11,2	11,0	
Mombaça (M)	11,5	11,7	9,8	11,0	23
Médias	11,6	10,9	10,5		
Epiderme adaxial (μm)					
Marandu (B)	12,5 aA	8,7 bB	9,1 aAB	11,0	
Mombaça (M)	11,1 aA	9,3 aA	9,2 aA	10,5	19
Médias	11	9,8	11,1		

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na mesma coluna e letras maiúsculas distintas na mesma linha diferenciam entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de t. Normalidade: Shapiro Wilks a 5%.

Sob influência do sombreamento e com a menor necessidade de deslocar o excedente do metabolismo primário para o metabolismo secundário, o Marandu e Mombaça demonstram redução no número de fibras esclerenquimáticas (extensão

esclerenquimática, Calota e Bainha esclerenquimática) entre sol pleno e os tratamentos 25% e 50% de sombra (Tabela 3 e 4). As fibras esclerenquimáticas auxiliam no processo fisiológico de conservação de água e de sustentação mecânica da planta (MARTINS e ZIERI, 2003; GLÓRIA e GUERREIRO, 2006) desse modo, esta estrutura é considerada o esqueleto da planta. O esclerênquima da flexibilidade ao limbo foliar e assessora os movimentos da folha na orientação da interceptação de luz.

A espessura de limbo foliar apresentou baixa variabilidade entre Marandu e Mombaça, respectivamente 137,7 μ m e 135,5 μ m, sob sol pleno, denotando igualdade entre os dois tratamentos. Entretanto no Marandu a 25 e 50% de sombra apresentaram menor espessura de limbo foliar em relação as plantas de Mombaça sob os mesmos níveis de sombreamento. A Figura 2, ilustra o efeito da sombra sobre a espessura do mesofilo, espessura de limbo foliar e células da face abaxial e adaxial. A espessura do limbo é afetado principalmente pela redução na porcentagem de mesofilo (MEZIANE; SHIPLEY, 1999).

O mesofilo foliar também diminui com o sombreamento (Tabela 3), sendo este efeito mais relevante para o Marandu entre sol pleno e os dois sombreamentos, 25% e 50%, que apresentou maior redução absoluta de tecido, 37,2 μ m; 27,7 μ m e 27,1 μ m, respectivamente. O Marandu (37,2 μ m) teve ainda menor espessura de mesofilo em relação ao Mombaça (45,7 μ m), tanto no sol pleno quanto nos sombreamentos (25% e 50%). Este tecido integra a principal porção topográfica da folha, qualquer modificação abiótica resultará em alterações dos padrões fisiológicos das organelas e células dessa região ocasionando em diminuição do limbo foliar.

A diminuição da espessura de mesofilo (GOMES et al., 2011a) e na área foliar específica (GOBBI et al., 2011; LIMA et al., 2010) traduz-se em resposta ao potencial plástico, quando submetida à restrição de luz. Este efeito pode ser o resultado da sensibilidade de fotorreceptores presentes nos plastídios (MELO et al., 2011; KOZUKA et al. 2005). Algumas espécies de vegetais apresentam maior quantidade de fitocromos específicos à captação e conversão de luz em diversos espectros que podem ainda influir sobre a estrutura dos cloroplastos e na espessura de tecidos (MELO et al., 2011).

A redução do número de fotorreceptores na folha é uma resposta proporcional a perda de mesofilo (KOZUKA et al., 2005) que está inserida na expressão genética de cada genótipo, em resposta às modificações no nível de radiação do perfil

espectral da luz que atinge o sub-bosque, alterado anteriormente pelas copas das árvores (SOUZA e VALIO, 2003). O que afeta diretamente a composição estrutural e anatômica da forrageira incidindo sobre a formação de tecidos. Esse tipo de resposta é o reflexo das modificações que caracterizam a espessura do mesofilo, alterando a síntese de novas células no limbo foliar modulado pela relação vermelho:vermelho distante (KOZUKA et al., 2005).

A tentativa em potencializar o uso de luz sob baixo fluxo de energia no sombreamento obriga a planta a alongar suas células e aumentar os espaços no interstício do mesofilo para aumentar a difusão de luz em seu interior (GOBBI et al., 2011). A questão da espessura de tecidos parenquimáticos, fundamenta-se na presença de fitocromos b, quanto maior a concentração de fitocromo b menor era a redução de tecido potencialmente fotossintético (Melo et al., 2011).

Na Tabela 3, observa-se que em 50% de sombra, o mesofilo do Mombaça (36,3 μ m) sofre menor redução que o Marandu (27,1 μ m). Plantas com maiores concentrações destes fotorreceptores destacam-se pela sua maior capacidade de adaptação a ambientes de menor disponibilidade de luz (MELO et al., 2011).

As demais variáveis apresentaram menor efeito de redução de espessura de tecidos, como metafloema e bainha do feixe vascular. As células epidérmicas também sofrem diminuição em seu tamanho, revelando que alterações na estrutura da planta podem ocorrer nas posições mais externa da planta.

As repostas de espessura de epiderme em plantas são de grande responsividade plástica quando se trata de alterações nas condições climáticas, principalmente de quantidade e qualidade de luz (MELO et al., 2011). A face adaxial das folhas no capim Marandu, normalmente mais espessa que abaxial (GOMES et al., 2011b) decresceu com ao sombreamento de 25%. Esta porção da folha apresenta diminuição da espessura, em resposta à menor necessidade de recursos de conservação de água, uma vez que, este lado da folha é responsável pela maior parte da interceptação da luz incidente logo, plantas vegetantes em ambientes que sofrem menos com o rigor do sol tendem a apresentar epidermes menos espessas.

Tabela 4. Análise univariada dos componentes anatômicos. BSP: Marandu sol pleno, B25: Marandu 25% de sombra, B50: Marandu 50% de sombra, MSP: Mombaça sol pleno, M25: Mombaça 25% de sombra, M50: Mombaça 50% de sombra. Normalidade: Shapiro Wilks a 5%.

	SP	25%	50%	Médias	CV (%)
Bainha do feixe vascular (μm)					
Marandu (B)	26,5 aA	20,7 aAB	17 aB	21,4 a	
Mombaça (M)	18,2 bA	24,2 aA	19,5 aA	20,6 a	17
Médias	22,3	22,5	18,2		
Células buliformes (μm)					
Marandu (B)	30,0 aA	10,7 bB	14,5 aB	18,4 a	
Mombaça (M)	24,0aA	21,5 aA	20,2 aA	21,9a	20
Médias	27,0	16,1	17,3		
Metafloema (μm)					
Marandu (B)	32,7	28,5	29,7	30,3a	
Mombaça (M)	32,5	32,7	37,2	34,1a	18
Médias	32,6A	30,6A	33,5A		
Cloroplasto (μm)					
Marandu	3,6	3,9	4,0	3,8 a	
Mombaça	3,6	4,2	4,0	3,9 a	11
Médias	3,6 B	4,1 AB	4 A		

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na mesma coluna e maiúsculas distintas na mesma linha diferenciam entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de t.

As células buliformes apresentaram diminuição em seu tamanho, principalmente para Marandu sob sombreamento ($10,7\mu\text{m}$) em relação ao Mombaça ($21,5\mu\text{m}$) sob 25% de sombra (Figura 2). O mesmo não ocorreu com Mombaça, que manteve igualdade entre as porcentagens de sombra. Os valores de espessura de células buliformes consolidam a superioridade em seu tamanho para Mombaça quando sombreado em relação à Marandu, logo a primeira espécie tende a sofrer menos com perdas de água (BRITO et al., 2004).

As células buliformes estão predominantemente na face adaxial (MAUSETH 1988; GOMES et al., 2011b) da epiderme da folha e têm na função motora, como um dos mecanismos de conservação de água da planta (MELO et al., 2007). Sua eficiência de preservar água durante o período de baixa disponibilidade hídrica no solo e no ar, refere-se principalmente ao seu tamanho, quanto maiores forem maior será a eficiência de bobinação do limbo foliar (ESAU 2000; MELO et al., 2007). Neste sentido as células-guardas são pressionadas contra o ostíolo, que por sua

vez, se fecha e impede a saída de vapor d'água carregado durante o processo de transpiração e liberação de O₂.

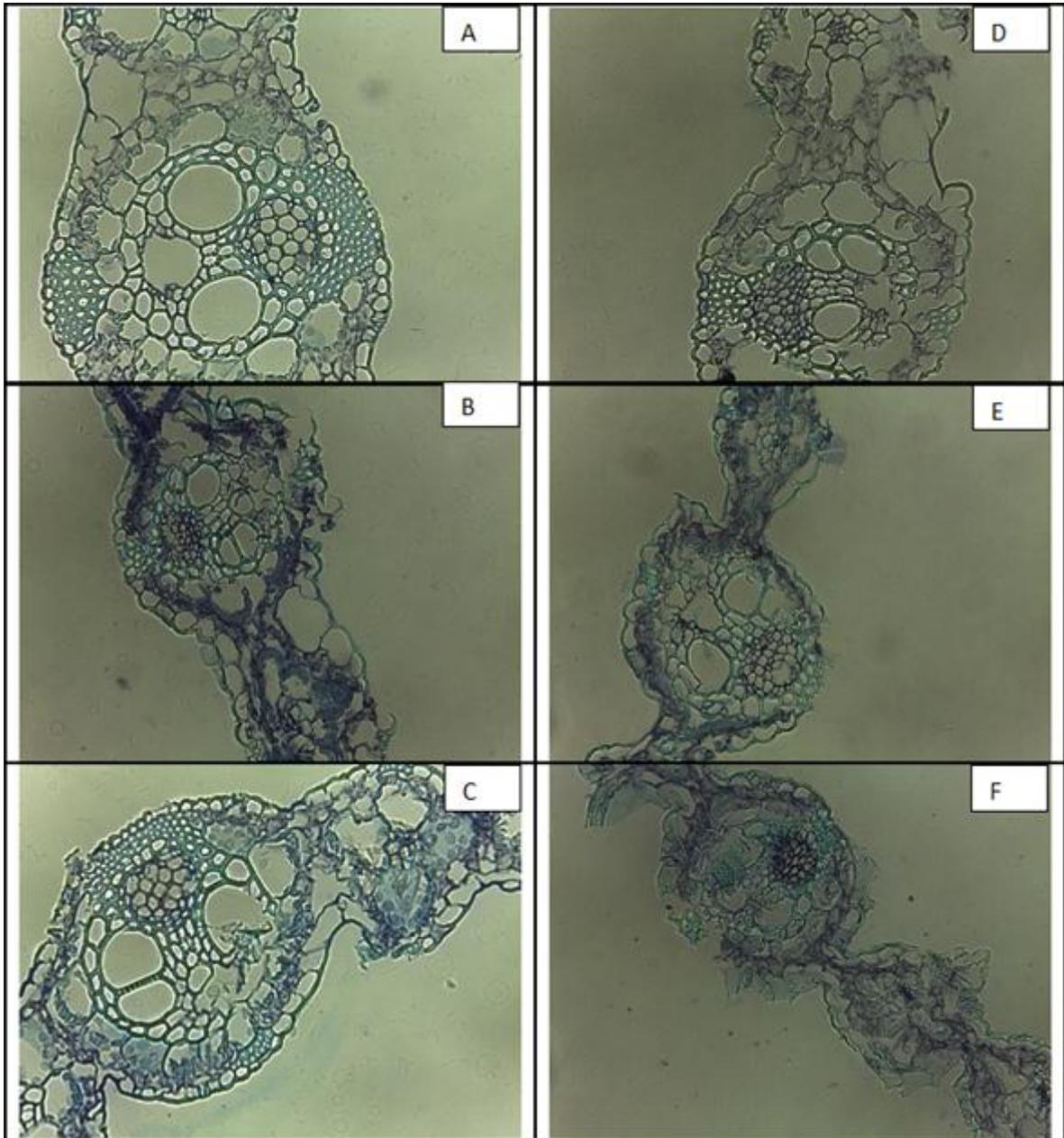


Figura 2. Cortes histológicas do limbo foliar de *Panicum maximum* cv. Mombaça e *Urochloa brizantha* cv. Marandu (Syn. *Brachiaria brizantha*). Objetiva de 40 X. Figuras A, B e C, Mombaça sol pleno, Mombaça 25% e Mombaça 50%, respectivamente. Figuras D, E e F Marandu sol pleno, Marandu 25% e Marandu 50%, respectivamente. Imagens em escala: 1:150 μ m.
Fonte: elaborada pelo autor.

Dentre todas as variáveis, a única que demonstrou resposta antagônica as demais foi o comprimento de cloroplasto sendo proporcional ao aumento de sombreamento. O ocorrido neste trabalho corrobora com o experimento de Kasperbauer e Hamilton (1984) que verificaram modificações na estrutura anatômica

de plantas de tabaco submetidas às distintas condições de vermelho e vermelho distante, encontraram mudanças na conformação anatômica dos cloroplastos. Estas organelas, sob influência de comprimentos de onda mais longos, caso das áreas sombreadas, apresentaram-se com maior diâmetro.

No círculo de correlações (Figura 3), está expresso o nível de relação das variáveis envolvidas na formação dos fatores. Quanto mais distantes da origem das coordenadas estiverem as variáveis, maior será sua representatividade para o fator. Embora todas as variáveis sejam significativas para formação do primeiro componente, as variáveis espessamento secundário da epiderme e comprimento de cloroplastos foram as que menos contribuíram.

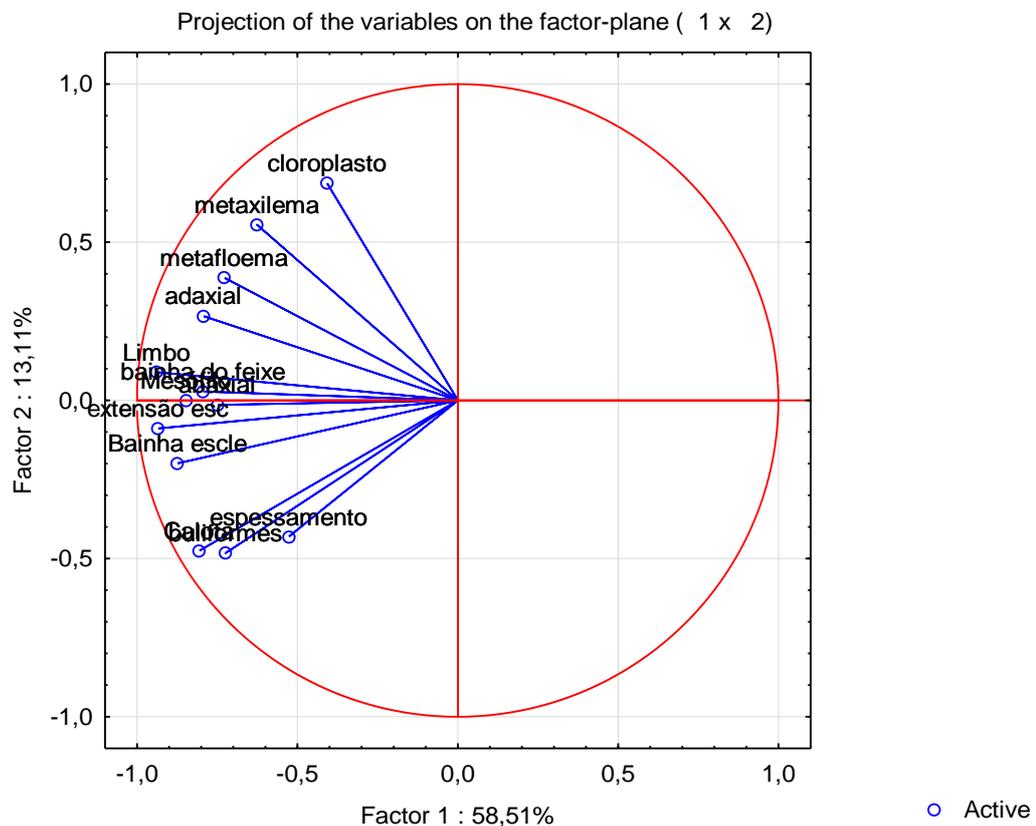


Figura 3. Distribuição da nuvem de variáveis no círculo de correlações.

Os pontos que estão mais próximos entre si apresentam maior correlação. Bainha esclerenquimática, espessamento de epiderme, extensão esclerenquimática estão próximas e, portanto exibem forte associação entre elas (JOLLIFE, 1974).

Segundo os critérios de comunalidade, as variáveis precisam correlacionar entre si para obter maior coerência possível na variação esperada latente, de modo

que todas as variáveis associadas que irão determinar o fator sejam as que contribuem para maior variabilidade latente do fator, logo o sombreamento exerce o mesmo efeito de redução absoluta de tecidos de modo geral, conforme visto no gráfico de correlação (Figura 3), todas as variáveis comportam-se de maneira similar, alocando-se todas do mesmo lado negativo, com exceção do comprimento de cloroplastos que explica o segundo fator.

Comprimento de cloroplastos aumenta com o sombreamento (MELO et al., 2011), e crescem em sentido contrário as demais variáveis envolvidas no estudo, portanto esta variável é a que mais contribui para síntese do fator 2.

Na Tabela 5, estão apresentados os escores das variáveis para as funções discriminantes, aquelas que apresentaram maiores coeficientes são as que mais contribuem para discriminação dos tratamentos. Os coeficientes são gerados a partir de relação linear entre as variáveis originais e as ponderações existentes entre os autovalores e autovetores. Apenas a variável bainha esclerenquimática, calota esclerenquimática, mesofilo foliar, bainha do feixe vascular e células buliformes foram significativas ($p < 0,05$) para diferenciação dos tratamentos.

Os coeficientes não padronizados das funções discriminantes (Tabela 5), predizem o grau de representação de cada variável como fator de discriminação de grupos. De acordo com a Tabela 5, seguindo uma ordem decrescente, os coeficientes da calota esclerenquimática, bainha esclerenquimática, células buliformes e epiderme adaxial são os que mais contribuem para as funções discriminantes. Gomes et al. (2011a), trabalharam com oito genótipos de *Panicum maximum*, também identificaram as mesmas características anatômicas citadas acima, importantes para diferenciação genética.

A identificação das variáveis que melhor respondem as variáveis climáticas permitem abreviar e municiar pesquisas futuras que visem estudar novas cultivares e sintetizar novos genótipos, possibilitando que a pesquisa seja direcionada para avaliações mais pontuais.

Tabela 5. Coeficientes não-padronizados das funções discriminantes das variáveis anatômicas

Variáveis	Discrim 1	Discrim 2
Bainha esclerenquimática*	0,47741	-0,339722
Calota esclerenquimática*	-0,82492	0,213974
Limbo foliar	0,00806	0,046321
Mesofilo*	-0,07455	-0,030160
Extensão esclerenquimática	-0,00295	-0,012048
Bainha do feixe vascular*	0,12068	-0,087868
Adaxial*	0,16348	-0,212145
Abaxial*	-0,07901	0,055002
Buliformes*	-0,01154	-0,217753
Constante	4,04256	4,664481
Autovalor	18,05930	3,275144

*variáveis significativas ($p < 0,05$) para constituição da 1ª função discriminante, retenção de 74% da variabilidade total e retenção de 9% para 2ª função discriminante.

Na Tabela 6, estão expressos os coeficientes de classificação de cada tratamento, os maiores valores são responsáveis pela alta participação na determinação de novas classes. Estes coeficientes são os resultados de ponderações entre variáveis originais e os autovalores, suas combinações geram escores que permitem a máxima variação entre grupos possível (GONÇALVES et al., 2008). Como ocorre a inserção dos valores originais das variáveis independentes na síntese dos seus respectivos coeficientes de classificação, as oscilações na variabilidade medida tornam-se função dos valores originais.

Alinhando a Tabela 6 a Figura 4 nota-se que o distanciamento acentuado do Mombaça à sol pleno (MSP) em relação aos demais tratamentos é o resultado da maior contribuição dos coeficientes das variáveis calota esclerenquimática e bainha esclerenquimática.

Os coeficientes de mesofilo foliar (Tabela 6) denotam que, o Mombaça (0,64) mesmo sob o sombreamento de 50%, apresenta o dobro da espessura de tecido clorofiliano em relação ao Marandu (0,35) sob sol pleno. Na mesma tendência os coeficientes de tecidos lignificados (esclerênquima) no Marandu apresentam-se abaixo dos valores do Mombaça. O aumento na porcentagem de tecido lignificado influencia negativamente o consumo ingestivo do pasto (CABRAL et al., 2011).

Tabela 6. Coeficientes não-padronizados das funções de classificação dos sombreamentos e forrageiras combinados.

Variáveis	BSP	B25	B50	MSP	M25	M50
Bainha escler*	1,3705	0,8923	1,0102	-4,0683	0,1440	-0,5407
Calota escler*	0,9739	-0,2130	0,0297	8,8278	1,8424	2,4530
Limbo foliar	-0,1756	-0,0965	-0,0652	-0,1765	-0,4409	-0,1376
Mesofilo*	0,3781	0,4943	0,3579	1,2045	1,3438	0,6409
Ext. escler	-1,1449	-1,0096	-0,9455	-0,9801	-0,5689	-0,9076
Bainha feixe*	0,1978	0,2474	-0,0021	-1,1432	0,0553	-0,2423
Adaxial*	0,8153	1,4811	0,9446	-0,6002	2,9595	1,0869
Abaxial*	2,1735	1,2669	1,9975	2,5514	0,4464	1,1803
Buliformes*	1,7558	0,5053	0,7249	0,8959	0,9688	1,0872
Constante	-44,6849	-18,2395	-20,3609	-88,3050	-46,2396	-28,4264

*Variáveis significativas ($P < 0,05$). Bainha: bainha esclerenquimática, Calota: calota esclerenquimática, ext.: extensão esclerenquimática. BSP: Marandu sol pleno, B25: Marandu 25% de sombra, B50: Marandu 50% de sombra, MSP: Mombaça sol pleno, M25: Mombaça 25% de sombra, M50: Mombaça 50% de sombra.

Na Figura 4, estão representados os aglomerados dos casos dos tratamentos em Marandu e Mombaça das variáveis que representam significância para discriminação dos grupos (sombreamento). A discriminante 1 foi o mais significativo para segregar os grupos em ambas forrageiras.

Entre os tratamentos 0, 25 e 50% de sombreamento ocorreu em ambas as espécies distanciamento dos grupos (Figura 4), sendo este efeito mais acentuado quando se compara os dois últimos níveis de sombreamento ao sol pleno, o qual é suficiente para discernir os tratamentos. A mudança no espectro de luz em sol pleno para os demais sombreamentos (25 e 50%) resulta em abrupta redução na espessura dos tecidos.

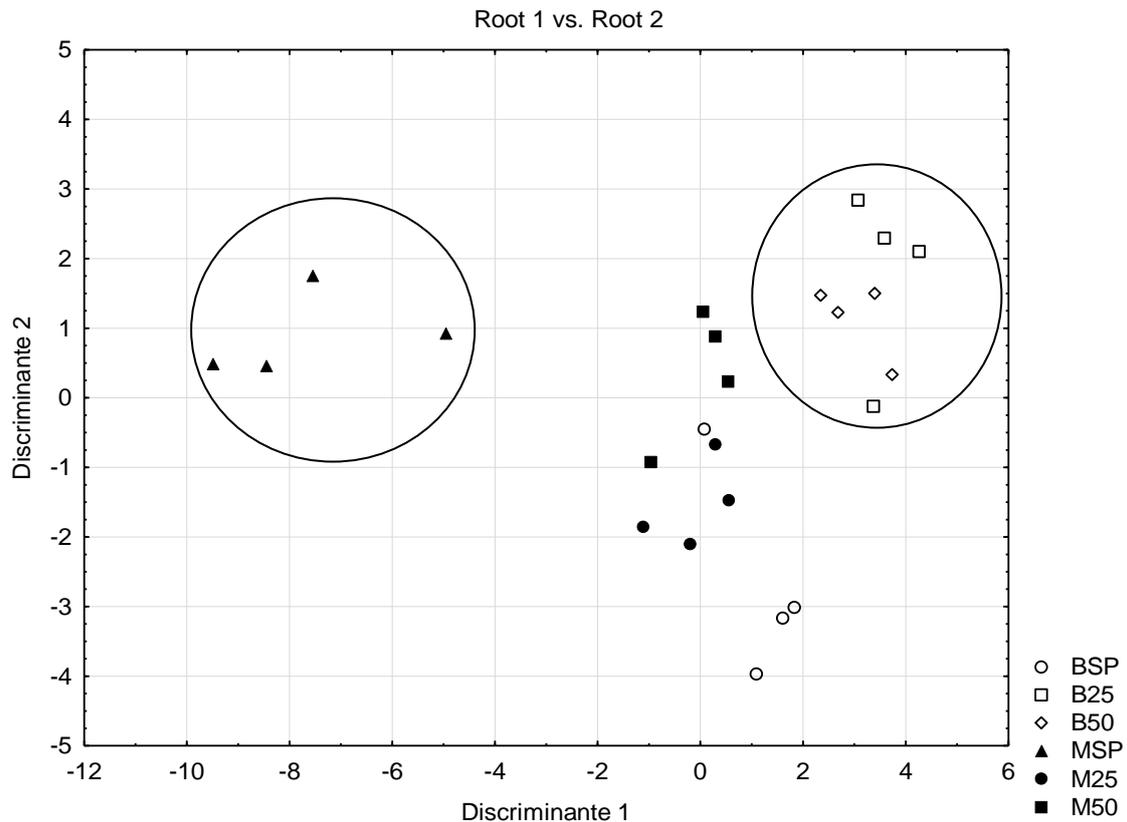


Figura 4. Representação da discriminação entre os tratamentos no Marandu e Mombaça sob sombreamento (0, 25 e 50%), 0% sol pleno, 25% (75% de transmissão de luz) e 50% de (50% de transmissão de luz). Discriminante 1 retém 83% da variação total e discriminante 2 retém 17%. BSP: Marandu sol pleno, B25: Marandu 25% de sombra, B50: Marandu 50% de sombra, MSP: Mombaça sol pleno, M25: Mombaça 25% de sombra, M50: Mombaça 50% de sombra.

O resultado denota que para ambas as espécies as modificações na estrutura interna da folha apresentam-se como consequência da diminuição de luz ofertada e do alongamento dos comprimentos de onda (GOBBI et al., 2011). Entretanto, o efeito é mais deletério para o capim Marandu que tem redução da espessura de tecidos acima da menor resposta do capim Mombaça (Tabela 6). As flutuações na espessura de tecidos nos tratamentos M25, M50 e BSP não foram suficientes para discriminar um outro grupo, definindo esses tratamentos como idênticos sob a ótica de variáveis compiladas.

Conclusões

Ambas as forrageiras testadas no estudo tem sua estrutura anatômica alterada em função do sombreamento.

Há necessidade de estudos mais avançados acerca das espécies e dos atributos anatômicos e fisiológicos que melhor se adequem ao sombreamento.

Em ambas as forrageiras as variáveis calota esclerenquimática, bainha esclerenquimática, células buliformes e epiderme adaxial são as que mais contribuem para determinação da adaptabilidade das espécies ao sombreamento, podendo auxiliar na condução e abreviação de pesquisas futuras.

Referências bibliográficas

AKIN, D. E. Histological and physical factors affecting digestibility of forages. **Agronomy of Journal**, v. 81, n. 1, p. 17-25, 1989.

ARANDA, I.; PARDO, F.; GIL, L.; PARDOS, J. A. Anatomical basis of the change in leaf mass per area and nitrogen investment with relative irradiance within the canopy of eight temperate tree species. **Acta Oecologica**, v. 25, n. 3, p. 187-195, 2004.

BRITO, C. J F. A.; RODELLA, R. A.; DESCHAMPS, F. C. Anatomia quantitativa da folha e do colmo de *Brachiaria brizantha* (Hochst ex A. Rich.) Stapf e *B. humidicola* (Rendle) Schweick. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 3, p. 519-528, 2004.

CABRAL, H. A.; MARISTELA, B.; O.; CABRAL, A. E. C. Influência das características das anatômicas e estruturais do dossel forrageiro no consumo de ruminantes. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n.13, p. 680-693, 2011.

DIAS-FILHO, M. B.; Growth and biomass allocation of the C₄grasses *Brachiaria brizantha* and *B. Humidicola* under shade. **Pesquisa Agropecuária Tropical Brasileira**, v. 35, n. 12, p.2335-2341, 2000.

ESAU, K. 2000. **Anatomia das plantas com sementes**. Edgar Blusher, São Paulo.

FRANKLIN, K. A. PRAEKELT, U.; STODDART, W. M.; BILLINHAN, O. E.; HALLIDAY, K. J.; WHITELMAN G. C. Phytochromes B, D and E act redundantly to control multiple physiological responses in *Arabidopsis*. **Plant Physiology**, v.131, n.3, p. 1340-1346, 2003.

GONÇALVES, A. G.; DIAS, A. T.; MUNIZ, R. M. Análise Discriminante das relações entre Fatores Estratégicos, Indústria e Desempenho em Organizações Brasileiras Atuantes na Indústria Manufactureira. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 12, n. 2, p. 287-311, 2008.

GLÓRIA, B. A.; GUERREIRO, S. M. C. **Anatomia Vegetal**, 2ª Edição, Editora UFV, 438 p., 2006.

GOBBI, K. F.; GARCIA, R.; VENTRELLA M. C.; GARCEZ NETO, A. F.; ROCHA, G. C. Área foliar específica e anatomia foliar quantitativa do capim-braquiária e do amendoim-forrageiro submetidos a sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 7, p. 1436-1444, 2011.

GOMES, R. A.; LEMPP, B.; JANK, L.; CARPEJANI, G. C.; MORAIS, M. G. Características anatômicas e morfofisiológicas de lâminas foliares de genótipos de *Panicum maximum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 2, p. 205-211, 2011a.

GOMES, M. P.; MARQUES, T. C. L. L. S.; NOGUEIRA, M. O. G.; CASTRO, E. M.; SOARES, A. M. Ecophysiology and anatomical changes due to uptake and accumulation of heavy metal in *Brachiaria decumbens*, **Scientia Agricola**, v.68, n. 5, p. 566-573, 2011b.

JOHANSEN, D.A. **Plant microtechnique**. New York, Mc Graw Hill Book Co. INC 523, 1940.

JOLLIFFE, I. T.; Discarding variables in a principal componente analysis. II. Real data. **Applied Statistic**, v.22, p.21-31, 1973.

LIMA, M. A. O.; MIELKE, M. S.; LAVINSKY, A. O.; FRANÇA, S.; ALMEIDA, A-A. F.; GOMES, F. P. Crescimento e plasticidade fenotípica de três espécies arbóreas com uso potencial em sistemas agroflorestais. **Scientia Forestalis**, v. 38, n. 87, p. 527-534, 2010.

KAISER, H. F. **The application of electronic computers to fator analysis**. Educational and psychological measurement, 20, 141-151 p., 1960.

KASPERBAUER, M. J; HAMILTON, J. L. Chloroplast structure and starch grain accumulation in leaves that received diferente red and far-red levels during development. **Plant Physiology**, v.74, n. 4,p. 967-970, 1984.

KOZUKA, T.; HORIGUCHI, G.; KIM, G-T.; OHGISHI, M.; SAKAI, T.; TSUKAYA, H. The diferente growth responses of the Arabidopsis thaliana leaf blade and the petiole during shade avoidance are regulated by photoreceptores and sugar. **Plant Cell Physiology**, v. 46, n. 1, p.213-223, 2005.

MARTINS, M. B. G.; ZIERI, R. Leaf anatomy of rubber-tree clone. **Scientia Agricola**, v. 60, n. 4, p. 709-713, 2003.

MAUSETH, J. D. **Plant anatomy**. California: The Benjamin/ Cummings Publishing Company, 1988, 560 p.

MELO, H. C, CASTRO E. M., SOARES A. M., MELO L. A., ALVES J. D. Alterações anatômicas e fisiológicas em *Setaria anceps* Staf ex Massey e *Paspalum*

paniculatum L. sob condições de déficit hídrico. **Hoehnea**, v. 34, n. 2, p. 145-153, 2007.

MELO, H. C.; CASTRO E. M.; ALVES, E.; PERINA F. J.; Anatomia foliar de microtomateiros fitocromo-mutantes e ultra-estrutura de cloroplastos. **Ciência Agrotécnica**, v.3, n.1, p. 11-18, 2011.

MEZIANE, D.; SHIPLEY, B. Interacting determinants of specific leaf área in 22 herbaceous species: effects of irradiance and nutrient availability. **Plant Cell Environmental**, v. 22, n. 5, p. 447-459, 1999.

PACIULLO, D. S. C. Características anatômicas relacionadas ao valor nutritivo de gramíneas forrageiras. **Ciência Rural**, v. 32, n. 2, p. 357-364, 2002.

PACIULLO, D. S.; GOMIDE, J. A.; QUEIROZ, E. A. M. S. Correlações entre componentes anatômicos, químicos e digestibilidade *in vitro* da matéria seca de gramíneas forrageiras, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 3, p. 955-963, 2001.

SOUZA, R. P.; VÁLIO, I. F. M. Seedling growth of fifteen Brazilian tropical tree species differing in successional status. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 26, n. 35-47, 2003.

CAPÍTULO II

INFLUÊNCIA DO SISTEMA SILVIPASTORIL NA AMAZÔNIA LEGAL SOBRE OS ASPECTOS ANATÔMICOS, QUALIDADE DA MATÉRIA SECA E PRODUÇÃO DE GASES DOS CAPINS MOMBAÇA E MARANDU

RESUMO

Objetivou com este trabalho avaliar a influência dos níveis de sombreamento em sistema silvipastoril sobre o grau de associação dos componentes anatômicos aos parâmetros nutricionais e a produção de gases da matéria seca de *Poaceae*. Foram avaliadas duas espécies forrageiras *Panicum maximum* cv. Mombaça e *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, sob três níveis de sombreamento: Sistema Sol Pleno (SSP), sombreamentos 25 e 50% dispostos em faixas contíguas e alocados em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. Na lâmina foliar foi mensurada a espessura dos tecidos parenquimáticos (mesofilo), componentes do feixe vascular (metaxilema e metafloema), bainha do feixe vascular, bainha esclerenquimática, calota esclerenquimática, extensão esclerenquimática, e espessamento secundário da epiderme, foi realizada também análise do teor de FDN e FDA; produção de gases e degradabilidade da matéria seca em 96 horas de incubação. As variáveis foram submetidas ao teste de média de t ao nível de 5% e verificada a correlação das variáveis de cada genótipos com o sombreamento. A proporção de tecidos lignificáveis como, espessamento secundário e esclerênquima reduzem com o sombreamento, em média 66% e 60% respectivamente. A proporção de metafloema no Mombaça no sol pleno foi de 5,5 % e Marandu 3,7 %, entretanto, essa resposta inverteu-se com o sombreamento, reduzindo a participação de metafloema no Mombaça. A produção de gases no capim Marandu sombreado foi maior que em capim Mombaça como resultado da maior proporção de metafloema. Considerando as características anatômicas e de produção de gases, o capim Marandu, foi a forrageira de maior degradabilidade da matéria seca em relação ao Mombaça quando sombreadas.

Palavras chave: *Brachiaria brizantha*, Degradabilidade, *Panicum maximum*, Parênquima.

Influence of anatomical aspects of Mombasa and grasses Marandu on the quality of dry matter and gas production in pasture-forest system in the Amazon

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the degree of association of the anatomical structures to nutritional parameters and the gas production of dry matter *Poaceae* leaves. Two forage species *Panicum maximum* cv. were evaluated. Mombasa and *B. brizantha* cv. Marandu under three levels of shading: Full Sun System (SSP), 25 and 50% shading and allocated in a completely randomized design with four replications. In the leaf blade was measured the thickness of the parenchyma (mesophyll), components of the vascular bundle (metaxylem and metafloema), vascular bundle sheath, sheath sclerenchymatic, sclerenchymatic cap, sclerenchymatic extension, and secondary thickening of the epidermis and also the production of gases and the degradability of dry matter in 96 hours of incubation. The variables were submitted to the mean test at 5% and verified the correlation of the variables of each genotype with the shading. The ratio of tissues such as lignificáveis secondary thickening and sclerenchyma to reduce the shading on average 66% and 60% respectively. The proportion of metafloema in Mombasa in full sun was 5.5 microns and 3.7 microns Marandu, however this response was reversed with the shading, reducing the share of metafloema in Mombasa. The gas production in Marandu grass was higher than in shaded grass as a result of Mombasa higher proportion of metafloema. Considering the anatomical and gas production characteristics, Marandu grass, was the forage of better performance from a nutritional point of view when shaded.

Keywords: *Brachiaria brizantha*, *Panicum maximum*, Parenchyma, Sclerenchyma

Introdução

A folha é composta por diversos tecidos com peculiaridades específicas para funções fisiológicas da planta. Considerando a importância fotoquímica da folha, nela está presente a maior quantidade dos cloroplastos. Estas organelas estão alojadas nas células dos parênquimas lacunoso, paliádico e bainha do feixe vascular. Esses tecidos são compostos em grande parte por fibrilas de celulose na parede celular (GLÓRIA e GERREIRO, 2006), substâncias ergástricas e minerais que compõe o conteúdo celular, desta forma esses tecidos são considerados de digestibilidade alta, assim como as células do floema (LIMA et al., 2001; PACIULLO et al., 2001).

Outros elementos estruturais da anatomia interior da folha também possuem funções imprescindíveis para o funcionamento da planta. As fibras esclerenquimáticas são responsáveis pelas funções mecânicas de sustentação e conformação estrutural, auxiliando as folhas e caule na ereticidade (BASSO et al., 2014). Em função da responsabilidade estrutural, as fibras são constituídas por compostos rígidos e de espessura mais pronunciada nas paredes celulares. Portanto, as células desses tecidos são amplamente susceptíveis ao espessamento secundário e a morte celular. A lignificação de células dos tecidos esclerenquimáticos e do xilema é resultado do aparelhamento entre os compostos derivados do metabolismo secundário e sua deposição nesses tecidos e podem afetar as variáveis de consumo animal (LEMPP, 2007).

A funcionalidade mecânica destes tecidos e o imbróglcio nutricional causado pelas fibras do esclerênquima, e a lignina, que impregna a parede das células lignificáveis, gera paradoxo entre o equilíbrio na concentração de determinados compostos que constituem as frações químicas responsáveis pelo potencial digestível das fibras nas folhas (CABRAL et al., 2011) e a capacidade da planta em se manter ereta.

A lignina é a principal entidade química responsável pela redução na digestibilidade das fibras. Na medida em que a planta avança em sua idade, subsidiada por fatores de produção em limiar ótimo, alguns compostos derivados do metabolismo secundário iniciam a interferência sobre os aspectos estruturais da planta. Paciullo et al. (2001) correlacionou lignina e o espessamento da parede celular do esclerênquima com a digestibilidade da matéria seca e verificou que na

maior proporção destes tecidos, a correlação foi significativamente negativa (LAJÚS et al., 2014).

O aproveitamento destes componentes presentes na parede e do conteúdo celular, é função da constituição de compostos da parede das células e do seu potencial de degradação, que é definido pela participação de constituintes de baixa degradabilidade (AKIN, 1989; JUNG e CASLER, 2006).

Entende-se primariamente como constituintes da parede celular, os compostos insolúveis como, celulose, hemicelulose e lignina, no entanto, alguns compostos do metabolismo secundário como os ácidos hidroxinâmicos podem associar-se a lignina (JUNG e CASLER, 2006; FUKUSHIMA e HATFIELD, 2003) em diferentes graus de concentração.

O perfil de associação desses tipos de compostos, deriva da capacidade genética de cada espécie em expressar genes que modulam a síntese de compostos do metabolismo secundário, deste modo a degradação de compostos insolúveis da parede celular pode variar em função da concentração de *p*-cumarinas e ácido ferúlico associados a lignina (JUNG e CASLER, 2006; GRABBER et al., 1998).

A produção de gases apresenta forte correlação com a digestibilidade da fibra e com a concentração de carboidratos contidos na folha, podendo ser atenuados pela variação na participação de componentes lignificados na fibra (BOTTEN et al., 2011). Assim flutuações nas variáveis ambientais podem resultar em profundas alterações nos mecanismos fisiológicos da planta, especificamente no metabolismo secundário e ativação de enzimas responsáveis pela fotossíntese, acarretando em maior síntese de compostos fenólicos (TAIZ e ZEIGER, 2009).

Considerando as oscilações climáticas, as plantas sombreadas tendem a sintetizar e incorporar menor quantidade de lignina (TAIZ e ZEIGER, 2009) que incrustam a celulose da parede celular e ainda podem impregnar tecidos esclerenquimáticos e as fibras do metaxilema. Por outro lado, maiores ofertas de luz são diretamente proporcionais a síntese de lignina e lactonas. Além disso, maiores proporções de tecido esclerenquimático e de metaxilema podem reduzir a degradabilidade da matéria seca e da produção de gases, além de aumentar o tempo de retenção no rúmen afetando o consumo (AKIN, 1989; WILSON e HATTERSLEY, 1983).

Objetivou com este trabalho, avaliar as respostas de duas *Poaceae*s, a diferentes porcentagens de sombreamento sobre os componentes anatômicos, degradação de matéria seca e verificar o nível de associação entre as variáveis envolvidas, além de avaliar a produção de gases da matéria seca.

Materiais e Métodos

O experimento foi conduzido na Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia (EMVZ) da Universidade Federal do Tocantins, em sistema silvipastoril de bosque nativo raleado em topografia plana (2% de declividade). O clima da região segundo classificação de Köppen é Aw (quente e úmido), chuvas de outubro a maio, precipitação pluviométrica média anual de 1800 mm e temperatura média de 28°C. O solo foi classificado como Neossolo Quartzarênico Órtico típico de textura arenosa, do qual foi realizada a análise química de caracterização a partir da profundidade de 0-20 cm (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização química do solo no início da implantação do experimento, antecedendo o primeiro ciclo.

	pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+A	K ⁺	P	MO	CTC	V
	CaCl ₂	-----cmol _c dm ⁻³ -----				---mgdm ⁻³ ---		cmol _c	cmol _c	%
BSP	4,78	0,67	0,59	0,66	2,26	0,012	2,9	5,62	3,54	36,18
B25	3,76	0,76	0,54	0,58	4,57	0,016	3,1	13,6	5,90	22,50
B50	3,84	0,61	0,59	1,17	5,61	0,016	2,7	14,0	6,83	17,83
MSP	4,57	0,86	0,57	0,42	4,64	0,009	2,8	8,04	6,08	23,70
M25	4,17	1,13	0,90	0,74	5,22	0,017	2,7	11,7	7,27	28,17
M50	3,97	0,78	0,78	1,10	4,76	0,013	3,1	12,5	6,35	24,95

Análise do solo na profundidade de 0-20 cm, em Neossolo Quartzarênico Órtico típico. BSP: Marandu sol pleno; B25: Marandu 25% de sombra; B50: Marandu 50% de sombra; MSP: Mombaça sol pleno; M25: Mombaça 25% de sombra; M50: Mombaça 50% de sombra.

O ensaio experimental foi implantado sob faixas de sombreamento natural contíguas de vegetação, transição cerrado-Amazônia, e enriquecido com duas espécies de forrageiras. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições para cada um dos seis tratamentos, que foram arranjados em fatorial 2x3 – duas espécies forrageiras (*Urochloa brizantha* cv. Marandu (syn. *Brachiaria brizantha*) e *Panicum maximum* cv. Mombaça) e três porcentagens de sombreamento (0, 25 e 50%), totalizando 24 unidades experimentais.

A área de floresta foi manejada em outubro de 2009, adotando como critério de raleamento o sombreamento de 0, 25 e 50% de transmissão de luz no ambiente e novamente revisada com auxílio de um luxímetro em junho de 2012.

Após o manejo das árvores, em outubro de 2013 foi efetuada a aplicação de calcário na ordem de 800 kg ha⁻¹, 45 kg de P₂O₅ ha⁻¹ e 50 kg de K₂O ha⁻¹. Em seguida procedeu-se a semeadura das forrageiras, esperou-se o estabelecimento do pasto e efetuou-se um corte de uniformização com roçadeira costal, a 20 cm do solo e em seguida aguardou o surgimento de três folhas para capim Mombaça, 4,5 para capim Marandu e posteriormente ser dada a entrada dos animais nos piquetes, cada piquete correspondia a 2.250 m². Dado três dias após a saída dos animais dos piquetes foi feita adubação nitrogenada na ordem de 40 kg de N ha⁻¹.

Análise anatômica

Previamente ao pastejo foi realizada a colheita do material forrageiro no sétimo ciclo vegetativo. As folhas selecionadas, destinadas aos cortes histológicos consistiram da última folha completamente expandida.

Durante o processo de colheita, as folhas destinadas a análise anatômica foram acondicionadas imediatamente em caixa térmicas a 12°C, como medida de conservação dos componentes do sistema fundamental dos órgãos vegetativos.

Após coletado, o material foi conduzido ao laboratório de bioquímica e morfologia da EMVZ, onde as folhas seccionadas no terço mediano em aproximadamente 1 cm², desidratadas em álcool a 70, 75, 80, 85, 90%, absoluto I e II e por último encaminhadas para álcool absoluto/xilol, para clarificação das amostras, a cada passagem as amostras permaneciam 30 minutos. Em seguida os segmentos foram novamente clarificados com xilol (dimetil benzeno) I e II e fixados com solução FAA 50 5:5:90 (JOHANSEN, 1940) (formaldeído 40%, álcool etílico 50% e ácido acético glacial P.A.). As seções foram impregnadas em parafina para posterior realização dos cortes transversais a 5 µm em micrótomo. Em seguida os cortes foram aderidos à lâmina para posterior coloração com azul de toluidina.

Na lâmina foliar foi mensurada a espessura dos tecidos parenquimáticos (mesofilo), componentes do feixe vascular (metaxilema e metafloema), bainha do feixe vascular, bainha esclerenquimática, calota esclerenquimática, extensão esclerenquimática, e espessamento secundário da epiderme (Figura. 1). A

determinação da espessura dos tecidos foi procedida via microscopia óptica e pelo software Moticplus 2.0.

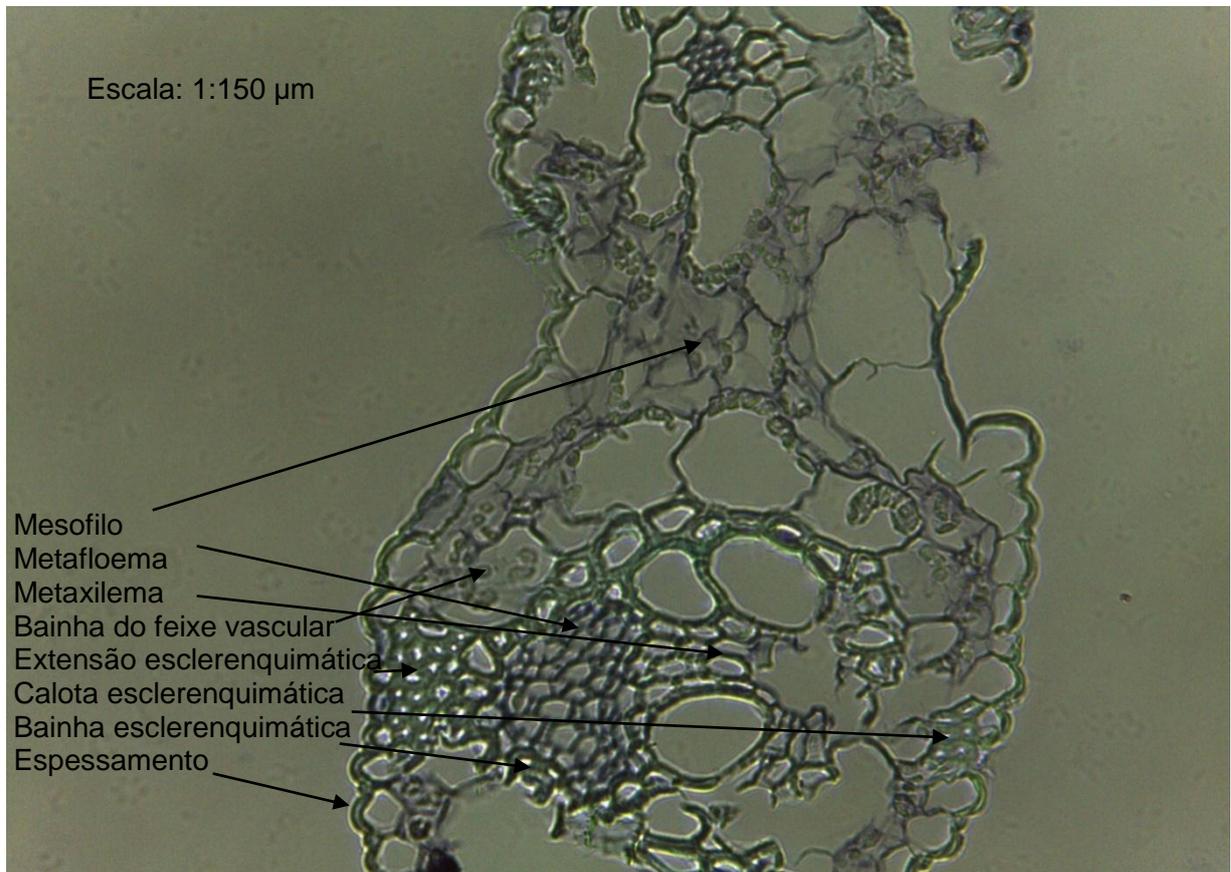


Figura 1. Estrutura anatômica do limbo foliar de *Urochloa Brizantha* cv. Marandu (syn. *Brachiaria brizantha* cv. Marandu) cultivada em sol pleno.

Produção de gases e degradabilidade da matéria seca

No sétimo ciclo, as amostras colhidas como pastejo simulado, considerando 50% de eficiência (coleta a partir de 3 folhas expandidas para Mombaça e 4,5 para Marandu), foram levadas a estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas, em seguida foram moídas em moinho tipo Willey, e peneira de 2 mm.

As amostras moídas foram adicionadas na ordem de 0,2 g em sacos Ankon lacradas e encaminhadas para os tubos de fermentação que receberam fluido ruminal coletado em animal canulado, mantido a pasto de capim Marandu por 15 dias. Cerca de 1 L de inóculo foi acondicionado em garrafa térmica pré-aquecida a 39°C. Imediatamente após a coleta, o material foi encaminhado para o laboratório onde o inóculo foi filtrado. Da fração líquida foram adicionados 10 mL a

amostra+saco somados a 20 mL de meio de cultura no tubo e vedados com vaselina.

Dado início da incubação a mensuração da produção de gases procedeu-se a partir do tempo zero, três, seis, nove, 12, 24, 48, 72 e 96 horas com auxílio de régua graduada.

O modelo de (FRANCE et al., 1993) foi ajustado aos dados, como expresso abaixo:

$$Y = A \{1 - \exp[-b(t-L) - cx(\sqrt{t} - \sqrt{L})]\}$$

Os parâmetros referentes à cinética de produção de gases são:

Produção de gases acumulada (mL), tempo de incubação “t” (horas), total de gases (mL) “A”, tempo de colonização “T” (horas) e taxa de degradação fracional (h-1) “μ”.

As equações geradas foram comparadas por meio do teste de paralelismo e identidade de curvas de acordo com Regazzi e Silva (2004).

A degradabilidade efetiva para 96 horas de incubação foi obtida segundo metodologia de (FRANCE et al., 1993), em que:

$$DE = S_0 e^{-kT} (1 - kI) / (S_0 + U_0)$$

Em que;

DE = Degradabilidade efetiva

k = taxa de passagem; sendo calculado para k=0,02; 0,03; 0,04 e 0,05.

S₀ e U₀= frações inicialmente fermentáveis e frações não fermentáveis, respectivamente, sendo: $I = \int_0^{\infty} \exp[-(b+k)(t-T) + c(t-T)] dt$.

Análise estatística

Análise de variância e o teste de média foram efetuados após o teste de normalidade dos resíduos, normalidade dos dados (SHAPIRO-WILK, 1965) e homogeneidade de variâncias. No teste de médias utilizou-se t ao nível de significância a 5% e testaram as relações entre os componentes anatómicos, sombreamento e degradabilidade da matéria seca pelo teste de correlação de Person ao nível de 5%.

Resultados e Discussão

Foram obtidas proporções análogas de esclerênquima e parênquima dentro dos respectivos sombreamentos para capim Marandu e Mombaça (Tabela 2), não havendo diferença para interação ($P < 0,05$).

Entretanto, a inferência realizada na média dos sombreamentos e espécies evidencia maior proporção de esclerênquima ($P < 0,01$) para o Mombaça em relação ao Marandu. O sombreamento provocou redução na proporção de tecido esclerenquimático, ocorrendo maior concentração deste tipo de tecido em plantas de sol pleno do que sombreadas. Estes tecidos nas plantas sombreadas tanto em Mombaça quanto em Marandu não apresentam diferenças significativas ($P > 0,05$) entre as médias dos tratamentos de 25 e 50% de sombra.

As flutuações nas proporções de esclerênquima representam o reflexo das oscilações nas condições ambientais. Embora o Mombaça apresente menor redução proporcional deste tecido, essa forrageira ainda demonstra maior proporção de tecidos lignificáveis, como esclerênquima, além de apresentar redução de parênquima, semelhante no Mombaça. Maior participação de esclerênquima na folha pode indicar forrageira com baixa degradabilidade e menor disponibilização dos nutrientes (JUNG e CASLER, 2006).

Associando os teores de parênquima e esclerênquima à análise de relação entre as duas variáveis, (Tabela 2) indica maior proporção de parênquima para o capim Marandu em relação ao capim Mombaça ($P < 0,05$) na medida em que se aumenta o sombreamento, principalmente no tratamento 50% de sombra. No capim Mombaça as mudanças são mais tênues. O capim Marandu apresenta maior participação de parênquima, que denota em menor síntese de compostos secundários e de tecidos esclerenquimáticos, sofrendo drásticas alterações sobre os aspectos nutricionais, como indicam a degradabilidade da matéria seca (Tabela 2) e produção de gases (Figura 1).

Tabela 2. Percentual (%) de esclerênquima, parênquima, metafloema, espessamento epidérmico (μm) dos cortes transversais e degradabilidade dos capins Marandu e Mombaça sob diferentes porcentagens de sombra.

	SSP	25%	50%	Médias	CV(%)
Esclerênquima(%)					
Marandu	3,4	2,0	2,0	2,5 b	23
Mombaça	6,5	3,1	3,1	4,3 a	
Médias	4,9 A	2,6 B	3,3 B		
Parênquima(%)					
Marandu	56,9	57,3	60,0	58,1	8
Mombaça	56,1	62,9	59,9	59,6	
Médias	56,5	60,1	59,9		
Espessamento (μm)					
Marandu	3,6 aA	2,5 aB	2,1aB	2,7	18
Mombaça	2,5 bA	2,5 aA	1,9 aA	2,3	
Médias	3,8	2,5	2,0		
Metafloema(%)					
Marandu	3,77 bB	5,04aA	4,4aAB	4,5	16
Mombaça	5,5 aA	2,55bB	3,2bB	3,7	
Médias	4,6	3,98	3,8		
Relação Parênquima:Esclerênquima					
Marandu	18 aB	21 aB	35,2aA	24,7	17
Mombaça	16 aB	22,5 aA	20,2bAB	19,1	
Médias	16,5	21,6	27,7		
Degradabilidade da MS					
Marandu	48,5 aC	53,1 aB	57,8 aA	53,1	5
Mombaça	51,7 aA	51,5 aA	51,7 bA	51,6	
Médias	50,1	52,3	54,8		

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na mesma coluna e letras maiúsculas distintas na mesma linha diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de t. Degradabilidade da matéria seca em 96 horas de incubação. SP: Sol Pleno, 25%: Silvipastoril 25% de sombra e 50%: Silvipastoril 50% de sombra. MS: matéria seca.

Os valores de degradabilidade da matéria seca indicam semelhança nas respostas entre os sombreamentos para capim Mombaça e diferentes ($P < 0,01$) no capim Marandu, neste último, esta variável apresentou aumento crescente na medida em que se aumentou o sombreamento.

Os valores de espessamento secundário da epiderme foram significativos ($P < 0,01$) para o desdobramento, apresentando redução gradual entre os sombreamentos seguindo respectivamente do sol pleno para o sombreamento de 50% no capim Marandu. Entretanto, a mesma resposta não foi observada em capim Mombaça, que permaneceu inalterada entre os níveis de sombreamentos, mas apresentou menor espessura epidérmica sob sol pleno em relação ao Marandu (Tabela 2).

O metafloema (Tabela 2) foi significativo para o aumento da sua participação na folha do capim Marandu e redução no capim Mombaça, refletindo em maior proporção de metafloema na primeira espécie.

Alinhando os valores da Tabela 2, à produção de gases na Figura 2 (A e B) percebe-se que a estabilidade de tecidos lignificáveis e de parênquima no capim Mombaça e a súbita redução de metafloema, que é digerido como tecido de alta degradabilidade (AKIN e AMONS, 1975), resultou em menor produção de gases (Figura 2B), além de equivalerem entre si os sombreamentos. O capim Marandu por sua vez, tem maior produção de gases (Figura 2A) como reflexo da maior proporção de metafloema, que foi crucial para afetar a produção de gases em função da maior degradabilidade (GOMES et al., 2011; AKIN e AMONS, 1975). Trabalhando com duas espécies de *Axonopus sp.* Lima et al. (2001) detectou maior degradabilidade no floema e parênquima que nos tecidos lignificados. O floema tem a parede celular constituída em sua maior parte de celulose, conferindo-lhe maior susceptibilidade a degradação no rúmen (ENGELS e SCHUURMANS, et al., 1992).

A celulose assim como a hemicelulose são partes integrantes das entidades químicas da parede celular que possui degradabilidade significativa e constituem as frações presentes na FDN.

Na Tabela 3 estão presentes os valores referentes ao teor de FDN, FDA. Não ocorreu intervenção significativa entre as espécies e os níveis de sombreamento para FDN e FDA.

Considerando que a fibra em detergente neutro (FDN) é constituída pela celulose, hemicelulose e lignina, e a fibra em detergente ácido (FDA), celulose e lignina e que elas relacionam-se com o comportamento ingestivo do animal, em que quanto mais alta for o incremento na matéria seca, menor será sua digestibilidade e conseqüentemente menor ingestão. Entretanto, as proporções de celulose e hemicelulose podem sofrer variações em decorrência as alterações climáticas e sobrepujar o incremento de lignina na FDN refletindo em diferentes resultados nas variáveis de degradabilidade (VAN SOEST 1994). As ligninas são compostos rígidos presentes em plantas vasculares que possuem o intuito de preservar a integridade física da planta, sua capacidade de resistência a herbivoria depende da associação com compostos hidroxinamicos (ácidos p-ferulico, p-coumarico e sinápico) (Hatifeild et al., 1999).

Mesmo que não haja diferença significativa entre os tratamentos a maior participação de floema no Marandu, que se constitui basicamente por celulose, permitiu que essa forrageira apresentasse maior degradabilidade da matéria seca (GOMES et al. (2011)).

Tabela 3. Teor de FDN e FDA na matéria seca dos capins Marandu e Mombaça sob diferentes porcentagens de sombra.

	SP	25%	50%	Médias	CV
FDN %					
Marandu	59,76	64,85	59,95	62,7 b	
Mombaça	62,68	66,48	63,73	63,9 a	9
Médias	61,22A	65,68 A	61,84 A		
FDA %					
Marandu	23,18	26,72	24,38	25,36a	
Mombaça	24,96	27,88	25,65	25,57a	12
Médias	24,07A	27,30A	25,01A		

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na mesma coluna e letras maiúsculas na mesma linha diferem entre si ao nível de 5%, probabilidade ($P < 0,05$) pelo teste de t. Fibra em detergente neutro (FDN); Fibra em detergente ácido (FDA). SP: Sistema Sol Pleno, 25%: Silvipastoril 25% de sombra e 50%: Silvipastoril 50% de sombra.

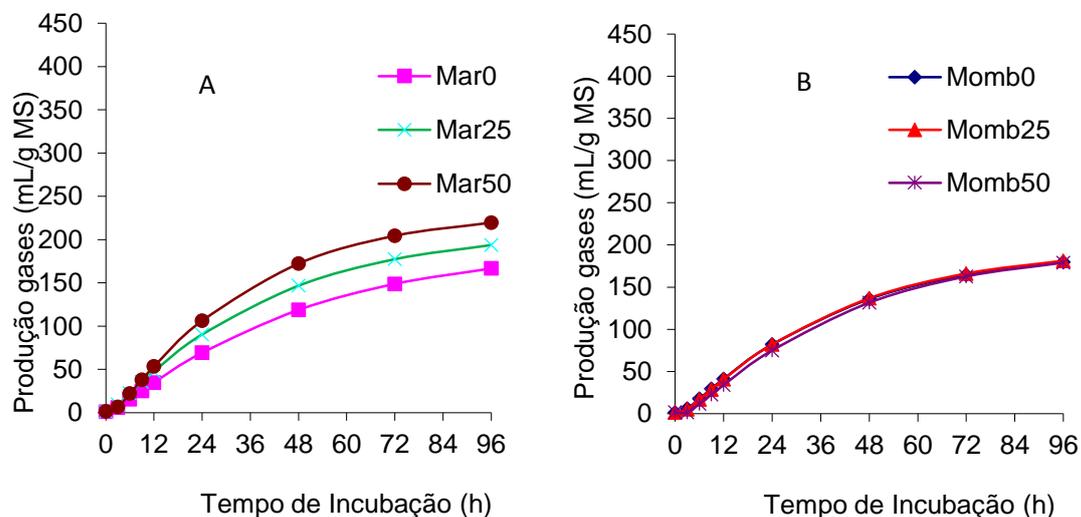


Figura 2. Produção acumulada de gases em 96 horas das folhas de, *Panicum maximum* cv. Mombaça e *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em cultivo sob sol pleno e sombreamentos 25 e 50%. Marandu sol pleno (Mar0), Marandu 25% de sombra (Mar25), Marandu 50% (Mar50), Mombaça sol pleno (Momb0), Mombaça 25% de sombra (Momb25), Mombaça 50% (Momb50).

O maior incremento da produção de gases no Mombaça sol pleno em relação ao Marandu sol pleno é dada em detrimento da maior proporção de metafloema e menor espessamento secundário da epiderme. A maior proporção de esclerênquima

no Mombaça sugere que os componentes da parede celular possam ser encrustados pela lignina e diminuem o tempo na amplitude de degradação da parede da célula (CASTRO et al., 2007). O perfil de carboidratos solúveis e estruturais também influenciam a fermentabilidade do material forrageiro (CASTRO et al., 2000). É possível que o sombreamento tenha alterado a proporção de polímeros, reduzindo a participação da lignina na parede celular das plantas de Marandu sombreadas (HOBSON e STEWART, 1997).

O elevado número de células presentes no parênquima do capim Mombaça não foi suficiente para expressar diferenças ($P > 0,05$) dentro da mesma espécie entre os níveis de sombreamentos, o resultado ocorreu em detrimento da oscilação proporcional de esclerênquima e xilema (PACIULLO et al., 2001). As flutuações ambientais tem influência sobre as alterações anatômicas que podem ainda associar-se as peculiaridades inerentes à própria espécie. Segundo Queiroz et al. (2000), pode ser encontrada diferenças anatômicas dentro de uma mesma espécie ou grupo fisiológico sendo ainda acentuadas pelas oscilações do clima.

Na Tabela 4, estão presentes os coeficientes de correlação dos componentes anatômicos, sombreamento e degradabilidade da matéria seca. O nível de relacionamento entre as variáveis analisadas evidencia desaparelhamento entre as duas espécies quando comparada as respostas de determinadas variáveis, como metafloema, esclerênquima, degradabilidade da matéria seca e espessamento secundário. Os resultados do teste de média mostrou que as diferentes respostas para cada espécie (LEMPP, 2007) na sombra, foi afetado pelo sombreamento, refletindo sobre o nível de relacionamento entre as variáveis.

Na Tabela 4, estão expressos os valores de correlação entre as variáveis analisadas e também as porcentagens de sombreamento. O metafloema do Marandu (0,28) não obteve significância na associação com o sombreamento como ocorreu no Mombaça (-0,67), pois a estrutura do seu metafloema manteve-se estável as alterações no espectro de luz.

Tabela 4. Correlações lineares entre as variáveis anatômicas de folha, sombreamento e degradação da matéria seca.

Marandu	Metafl	Escl	Parênq	Par:Es	DMS	Espess	Somb
Metafl	1						
Escl	-0,43	1					
Parênq	-0,39	-0,17	1				
Par:Esc	-0,17	-0,44	0,61*	1			
DMS	0,033	-0,63*	0,43	0,74*	1		
Espessam	-0,23	0,75*	-0,35	-0,58*	-0,66*	1	
Somb	0,28	-0,78*	0,46	0,68*	0,79*	-0,83*	1
Mombaça	Metafl	Escl	Par	Par:Es	DE 96	Espess	Somb
Metafl	1						
Escl	0,69*	1					
Parênq	-0,50	-0,60*	1				
Par:Esc	-0,68*	-0,75*	0,50	1			
DMS	-0,01	0,08	-0,28	-0,51	1		
Espess	0,19	0,12	-0,25	-0,03	0,06	1	
Somb	-0,67*	-0,45	0,23	0,36	-0,009	-0,45	1

Metafl: metafloema, Escl: esclerênquima, Parên: parênquima, Par:Esc: relação parênquima:esclerênquima, DMS: degradação da matéria seca em 96 hs, Espess: espessamento da epiderme, Somb: sombreamento. * Significativo ao nível de 5% de probabilidade ($P < 0,05$).

A relação do esclerênquima e espessamento secundário da epiderme ao sombreamento no Marandu também foram significativos e de relação inversa, ou seja, o aumento no nível de sombra resultou em diminuição na proporção destes tecidos, culminando em incremento na degradação da matéria seca ($P < 0,05$) que teve correlação positiva (Figura 2). Esta resposta não foi observada no Mombaça, pois a estabilidade dos tecidos, com exceção do metafloema, em resposta às oscilações ambientais, não permitiu que a resposta associativa fosse significativa. Paciullo et al. (2002) correlacionaram os componentes anatômicos aos químicos de lâminas e colmos de capim Marandu e capim Gordura e verificaram resultados análogos aos deste trabalho, em que as mesmas variáveis não apresentaram significativa correlação nas duas espécies.

Na Tabela 4 percebe-se que a correlação negativa significativa no capim mombaça entre parênquima e esclerênquima é explicada pela redução no tecido esclerênquimático. O mesmo resultado não foi encontrado para o Marandu, pois a redução do mesofilo em relação ao esclerênquima não foi significativa.

O número de correlações significativas no Mombaça foram menores e a maioria foram desconstruídas aos resultados do Marandu (Tabela 4 e Figura 2A). Na Figura 2 por exemplo, fica evidente que o comportamento nas proporções de

tecidos, é um resultado intrínseco ao fator genético de resiliência, que não afetaram a degradabilidade da matéria seca do mombaça.

A degradação da matéria seca após 96 horas de incubação, em ambas forrageiras, mostra que as respostas foram diferentes (Figura 3). Em Razão da maior proporção de metafloema e redução de tecidos lignificáveis sob sombreamento o capim Marandu apresentou aumento na degradação do material em relação ao capim Mombaça, que por sua vez permaneceu inalterado entre os níveis de sombreamento. Os tecidos lignificáveis, xilema, epiderme e esclerênquima limitam a degradação do material, ampliando a extensão dos processos digestivos (LIMA et al., 2001; LEMPP et al., 2009). A lignificação da parede celular dos tecidos esclerenquimático e xilema aumentam a resistência do tecido a degradação dos fungos e bactérias (BOTTEN et al., 2011).

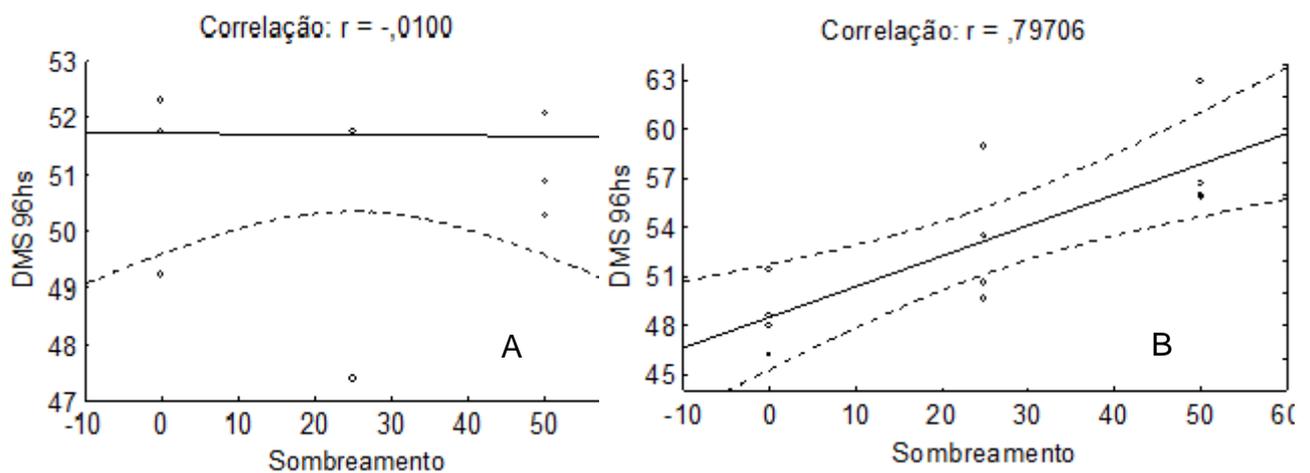


Figura 3. Associação quantitativa entre sombreamento e degradabilidade da matéria seca em 96 horas de incubação para, Mombaça (A) e Marandu (B).

Conclusões

Considerando as características anatômicas e de produção de gases sob sistema silvipastoril, o capim Marandu, foi a forrageira de melhor desempenho do ponto de vista nutricional quando sombreada.

O Mombaça é menos sensível as variações ambientais o que culminou em maior preservação de tecidos de baixa degradabilidade.

Referências bibliográficas

- AKIN, D. E. Histological and physical factors affecting digestibility of forages. **Agronomy of Journal**, v. 81, n. 1, p. 17-25, 1989.
- AKIN, D. E.; AMOS, H. E. Rumen bacterial degradation in of forage cell walls investigated by electron microscopy. **Applied Microbiology**, v. 29, n. 5, p. 692-701.1975.
- BASSO, K. C.; CECATO U.; BARBEIRO, L. M.; LEMPP, B.; GOMES, J. A. N.; LUGÃO, S. M. B. Influence of nitrogen levels on leaf anatomy and nutritive value of millenium grass. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 3, p. 792-802, 2014.
- BOTTEN, T. J.; JOBLIN, K. N.; MCARDLES, B. H.; HARRIS, P. J. Degradation of lignified secondary cell walls of Lucerne (*Medicago sativa* L.) by rumen fungi growing in methanogenic co-culture. **Journal of Applied Microbiology**, v. 111 , n. 5, p. 1086-1096, Agosto, 2011.
- CABRAL, C. H. A.; BAUER, M. O.; CABRAL, C. E. A. Influência das características anatômicas e estruturais do dossel forrageiro no consumo de ruminantes. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 13, p.680-693, 2011.
- CASTRO, G. H. F.; GRAÇA, D. S.; GONÇALVES, L. C.; MAURÍCIO, N. M.; BOGES, I.; TOMICH, T. R. Cinética da degradação e fermentação ruminal da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu colhida em diferentes idades ao corte. **Arquivos Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 59, n. 6, p. 1538-1544, 2007.
- ENGELS, F. M.; SCHUURMANS, J. L.L. Relationship between structural development of cell walls and degradation of tissues in maize stems. **Journal of Science and Food Agriculture**, v. 59, p. 45-51, 1992.
- FRANCE, J.; DHANOA, M. S.; THEODOROU, M. K.; LISTER, S. J.; DAVIES, D. R.; ISAC, D. A model to interpret gás accumulation profiles with in vitro degradation of ruminal feeds. **Journal of Theoretical Biology**, v. 163, n. 1, p. 99-111, 1993.
- FUKUSHIMA, R. S. e HATFIELD, R. D. composição fenólica de ligninas dioxano determinadas pela reação oxidativa com o nitrobenzeno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 3, p. 373-378, 2003.
- GOMES, R. A.; LEMPP, B.; JANK, L.; CARPEJANI, G. C.; MORAIS, M. G. Características anatômicas e morfológicas de lâminas foliares de genótipos de *Panicum maximum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 2, p. 205-211, 2011.
- GLÓRIA, B. A.; GUERREIRO, S. M. C. **Anatomia Vegetal**, 2ª edição Viçosa, Editora UFV, 2006, 436p.
- GRABBER, J H.; RALPH, J.; HATFIELD, R. D. Ferulate cross-linked limit the enzymatic degradation of synthetically lignified primary walls of mayze. **Journal Agriculture Food Chemical**, v. 46, n. 7, p. 2609-2614, 1998.
- HATFIELD, R.D., JUNG, H.G., RALPH, J. et al. 1994. A comparison of the insoluble residues produced by the klason lignin and acid detergent lignin procedures. **Journal**

Science. Food Agriculture. 65:51 -58.

HOBSON, P. N.; STEWART, C. S. **The rumen microbial ecosystem.** London: Brackie Academic & Professional, 1997. 719 p.

JUNG, H. G.; CASLER, M. D. Maise stem tissues: Impacto of development on cell wall degradability. **Crop Science**, v. 46, n. 4, p. 1801-1809, 2006.

LAJÚS C. R.; MIRANDA, M.; SCHEFFER-BASSO, S. M.; CARNEIRO, C. M.; ESCOSTEGUY, P. A. V. Leaf tissues proportion and chemical composition of *Axonopus jesuiticus* x *A. scoparius* as a function of pig slurry application. **Ciência Rural**, v. 44, n. 2, p. 276-282, 2014.

LEMPP, B. Avanços metodológicos da microscopia na avaliação de alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, suplemento especial, p. 315-329, 2007.

LEMPP, B.; GOMES, R. A.; MORAIS, M. da G. Importância da anatomia vegetal na qualidade da forragem. In: Simpósio, 7.; Congresso de Forragicultura e pastagens, 3., 2009, Lavras, **anais**. Lavras: UFLA, 2009, p. 1-16.

LIMA, L. M. S.; AQUINO, Y.; BRITO, C. J. F. A.; DESCHAMPS, F. C. Degradação ruminal dos tecidos vegetais e composição bromatológica de cultivares de *Axonopus fissifolius* (RADDI) KUHLM. **Ciência Rural**, v.31, n. 3, p. 509-515, 2001.

PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, J. A.; QUEIROZ, D. S.; SILVA, E. A. M. Correlações entre componentes anatômicos, químicos e digestibilidade in vitro da matéria seca de gramíneas forrageiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 3, p. 955-963, 2001.

QUEIROZ, D. S.; GOMIDE, J. A.; MARIA, J. Avaliação da folha e do colmo de topo e base de perfilhos de três gramíneas forrageiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 1, p. 61-68, 2000.

REGAZZI, A. J.; SILVA, C. H. O. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear. **Revista de Matemática e Estatística**, v. 22, n. 2, p. 33-45, 2004.

SAHPIRO, S. S. and WILK, M. B. An analysis of variance for normality (9 complete samples). **Biometria**, v. 52, n. 3-4, p. 591-611, 1965.

WILSON, J.R.; HATTERSLEY, P.W. *In vitro* digestion of bundle sheath cell in rumen fluid and its relation to the suberized lamella and C4 photosynthetic type in *Panicum* species. **Grass and Forage Science**, v.38, n° 3, p.219-223, 1983.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**.4 ed. Porto Alegre, Artmed, 2009, 848 p.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press. 1994.

CAPÍTULO III

SINERGISMO ENTRE A CONCENTRAÇÃO DOS PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS E OS TEORES DE NITROGÊNIO E MAGNÉSIO DE DUAS FORRAGEIRAS EM FUNÇÃO DO SOMBREAMENTO NATURAL

RESUMO

Objetivou com este trabalho verificar as resposta simultâneas entre os teores de pigmentos fotossintéticos com nitrogênio e magnésio em capim Marandu e Mombaça, submetidas a três porcentagens de sombreamento e identificar as variáveis mais importantes para seleção de forrageiras a ambientes sombreados e identificar as variáveis mais responsivas para ambientes sombreados. Foram avaliadas duas espécies forrageiras *Panicum maximum* cv. Mombaça e *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, sob três porcentagens de sombreamento: Sistema Sol Pleno (SSP), sombreamentos 25 e 50% dispostos em faixas contíguas e alocados em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, totalizando 24 unidades experimentais em fatorial de 2x3 (seis tratamentos). Na lâmina foliar foi retirada uma área de 10 x 10 mm de um total de quinze amostras para cada repetição na determinação dos teores de pigmentos: clorofila total, clorofila *a*, clorofila *b*, relação clorofila *a*:*b* e carotenóides, determinação de nitrogênio total (g kg^{-1}) e magnésio (g kg^{-1}). Foi utilizado método multivariado discriminante para identificação de variáveis nas duas espécies de forma simultânea e o teste de médias para diferenciação dos tratamento. O Mombaça apresentou teores de clorofilas maiores que o Marandu, sendo clorofila *a* de $2,48 \text{ g kg}^{-1}$ e $2,07 \text{ g kg}^{-1}$ e de clorofila *b* de $2,03 \text{ g kg}^{-1}$ e $1,69 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente. O capim Mombaça ($19,45 \text{ g kg}^{-1}$) expressa maior teor de N na parte aérea em relação ao capim Marandu ($16,06 \text{ g kg}^{-1}$). Os valores de magnésio são alusivos as respostas do nitrogênio sendo, $1,21 \text{ g kg}^{-1}$ e $1,84 \text{ g kg}^{-1}$ para SP Marandu e SP Mombaça, respectivamente. O capim Mombaça foi a espécie que mais se adaptou ao sombreamento, sintetizando compostos estratégicos para garantir a bioconversão de luz e a produtividade em um sistema de produção.

Palavras chaves: Clorofila *a*, Clorofila *b*, Marandu, Mombaça

Synergism between the concentration of photosynthetic pigments and nitrogen and magnesium two forage species depending on the shade

ABSTRACT

Aim of this work to investigate the response of the quantitative levels of chlorophyll, nitrogen and magnesium of two species of *Poaceae*s subjected to three levels of shading and identify the most important variables for selection of forage the shaded environments. The test was allocated in shading tracks and a completely randomized design with four replications for each of the six treatments - two forage species and three shading levels, totaling 24 experimental units in a factorial 2x3 (six treatments). The shadings correspond to 0, 25, 50%. On the leaf lamina was removed from an area of 10 x 10 mm for a total of fifteen samples for each repetition in determining the contents of pigments: chlorophyll total, chlorophyll *a*, chlorophyll *b*, chlorophyll *a:b* carotenoids and determination of total nitrogen (g kg⁻¹) and magnesium (g kg⁻¹). Multivariate discriminant method was used to identify variables in both species simultaneously and the mean test for differentiation of treatment. The Mombaça showed higher chlorophyll contents that Marandu being chlorophyll of 2.48 g kg⁻¹ and 2.07 g kg⁻¹, and chlorophyll *b* of 2.03 g kg⁻¹ and 1,69g kg⁻¹, respectively. The Mombasa grass (19.45 g kg⁻¹) expressed more nitrogen in shoots in relation to Marandu grass (16.06 g kg⁻¹). The magnesium values are depicting the nitrogen answers being 1.21 g kg⁻¹ and 1.84 g kg⁻¹ to SP and SP Marandu Mombasa respectively. For both species shading shade was 25% more efficient in the retention of nutrients and pigments synthesis. The Mombasa grass was the species more adapted to low light, summarizing strategic compounds to ensure the bioconversion of light and productivity in a production system.

Keywords: Chlorophyll *a*, chlorophyll *b*, Marandu, Mombasa

Introdução

A consolidação da resiliência de espécies em ambientes inóspitos se dá por aspectos adaptativos, em que de forma crucial e sucedida destaca-se a concentração de pigmentos fotossintéticos, tais como as clorofilas *a* e *b*, e os carotenóides, que são essenciais para o desenvolvimento de uma planta.

Pelo fato dos pigmentos serem responsáveis pela captação, e conversão da radiação luminosa através da excitação das moléculas que traduzem este efeito em calor e energia por meio de reações químicas (TAIZ e ZEIGER, 2009), essas reações podem sofrer alterações na intensidade de bioconversão que variam de acordo com a flutuação na proporção das diferentes derivações estruturais das entidades pigmentares, e dos espectros de luz que afetam a capacidade de captação e transferência de energia, fluorescência e dissipação de calor (JHONSON et al., 2005).

A clorofila *a* é o pigmento utilizado para realizar a fase fotoquímica, ou seja, o primeiro estágio do processo fotoquímico, e os demais pigmentos atuam como auxiliares na absorção de fótons de luz, bem como na transferência de energia que migra para os centros de reação, sendo então chamados de pigmentos acessórios.

A transferência de energia em condição primária ocorre de forma funcional com a clorofila, nos processos iniciais da fotossíntese que além de realizar a captação e bioconversão da energia luminosa pode também agir como receptora secundária de energia deslocada da clorofila *b* (TAIZ e ZEIGER, 2009). Contudo, a clorofila *b* é um pigmento acessório semelhante a clorofila *a* que tem maior capacidade de absorção de comprimentos de onda em espectro de luz mais longo, possibilitando a ampliação na eficiência de captação de luz e transferência para o centro de reação.

A clorofila *b* é a entidade pigmentar que melhor se correlaciona com o sombreamento, evidenciando participação melhor caracterizada que a clorofila *a*. Os comprimentos de onda interceptados pela clorofila *b* são mais longos. Desta forma em sistemas silvipastoris em que a copa das árvores funcionam como filtro aos raios solares ocorre maior concentração deste pigmento (ENGEL e POGGIANI, 1991).

A responsividade da clorofila *b* às alterações das variáveis ambientais é bem consolidada na literatura (GOMES et al., 2011). Plantas de sombra

espontaneamente produzem maior quantidade de clorofila *b*, que em plantas de sol (ENGEL e POGGIANI, 1991). Esta variação pode ocorrer até mesmo entre plantas do mesmo gênero ou espécie quando submetidas ao sombreamento, reduzindo a relação clorofila *a:b* com atenuação da luz (LEE et al., 1988). Ressalta-se que a maior proporção de clorofila *b* em plantas sombreadas é importante para ampliação da captação de energia luminosa oriunda de comprimentos de onda mais longos. O sombreamento induz ainda as plantas a aumentarem a concentração de pigmentos por centro de reação (fotossistemas) (SOUZA et al., 2011), que é um fator dependente do potencial de resposta inerente a condição genética da espécie, em razão do aumento na síntese de clorofila *b*.

Para aumentar a síntese dos mais diversos tecidos vegetais, as plantas necessitam de elementos minerais, que são absorvidos do solo para sua constituição. Da mesma forma ocorre com a molécula de clorofila que em incrementar sua síntese e conseqüentemente ampliar o limite de sobrevivência da planta sombreada (MELO et al., 2011), eleva-se a dependência de importações de elementos essenciais a síntese de pigmentos fotossintéticos (NOGUEIRA et al., 2013). Para cada molécula de clorofila, compõe-se quatro átomos de nitrogênio e um íon de magnésio no centro do anel de porfirina (TAIZ e ZEIGER, 2009). Considerando a estrutura molecular da clorofila e o aumento de seu volume no interior dos cloroplastos, este efeito pode acarretar aumento proporcional na absorção e distribuição de nitrogênio e magnésio nas folhas. Desse modo o nitrogênio tem correlação direta com o teor de clorofila (GIL et al., 2002).

Bonfim-Silva et al. (2013) trabalhando com diferentes ofertas de cinzas vegetais de indústrias ao solo, verificaram que o acréscimo gradativo de cinzas teve incremento no teor de nitrogênio nas folhas de capim Marandu, acompanhado pelo mesmo efeito sobre os teores de clorofila total. Costa et al., (2009) também encontraram resultados análogos quando trabalharam com doses de nitrogênio, aumentando os teores de clorofila na medida em que se aumenta a oferta do nutriente.

Embora na escala de exigência de plantas, o magnésio espontaneamente seja um macronutriente secundário de menor participação na composição dos tecidos, sua deficiência pode provocar clorose em função da participação deste nutriente como compositor estrutural da molécula de clorofila (TAIZ e ZEIGER, 2009).

Objetivou com este trabalho verificar as resposta sinérgicas entre os teores de pigmentos fotossintéticos com nitrogênio e magnésio em capim Marandu e Mombaça, submetidas a três porcentagens de sombreamento e identificar as variáveis mais importantes para seleção de forrageiras em sistemas silvipastoris.

Materiais e Métodos

O experimento foi conduzido na Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia (EMVZ) da Universidade Federal do Tocantins, em sistema silvipastoril de bosque raleado em topografia plana (3% de declividade). O clima da região segundo classificação de Köppen é Aw (quente e úmido), chuvas de outubro a maio, precipitação pluviométrica média anual de 1800 mm e temperatura média de 28°C. O solo foi classificado como Neossolo Quartzarênico Órtico típico de textura arenosa, do qual foi realizada a análise química de caracterização a partir da profundidade de 0-20 cm (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização química do solo no início da implantação do experimento, antecedendo o primeiro ciclo.

	pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+A	K ⁺	P	MO	CTC	V
	CaCl ₂	-----cmol _c dm ⁻³ -----			---			mgdm ⁻³ -	cmol _c	%
BSP	4,78	0,67	0,59	0,66	2,26	0,012	2,9	5,62	3,54	36,18
B25	3,76	0,76	0,54	0,58	4,57	0,016	3,1	13,6	5,90	22,50
B50	3,84	0,61	0,59	1,17	5,61	0,016	2,7	14,0	6,83	17,83
MSP	4,57	0,86	0,57	0,42	4,64	0,009	2,8	8,04	6,08	23,70
M25	4,17	1,13	0,90	0,74	5,22	0,017	2,7	11,7	7,27	28,17
M50	3,97	0,78	0,78	1,10	4,76	0,013	3,1	12,5	6,35	24,95

Análise do solo na profundidade de 0-20 cm, em Neossolo Quartzarênico Órtico típico. BSP: Marandu sol pleno; B25: Marandu 25% de sombra; B50: Marandu 50% de sombra; MSP: Mombaça sol pleno; M25: Mombaça 25% de sombra; M50: Mombaça 50% de sombra.

O ensaio experimental foi implantado sob faixas de sombreamento natural contíguas de vegetação, transição cerrado-Amazônia, e enriquecido com duas espécies de forrageiras. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições para cada um dos seis tratamentos – duas espécies forrageiras: *Urochloa brizantha* cv. Marandu (*syn. Brachiaria brizantha*) *Panicum maximum* cv. Mombaça e três níveis de sombreamento: Sol pleno, 25% e 50% de sombra), totalizando 24 unidades experimentais.

A área de floresta foi manejada pela primeira vez em outubro de 2009, adotando como critério de raleamento, o sombreamento de 0, 25 e 50% de

transmissão de luz no ambiente e novamente revisada com auxílio de um luxímetro em junho de 2012.

Após o manejo das árvores, em Outubro de 2013 foi efetuada a aplicação de calcário na ordem de 800 kg ha⁻¹, 45 kg de P₂O₅ ha⁻¹ e 50 kg de K₂O ha⁻¹. Em seguida procedeu com o plantio das forrageiras, esperou o estabelecimento da mesma e efetuou-se o corte de uniformização, em dezembro de 2013, com roçadeira costal, a 20 cm do solo e aguardou pelo surgimento de três folhas para capim Mombaça, e 4,5 para capim Marandu, subseqüentemente foi dada a entrada dos animais nos piquetes, cada piquete correspondia a 2.250 m². Dado três dias após a saída dos animais, dos piquetes foi feita adubação nitrogenada na ordem de 40 kg de N ha⁻¹.

As avaliações iniciaram em janeiro de 2014, após o corte de uniformização em Dezembro de 2013, esperou-se o surgimento das folhas completamente expandidas e previamente ao pastejo do sétimo ciclo foi realizada a colheita do material forrageiro.

Determinação da clorofila

Para determinar a clorofila *a*, *b* e total, foram coletados cinco perfilhos por unidade experimental e colocados em caixa térmica sob temperatura de 18°C até o momento da análise em laboratório. Com auxílio de uma moldura 10 x 10 mm foram retiradas três amostras da porção mediana por folha, de cinco perfilhos, totalizando quinze seções de tecido por repetição.

Em seguida todas as amostras foram maceradas em gral de porcelana com 5 mL de acetona a 80% para obtenção das concentrações de clorofilas *a*, *b* e carotenóides (g kg⁻¹ → g de clorofila por kg de matéria fresca), que foram determinadas através da absorbância com auxílio de espectrofotômetro nos respectivos comprimentos de onda 645 e 663 nm (ARNON, 1949). Cada pigmento foi determinado pelas seguintes equações:

$$Cl_a : \frac{(12,7 \times A_{663nm} - 2,69 \times A_{645nm}) V (mg L^{-1})}{100 \times W} \rightarrow g \text{ kg}^{-1}$$

$$Cl_b : \frac{(22,9 \times A_{645nm} - 4,68 \times A_{663nm}) V (mg L^{-1})}{100 \times W} \rightarrow g \text{ kg}^{-1}$$

CT: Ca + Cb (g kg⁻¹)

Em que:

A= Absorbância no comprimento de onda indicado

V= Volume final do conteúdo de clorofila-acetona

W= Matéria seca em gramas do material vegetal

Determinação de Nitrogênio e Magnésio

No sétimo ciclo, único ciclo avaliado, as amostras de pastejo simulado foram colhidas e encaminhadas ao laboratório de solos da EMVZ-UFT onde foi direcionado a estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas, em seguida foram moídas em moinho tipo Willey em peneira de 2 mm. Para análise do magnésio, procedeu-se a decomposição via seca e diluição em ácido clorídrico, segundo a metodologia descrita por Nogueira e Souza (2005). Foram pesadas 0,5 g de cada amostra e encaminhadas para mufla durante seis horas de queima gradativa até atingir 500°C. Em seguida procedeu-se a quantificação através da complexação com ácido etilenodiaminotetracético (EDTA-Na₂).

A determinação analítica do nitrogênio total foi realizada através do princípio da quantificação do nitrogênio amoniacal por decomposição via úmida, segundo método de semimicro Kjeldahl, para determinação do nitrogênio amoniacal (N-NH⁴⁺), (NOGUEIRA e SOUZA, 2005).

$$NT = \frac{(Va - Vb) \times F \times 0,1 \times 0,014 \times 100}{P1}$$

NT: nitrogênio total

F: fator de correção para ácido clorídrico 0,01 mol L⁻¹

Va – volume da solução de ácido clorídrico gasto na titulação da amostra, em mililitros.

Vb – volume da solução de ácido clorídrico gasto na titulação do branco, em mililitro.

P1: massa de forragem

Análise estatística

Os dados foram submetidos aos critérios prévios da inferência estatística do teste de médias e da análise multivariada de discriminante. Para determinação das diferenças estatísticas entre os tratamentos, os dados foram submetidos análise de variância em fatorial, 2 X 3, correspondendo a duas espécies e três níveis de sombreamento. Análise de variância e o teste de média foram efetuados após o teste de normalidade dos resíduos, normalidade dos dados (SHAPIRO-WILK, 1965). No teste de médias utilizou-se t ao nível de significância a 5%

Em seguida para determinação das variáveis mais importantes na seleção de forrageiras, os dados foram organizados em matriz de dados e posterior análise de discriminante.

Resultados e Discussão

Na Tabela 2, estão expressos os resultados da análise estatística dos pigmentos de clorofila, carotenóides, nitrogênio e magnésio.

De modo geral, as duas espécies demonstraram sensibilidades diferentes a amplitude do regime de luz captada, alterando a síntese de compostos fotossintetizadores, bem como o teor dos pigmentos nas células dos parênquimas. Os valores médios de clorofilas em Mombaça e sombreamento de 25% foram superiores respectivamente ao Marandu e aos sombreamentos de 0 e 50% ($P > 0,05$). Entretanto, as espécies não apresentaram diferenças entre si para clorofila *a*, *b* e total dentre os níveis de sombreamento. Os teores de clorofilas podem variar vertiginosamente, entre espécies e até mesmo entre os mesmos genótipos sob diferentes regimes de luz (LEE, 1988).

Mesmo não havendo diferenças significativas ($P < 0,05$) entre os sombreamentos para as espécies, os valores médios agregados das duas espécies, evidenciam que as folhas sombreadas (2,66 g kg⁻¹ de clorofila *a*, para 25% de sombra e 2,21 (g kg⁻¹) de clorofila *a*, para 50% de sombra) de modo geral, tenderam a expressar maior concentração de clorofilas ($P < 0,05$) por unidade de área que as folhas de sol (1,93 g kg⁻¹ de clorofila *a*).

Os níveis de clorofila *b* aumentam em média, espontaneamente para plantas sombreadas nas duas espécies até 25% de sombra, afetando a relação clorofila *a*:*b*. Embora não tenha havido interação significativa dos sombreamento entre as

espécies, os valores médios evidenciam maior concentração de clorofila *b*, para Mombaça. A clorofila *b* é responsável pela absorção de comprimentos de onda de luz mais longos, que induzem as clorofilas a um estado excitatório de menor amplitude, mas que também são imprescindíveis na bioconversão de luz (TAIZ e ZEIGER, 2009).

Tabela 2. Valores do conteúdo de pigmentos fotossintéticos, nitrogênio e magnésio dos capins Marandu e Mombaça sob diferentes porcentagens de sombra.

	SP	25%	50%	Médias	CV (%)
Clorofila <i>a</i> (g kg ⁻¹)					
Marandu	1,72	2,28	2,10	2,07 b	
Mombaça	2,18	2,74	2,52	2,48 a	11,0
Médias	1,93 A	2,66 A	2,21 B		
Clorofila <i>b</i> (g kg ⁻¹)					
Marandu	1,28	1,94	1,84	1,69 b	
Mombaça	1,39	2,66	2,04	2,03 a	13,0
Médias	1,33 C	2,30 A	1,94 B		
Clorofila total (g kg ⁻¹)					
Marandu	3,01	4,53	3,75	3,76 b	
Mombaça	3,57	5,40	4,56	4,51 a	11,5
Médias	3,29 C	4,96 A	4,15 B		
Carotenóides (g kg ⁻¹)					
Marandu	0,71 aB	0,77 aA	0,75 aAB	0,73	
Mombaça	0,90 aC	1,17 aA	1,06 aB	1,05	6,1
Médias	0,89	0,97	0,90		
Relação <i>cla:clb</i>					
Marandu	1,34 aB	1,32 aA	1,12 bB	1,23	
Mombaça	1,52 aA	1,03 bC	1,24 aB	1,26	6,5
Médias	1,43	1,17	1,13		
Nitrogênio total (g kg ⁻¹)					
Marandu	16,02 bB	23,71 aA	22,00 aA	20,58	
Mombaça	19,45 aB	24,21 aA	20,44 aB	21,37	8,7
Médias	17,74	23,96	21,22		
Magnésio (g kg ⁻¹)					
Marandu	1,21 bB	2,46aB	2,41aA	2,03	
Mombaça	1,84aB	2,99aA	2,54aA	2,45	9,1
Médias	1,52	2,79	2,47		

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na mesma coluna e letras maiúsculas na mesma linha diferem significativamente entre si ao nível de 5%, significância pelo teste de t. *Cl_a*- clorofila *a*, *Cl_b*- clorofila *b*. SP: Sol Pleno, 25%: Silvipastoril 25% de sombra e 50%: Silvipastoril 50% de sombra.

As plantas de maior potencial de resposta adaptativa, conseguem sobressair as demais espécies quando submetidas a condições de estresse. Assim plantas que sintetizam maior quantidade de clorofila *b* e conseqüentemente reduzem a relação *cla:clb* estão mais aptas a vegetarem em ambientes sombreados. Esse argumento

apoia-se na resposta do capim Mombaça que apresentou menor relação $chl_a:chl_b$ no sombreamento de 25%, reduzindo a proporção de clorofila a. Cada espécie apresenta um ponto de maturidade fisiológico de clorofila diferentes, mesmo com aumento da oferta de nitrogênio nos sistemas de floresta (COSTA et al., 2001; COSTA et al., 2009), o presente trabalho apresentou resultados análogos, estabilizando a síntese de clorofilas a partir de 25% de sombra.

O aumento no teor de clorofila total nos regimes sombreados é proporcional a magnitude de captação de luz e conversão da radiação em compostos orgânicos (JHONSON et al., 2005; VOGELMANN e EVANS, 2002), o que torna plantas com essas características, mais adaptadas as condições diversas de estresse.

O teor de carotenóides também apresentaram variações entre os níveis de sombreamento e espécies, mostrando-se superior ($P < 0,05$) nos tratamentos sombreados em relação ao sol pleno em ambas as espécies e mostrando-se significativo para interação. O Mombaça foi superior ao Marandu em todos os três níveis de sombreamento. Mesmo que o capim Mombaça apresente aumento na síntese deste tipo de pigmento com maior concentração no sombreamento de 25%, o capim Marandu permanece com seus teores estáticos na medida em que se aumenta o sombreamento. Esses resultados são semelhantes aqueles encontrados por Souza et al. (2011), em que trabalhando com diferentes espectros de luz em guaco, verificaram aumento na concentração de carotenóides nas plantas sombreadas.

A adaptabilidade da planta passa pelo processo de aumento na síntese de pigmentos captadores de energia solar e de bioconversão e transferência de energia (NOGUEIRA et al., 2013). Neste sentido o aumento nos teores de clorofilas e carotenóides nas folhas sombreadas permite a planta maior flexibilidade ecológica. O espectro de absorção dos carotenóides situa-se entre uma amplitude de comprimentos de ondas mais longos que os da clorofila a, que vai de 400-500 nm (CARDOSO, 1997), o que lhe confere maior potencial de aproveitamento de luz.

As concentrações de nitrogênio (N) e magnésio (Mg^{2+}), demonstraram interação ($P > 0,05$) entre espécie e sol pleno. O capim Mombaça ($19,45 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$) expressa maior teor de N na parte aérea em relação ao capim Marandu ($16,06 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$) no sol pleno ($P > 0,05$) e não distinguem entre si nos tratamentos sombreados. Os valores de magnésio são alusivos as respostas do nitrogênio sendo, $1,21 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ e $1,84 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ para SP Marandu e SP Mombaça respectivamente em ordem

decrecente de magnitude, com exceção do sombreamento a 25% que expressou maior concentração de Mg^{2+} no Mombaça em relação ao Marandu.

O aumento dos teores de magnésio e nitrogênio está intimamente ligado as concentrações de pigmentos fotossintetizadores (COSTA et al., 2009), pois existe forte relação fisiológica de composição estrutural entre os dois elementos e a formação da molécula de clorofila (NOGUEIRA et al., 2013). Para cada molécula de clorofila existe um átomo de magnésio quelato, que se liga a outros quatro íons de N (HOPKINS, 1995). Alinhando as concentrações de clorofila total, N e Mg^{2+} nota-se que o aumento nas concentrações de clorofila são proporcionais ao aumento dos elementos relacionados (BONFIM-SILVA et al., 2013).

Em todos os aspectos, o sombreamento de 25% é o que reteve mais nutrientes, enquanto de 50% resultou de modo geral em decréscimo. Associado ao capim Mombaça foi o tratamento de melhor desempenho adaptativo. Possivelmente, sombreamentos que se aproximam de 50% limitam veemente a capacidade da planta na síntese de pigmentos, além de afetar a organização estrutural interna da planta e os processos fisiológicos responsáveis pela absorção de nutrientes para síntese de tecidos.

As alterações nas concentrações de clorofila e química do tecido são afetados em conjunto e se somam em benefício do incremento nutricional e da produção de biomassa, oportunizando redução da carga nutricional externa dos animais em pastejo.

Na Tabela 3, estão presentes os coeficientes não-padronizados dos componentes fisiológicos da análise discriminante (AD). Em função da redundância entre as variáveis, Cla (clorofila a) e Clb (clorofila b) a primeira variável foi retirada da análise, pois representava coeficiente menor. Com intuito de verificar as variáveis do grupo que significativamente mais contribuem para segregação dos tratamentos, as demais variáveis foram compiladas e ponderadas.

Tabela 3. Coeficientes não-padronizados das funções discriminantes dos componentes fisiológicos para segregação dos grupos.

Variáveis	Discriminante 1	Discriminante 2
CIT	-0,13	0,88
Cla:Clb*	-8,75	-1,96
Carotenóides*	19,13	-11,23
Mg^{2+} *	-0,55	2,61
Constante	-4,39	2,92
Autovalor	18,36	4,49

Proporção	0,67	0,83
-----------	------	------

*variáveis significativas ($p < 0,05$) para constituição da 1ª função discriminante, retenção de 67% da variabilidade total. Cla: clorofila a; Clb: clorofila b, CIT: clorofila total; Relação clorofila a:clorofila b: Cla:Clb; N: nitrogênio; Mg²⁺: Magnésio. A redundância existente entre as variáveis Cla e Clb culminou na exclusão da variável que apresentava menor participação na discriminação dos grupos.

Carotenóides foi a variável de maior representatividade discriminante para este estudo, com coeficiente de 19,1 seguida pela relação Cla:Clb em terceiro pelo teor de Mg²⁺. Alinhando o teste de médias (Tabela. 2) a análise de discriminante (Tabela. 3), nota-se que apenas as variáveis que apresentaram interação significativa com exceção do nitrogênio foram significativas para discriminação. Assim como o teste de médias, a AD também deve atender aos pressupostos comportamentais de variáveis que influenciam sobre a presença de outliers, normalidade dos erros e das variáveis. Caso a variabilidade dos dados seja alta, afetará o potencial discriminante do Lambda de Wilk.

Nas funções de classificação (Tabela 4) dos grupos, os carotenóides apresentam os maiores coeficientes nos sombreamentos na ordem de 25% e 50%, respectivamente. Seguida pela segunda variável de mais elevado poder discriminante (Cla:Clb) sendo mais expressivo no tratamento de Marandu 25%, os maiores valores originais destes componentes, resultam em coeficientes elevados. Entretanto a acurácia de classificação ou discriminação foi maior para os dois primeiros.

Tabela 4. Coeficientes não-padronizados das funções de classificação dos sombreamentos e forrageiras.

Variáveis	Marandu			Mombaça		
	0%	25%	50%	0%	25%	50%
CIT	18,04	26,18	19,09	19,90	20,219	19,85
Cla:Clb *	249,81	290,28	214,95	281,41	177,96	223,38
Carotenóides *	34,59	-16,16	43,61	67,98	205,84	145,17
Mg ²⁺ *	31,84	41,06	36,90	39,89	38,09	38,66
Constante	-228,45	-316,14	-215,44	-319,22	-323,07	-312,05

*Variáveis significativas ($P < 0,05$). Cla: clorofila a; Clb: clorofila b, CIT: clorofila total; Relação clorofila a:clorofila b: Cla:Clb; N: nitrogênio; Mg²⁺: Magnésio. *Significativo a 5% de probabilidade. A redundância existente entre as variáveis Cla e Clb culminou na exclusão da variável que apresentava menor participação na classificação dos grupos.

Em função do elevado coeficiente de discriminação, os carotenóides são os componentes que predizem melhor a separação de grupos e o estabelecimento do

critério de classificação. Desse modo é possível identificar as características mais importantes para seleção de forrageiras (carotenóides, Cla:Clb e Mg^{2+}) adaptadas a condições de baixa luminosidade, especificamente em sombreamento moderado (25%).

Os tratamentos de capim Mombaça sombreados 25% e 50% em relação ao primeiro discriminante, destacaram dos demais, apresentando coeficientes mais elevados, com maior assoma para o M25 (Figura 1). Entretanto, nota-se que os demais tratamentos, BSP, B25, B50 e MSP sobrepõe-se, indicando semelhança entre as características fisiológicas analisadas.

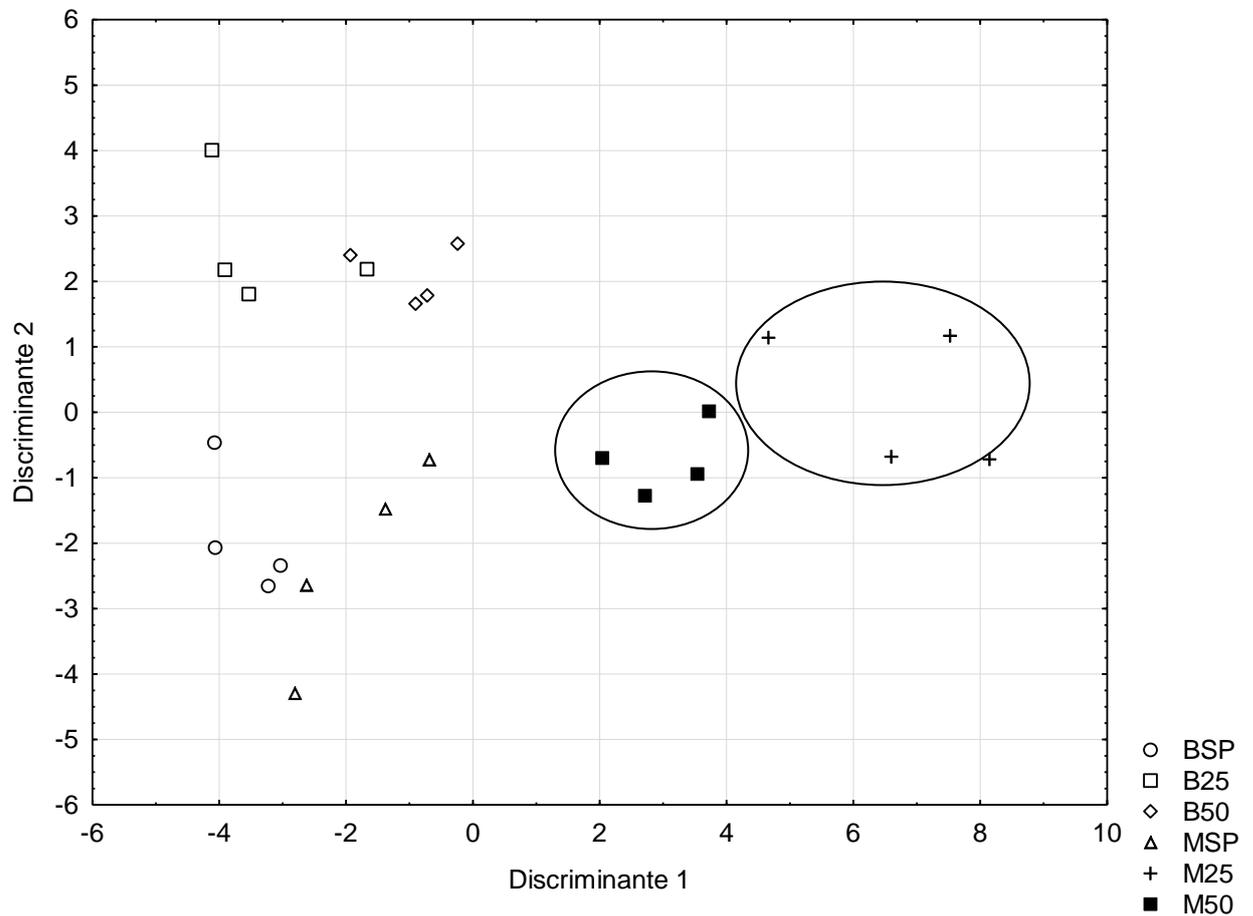


Figura 1. Representação gráfica da discriminação entre os tratamentos no Marandu e Mombaça sob sombreamento (0, 25 e 50%), 0% sol pleno, 25% (75% de transmissão de luz) e 50% de (50% de transmissão de luz). Discriminante 1 retém 67% da variação total e discriminante 2 retém 16%. BSP: Marandu sol pleno, B25: Marandu 25% de sombra, B50: Marandu 50% de sombra, MSP: Mombaça sol pleno, M25: Mombaça 25% de sombra, M50: Mombaça 50% de sombra.

Conclusões

Todas as variáveis apresentam respostas semelhantes de incremento dos pigmentos em sombreamento, pois estão intimamente ligadas, pelo comportamento fisiológico da planta.

Em ambas espécies o sombreamento de 25% de sombra foi o mais eficiente na retenção de nutrientes e síntese de pigmentos. O capim Mombaça foi a espécie que mais se adaptou ao sombreamento, sintetizando compostos estratégicos para garantir bioconversão de luz e a produtividade em um sistema de produção.

Os carotenóides foi a característica que melhor classificou ambas espécies forrageiras a serem submetidas ao enriquecimento de sistemas sombreados.

Novas pesquisas acerca da seleção de novos genótipos para sistemas silvipastoris podem ser abreviadas, a partir da triagem pela concentração de carotenóides e magnésio.

Referências bibliográficas

- ARNON, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, Maryland, v. 24, n.1, p. 15, 1949.
- CARDOSO, S. L. Fotoquímica de carotenóides e o papel antioxidante de β -caroteno. **Química Nova**, v. 20, n. 5, p.535-540, 1997.
- COSTA, K. A. P.; OLIVEIRA, I. P.; FAQUIN, V.; SILVA, G. P.; SEVERIANO, E. C. Produção de massa seca e nutrição nitrogenada de cultivares de *Brachiaria brizantha* (A. Rich) Stap sob doses de nitrogênio. **Ciencia Agrotécnica**, v. 33, n. 6, p. 1578-1585, 2009.
- COSTA, C.; DWYER, L. M.; DUTILLEUL, P.; STEWART, D. W.; MA, B. L.; SMITH, D. L. Inter-relationships of applied nitrogen, SPAD and yield of leafy and non leafy maize genotypes. **Journal of Plant Nutrition**, v. 24, n. p. 1173-119, 2001.
- BONFIM-SILVA, E. M.; CABRAL, E. A.; SILVA, T. J. A.; MOREIRA, J. C. F.; CARVALHO, J. C. S. Características produtivas e teor de clorofila do capim-marandu. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 5, p. 1215-1225, 2013.
- ENGEL, V. L. & POGGIANI, F. Estudos da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais nativas. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 3, n. 1, p. 39-45, 1991.
- GIL, P. T.; FONTES, P. C. R.; CECON, P. R.; FERREIRA, F. A. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio e para o prognóstico da produtividade da batata. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 4, p. 611-615, 2002.

GOMES, M. P.; MARQUES, T. C. L. L. S.; NOGUEIRA, M. O. G.; CASTRO, E. M.; SOARES, A. M. Ecophysiology and anatomical changes due to uptake and accumulation of heavy metal in *Brachiaria decumbens*, **Scientia Agricola**, v.68, n. 5, p. 566-573, 2011

HOPKINS, W. G. **Introduction to plant physiology**. New York: John Wiley 1995, 464 p.

JOHNSON, D. M.; SMITH, W. K.; VOGELMANN, T. C.; BRODERSEN, C. R. Leaf architecture and direction of incident light influence mesophyll fluorescence profiles, **American Journal of Botany**, v. 92, n. 9, p.1425-1431, 2005.

LEE, D. W. Simulation forest shade to study the development ecology of tropical: juvenile growth in three vines in India. **Journal of Tropical Ecology**, v. 4, p. 281-292, 1988.

MELO, H. C.; CASTRO E. M.; ALVES, E.; PERINA F. J.; Anatomia foliar de microtomateiros fitocromo-mutantes e ultra-estrutura de cloroplastos. **Ciência Agrotécnica**, v.3, n.1, p. 11-18, 2011.

NOGUEIRA, N. O.; MARTINS, L. D.; TOMAZ, M. A.; ANDRADE, F. V.; PASSOS, R. R. Teor de nitrogênio, clorofila e relação clorofila-carotenoide em café arábica em solo submetido a diferentes corretivos de acidez. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 3, p. 390-295, 2013.

NOGUEIRA, A. R. A.; SOUZA, G. B. **Manual de laboratórios: solos, água, nutrição, vegetal nutrição animal e alimentos**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005, 334 p.

SOUZA, G. S.; SANTOS, A. R.; SILVA, J. S. S.; FERREIRA, D. R. Teores de pigmentos fotossintéticos, taxas de fotossíntese e estrutura de cloroplastos de plantas jovens de *Mikania* e *vigata* Schutz Bip Ex Baker (Guaco) cultivadas sob malhas coloridas. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 12, p. 1-14, 2011.

SILVA, J. A. G.; REIS, C. E. S.; CRESTANI, M.; SOUSA, R. O.; OLIVEIRA, A. C. O.; CARVALHO, F. I. F. Absorção de cálcio e magnésio por cultivares de aveia submetidas a níveis de toxidez por alumínio. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 6, p. 3563-3576, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4 ed. Porto Alegre, Artmed, 2009, 848 p.

VOGELMANN, T. C.; EVANS, J. R. profiles of light absorption and chlorophyll within spinach leaves from chlorophyll fluorescence. **Plant Cell and Environment**, v. 25, n.16, p. 1313-1323, 2002.

CAPÍTULO IV

DISCRIMINAÇÃO QUALITATIVA DO CAPIM MOMBAÇA EM SISTEMA SIVIPASTORIL A PARTIR DA BIOMASSA E TEOR DE NUTRIENTES EM DIFERENTES PERÍODOS

RESUMO

Objetivou com este estudo segregar o capim mombaça a partir das características química e produtiva em dois ecossistemas e classificar as variáveis mais estratégicas para avaliação do seu desempenho qualitativo. O ensaio foi alocado em faixas de sombreamento e em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições para cada um dos 12 tratamentos – quatro ciclos e três porcentagens de sombreamento, em capim Mombaça, totalizando 48 unidades experimentais. Foram usados os macroelementos: Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , P e N e Produção de matéria seca (MS) (kg ha^{-1}) como variáveis de discriminação de grupos de sombreamento. A classificação das variáveis e dos níveis de sombreamento enriquecido com mombaça, procedeu-se por meio da análise multivariada Discriminante de Fisher (ADF). Foi possível com auxílio da análise discriminante identificar as variáveis Mg^{2+} , K^+ , P, N e MS todas significativas para formação da função discriminante. Entretanto MS foi a menos relevante para identificação dos grupos. Cinco grupos foram identificados, MSP 2º (Mombaça sol pleno 2º ciclo), MSP 6º (Mombaça sol pleno 6º ciclo), MSP 7º (Mombaça sol pleno 7º ciclo), M25 4º (Mombaça 25% 4º ciclo) e M25 7º (Mombaça 25% 7º ciclo). Para auxiliar na busca de novos genótipos considerando a concentração de nutrientes em estudos sobre condições de sombreamento, os elementos Mg, P, K e N oferecem grande auxílio pela sua responsividade e estabilidade as oscilações ambientais.

Palavras chave: Ciclos, Macronutrientes, Multivariada, *Panicum maximum*,

Breakdown of mombasa grass groups subjected to three levels of shading from of biomass and tissue chemistry

ABSTRACT

Aim of this study make the ordination of shading levels from chemical and productive characteristics of Mombasa grass in two ecosystems and classify the most strategic variables for assessment of his quality performance. The test was allocated in shading tracks and a completely randomized design with four replications for each of the six treatments - four cycles and three shading levels in grass Mombasa, totaling 12 experimental units. We used the macro elements: Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, P and N and production of dry matter (DM) (kg ha⁻¹) as shading groups breakdown variables. The classification of variables and groups proceeded by multivariate discriminant analysis. It was possible with the aid of discriminant analysis to identify the variables Mg²⁺, K⁺, P and C and MS all significant for the formation of the discriminant function. However MS was less relevant to the identification of groups. Five groups were identified, MSP 2 (Mombasa full sun 2nd cycle), MSP 6 (Mombasa full sun cycle 6), MSP 7 (Mombasa full sun cycle 7), M25 4 (25% Mombasa 4 cycle) and M25 7 (Mombasa 25 7% cycle). To assist in the search for new genotypes considering the concentration of nutrients in studies on shade conditions, the elements Mg, P, K, N, offer great help for their responsiveness stability environmental fluctuations.

Keywords: Cycles, Macrominerals, Multivariate, *Panicum maximum*

Introdução

Os nutrientes nas plantas são elementos chave para sobrevivência, constituição tecidual e produção de matéria seca. As variações na composição de cada elemento no tecido está intrínseca ao genótipo e as condições climáticas. Dentre os serviços climáticos, a água e a disponibilidade de nutrientes no solo são os fatores de produção de maior importância no controle do perfil de elementos no tecido foliar e produção de biomassa.

Embora a composição de elementos nos tecidos seja controlada pelas condições abióticas, essa característica em plantas representa grande flexibilidade ecológica, e portanto alterações no microclima tais como, umidade no solo e solubilidade de nutrientes por um período mais prolongado (YADAV et al., 2014), permitindo que a planta amplie as condições funcionais dos processos fisiológicos, possibilitando que assegure teores de elementos nas folhas mais próximos do desejado para produção vegetal e animal.

Algumas plantas forrageiras que apresentam elevada resiliência as variações ambientais podem ter seu perfil de nutrientes alterado mesmo com os aspectos morfológicos e agrônômicos são mimetizados quando submetidas as condições de sombreamento. Araújo Filho et al. (2002), inqueriram sobre a manipulação da vegetação lenhosa na caatinga no enriquecimento de pastagens de gramíneas e detectaram que em cobertura de extrato arbóreo de 32 a 39% é possível estabelecer níveis produtivos semelhantes aos tratamentos sob sol pleno.

A implementação dos sistemas pastoris às florestas, apresenta-se com apelo de sustentabilidade econômica e ambiental, possibilitando a exploração conjunta de animais e floresta por um período mais prolongado (FERREIRA et al. 2005; ALMEIDA et al., 2015), sem afetar profundamente as relações ecológicas existentes em ambientes nativos e disponibilizando biomassa de elevada qualidade.

Entretanto, a exploração deste tipo de sistema, fundamenta-se nas premissas básicas da exploração forrageira, que tem como base a fotossíntese, municiada por componentes estruturais para a operacionalização fisiológica adequada. Neste sentido os nutrientes são requisitos básicos da composição estrutural de moléculas fotossintéticas, como magnésio e nitrogênio nas clorofilas, o fósforo na conservação

de energia, e o potássio na regulação da pressão osmótica, atividade estomática, e ainda na ativação de enzimas.

Aumento nos níveis de nutrientes no solo pode estar intimamente associado ao sombreamento em função da mineralização da serapilheira oriunda do dossel arbóreo, refletindo diretamente na composição mineral e também na estrutura interna e morfológica da planta. Efeitos mais pronunciados podem ser encontrados quando há restrições sobre macronutrientes primários, influenciando os aspectos anatômicos, funcionais e sobre variáveis que afetam o perfil digestivo de forrageiras (BASSO et al., 2014; LAJÚS et al., 2014).

Dentre os elementos que mais interferem sobre a organização estrutural e nos processos fisiológicos da planta está o nitrogênio (MONTEIRO et al., 2014), diversos trabalhos tem comprovado a responsividade produtiva e qualitativa de plantas forrageiras a restrições desse elemento (BASSO et al., 2014; LAJÚS et al., 2014; VILMO et al., 2011). Incrementos na proporção de nitrogênio e proteína, oscilações no percentual de lignina na medida em que se aumenta a oferta de N (MONTEIRO et al., 2014), de sombra (GOBBI et al., 2010) e alterações em tecidos importantes na nutrição de ruminantes, como aumento na espessura de mesofilo e redução de esclerênquima (GOBBI et al., 2011).

Cada macronutriente apresenta peculiaridades em sua característica de participação, desde a rizosfera até sua composição funcional na estrutura da planta, oscilando entre vias de absorção e translocação. Alguns íons podem agir antagonicamente ao outro, como é o caso da relação entre o potássio e o magnésio (RAO et al., 1987). Elevadas concentrações de potássio no solo podem depreciar a absorção dos íons de magnésio. Em outros casos o potássio pode ainda agir como subsidiador da absorção de íons nitrato (NO_3^-) (MEURER, 2006).

Os íons de Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ competem pelos mesmos sítios de ligação e portanto cada elemento pode ter sua concentração na planta alterada em detrimento de outro (RAO et al., 1987) e ainda pelas oscilações nas condições abióticas tais como sombreamento. Embora a concentração de Ca^{2+} não tenha relação direta com sombreamento (ERIKSEN e WHITNEY, 1982), esse nutriente pode apresentar aumento na sua concentração (ALMEIDA et al., 2015) em razão da ciclagem no ecossistema (SELLE, 2008) e da mineralização oriunda da liteira (MONTEIRO et al., 2014; CIOTTA, 2004). Contudo o K^+ , Mg^{2+} , P e N, são variáveis que podem sofrer oscilações nas folhas de plantas dependendo das condições abióticas (COLE e

RAPP., 1980), quando adubadas (MONTEIRO et al., 2014) ou quando sombreadas (ALMEIDA et al., 2015).

Estudar as respostas estruturais e fisiológicas mediadas pelo município dos nutrientes às plantas forrageiras, pode subsidiar avanços científicos sobre novos genótipos para ambientes sombreados, a partir de elementos que sejam essencialmente pontuais para expressão de características desejáveis dentro de uma mesma espécie.

Os níveis de concentração de nutrientes da planta insere-se ainda no mesmo contexto da nutrição animal, pois, agem de forma independente em cada organismo em benefício comum a ambos seres. A carga nutricional dos ruminantes pode ser atenuada em razão do bom estado nutricional das plantas.

Objetivou com este estudo segregar o capim mombaça a partir das características química e produtiva em dois ecossistemas e classificar as variáveis mais estratégicas para avaliação do seu desempenho qualitativo.

Materiais e Métodos

O experimento foi conduzido na Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia (EMVZ) da Universidade Federal do Tocantins, em sistema silvipastoril de bosque raleado em topografia plana (2% de declividade). O clima da região segundo classificação de Köppen é Aw (quente e úmido), chuvas de outubro a maio, com precipitação pluviométrica média anual de 1800 mm e temperatura média de 28° C. O solo foi classificado como Neossolo Quartzarênico Órtico típico de textura arenosa, do qual foi realizada a análise química de caracterização a partir da profundidade de 0-20 cm (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização química do solo no início da implantação do experimento, antecedendo o primeiro ciclo.

	pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+A	K ⁺	P	MO	CTC	V
	CaCl ₂	-----cmol _c dm ⁻³ -----				---mgdm ⁻³ ---		cmol _c	%	
BSP	4,78	0,67	0,59	0,66	2,26	0,012	2,9	5,62	3,54	36,18
B25	3,76	0,76	0,54	0,58	4,57	0,016	3,1	13,6	5,90	22,50
B50	3,84	0,61	0,59	1,17	5,61	0,016	2,7	14,0	6,83	17,83
MSP	4,57	0,86	0,57	0,42	4,64	0,009	2,8	8,04	6,08	23,70
M25	4,17	1,13	0,90	0,74	5,22	0,017	2,7	11,7	7,27	28,17
M50	3,97	0,78	0,78	1,10	4,76	0,013	3,1	12,5	6,35	24,95

Análise do solo na profundidade de 0-20 cm, em Neossolo Quartzarênico Órtico típico. BSP: Marandu sol pleno; B25: Marandu 25% de sombra; B50: Marandu 50% de sombra; MSP: Mombaça sol pleno; M25: Mombaça 25% de sombra; M50: Mombaça 50% de sombra. V: saturação por bases. MO: matéria orgânica.

Os dados meteorológicos de precipitação pluviométrica e temperatura média foram compilados da estação climatológica principal de Araguaína, localizada na Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia, os dados estão expressos na figura 1.

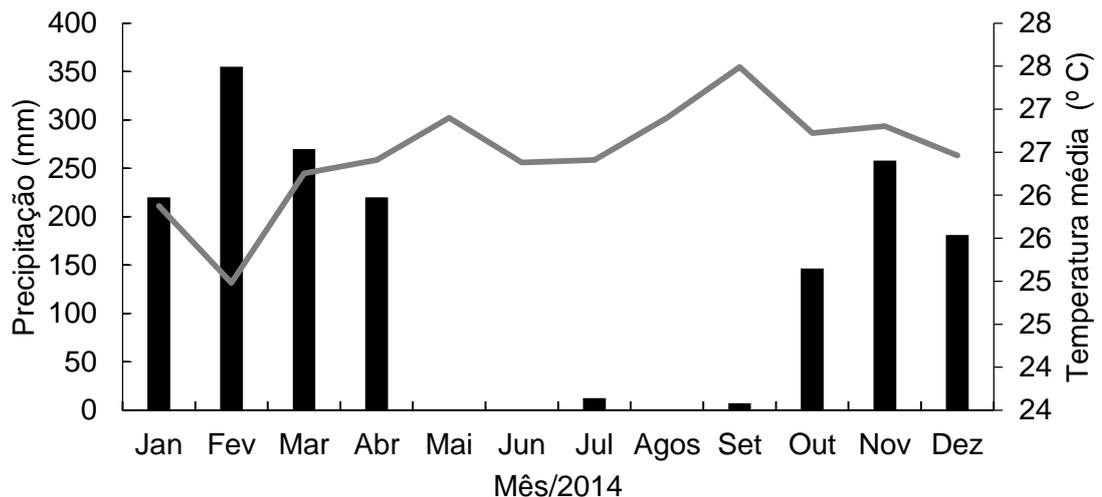


Figura 5. Precipitação mensal (mm), temperatura média (°C) no período de Janeiro de 2014 a Dezembro 2014. Barras cheias: precipitação; linha cinza: temperatura.

O ensaio foi alocado em faixas de sombreamento e em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições para cada um dos 12 tratamentos – quatro ciclos e três níveis de sombreamento, totalizando 48 unidades experimentais.

Os primeiros tratos culturais da floresta foi feita em outubro de 2009, adotando como critério de raleamento o sombreamento de 0, 25 e 50% de transmissão de luz no ambiente e novamente revisada com auxílio de um luxímetro em junho de 2012.

Após o manejo das árvores, foi efetuada a aplicação de calcário em outubro de 2013, na ordem de 800 kg ha⁻¹, 50 kg de P₂O₅kg ha⁻¹ e 60 kg de K₂O ha⁻¹e em seguida realizado o plantio das forrageiras. Após o corte de uniformização em Dezembro de 2013, esperou-se o surgimento de três folhas para capim Mombaça, em seguida foi dada a entrada dos animais nos piquetes dos quais correspondia a 2.250 m². No terceiro dia após a saída dos animais dos piquetes foi feita adubação nitrogenada com 40 Kg de N ha⁻¹ ciclo⁻¹.As avaliações iniciaram em janeiro de 2014, após um corte de uniformização com roçadeira costal, a 20 centímetros do solo.

Foram coletadas as amostras de folhas em quatro ciclos de crescimento, antes de cada entrada dos animais nos piquetes. Cada ciclo encerrava-se ao aparecimento de 3 folhas expandidas, podendo os dias variarem entre 22 e 25 dias após pastejo. O primeiro ciclo de 2014 foi excluído em função da uniformização pela roçadeira que afeta o desenvolvimento estrutural do dossel bem como utilizado para padronização da efetividade de pastejo. No terceiro e quinto ciclos, ocorreram infestações por pragas de cigarrinhas. Assim a avaliação iniciou a partir do segundo ciclo (Fevereiro), dando prosseguimento ao quarto ciclo (Abril/Maio), sexto (Setembro/Octubro), e sétimo (Outubro/Novembro).

Análise química de tecido:

As amostras coletadas de cada ciclo foram colhidas e levadas para estufa de ventilação forçada a 55° C por 48 horas, em seguida foram moídas em moinho tipo Willey. A fração obtida após passar pela peneira de 1,0 mm foi analisada nos seguintes constituintes do tecido: Cálcio (Ca²⁺), Magnésio (Mg²⁺), Potássio (K⁺), Fósforo (P) e procedeu-se a decomposição por via seca e diluída em ácido clorídrico (NOGUEIRA e SOUZA, 2005). Foram pesadas 0,5 g de cada amostra e encaminhadas para mufla durante seis horas de queima gradativa até atingir 500 ° C. Em seguida para o Ca e Mg procedeu-se a quantificação através da complexação com ácido etilenodiaminotetracético (EDTA-Na₂).

Para a determinação do fósforo utilizou-se o método colorímetro do azul de molibdênio (H₂MoO₄) por espectrofotometria de absorção (NOGUEIRA e SOUZA, 2005). O potássio foi analisado por fotometria de chama segundo a metodologia descrita por Nogueira e Souza (2005). A determinação analítica do nitrogênio total, foi feita através do princípio da quantificação do nitrogênio amoniacal por decomposição sob via úmida, segundo método de sem micro Kjeldahl, para determinação do nitrogênio amoniacal (N-NH⁴⁺), (NOGUEIRA & SOUZA, 2005).

$$NT = \frac{(Va - Vb) \times F \times 0,1 \times 0,014 \times 100}{P1}$$

NT: nitrogênio total

F: fator de correção para ácido clorídrico 0,01 mol L⁻¹

Va – volume da solução de ácido clorídrico gasto na titulação da amostra, em mililitros.

Vb – volume da solução de ácido clorídrico gasto na titulação do branco, em mililitro.

P1: massa de forragem.

Matéria seca:

Para determinação da matéria seca da forragem, utilizou-se de uma moldura de metal de 0,75 m²(1,50 x 0,5 m), cortando-se a 10 cm do nível do solo, em seguida as amostradas foram colocadas em sacos plásticos e encaminhadas para o laboratório, onde foram realizadas as pesagens de material fresco total. Em seguida uma alíquota do material fresco, foi seca em estufa de ventilação forçada a 55° C por 72 horas. Após determinação da matéria pré-seca, o material da alíquota foi processada em moinho tipo Wiley em peneira de 1 mm e encaminhada para secagem definitiva a 105 ° C.

Análise estatística:

Antecedendo a análise multivariada de discriminante foi realizada a análise exploratória dos dados para compreensão prévia do comportamento específico das variáveis na segregação dos grupos. Em seguida para determinação das variáveis mais importantes na seleção de forrageiras, os dados foram organizados em matriz para posterior análise de discriminante.

Resultados e discussão

Estão presentes na Figura 2, as concentrações dos elementos em Mombaça a sol pleno (MSP), 25% de sombra (M25) e 50% de sombra (M50) e suas oscilações nos respectivos tempos 2^o, 4^o, 6^o e 7^o ciclos.

No segundo ciclo alguns nutrientes tais como, cálcio, potássio e nitrogênio, tenderam a teores semelhantes entre os tratamentos, diferentemente do fósforo e magnésio (Figura 2). No segundo ciclo a concentração de nutrientes, subsidiada pela adubação recente e homogênea entre os tratamentos e a disponibilidade hídrica, favoreceu para o maior aproveitamento dos nutrientes pela forrageira.

O cálcio no segundo ciclo permanece inalterado entre os níveis de sombreamento sofreu oscilações ao longo do ano, reduzindo acentuadamente os

teores nos ciclos de escassez hídrica (quarto e sexto ciclos) especificamente nos tratamentos com 25 e 50% de sombra e recuperando-se no sétimo ciclo (0,92 e 0,99, respectivamente) com súbito aumento para o Mombaça a sol pleno (1,70). Almeida et al. (2015) avaliaram a concentração de nutrientes nas folhas de leguminosas forrageiras e encontraram resultados semelhantes aos do presente trabalho, obtendo aumento na concentração de fósforo e cálcio nos períodos de maior regime hídrico e no maior sombreamento (70%).

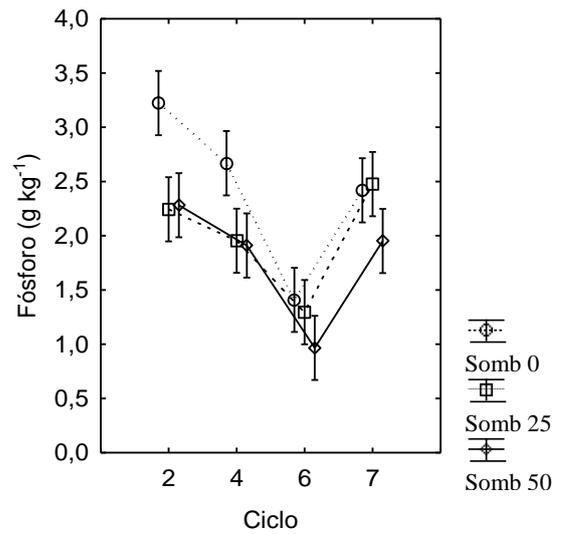
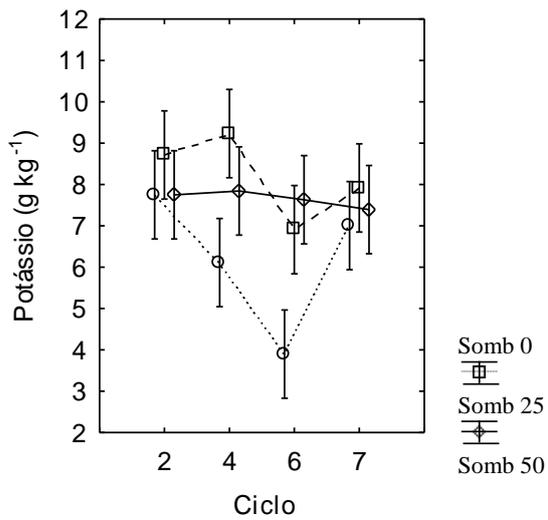
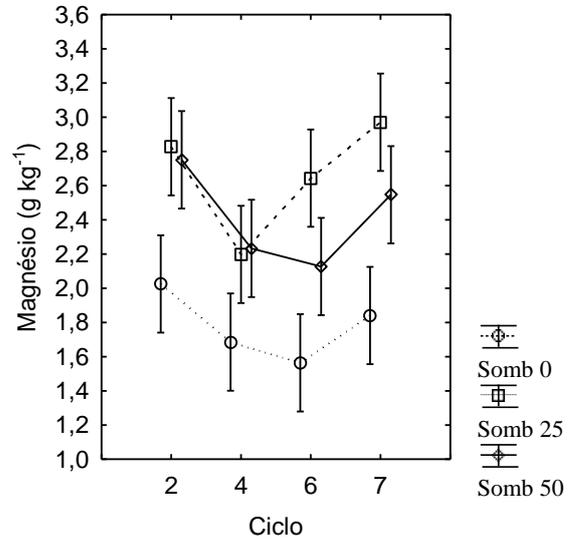
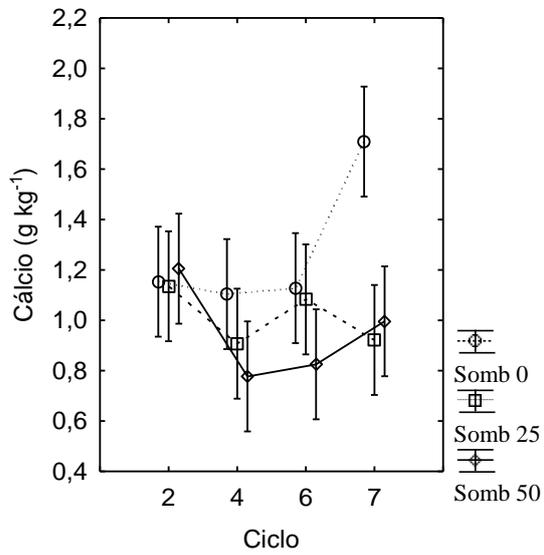
O sombreamento pode ter afetado a concentração de cálcio nas folhas em razão da redução na oferta de luz, visto que sua participação na formação das paredes celulares é proporcional a espessura da mesma (VITTI et al., 2006), podendo resultar em maior concentração deste elemento nas forrageiras sombreadas (ALMEIDA et al, 2015). O Ca^{2+} é um importante estabilizador de membranas e de organelas e ainda participa como componente estrutural da parede celular (TAIZ e ZEIGER, 2009).

Dentre outros efeitos que alteram o perfil de Ca^{2+} na planta, a síntese de oxalato de cálcio, muito comum em cultivares de *Panicum maximum*, está comumente relacionado a baixa concentração de nitratos nas folhas, resultando em formação e acúmulo dos cristais no vacúolo das células (VITTI et al., 2006). Plantas sombreadas tendem a apresentar maiores concentrações de nitratos nas folhas podendo resultar em diminuição nos teores de cálcio molecular no tecido. Elevadas quantidades de células necessitam de mais íons de cálcio para manutenção da integridade das organelas contidas no citoplasma (TAIZ E ZEIGER, 2002; SCARDELATO et al., 2013).

A tendência na elevada concentração de cálcio nas folhas de plantas sob sol pleno pode estar relacionada a baixa concentração de Al^{3+} no solo. Visto que não há relatos científicos de qualquer relação fisiológica entre o cálcio e o estímulo de luz (ALMEIDA et al., 2015), segundo Eriksen e Whitney (1982), não há relação entre a concentração de cálcio e o sombreamento. Entretanto, pode haver aumento na absorção deste íon pela planta quando sua oferta for maior que em outros tratamento e ocorrer equilíbrio entre os cátions concorrentes pelo sítio de ligação.

O Al^{3+} e o Ca^{2+} competem pelos mesmos sítios de ligação que ainda associada a baixos valores de pH podem comprometer a solubilidade dos íons de Ca^{2+} na solução do solo, afetam a absorção deste nutriente pela planta (CRESTANI et al.,

2009; SILVA et al., 2013). Desse modo elevadas concentrações de Al no solo pode acarretar em redução na absorção de Ca^{2+} . (SILVA et al., 2013).



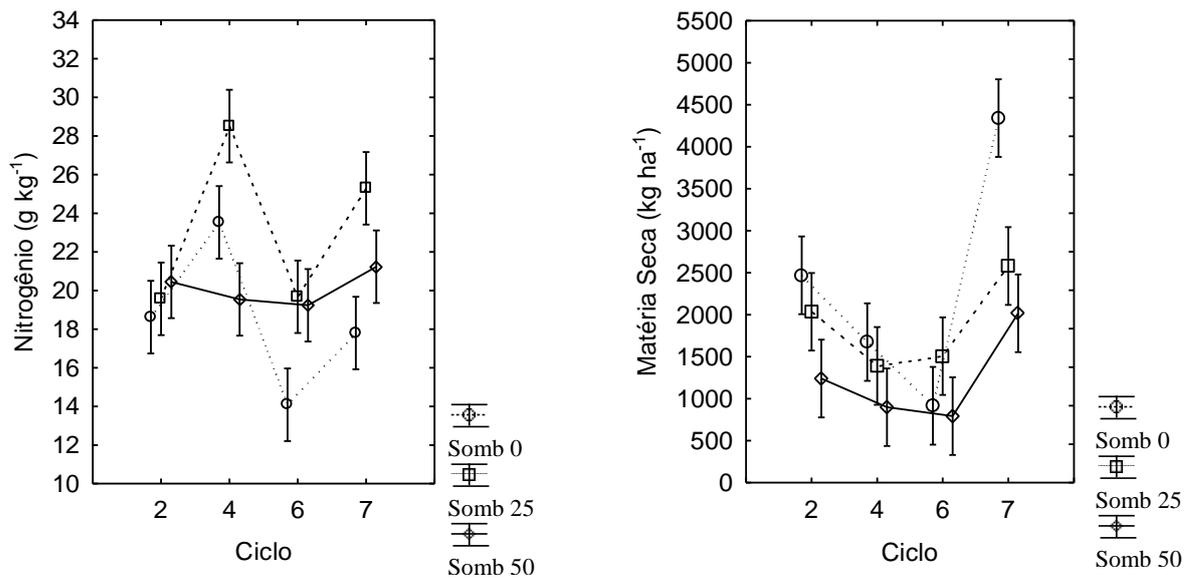


Figura 2. Valores médios e seus respectivos intervalos de confiança para os nutrientes: Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ e P da parte aérea do capim Mombaça sob os 0, 25% e 50% de sombra. SP: Mombaça a sol pleno; 25%: Mombaça a 25% de sombra; 50%: Mombaça a 50% de sombra. Cálculo de medida repetida no tempo. Barras denotam intervalo de confiança.

O nitrogênio manteve-se estável entre os ciclos no tratamento M50 (Figura 2), mas apresentou oscilações acentuadas entre os ciclos para os tratamentos M25 e MSP. Contudo, os teores de N foram superiores para M25 a partir do 4^o até o 7^o ciclo. Sob condições normais o nitrogênio absorvido pelas plantas participa da síntese de proteínas e enzimas mantendo as funções fisiológicas ativas (LAJÚS et al., 2014).

A enzima RUBISCO capta CO₂ para síntese de compostos orgânicos, como os carboidratos solúveis de parede celular e proteínas. No entanto, a assimilação do CO₂ depende da atividade da RUBISCO que por sua vez é estimulada dentre outros processos fisiológicos pela temperatura e radiação solar (TAIZ e ZEIGER, 2009). O sombreamento age de forma restritiva para assimilação do carbono que participa ainda da constituição de compostos de parede celular (lignina, celulose e hemicelulose) que compete por espaço na célula (LARA et al., 2011).

Os teores de potássio e nitrogênio (Figura 2) comportam-se de forma parecida no segundo ciclo. O tratamento M50 ficou estável entre todos os meses de avaliação, assim como M25 que apresentou teores mais elevados no segundo e quarto ciclos e em seguida igualou-se aos demais no sétimo ciclo e acentuada

redução na concentração destes nutrientes no quarto e sexto ciclos no tratamento a sol pleno.

Considerando a tabela de exigências do NRC (2000) preconizada para demanda de macronutrientes em bovinos de corte em crescimento e terminação, em que o requerimento de potássio é de 0,6% da matéria seca ($6 \text{ g kg}^{-1}/\text{dia}$), os sombreamentos de 25 e 50% de sombra (Figura 2), atenderiam a demanda desse nutriente durante todo o ano, ambos tratamentos variando entre o intervalo de 9,3 e $7,1 \text{ g kg}^{-1}/\text{dia}$. Entretanto, no tratamento sob sol pleno a oferta seria restrita durante o período de estiagem, entre os ciclo 4 e 6.

Embora o magnésio oscile em seus teores (Figura 2), de forma a reduzir sua participação nas folhas da forrageira nos períodos de baixa precipitação, este foi o único elemento que sua concentração permaneceu sempre superior nos tratamentos sombreados ($2,2$ a $3,1 \text{ g kg}^{-1}$) em relação ao sol pleno ($2,1$ a $1,59 \text{ g kg}^{-1}$) desde o segundo ciclo. A capacidade adaptativa da espécie ao sombreamento permitiu que as plantas sombreadas requisitasse maiores concentrações de magnésio na folha como resultado da maior síntese de clorofilas, responsáveis pelos processos fotoquímicos da planta.

Verificando as respostas das concentrações dos elementos nos três sombreamentos (Figura 2), o tratamento M25 foi o mais estável, com exceção do potássio, sofrendo menos com os efeitos da escassez hídrica nos ciclos 4 e 6 (transição seca-chuva) e retomando as concentrações iniciais (ciclo 2), demonstrando ser menos sensível as variações climáticas que o sol pleno. O sistema silvipastoril a 25% de sombra permite maior entrada de luz ao solo provocando profundas variações na temperatura da serapilheira subsidiando os organismos a acelerarem a taxa de degradação do material orgânico, resultando em maior liberação de nutrientes para rizosfera, somada a ciclagem destes (MONTEIRO et al. 2014), municiando as plantas com maior aporte de elementos, refletindo sobre o perfil de nutrientes na parte aérea das plantas.

Das variáveis analisadas apenas o Cálcio e produção de matéria seca (kg ha^{-1}) contrasta com os demais elementos ao último ciclo, atingindo maiores valores ao final de um período de doze meses. Entretanto no sexto ciclo em que foi o período mais crítico para o crescimento da planta, o tratamento de 25% de sombra se sobressaiu ao sol pleno produtivamente, bem como os teores dos elementos em questão.

Avaliando a concentração de nutrientes em gramíneas Castro et al. (2001), verificaram aumentos nos teores de magnésio, potássio e fósforo nos tecidos de *Poaceae*s, quando submetidas ao sombreamento tendo apenas o Cálcio como resultado diferente do presente trabalho.

Na análise discriminante é possível segregar grupos através das variáveis originais (Tabela 2). No entanto, a força discriminante que cada variável representa, depende da variabilidade e estabilidade dos dados intra e intergrupos, o que resultará em funções discriminantes de maior acurácia classificatória. Embora todas as variáveis foram significativas para formação das funções discriminantes, em ordem de magnitude decrescente: Fósforo, Magnésio e Nitrogênio foram mais representativas para classificação, no que se refere a qualidade de forragem. Os dois primeiros fatores discriminantes acumularam 79% da variabilidade explicada e o modelo gerado foi capaz de explicar 97% das amostras analisadas.

Tabela 2. Coeficientes das funções discriminantes

Variáveis	CP	CNP	CP	CNP	CP	CNP
	Discriminante 1		Discriminante 2		Discriminante 3	
Mg*	-0,27	-0,97	-0,79	-2,82	0,37	1,32
K*	-0,28	-0,26	-0,33	-0,31	-0,85	-0,81
P**	-0,83	-2,84	0,39	1,36	0,003	0,01
N**	-0,67	-0,36	0,37	0,20	0,27	0,14
MS*	-0,45	-0,0009	-0,36	-0,0007	0,066	0,0001
Constante	-	19,40	-	3,21	-	-0,40
Autovalor	13,58	13,58	3,46	3,46	0,64	0,64
Proporção acumulada	0,53	0,53	0,66	0,66	0,69	0,69

* Significativo a 5% de probabilidade. ** Significativo a 1% de probabilidade. CP: Coeficiente padronizado (Correlação entre variável discriminante e a variável original). CNP: Coeficiente não padronizado. Ca²⁺, não apresentou distribuição normal na análise de Shapiro Wilks.

Função discriminante 1: $19,86+(-0,97Mg^{2+})+(-0,26K^{+})+(-2,84P)+(-0,36N)+(-0,0009MS)$.

Função discriminante 2: $3,21+(-2,82Mg^{2+})+(-0,31K^{+})+(1,36P)+(0,20N)+(-0,0007MS)$.

Função discriminante 3: $-0,40+1,32Mg^{2+})+(-0,81K^{+})+(0,01P)+(0,14N)+(-0,0001MS)$.

Quanto maior os coeficientes padronizados melhor é a relação entre a variável e a função discriminante. Portanto recomenda-se utilizar a variável de maior

relevância discriminante alinhada a função discriminante mais bem correlacionada. Neste caso as variáveis P, N e MS estão associadas a primeira função, O Mg a segunda e o K a terceira.

A variável Massa seca da parte aérea (Tabela 2) possui baixa correlação com ambas funções discriminantes, o que a deprecia como elemento de separação entre grupos.

Os resultados da tabela 3 expressam os valores das funções de classificação discriminante. Considerando que o valor dos escores geralmente representam a magnitude dos dados originais, os pesos dos valores das variáveis preditoras da equação de classificação considerados, denotam diferenças entre os grupos em questão, sugerido na figura 3.

Os escores de magnésio, potássio e nitrogênio expressos na tabela 3 são maiores para Mombaça sob 25% e 50% de sombra e sol pleno nos quatro ciclos em ordem de magnitude decrescente.

Tabela 3. Coeficientes de classificação das funções discriminante.

	Ca	Mg	K	P	N	MS	Constante
MSP	-9,26	32,42	8,02	63,07	8,74	0,015	-268,425
M25	-15,11	41,31	8,92	51,34	8,23	0,014	-251,936
2º ciclo M50	-14,10	39,39	7,97	52,17	8,56	0,010	-240,648
MSP	-12,83	25,78	6,41	58,56	10,00	0,011	-248,614
M25	-24,65	31,32	9,30	53,50	11,11	0,010	-297,403
4º ciclo M50	-19,79	31,92	7,90	45,58	8,01	0,007	-194,324
MSP	2,16	22,41	4,12	33,18	5,78	0,006	-95,1515
M25	-13,72	36,88	7,13	37,85	7,51	0,011	-182,350
6º ciclo M50	-13,98	29,19	7,61	32,15	7,16	0,007	-149,673
MSP	12,65	30,60	7,44	51,52	7,82	0,024	-240,726
M25	-31,73	43,30	8,35	59,36	10,33	0,016	-325,247
7º ciclo M50	-18,99	36,86	7,67	48,17	8,57	0,013	-229,177

Porcentagem da classificação correta do modelo: 91%. n: Distribuição não normal. Scores das demais variáveis desconsiderando Ca^{2+} da estrutura de variância. BSP: Marandu sol pleno, B25: Marandu 25% de sombra, B50: Marandu 50% de sombra, MSP: Mombaça sol pleno, M25: Mombaça 25% de sombra, M50: Mombaça 50% de sombra. Normalidade Shapiro Wilks a 5%

Em cada variável discriminante a variabilidade explicada foi de 48% para a primeira e de 31% para segunda, desse modo o comportamento dos grupos foi significativo para separação em dimensões diferentes para cada um (Figura 3).

A análise discriminante possibilitou a identificação de cinco grupos diferentes, em que separou-se MSP 2º ciclo, MSP 6º ciclo, MSP 7ºciclo, M25 4º ciclo e M25 7º ciclo (Figura 3).

Dentre os grupos avaliados, os tratamentos M25 no quarto e sétimo ciclos e MSP no segundo, sétimo e quarto ciclos, puderam ser distinguidos dos demais, denotando haver grande influência externa sobre as variáveis que compõe os fatores discriminantes.

Considerando que as variáveis Mg, P e N foram as mais significativas para discriminação e reiterando a sensibilidade delas sob efeitos abióticos, as flutuações nos seus teores podem resultar em perturbações nas relações lineares entre os fatores discriminantes e as variáveis envolvidas. Entretanto apenas a variável preditora MS, foi mais sensível do ponto de vista homogêneo, resultando em menor poder discriminante. Portanto mesmo a produção de matéria seca com ampla divergencia no primeiro e último ciclo entre os tratamentos M25 e MSP, não permite assegurar que esta variável seja um bom preditor discriminante.

Nos tratamentos M25 e M50, na estação de transição chuva-seca (ciclo 6) permanecem semelhantes, entretanto o MSP no mesmo período foi significativamente diferente dos outros dois. Isto assegura a consistência da resposta encontrada na Figura 3.

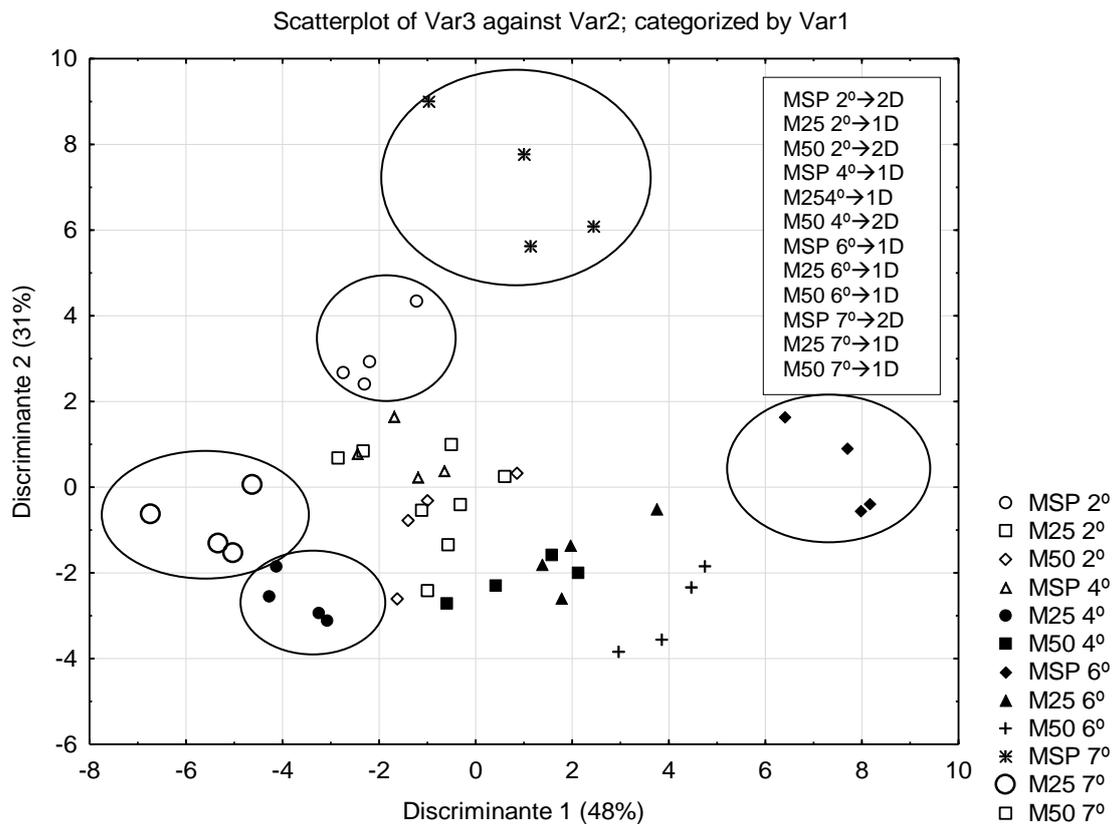


Figura 3. Gráfico de dispersão representado pelos scores de dispersão canônicos das variáveis mais representativas para discriminação (Ca, Mg, P e N). Caixa superior à direita da figura indica a variável discriminante melhor relacionada ao grupo. 1D: 1ª variável discriminante e 2D: 2ª variável discriminante.

Conclusões

As maiores concentrações dos elementos, Mg, K e N, nas plantas cultivadas sob sombreamento, especialmente no tratamento M25, permite caracterizar este tratamento como melhor nutricionalmente.

O Ca^{2+} , Mg^{2+} , P e N, são as variáveis que apresentaram maior sensibilidade ao sombreamento. Esses elementos auxiliam na determinação de forrageiras mais produtivas e de elevado valor nutricional em condições de sombreamento.

A ausência de analogia entre as duas condições, deixa claro que há ainda a necessidade de mais pesquisas relacionadas ao aprimoramento do uso da técnica de sistemas silvipastoris através da busca da compatibilidade entre espécie que concilie elevada produção de biomassa e de nutrientes.

Referências bibliográficas

ALMEIDA, J. C. C.; ROCHA, N. S.; NEPOMUCENO, D. D.; ARAÚJO, R. P.; SILVA, T. O.; MORENTZ, M. J. F.; ABREU, J. B. R.; CARVALHO, C. A. B.; MACEDO, R. O. Composição mineral de leguminosas forrageiras cultivadas sob diferentes níveis de sombreamento, **Semina: Ciências Agrárias**, v.36, n. 1, p. 367-376, 2015.

ARAÚJO FILHO, J. A.; CARVALHO, F. C.; GARCIA, R.; SOUSA R. A. Efeitos da manipulação da vegetação lenhosa sobre a proução e compartimentalização da fitomassa pastável de uma caatinga sucessional. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 1, p. 11-19, 2002.

BASSO, K. C.; CECATO, U.; BARBEIRO, L. M.; LEMPP, B. GOMES, J. A. N.; LUGÃO, S. M. Influence of nitrogen levels on leaf anatomy and nutritive value of millenium grass. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 3, p. 792-802, 2014.

CASTRO, C. R. T.; GARCIA, R.; CARVALHO, M. M.; FREITAS, V. P. Efeitos do sombreamento na composição mineral de gramíneas forrageiras tropicais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 6, p. 1959-1968, 2001.

CIOTTA, M. N.; BAYER, C.; ERNANI, P. R.; FONTOURA, S. M. V.; WOBETO, C.; ALBUQUERQUE, J. A. Manejo da calagem e os componentes da acidez de Latossolo Bruno em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 2, p. 317-326, 2004

CRESTANI, M.; BARBIERI, R. L.; SILVA, J. A. G.; OLIVEIRA, A. C. Toxidez por alumínio e a seleção de plantas tolerantes com base na expressão fenotípica. Pelotas: **Clima Temperado**, 2009. 55 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 265).

ERIKSEN, F. I.; WHITNEY, A. S. Growth and fixation of some tropical forage legumes as influence by solar radiation regimes. **Agronomy Journal**, v. 74, n. 4, p. 703-709, 1982.

FERREIRA, L. M. M. Sistema agroflorestal é alternativa sustentável para produção rural. **Jornal Folha de Boa Vista**, Boa Vista, 27 junho, 2005.

GOBBI, K. F.; GARCIA, R.; GARCEZ NETO, A. F.; PEREIRA, O. G.; ROCHA, G. C. Valor nutritivo do capim-braquiária e do amendoim forrageiro submetidos ao sombreamento. **Archivos Zootecnia**, v. 59, n. 227, p. 379-390, 2010.

GOBBI, K. F.; GARCIA, R.; VENTRELLA M. C.; GARCEZ NETO, A. F.; ROCHA, G. C. Área foliar específica e anatomia foliar quantitativa do capim-braquiária e do amendoim-forrageiro submetidos a sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 7, p. 1436-1444, 2011.

LAJÚS, C. R.; MIRANDA, M.; SCHEFFER-BASSO, S. M.; CARNEIRO, C. M.; ESCOSTEGUY, P. A. V. Leaf tissues proportion and chemical composition of *Axonopus jesuiticus* x *A. scoparius* as a function of pig slurry application, **Revista Ciencia Rural**, v. 44, n. 2, p. 276-282, 2014.

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

MEURER, E. J. Potássio. In: FERNANDES, M. S. (Ed.) **Nutrição Mineral de plantas**. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2006. Capítulo 11, p. 281-285.

MONTEIRO, E. M.; BRASIL, E. C.; LOURENÇO JUNIOR, J. B.; BARROS, C. S. Massa de forragem e composição químico-bromatológico de *Panicum maximum* cv. Mombaça adubadas com resíduo de siderurgia, nitrogênio e fósforo. **Agroecossistemas**, v. 6, n. 1, p. 74-96, 2014.

NOGUEIRA, A. R. A.; SOUZA, G. B. **Manual de laboratórios: solos, água, nutrição, vegetal nutrição animal e alimentos**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005, 334 p.

Nutrient requirements of beef cattle (NRC). 7^a ed. Washington: National Academy of Science, 2000. 242 p. (nutriente Requeriments of Domestic Animals, 4)

RAO, MADHUSUDANA, I.; SHARP, R. E.; BOYER, J. S. Leaf magnesium alters photosynthetic response to low water potentials in sunflower. **Plant Physiology**, v. 84, n. p.1214-1219, April, 1987.

SCARDELATO, J. A.; LEGRAMANDI, V. H.; SACRAMENTO, L. V. S. Ocorrência de cristais em plantas medicinais utilizadas no tratamento da nefrolitíase: paradoxo?. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, v. 34, n. 2, p. 161-168, 2013.

SELLE, G. L. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais. **Bioscience Journal**, v. 23, n. 4, p. 29-39, 2007.

SILVA, J. A. G.; REIS, C. E. S.; CRESTANI, M.; SOUSA, R. O.; OLIVEIRA, A. C. O.; CARVALHO, F. I. F. Absorção de cálcio e magnésio por cultivares de aveia submetidas a níveis de toxidez por alumínio. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 6, p. 3563-3576, Agosto, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4 ed. Porto Alegre, Artmed, 2009, 848 p.

VIELMO, H.; BONA FILHO, A.; SOARES, A. B.; ASSMANN, T. S.; ADAMI, P. F. Effect of fertilization with fluid swine slurry on production and nutritive value of Tifton 85. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 1, p. 60-68, 2011.

VITTI, G. C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, Magnésio e Enxofre In: FERNANDES, M. S. (Ed.) **Nutrição Mineral de plantas**. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2006. Capítulo 12, p. 299-322.

YADAV, R. P.; SHARMA, P.; ARYA, S. L.; PANWAR, P. *Acacia nilotica*-based silvipastoral systems for resource conservation and improved productivity from

degraded lands of the Lower Himalayas. **Agroforest System**, v. 88, n., p. 851-863, 2014.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Integrar espécies completamente diferentes para diversificar o uso do solo, com intuito de intensificar os sistemas de produção impactando o mínimo possível o meio ambiente, e reduzindo os custos de produção, tem surgido cada vez mais regido pelas tendências de manejos sustentáveis.

Os sistemas silvipastoris apresenta-se como uma das ferramentas de produção alternativa para mitigar os efeitos de erosão, perda de vigor produtivo, aplicação de insumos e elevar o valor nutritivo do pasto, mas a introdução desse sistema nas propriedades rurais, ainda está longe de se consolidar, isso por que a escolha da espécie forrageira ainda é o principal empecilho.

Determinar qual espécie forrageira pode ser a melhor escolha, passa por uma série de conhecimentos que exige o domínio no âmbito fisiológico e morfológico e o quanto isso refletirá na produção de biomassa, e principalmente no produto final, o rebanho.

As alterações dos aspectos anatômicos, pigmentos fotossintético e produção de matéria seca do Mombaça e do Marandu, mostrou que o Mombaça é significativamente mais resiliente as oscilações de sombra que o Marandu, traduzindo inclusive em sua indicação para uso em condições de transmissão de luz em até 75% (25% de sombra).

O capim marandu foi melhor nutricionalmente quando sombreado, mas especialidades adaptativas não conseguem combinar estratégias igualmente importantes no que se trata da qualidade nutricional e produtiva, essa espécime ainda não pode ser indicada sob qualquer nível de transmissão pela limitação produtiva.

Dessa forma, novas pesquisas com outras forrageiras a partir das variáveis morfofisiológicas e, que contemplem também as interações ecológicas em sistemas silvipastoris que concebam espécies forrageiras mais adaptadas ainda são necessárias.