



JACQUELINE DOS SANTOS OLIVEIRA

**CONSUMO DE NUTRIENTES POR NOVILHAS DE CORTE
EM PASTO CONSORCIADO SOB METAS DE MANEJO COM
BASE NA INTERCEPTAÇÃO LUMINOSA**

**LAVRAS-MG
2021**

JACQUELINE DOS SANTOS OLIVEIRA

**CONSUMO DE NUTRIENTES POR NOVILHAS DE CORTE
EM PASTO CONSORCIADO SOB METAS DE MANEJO COM
BASE NA INTERCEPTAÇÃO LUMINOSA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição de Ruminantes, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Daniel Rume Casagrande
Orientador

**LAVRAS-MG
2021**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Oliveira, Jacqueline dos Santos.

Consumo de nutrientes por novilhas de corte em pasto
consorciado sob metas de manejo com base na interceptação
luminosa / Jacqueline dos Santos Oliveira. - 2021.

49 p. : il.

Orientador(a): Daniel Rume Casagrande.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2021.

Bibliografia.

1. Brachiaria. 2. leguminosas tropicais. 3. manejo do pastejo. I.
Casagrande, Daniel Rume. II. Título.

JACQUELINE DOS SANTOS OLIVEIRA


**CONSUMO DE NUTRIENTES POR NOVILHAS DE CORTE EM PASTO
CONSORCIADO SOB METAS DE MANEJO COM BASE NA INTERCEPTAÇÃO
LUMINOSA**

**NUTRIENTS INTAKE BY BEEF HEIFERS IN PASTURE INTERCROPPED UNDER
MANAGEMENT TARGETS BASED ON LIGHT INTERCEPTION**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição de Ruminantes, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 05 de maio de 2021.

Dr. Adenilson José Paiva UFRRJ
Dra. Marcela Azevedo Magalhães UFVJM



Prof. Dr. Daniel Rume Casagrande
Orientador

**LAVRAS-MG
2021**

*Aos meus pais, Jaime da Silva Oliveira e Silene Rubia
Gomes dos Santos, pelo amor incondicional e por não
medirem esforços para que eu chegasse até aqui.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Jaime e Silene por sempre acreditarem no potencial e me incentivarem a buscar meus objetivos.

À Larissa pelo amor, amizade, companheirismo, apoio e por estar ao meu lado em todos os momentos. Agradeço por cuidar de mim e ser minha família em Lavras.

Ao meu orientador o Prof. Daniel Casagrande, pelas orientações, ensinamentos, paciência e confiança depositada em mim.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia (PPGZ), pela oportunidade de estudo e qualificação profissional.

Aos docentes do PPGZ, em especial aos Prof. Thiago Bernardes, Prof.^a Carla Ávila e Prof. Márcio Lara, pelos conhecimentos compartilhados e contribuição com minha formação profissional.

À equipe de técnicos do Laboratório de Pesquisa Animal: Márcio, Flávio e Eliana, em especial às pós-doutorandas Stefânia de Souza e Vânia Ferreira, pela colaboração e paciência durante a realização das análises químicas.

Aos membros do NEFOR, pela ajuda e oportunidade de convivência.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio à pesquisa.

Ao Laboratório de Ciclagem de Nutrientes, seção de Isótopos Estáveis da Embrapa Agrobiologia, pelo apoio na realização das análises de isótopos de carbono e nitrogênio.

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

Meus sinceros agradecimentos!!!

RESUMO

Para definir a melhor estratégia de manejo do pastejo é importante avaliar a resposta do animal às variações da estrutura e composição de forrageiras tropicais. O objetivo deste estudo foi avaliar o valor nutritivo, consumo de forragem e metabolismo de N de novilhas de corte pastejando dosséis mistos de capim Marandu (*Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) R.D. Webster [sin. *Urochloa brizantha* Stapf cv. Marandu]) e Calopogônio (*Calopogonium mucunoides* Desv. cv. Comum) sob lotação intermitente. Os tratamentos consistiram em três manejos do pastejo: definido pelo período de descanso interrompido em 90 (90IL), 95 (95IL) e 100% (100IL) de interceptação luminosa (IL). As avaliações foram realizadas durante dois anos, em um delineamento em blocos casualizados com quatro repetições, dentro das estações chuvosas e de transição (entre as estações chuvosa e seca), com medidas repetidas ao longo do tempo. A meta de altura pós-pastejo foi de 15 cm para todos os tratamentos. O 100IL teve menor proteína bruta (PB) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) do que os outros tratamentos, tanto para gramínea ($P = <0,001$ e $P = <0,001$, respectivamente) quanto na leguminosa ($P = 0,003$ e $P = 0,067$, respectivamente). A concentração de fibra em detergente neutro (FDN) foi maior em 95IL e 100IL do que em 90IL, na gramínea ($P = 0,002$) durante a transição ($P = <0,001$), e na leguminosa ($P = 0,077$). O Calopogônio teve maior PB e DIVMS, e menor FDN que o capim Marandu. A digestibilidade da matéria orgânica da dieta foi menor em 100IL do que em 90IL e 95IL ($P = 0,005$) e na transição ($P = 0,047$). Não houve diferença entre os tratamentos para o consumo de forragem, de gramínea e de leguminosa ($P = 0,351$, $P = 0,165$ e $P = 0,412$, respectivamente). O tratamento de 100IL resultou em menor consumo de N, PB total e proveniente da gramínea ($P = <0,001$, $P = 0,005$ e $P = <0,001$, respectivamente). A maior produção de N microbiano ($P = 0,093$) foi em 90IL, seguido de 95IL e a menor em 100 IL. A relação PB/MO digestível, excreção urinária de N e N retido foram menores em 100IL comparado aos outros tratamentos ($P = <0,001$, $P = 0,007$ e $P = 0,014$, respectivamente). A meta de manejo do pastejo entre 90 e 95% de IL é recomendada, pois proporcionou maior consumo de PB e uso do N pelos animais e melhorou o valor nutritivo de pastos mistos de capim Marandu e Calopogônio.

Palavras-chave: *Brachiaria*, *Calopogonium mucunoides*, consumo de forragem, leguminosas tropicais, manejo do pastejo

ABSTRACT

In order to define the best grazing management strategy, it is important to assess animal response to variations in the structure and composition of tropical forages. The objective of this study was to evaluate nutritive value, forage intake and N metabolism of beef heifers grazing mixed canopies of Marandu palisadegrass (*Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) R.D. Webster [syn. *Urochloa brizantha* Stapf cv. Marandu]) and Calopo (*Calopogonium mucunoides* Desv. cv. Comum) under intermittent stocking. The treatments consisted of three grazing management: defined by the rest period interrupted at 90 (90LI), 95 (95LI) and 100% (100LI) of light interception (LI). The evaluations were carried out for 2-yr, in a randomized complete block design with four replications, within the rainy seasons and transition (between rainy and dry seasons), with repeated measure over time. Post-grazing height target was 15 cm for all treatments. The 100LI had less crude protein (CP) and *in vitro* dry matter digestibility (IVDMD) than the other treatments, both for grass ($P = <0.001$ and $P = <0.001$, respectively) and in the legume ($P = 0.003$ and $P = 0.067$, respectively). The neutral detergent fiber (NDF) concentration was greater in 95LI and 100LI than in 90LI, in the grass ($P = 0.002$) during the transition ($P = <0.001$), and in the legume ($P = 0.077$). The Calopo had a greater CP and IVDMD, and less NDF than Marandu palisadegrass. The digestibility of organic matter in the diet was less in 100LI than in 90LI and 95LI ($P = 0.005$) and in the transition ($P = 0.047$). There was no difference between the treatments for forage, grass and legume intake ($P = 0.351$, $P = 0.155$ and $P = 0.412$, respectively). The treatment 100LI resulted in less N, total CP intake and from the grass ($P = <0.001$, $P = 0.005$ and $P = <0.001$, respectively). The greater production of microbial N ($P = 0.093$) was in 90LI, followed by 95LI and less in 100 LI. The ratio CP/OM digestible, urinary N excretion and retained N were lower in 100LI compared to the other treatments ($P = <0.001$, $P = 0.007$ and $P = 0.014$, respectively). The target of grazing management between 90 and 95% of LI is recommended because it provided greater intake of CP and use of N by the animals and improved the nutritive value of mixed pastures of Marandu palisadegrass and Calopo.

Keywords: *Brachiaria*, *Calopogonium mucunoides*, forage intake, tropical legumes, grazing management

Consumo de nutrientes por novilhas de corte em pasto consorciado sob metas de manejo com base na interceptação luminosa

Elaborado por **Jacqueline Oliveira** e orientado por **Daniel Casagrande**

O presente trabalho teve como propósito escolher qual a melhor estratégia de manejo do pastejo do consórcio de capim Marandu (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu) e Calopogônio (*Calopogonium mucunoides*) proporcionou a melhor resposta por novilhas de corte. Durante dois anos foram estudadas três frequências de pastejo: 90IL, 95IL e 100IL, definidas pela % de interceptação luminosa (IL). A altura pós-pastejo foi de 15 cm. Foram medidos o valor nutritivo da gramínea e da leguminosa (i.e., matéria orgânica, proteína bruta, fibra e digestibilidade), consumo de forragem e nutrientes, e uso do nitrogênio (N) pelos animais (i.e., consumo de N, produção de proteína microbiana no rúmen, N retido e N nas fezes e urina).

A baixa frequência de pastejo (100IL) diminuiu o valor nutritivo da forragem, pois teve menos proteína bruta e digestibilidade, do que os outros tratamentos. A maior concentração de fibra foi em 95IL e 100IL, do que na alta frequência de pastejo (90IL). O Calopogônio teve melhor valor nutritivo do que o capim Marandu. O consumo de forragem foi semelhante entre as frequências de pastejo. O 100IL resultou em menor consumo de N (32 e 26% menor) e proteína bruta, assim a relação proteína/matéria orgânica, N na urina e N retido também foram menores que os outros tratamentos. A síntese de proteína microbiana decresceu à medida que o pastejo foi menos frequente. Recomendamos a frequência de pastejo entre 90 e 95% de IL, pois proporcionou maior consumo de proteína e uso do N pelo animais e valor nutritivo do pasto misto de capim Marandu e Calopogônio.



Dissertação de Mestrado em Zootecnia na UFLA, defendida em 05/05/2021.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Dados meteorológicos para o período experimental em Lavras-MG.	22
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valor nutritivo do capim Marandu e Calopogônio em pastos mistos sob efeito de manejo do pastejo durante a estação chuvosa e transição	30
Tabela 2. Consumo de forragem por novilhas de corte em pastos mistos de capim Marandu e Calopogônio sob efeito de manejo do pastejo durante a estação chuvosa e transição	31
Tabela 3. Uso do nitrogênio por novilhas de corte em pastos mistos de capim Marandu e Calopogônio sob efeito de manejo do pastejo durante a estação chuvosa e transição	33

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 Calopogônio (<i>Calopogonium mucunoides</i> Desv.)	15
2.2 Capim Marandu (<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu).....	17
2.3 Manejo da desfolhação em pasto misto e seu efeito no consumo animal	17
3. MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1 Descrição da área e período experimental	21
3.2 Tratamentos e manejo experimental	23
3.3 Avaliações experimentais.....	24
3.3.1 Interceptação luminosa e altura do dossel.....	24
3.3.2 Valor nutritivo	24
3.3.3 Consumo de forragem	25
3.3.4 Balanço de nitrogênio	26
3.3.5 Síntese de N microbiano	27
3.4 Análise estatística	28
4. RESULTADOS	29
4.1 Valor nutritivo	29
4.2 Consumo de forragem e nutrientes.....	29
4.3 Uso de nitrogênio	32
5. DISCUSSÃO	34
6. CONCLUSÃO	38
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39

1. INTRODUÇÃO

A utilização de leguminosas em pastagem tem sido atrelada aos inúmeros benefícios ao sistema solo-planta-animal (BRAGA et al., 2020), como aumento no ganho de peso dos animais, melhoria da fertilidade do solo e diminuição da emissão de gases de efeito estufa (BODDEY et al., 2020). A escolha por essa família de planta se deve principalmente à sua capacidade em se associar com bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico (N₂), esse processo é denominado de fixação biológica de N (FBN) (THILAKARATHNA et al., 2016).

O nitrogênio (N) é considerado o principal nutriente que limita a produtividade das plantas forrageiras, pois afeta o crescimento e desenvolvimento vegetal (RASMUSSEN et al., 2012). O uso de leguminosa é uma alternativa viável para incorporar esse elemento no sistema de produção animal a pasto, em substituição a aplicação de fertilizantes nitrogenados, que possui elevado custo de aquisição e demanda uma logística de aplicação nas extensas áreas de pastagem do Brasil (EPIFANIO et al., 2019). Dessa forma, a utilização dessas plantas reduz a dependência de utilização dos fertilizantes nitrogenados, o que contribui para a sustentabilidade da pastagem (BHANDARI et al., 2018; ZARZA et al., 2020), pois diminui a possibilidade de sua degradação, o que levaria ao declínio da produção de forragem (BODDEY et al., 2004).

Nesse contexto, a utilização de leguminosa associada com gramínea tem sido amplamente estudada, pois proporciona aumento na produção de forragem e melhoria do seu valor nutritivo (LÜSCHER et al., 2014). Os benefícios podem ser observados de forma direta, pois a leguminosa possui maior concentração de proteína bruta (PB) e maior digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), ou indireta, pela transferência de N fixado pela leguminosa à gramínea (EUCLIDES; MACEDO; OLIVEIRA, 1998). Assim, há incremento no desempenho animal e na taxa de lotação, devido ao aumento na taxa de acúmulo de forragem e da qualidade da dieta (MOURA et al., 2021).

Dentre as leguminosas, cuja utilização vem sendo investigada em ambientes tropicais, está o *Calopogonium mucunoides* Desv. (Calopogônio), uma espécie comum da América do Sul e América Central (SOUSA et al., 2012). Do ponto de vista agrônomo, o Calopogônio possui diversas aplicações desde planta forrageira a cobertura do solo contra erosão (TEODORO et al., 2011). Devido a sua baixa aceitabilidade pelos animais e alta produção de sementes, tais características favorecem essa espécie que possui baixa persistência sob pastejo (PACIULLO et al., 2014). Uma vez que suas principais limitações ao uso em pasto misto, estão relacionadas a sua baixa contribuição e longevidade na pastagem, gerados por

consórcios de baixa harmonia com gramíneas, além da sua imprevisibilidade de resposta ao manejo do pastejo (ANDRADE; FERREIRA; CASAGRANDE, 2015).

A escolha do manejo apropriado é fundamental para garantir a produtividade e estabilidade do pasto misto, pois afeta sua estrutura e composição botânica, podendo influenciar o balanço entre as espécies (PEREIRA et al., 2017; TAMELE et al., 2017). A estratégia de manejo do pastejo mais estudada atualmente tem utilizado a interceptação luminosa (IL), como critério para interrupção do período de rebrotação do pasto (i.e., frequência de desfolhação; DA SILVA; SBRISSIA; PEREIRA, 2015). Dessa forma, se tratando de pasto misto, a IL pode maximizar ou reduzir o efeito da competição por luz entre as espécies, podendo alterar a estrutura e a composição botânica do dossel, afetando a produção de forragem e o valor nutritivo de cada componente da pastagem (GOMES et al., 2018).

Devido ao seu hábito de crescimento volúvel, o Calopogônio projeta sua massa no topo do dossel, podendo ser mais competitivo do que a gramínea associada (MOTT, 1983; MIRANDA; ZANELLA; SCHUNKE, 1992). De acordo com Alviarez et al. (2020), os manejos de desfolhação na faixa de 90 a 95% de IL, favorecem a população e maior massa foliar de Calopogônio, propiciando maior produção de forragem com maior proporção de folhas de gramínea. Enquanto, que no mesmo pasto sob maior período de rebrotação (i.e., 100% de IL) houve redução da população da leguminosa, além de maior alongamento de colmos da gramínea (ALVIAREZ et al., 2020). Assim, hipotetizamos que a desfolhação mais frequente do pasto promoveria aumento no consumo de forragem de melhor valor nutricional, resultando em maior eficiência de uso do N pelos animais.

Diante do contexto, objetivou-se com este estudo, definir qual estratégia de interrupção do período de rebrotação baseada na interceptação luminosa, propicia maior valor nutritivo da forragem e melhor resposta de consumo de matéria seca e metabolismo de N em pastos mistos de capim Marandu e Calopogônio.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Calopogônio (*Calopogonium mucunoides* Desv.)

O Calopogônio ou Calopo (*Calopogonium mucunoides* Desvaux, 1826), é uma planta pertencente à família Fabaceae (sin. Leguminosae), subfamília Papilionoideae, tribo Phaseoleae e subtribo Glycininae (LEWIS et al., 2005). Esta espécie apresenta distribuição geográfica neotropical, sendo encontrada desde o sul México até o sudeste do Paraguai (OKANO, 1982), e com ocorrência em todos os estados do Brasil (FLORA DO BRASIL, 2020). Atualmente ela possui uma distribuição mais ampla, com registros na África e na Ásia (KRETSCHMER JR.; PITMAN, 2001).

A espécie é uma herbácea, com hábito de crescimento volúvel, que forma densa cobertura folhosa de até 50 cm de altura (CHEN; AMINAH, 1992). Uma característica marcante da espécie é que as hastes, folhas, inflorescências e vagens são recobertas por pelos curtos de coloração ferruginosa (VEASEY et al., 1994; PIZARRO; CARVALHO, 1997). A haste é cilíndrica, suculenta e enraizada nos nós quando em contato com o solo (MISRA; PANI, 2016). As folhas são alternas, trifolioladas, com pilosidade em ambas as faces (OKANO, 1982), onde o formato dos folíolos terminais (lanceolado) difere dos folíolos iniciais (elíptico) (HOMEM et al., 2017). A inflorescência é um racemo axilar curto. As flores são sésseis, pequenas, com pétalas de cor azul-violácea. As vagens são retas ou curvadas, deiscentes, com coloração marrom-escura, e septadas entre as 5-8 sementes, de formato retangular e cor marrom-escura. No Brasil, a espécie floresce predominantemente nos meses de abril a agosto e frutifica nos meses de julho a setembro (OKANO, 1982).

O Calopogônio cresce melhor em condições tropicais úmidas e quentes, com precipitação média anual acima de 1.200 mm e faixa de temperatura diária entre 24–36°C, entretanto, apresenta baixa tolerância ao sombreamento e a períodos secos extensos (MISRA; PANI, 2016). Dependendo da duração do período seco e condições climáticas do ambiente, a planta mãe possui ciclo anual ou bianual, ao invés de perene, como alguns autores a descrevem (PIZARRO; RAMOS; CARVALHO, 1996). Não tolera baixas temperaturas, sendo sensível à geadas (PAULINO et al., 1981; VEASEY et al., 1994). Apresenta crescimento satisfatório em solos ácidos (pH 4,0 a 5,5) e de baixa fertilidade, e tem tolerância ao alumínio (FERREIRA et al., 2016).

A sua utilização como forrageira está relacionada ao seu valor nutritivo, ausência de toxicidade e alta produção de forragem assim como outras leguminosas tropicais. Essa última característica é atribuída a sua capacidade de fixação biológica de N₂, devido a nodulação com

ampla gama de cepas de bactérias dos gêneros *Rhizobium*, *Bradyrhizobium* e *Pseudomonas* (GONZÁLEZ et al., 2019). Possibilitando que essa leguminosa tenha um potencial para fixar quantidades de N que variam de 48 a 81 kg/ha/ano, o que consiste em uma vantagem na sua utilização em consórcio com gramíneas, uma vez que a quantidade de N liberado nas monoculturas é menor (SEIFFERT et al., 1985).

Apesar da sua baixa aceitabilidade pelos animais, o Calopogônio fornece biomassa verde para o período de escassez de forragem, quando a sua preferência pelos animais é maior, devido a oferta e a qualidade da forragem disponível ser inferior nesse período (CARVALHO; PIRES, 2008). Pelo fato de ser uma leguminosa, o valor nutritivo do Calopogônio é maior do que o da gramínea, e a taxa de decréscimo da qualidade é menos acentuado após períodos de regeneração prolongados (PHELAN et al., 2015). Essa baixa aceitabilidade confere vantagem, pois possibilita sua persistência na pastagem sob pastejo, aumentando, conseqüentemente, a ciclagem de N através da decomposição de serrapilheira (CADISCH; SCHUNKE; GILLER, 1994; SILVA et al., 2012).

A alta produção de sementes pelo Calopogônio (entre 118 e 860 kg/ha) favorece sua capacidade de ressemejar naturalmente, o que pode contribuir para aumentar a persistência nas pastagens (PIZARRO; RAMOS; CARVALHO, 1996). A menor persistência na pastagem (entre 2 e 3 anos) do que a gramínea sob pastejo, é citada como o principal fator limitante para seu uso, sendo observado uma redução da composição botânica a partir do segundo ano de cultivo (EUCLIDES; MACEDO; OLIVEIRA, 1998). Apesar das limitações abordadas, a escolha da leguminosa está atribuída a inúmeros benefícios ao sistema tais como, a contribuição para o aumento da produção de forragem durante o período seco, além do aumento do aporte de N para a gramínea (SEIFFERT; ZIMMER, 1988; SILVA et al., 2012).

O Calopogônio se associa facilmente com a maioria das gramíneas tropicais, por isso tem sido relatado em diversos trabalhos na literatura sobre sua associação com *Brachiaria decumbens* Stapf. (SEIFFERT et al., 1985; SEIFFERT; ZIMMER, 1988; CADISCH; SCHUNKE; GILLER, 1994; EUCLIDES; MACEDO; OLIVEIRA, 1998; MARTUSCELLO et al., 2011; PACIULLO et al., 2014), *B. brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf. (EUCLIDES; MACEDO; OLIVEIRA, 1998; SOUZA et al., 2016; ALVIAREZ et al., 2020), *Panicum maximum* Jacq. (GERDES et al., 2020), *Pennisetum purpureum* Shum. (COSTA, 1995) e *Andropogon gayanus* Kunth. (FLORES et al., 2007, 2014; MOURA et al., 2021). No entanto, apesar de ser uma leguminosa forrageira estudada, poucos são os trabalhos e as informações na literatura, em relação as estratégias para seu manejo de desfolhação em pastos mistos com gramíneas.

2.2 Capim Marandu (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu)

O capim Marandu [*Brachiaria brizantha* (Hochst ex A. Rich) Stapf. cv. Marandu] é uma das espécies de gramíneas mais cultivadas nas pastagens no Brasil (PAIVA et al., 2012). Essa cultivar é originária de regiões vulcânicas da África, sendo introduzido no Brasil por volta de 1967, a partir de acesso coletado no Zimbábue. Após avaliações realizadas pela Embrapa Gado de Corte e Embrapa Cerrados, foi promovido seu lançamento comercial em 1984 (NUNES et al., 1984; VALLE et al., 2010).

Essa cultivar é uma planta perene, robusta, de porte elevado para seu gênero (1,5 a 2,5 m), coloração verde intensa e hábito de crescimento cespitoso. Possui tendência ao intenso perfilhamento nos nós superiores, com pelos na porção apical dos entrenós, bainhas pilosas e lâminas foliares que são largas e longas, e com pilosidade apenas na face ventral e margens não cortantes. As inflorescências possuem até 40 cm de comprimento, com quatro a seis racemos (NUNES et al., 1984).

A cultivar Marandu tem se destacado no território brasileiro pela sua produtividade, adaptação, facilidade de manejo, produção de sementes e resistência à cigarrinha, o que garante sua predominância em extensão e comercialização de sementes (JANK; VALLE; RESENDE, 2011). A produção nacional de sementes dessa cultivar abrange a área de 53,2 mil ha com produção estimada de 78 mil ton (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE SEMENTES E MUDAS, 2016).

Suas limitações de uso estão relacionadas a baixa tolerância a solos ácidos, mal drenados e de baixa fertilidade, sendo necessário reposição de nutrientes para persistência à longo prazo (VALLE et al., 2010). Assim, devido ao fácil estabelecimento e grande capacidade de competição com invasoras (COSTA et al., 2009), o capim Marandu pode ser uma boa opção para associação com outras espécies forrageiras.

2.3 Manejo da desfolhação em pasto misto e seu efeito no consumo animal

O manejo do pastejo consiste na utilização de um conjunto de técnicas de manipulação do pastejo que possuem objetivos de potencializar a produção e utilização das pastagens. Para a realização de um controle eficiente da desfolhação deve ser levado em consideração os seguintes padrões de pastejo: a frequência e severidade de desfolhação e a seletividade (ALLEN et al., 2011).

Em ambientes tropicais, vários estudos sobre o manejo de monoculturas de gramíneas e leguminosas tem se baseado no uso da IL na desfolhação intermitente (BARBOSA et al., 2007; PEDREIRA; PEDREIRA; DA SILVA, 2007; TRINDADE et al., 2007; CARVALHO et al., 2019; DA SILVA et al., 2020). O princípio dessa estratégia de manejo consiste em gerar ciclos sucessivos de rebrotação, que deverão ser interrompidos em uma fase anterior do crescimento vegetativo, quando o índice de área foliar crítico for alcançado (i.e., IAF crítico, onde 95% da radiação fotossinteticamente ativa é interceptada pelas folhas). Caso não seja interrompido, a competição por luz na base do dossel é intensificada no final do período de regeneração do pasto (i.e., IAF teto, quando o dossel alcança 100% de IL), resultando em maior alongamento de colmos e senescência, o que diminui o valor nutritivo e a taxa de acúmulo de forragem (DA SILVA; SBRISSIA; PEREIRA, 2015). Dessa forma, o manejo do pastejo busca potencializar o uso da IL como ferramenta para produzir forragem de qualidade.

A morfologia e arranjo foliar influenciam a capacidade de IL pelas plantas. As gramíneas possuem folhas erectófilas e menor coeficiente de extinção de luz, quando comparada as folhas planófilas da leguminosa, que intercepta maior quantidade de luz com menor IAF (ANDRADE; ASSIS; FERREIRA, 2015). Isso contribui para o aumento da complexidade do manejo de dosséis mistos de gramíneas e leguminosas.

Na associação de duas ou mais espécies, com hábitos de crescimento e exigências distintas, para sua coexistência dar certo é necessário que haja a complementaridade. Para isso é preciso que não ocorra sobreposição dos nichos, pois caso isso aconteça pode ocorrer a eliminação da espécie menos competitiva, devido à competição por recursos limitantes, como por exemplo luz, água e nutrientes (TOWNSEND; BEGON; HARPER, 2010). Tais fatos podem afetar a harmonia do consórcio (i.e., equilíbrio entre a composição botânica), a sua estabilidade (i.e., tempo de permanência) e resiliência (i.e., capacidade de se recuperar após sofrer um distúrbio; ANDRADE; FERREIRA; CASAGRANDE, 2015). Para se alcançar o consórcio ideal é necessário que ele possua alta harmonia e resiliência, pois aqueles que possuem baixa harmonia e resiliência são incompatíveis, e os que apresentam baixa harmonia e alta resiliência são persistentes (ANDRADE, 2010).

O mito da incompatibilidade fisiológica entre plantas das vias fotossintéticas C_3 versus C_4 foi amplamente difundida, levando a produtores e pesquisadores à acreditarem que o consórcio envolvendo leguminosa (C_3) e gramínea (C_4) fosse inviável (ANDRADE, 2010). A compatibilidade no consórcio entre espécies distintas é resultado tanto da habilidade competitiva entre plantas, quanto de características morfofisiológicas contrastantes (ANDRADE; FERREIRA; CASAGRANDE, 2015). Por exemplo, o Calopogônio apresenta

maior compatibilidade com gramíneas altas e cespitosas (MISRA; PANI, 2016), quando comparadas a forrageiras prostradas e estoloníferas, como aquelas do gênero *Cynodon* (ANDRADE, 2010).

Um mecanismo de competição do Calopogônio é a alelopatia, ou seja, sua capacidade de produzir compostos que inibem o crescimento de outras plantas na pastagem (TEODORO et al., 2011). Além da sua competição com outras espécies, por nutrientes do solo tais como nitrogênio, cálcio, magnésio, fósforo e potássio (MIRANDA; ZANELLA; SCHUNKE, 1992).

A persistência do Calopogônio sob pastejo depende da formação de plantas novas durante a estação de crescimento, já que se observa baixa sobrevivência de plantas individuais de um ano para outro. Para isso, os pastos deverão ser vedados durante o final do período chuvoso (março) para favorecer a ressemeadura natural, e a germinação dessas em condições favoráveis (CNPGC, 1988).

Após um evento de desfolhação (i.e., corte e/ou pastejo), o período de descanso das leguminosas forrageiras deve ser suficiente para garantir a rebrotação, manutenção das reservas de carboidratos solúveis para raízes e nódulos, e recuperação da atividade enzimática da nitrogenase e da fixação de N_2 (SOUZA et al., 1996). A recuperação do Calopogônio após o corte é mais lenta, em função da baixa disponibilidade de carboidratos não-estruturais, dependendo sua rebrotação da quantidade de área foliar residual (acima de 10 cm do solo; SOUZA et al., 1996).

Estudos recentes com pastagens tropicais têm recomendado desfolhações mais frequentes (90-95% de IL pré-pastejo) como medida de manejo para favorecer a proporção de leguminosas na composição botânica de dosséis mistos com capim Marandu, como é o caso do Calopogônio (ALVIAREZ et al., 2020) e do amendoim forrageiro (PEREIRA et al., 2017; GOMES et al., 2018). Tamele et al. (2017) encontraram a proporção adequada de 19 a 38% de amendoim forrageiro associado com capim Marandu, mantido a 20 cm de altura pré-pastejo. Enquanto, que o pastejo leniente (acima de 30 cm) diminuiu a população da leguminosa, o pastejo mais severo (10 cm), proporcionou o predomínio da leguminosa no dossel (TAMELE et al., 2017; HOMEM et al., 2019). A faixa ideal preconizada é de 20 a 45% de leguminosa na massa de forragem para pastos mistos tropicais (THOMAS, 1992, 1995; CADISCH; SCHUNKE; GILLER, 1994).

Dessa forma, se o manejo da desfolhação permite a manipulação da estrutura e composição do dossel, isso afeta tanto o valor nutritivo da forragem, como o comportamento ingestivo do animal (CARVALHO et al., 2014). Uma vez que o animal possui preferências por determinados componentes da forragem, que podem ser estimadas através da aceitabilidade de

uma forrageira em relação a outra, e/ou preferência por partes dela, durante o pastejo (ALLEN et al., 2011).

O aspecto comportamental do animal altera as variáveis do consumo (i.e., tempo de pastejo, taxa de bocados e massa do bocado) e, portanto, regulam o consumo diário de matéria seca (CMS) sob pastejo (HODGSON; CLARK; MITCHELL, 1994). O aspecto físico está relacionado à concentração de FDN do alimento, que determina a taxa de retenção do alimento no rúmen, proporcionando o enchimento ruminal que, conseqüentemente, regula o CMS (MERTENS, 1994).

O consumo voluntário de leguminosas é maior quando comparado ao de gramíneas com digestibilidade semelhante, devido às maiores taxas de degradação e o menor tempo de retenção de partículas no rúmen (THORNTON; MINSON, 1973; PHELAN et al., 2015). Com isso o aumento da proporção de leguminosa na dieta possibilita maior CMS, em função da melhoria da qualidade da forragem, com o aumento da concentração de PB e digestibilidade da matéria seca (MINSON; MILFORD, 1967) e diminuição da FDN (PHELAN et al., 2015).

No entanto, dietas ricas em leguminosas também podem ter efeito adverso no CMS, em função de altas concentrações de PB, que possivelmente tem relação com a disponibilidade de nitrogênio e energia, para o crescimento e atividade microbiana do rúmen (CASTRO-MONTOYA; DICKHOEFER, 2018). Além da presença de compostos bioativos, também denominados de antinutricionais (e.g., compostos fenólicos, taninos, flavonoides, aminoácidos não-proteicos, saponinas, alcaloides), que podem ser responsáveis pelo declínio no CMS, digestibilidade de nutrientes e redução da aceitabilidade da dieta (NAUMANN et al., 2017; CASTRO-MONTOYA; DICKHOEFER, 2020).

Algumas espécies de leguminosas normalmente apresentam baixa aceitabilidade pelo gado, como o *Calopogonium mucunoides* e *Calopogonium caeruleum* (MIDDLETON; MELLOR, 1982; MCSWEENEY; WESLEY-SMITH, 1986). No período seco, em função da disponibilidade da leguminosa, essa aceitabilidade pode ser alterada, ocorrendo aumento no seu consumo nesta época, devido à limitação do pasto em quantidade e qualidade (D'MELLO, 1992; CARVALHO; PIRES, 2008).

O favorecimento da população de leguminosa pouco aceitável, pode ser considerada uma desvantagem para o animal, pois limita seu consumo, atribuído ao maior tempo despendido pelo mesmo para selecionar partes mais nutritivas e preferidas da forragem, resultando em redução da dimensão do bocado (BENVENUTTI; GORDON; POPPI, 2008) e, conseqüentemente, da massa do bocado. Isso resulta em a maior rejeição e pisoteio da leguminosa (ALVIAREZ et al., 2020), o que diminui a eficiência de uso do pasto. No entanto,

para o sistema solo-planta isso é uma vantagem, pois favorece a ciclagem de nutrientes através da senescência e decomposição das folhas da leguminosa, que é a principal via de transferência do N fixado pela simbiose para o solo e outras plantas (SEIFFERT et al., 1985).

Nesse contexto, a associação entre leguminosas menos aceitáveis e competitivas, como o Calopogônio, e gramíneas de maior preferência, como as braquiárias, exigiria o manejo correto para evitar a predominância de leguminosas, o que requer um período de descanso adequado para recuperação da planta em lotação intermitente ou, no caso da lotação contínua, uma taxa de lotação mais baixa (LASCANO, 1987, 2000). Isso foi relatado anteriormente (CIAT, dados não publicados) ao comparar um pasto misto de *Brachiaria ruziziensis* com *C. mucunoides*, onde houve inicialmente o predomínio da leguminosa em relação a gramínea (70:30) sob lotação contínua, e em seguida reverteu-se a proporção entre ambas (25:75), com adoção de período de descanso de quatro meses na estação chuvosa, associado a redução da taxa de lotação de 2,5 para 1,5 UA/ha (LASCANO, 1987, 2000).

O manejo do pastejo adequado deve proporcionar a otimização do consumo de forragem, visto que este é o principal fator que afeta o desempenho animal (DA SILVA et al., 2013; CARVALHO et al., 2014). Assim como a melhoria da qualidade da forragem e da eficiência de utilização dos nutrientes consumidos (e.g., proteína), que também são fatores que contribuem para variações no desempenho de ruminantes em pastejo (LÜSCHER et al., 2014).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Os procedimentos experimentais envolvendo animais foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal de Lavras (CEUA/UFLA), sob o protocolo n° 051/15.

3.1 Descrição da área e período experimental

O experimento foi conduzido na fazenda experimental da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras-MG, localizada a 21°13'51,85'' de latitude sul, 44°58'10,15' de longitude oeste e 911 m de altitude. O clima da região é definida como Cwa mesotérmico úmido subtropical, com verão chuvoso e inverno seco (SÁ JÚNIOR et al., 2012). Os dados climáticos do período experimental foram obtidos por meio de uma estação meteorológica, localizada a cerca de 750 m da área experimental (Fig. 1).

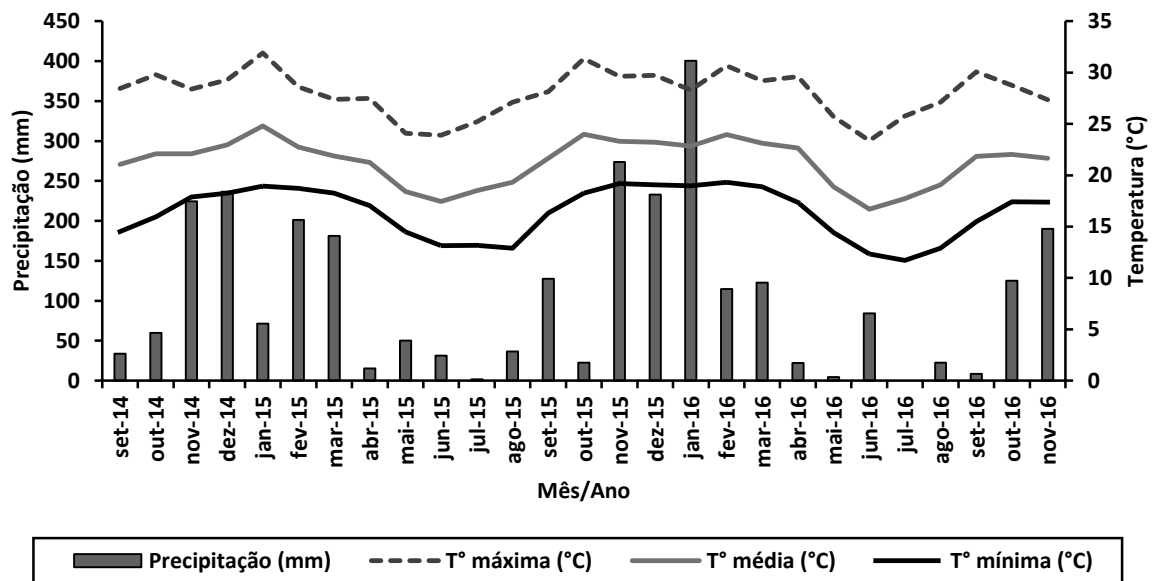


Figura 1. Dados meteorológicos para o período experimental em Lavras-MG.

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico argissólico (EMBRAPA, 2018). As características químicas do solo, na implantação do experimento (Setembro de 2014) foram as seguintes: pH (H₂O) = 6,2; MO = 4,6 %; P = 1,13 mg/dm³; K⁺ = 66 mg/dm³; Ca²⁺ = 3,0 cmol_c/dm³; Mg²⁺ = 1,0 cmol_c/dm³; Al³⁺ = 0,0 cmol_c/dm³; H + Al = 2,59 cmol_c/dm³; capacidade de troca catiônica a pH 7,0 = 6,76 cmol_c/dm³ e saturação de bases = 4,17 cmol_c/dm³.

O experimento foi conduzido de outubro de 2014 a outubro de 2016. As avaliações foram divididas em dois períodos experimentais em cada ano, abrangendo a estação chuvosa e transição chuva-seca. As estações chuvosas tiveram duração de 154 dias (de 03/10/2014 a 06/03/2015) e 133 dias (de 03/11/2015 a 15/03/2016), em cada período experimental, respectivamente. A transição chuva-seca, com duração de 115 dias (de 07/03/2015 a 30/06/2015) e 124 dias (16/03/2016 a 18/07/2016), em cada período experimental, respectivamente. Os períodos de seca, de 01/07/2015 a 02/11/2015 e de 19/07/2016 a 26/10/2016, não foram incluídas na análise estatística, devido as condições climáticas que limitaram os dosséis a atingirem a IL pré-determinada em cada tratamento.

O experimento foi implantado em uma área de pasto misto de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) R.D. Webster [sin. *Urochloa brizantha* Stapf cv. Marandu] e Calopogônio (*Calopogonium mucunoides* Desv. cv. Comum), estabelecida em dezembro de 2012. As taxas de semeadura foram de 7,0 e 6,3 kg/ha de sementes puras viáveis para capim Marandu e Calopogônio, respectivamente, sendo estas misturadas com o adubo fosfatado e distribuído a lanço.

Após o estabelecimento, o pasto foi manejado sob o método de lotação *mob stocking* (ALLEN et al., 2011). Em outubro de 2014, foi realizado um pastejo de uniformização em todas as unidades experimentais até a altura pós-pastejo de 15 cm. Em seguida, o manejo foi conduzido de acordo com os tratamentos (frequências de desfolhação).

A adubação de manutenção foi realizada anualmente, no período chuvoso após a saída dos animais. Foram aplicadas a dose única (kg/ha) de 40 de P₂O₅ (superfosfato simples), 53 de K₂O (cloreto de potássio), 38 de Ca, 1,7 de S, 0,5 de B, 0,25 de Cu, 0,6 de Mn, 0,03 de Mo e 2,7 de Zn.

3.2 Tratamentos e manejo experimental

Os tratamentos experimentais corresponderam a três estratégias de frequência de desfolhação, definidas pela interrupção da rebrotação, ou seja, quando o dossel atingisse a interceptação de luz (IL), correspondente a 90% (90IL), 95% (95IL) e 100% (100IL).

A área experimental foi dividida em 12 unidades experimentais e estas foram subdivididas em três piquetes cada (GOMES et al., 2018). O tamanho das unidades experimentais foi dimensionado em função dos tratamentos, sendo as áreas de 540; 480 e 450 m², respectivamente, para os tratamentos de 90IL, 95IL e 100IL, totalizando 0,6 ha. Cada unidade experimental possuía ainda uma área de descanso de 30 m², onde foram instalados os bebedouros e cochos para suplemento mineral. Também foi utilizado 1 ha de pasto de *B. brizantha* cv. Marandu como área de reserva.

O método de pastejo adotado foi o de lotação intermitente, com taxa de lotação variável pelo método *put-and-take* (ALLEN et al., 2011). O período de descanso foi variável, uma vez que correspondeu ao intervalo de tempo necessário para que o pasto atingisse a meta de IL de cada tratamento, como critério para entrada dos animais. O período de ocupação em cada piquete foi de três dias, totalizando nove dias consecutivos de pastejo da unidade experimental (GOMES et al., 2018). O pastejo foi realizado por no mínimo duas novilhas da raça Tabapuã (254 ± 52 kg), até atingir a meta de altura pós-pastejo de 15 cm. Para o ajuste da taxa de lotação, as novilhas foram pesados a cada 45 dias (ALLEN et al., 2011).

3.3 Avaliações experimentais

3.3.1 Intercepção luminosa e altura do dossel

O monitoramento da intercepção luminosa (IL) e da altura do dossel foram realizados durante todo o período experimental, com início após o pastejo de uniformização.

As leituras de IL foram realizadas semanalmente e a frequência de monitoramentos foi aumentada para duas vezes na semana quando o nível de IL aproximava da meta estabelecida pelo tratamento até o momento da entrada dos animais. Para a altura do dossel foi utilizado *sward stick* (BARTHAM, 1985), em cada unidade experimental foram realizadas 100 leituras em pontos aleatórios, na entrada e saída dos animais do piquete.

Para a IL foi utilizado o analisador de dossel LAI-2200 (LI-COR, Lincoln, NE, EUA). As mensurações foram realizadas em pontos aleatórios de cada piquete, sendo 11 leituras de referência acima do dossel e 100 leituras no nível do solo.

Os dados de altura do dossel, massa de forragem, composição morfológica e botânica (i.e., proporção de gramínea e leguminosa na massa de forragem) podem ser encontrados em Alviarez et al. (2020), cujo estudo foi realizado concomitantemente a esse experimento.

3.3.2 Valor nutritivo

Para caracterização do valor nutritivo da dieta consumida pelos animais em pastejo, as amostras de forragem foram coletadas uma vez ao dia, durante os três dias de ocupação de cada piquete, de acordo com o método de simulação de pastejo (*hand-plucking*; DE VRIES, 1995). As amostras foram amostradas separadamente e secas em estufa de circulação forçada de ar a 55°C por 72 h até um peso constante, e processadas em moinho de facas do tipo Wiley com peneira com crivo de 1 mm. Em seguida, foi feita uma amostra composta pelos três dias de coleta para determinação da composição química.

As amostras de gramínea e leguminosa foram submetidas à análise de matéria seca (MS) em estufa sem ventilação a 100°C por 18 h (AOAC, 1990). A concentração de cinzas foi determinada pelo processo de combustão da amostra em forno mufla a 600°C durante 4 h (AOAC, 1990). A fibra em detergente neutro (FDN) foi determinada pela digestão da amostra em solução de detergente neutro (MERTENS, 2002), sem sulfito de sódio e α -amilase termoestável, e submetida ao aquecimento em autoclave a 105°C por 60 min (PELL; SCHOFIELD, 1993). A concentração de proteína bruta (PB) foi obtida multiplicando a

concentração de nitrogênio total determinada pelo método de Kjeldahl, pelo fator de conversão de 6,25 (AOAC, 1990). A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foi determinada de acordo com Holden (1999), utilizando a incubadora DaisyII (ANKOM Technology Co., Macedon, EUA) durante 48 h. O inóculo ruminal foi coletado antes da alimentação de duas novilhas canuladas no rúmen alimentadas com uma dieta que consistia em pasto de capim Marandu.

3.3.3 Consumo de forragem

O consumo de forragem foi estimado através da produção fecal associada a indigestibilidade da MS da forragem. Para estimativa da produção fecal foi utilizado o dióxido de titânio (TiO₂) como indicador externo (TITGEMEYER et al., 2001), fornecido em uma única dose diária de 10 g animal/dia, na forma de cápsulas de papel, administrada via oral. As novilhas receberam o indicador durante nove dias, sendo seis de adaptação e 3 dias coleta de fezes, amostradas diretamente do reto uma vez ao dia, em diferentes horários (manhã, meio dia e tarde) em cada dia. As amostras fecais foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 55°C por 72 h e processadas em moinho de facas com peneiras com crivo de 1 mm. A amostra composta foi constituída pelos três dias de coleta por animal e período, e analisada quanto a concentração de dióxido de titânio, abundância de ¹³C e concentração de N.

A concentração de dióxido de titânio nas fezes foi determinada pelo método colorimétrico descrito por Myers et al. (2004). A produção fecal (kg) foi estimada pela relação entre a dose diária de indicador fornecido ao animal (g TiO₂ animal/dia) e sua concentração nas fezes (g TiO₂ kg/fezes).

As amostras de fezes e forragem foram analisadas quanto a abundância de ¹³C, para estimar a proporção de gramínea e leguminosa na dieta das novilhas em pastejo, através da razão isotópica ¹³C/¹²C (JONES et al., 1979; MACEDO et al., 2010). Para determinação do $\delta^{13}\text{C}$, as amostras (1 mm) foram finamente moídas em moinho de rolos e submetidas ao analisador elementar de C e N total (EA 1108, Carlo Erba Instruments, Milão, Itália), acoplado à um espectrômetro de massa de razão isotópica de fluxo contínuo (DeltaV, Finnigan MAT, Bremen, Alemanha), pertencente ao Laboratório de Isótopos Estáveis, da Embrapa Agrobiologia, Seropédica, RJ.

Após analisar a abundância de ¹³C foi estimada a proporção de leguminosa presente nas fezes, a partir do percentual de C proveniente de leguminosa (Eq. 1), possibilitando determinar

o consumo individual de leguminosa ou gramínea pelas novilhas mantidas no pasto misto de Calopogônio e capim Marandu.

$$\%C_{Leg} = 100 \times (\delta^{13}C_{Fez} - \delta^{13}C_{Gram}) \div (\delta^{13}C_{Leg} - \delta^{13}C_{Gram}) \quad (1)$$

onde $\%C_{Leg}$ é a proporção de carbono da leguminosa na amostra de fezes e $\delta^{13}C_{Fez}$, $\delta^{13}C_{Gram}$, $\delta^{13}C_{Leg}$ correspondem aos valores de abundância de ^{13}C das fezes, gramínea e leguminosa, respectivamente.

O consumo total de forragem foi calculado considerando a produção fecal e sua digestibilidade *in vitro* da matéria seca a partir da equação (MACEDO et al., 2010).

$$\text{Consumo de MS} = \text{produção fecal} / (1 - (\% \text{ DIVMS} / 100)) \quad (2)$$

onde $\% \text{ DIVMS}$ é a $\%$ de digestibilidade *in vitro* da matéria seca.

A partir do consumo total de MS foram estimadas as proporções de gramínea e de leguminosa consumidas. O consumo de PB e FDN proveniente da gramínea e da leguminosa foram calculados multiplicando o consumo de cada espécie, pela concentração do nutriente na amostra. Dessa forma, o consumo total de PB e FDN da dieta foram obtidos pelo somatório desses nutrientes consumidos através do consumo da gramínea e da leguminosa.

O consumo de matéria orgânica digestível (CMOD; kg/d) foi calculado multiplicando consumo de MO da forragem pelo sua digestibilidade da MO. A digestibilidade da MO da forragem foi determinada a partir da produção fecal estimada com o indicador externo de dióxido de titânio, e pela concentração de cinzas das fezes, como já foi descrito para as amostras de forragem.

3.3.4 Balanço de nitrogênio

O balanço de N no animal foi obtido pela diferença entre a quantidade de N consumida e o N excretado nas fezes e urina, representando o N retido no animal. O consumo total de N (g/d) foi calculado através do somatório dos produtos do consumo diário de cada espécie forrageira pela sua concentração total de N.

A excreção total de N foi obtida a partir da soma da excreção diária de nitrogênio nas fezes e na urina. A excreção fecal de N (g/d) foi calculada multiplicando a produção fecal diária pela concentração de N nas amostras de fezes.

A coleta de amostra *spot* de urina foi realizada para estimar a excreção urinária de N e síntese de N microbiano. As amostras de urina de cada novilha foram coletadas durante três dias consecutivos de cada período, simultaneamente à coleta de fezes, e foi obtida por meio do estímulo manual da região vulvar para estimular a micção. Posteriormente, a urina foi acidificada com ácido sulfúrico (H₂SO₄) a 10% (v/v), na proporção 9:1 e congelada (CHEN; GOMES, 1992). A amostra composta pelos três dias de coleta, de cada animal por período foi analisada para determinar as concentrações de creatinina, N total e derivados de purinas.

A concentração de creatinina foi determinada pelo método cinético colorimétrico utilizando um kit comercial (Creatinina Cinética, Bioclin, Belo Horizonte, Brasil). A partir da relação entre a concentração de creatinina na amostra *spot* de urina e a excreção diária de creatinina para gado zebu, o volume urinário diário foi estimado pela equação de Gomes et al. (2018), adaptada de Costa e Silva et al. (2012):

$$PU = (0,0345 \times PCJ^{0,9491}) \div UC_c \quad (3)$$

onde PU (L/d) é a produção urinária diária, PCJ (kg) é o peso corporal em jejum, UC_c (mg/L) é a concentração de creatinina na urina. A excreção urinária de N (g/d) foi calculada como o produto do volume urinário diário e a concentração de N na urina (método 920,87; AOAC, 2000).

3.3.5 Síntese de N microbiano

A síntese de N microbiano no rúmen foi estimada indiretamente pela excreção de derivados de purinas (i.e., alantoína e ácido úrico) na urina. A concentração de alantoína foi analisada por espectrofotometria de acordo com a metodologia de Chen e Gomes (1992). A determinação do ácido úrico foi através do método enzimático colorimétrico utilizando um kit comercial (Ácido Úrico Monoreagente, Bioclin, Belo Horizonte, Brasil).

A excreção urinária de alantoína e ácido úrico (mmol/d) foi calculada pelo produto de suas concentrações e o volume urinário diário. O somatório desses valores resultou na excreção diária de derivados de purinas (DP_e), que foi utilizada para calcular a absorção de purinas microbianas (P_a), e posteriormente a produção de N microbiano no rúmen (NMIC, g N/d), de acordo com as equações 4 e 5, respectivamente, adaptadas de Chen e Gomes (1992):

$$P_a = (DP_e - 0,385 PV^{0,75}) \div 0,85 \quad (4)$$

$$\text{NMIC} = 0,727 \times P_a \quad (5)$$

onde P_a é a purina absorvida pelo animal (mmol/d); DP_e é a excreção total de DP (mmol/d); $0,385 PV^{0,75}$ é a contribuição endógena de DP por kg de peso corporal metabólico em 24 h; $0,85$ é a recuperação de DP na urina.

A eficiência de síntese de N microbiano no rúmen foi determinada pela relação entre a quantidade de N microbiano produzida no rúmen (NMIC) pelo consumo diário de matéria orgânica digestível (kg/d), sendo expresso em g de N microbiano por kg de MO digestível.

3.4 Análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com três tratamentos (frequência de desfolhação), quatro repetições e com medidas repetidas ao longo do tempo (período do ano). Os dados foram analisados por meio de modelos mistos (LITTELL et al., 1996), utilizando o procedimento MIXED do SAS (SAS Institute, Cary, NC, EUA). Os efeitos de estratégia de desfolhação, período e suas interações foram considerados efeitos fixos, enquanto os efeitos de bloco foram considerados aleatórios. O critério de informação de Akaike (AIC) foi utilizado para seleção da melhor estrutura de covariâncias (AKAIKE, 1974). As médias dos tratamentos foram estimadas com o LSMEANS e a comparação foi realizada por meio da probabilidade da diferença (PDIF), quando significativo para o teste t de Student ($P < 0,10$). Os dados foram analisados de acordo com o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + A_j + \gamma_{ij} + E_k + (AE)_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

onde:

Y_{ijk} = valor observado no i -ésimo bloco, do j -ésimo frequência de desfolhação, do k -ésimo período;

μ = média geral;

B_i = efeito aleatório associado ao i -ésimo bloco, $i = 1, 2, 3, 4$;

A_j = efeito fixo associado a j -ésimo frequência de desfolhação, $j = 1, 2, 3$;

γ_{ij} = erro aleatório associado ao i -ésimo bloco no j -ésimo frequência de desfolhação;

E_k = efeito fixo associado ao k -ésimo período, $k = 1, 2, 3, 4$;

$(AE)_{jk}$ = efeito fixo da interação da j -ésimo frequência de desfolhação com o k -ésimo período;

ε_{ijk} = erro aleatório associado ao i -ésimo bloco no j -ésimo frequência de desfolhação com o k -ésimo período (erro residual).

4. RESULTADOS

4.1 Valor nutritivo

A composição química do capim Marandu e do Calopogônio está apresentada na Tabela 1. A concentração de MO do capim Marandu ($P < 0,001$) foi maior em 100IL, seguido por 95IL e 90IL. As concentrações de PB ($P < 0,001$) e a DIVMS ($P < 0,001$) foram maiores em 90IL, e diminuíram progressivamente em 95IL e 100IL. As concentrações de FDN ($P = 0,002$) foram maiores nas estratégias de manejo de 95IL e 100IL em relação ao 90IL. A concentração de FDN ($P < 0,001$) foi maior na estação de transição comparada com a chuvosa. As outras variáveis não tiveram efeito das estações do ano ($P > 0,10$).

Não houve efeito de manejo do pastejo na concentração de MO do Calopogônio ($P = 0,194$). As concentrações de PB ($P = 0,003$) e a DIVMS ($P = 0,067$) foram maiores para 90IL e 95IL e menor em 100IL. A concentração de FDN ($P = 0,077$) foi maior em 100IL, intermediário em 95IL e menor em 90IL. A concentração de MO ($P = 0,001$) foi maior na estação de transição do que a chuvosa, enquanto que a DIVMS ($P = 0,084$) diminuiu na estação de transição em relação a chuvosa. Não houve efeito das estações do ano nas concentrações de PB ($P = 0,395$) e FDN ($P = 0,372$). A digestibilidade da MO da forragem ($P = 0,047$) foi maior em 95IL e 90IL e durante a estação chuvosa.

4.2 Consumo de forragem e nutrientes

Os dados referentes ao consumo de forragem estão apresentados na Tabela 2. Houve menor consumo total de PB ($P = 0,005$) e consumo de PB oriunda da gramínea ($P < 0,001$) em 100IL em relação a 95IL e 90IL. Não houve efeito da estratégia de manejo do pastejo nos outros parâmetros do consumo de forragem ($P > 0,10$). O consumo total de forragem ($P = 0,339$) e PB ($P = 0,991$) não foram afetadas pela estação do ano. Houve aumento no consumo de gramínea ($P = 0,037$) na estação de transição em relação a chuvosa, conseqüentemente houve maior consumo de PB ($P < 0,001$) e FDN ($P = 0,007$) proveniente da gramínea nesta estação. Já na estação chuvosa, o consumo de leguminosa ($P = 0,035$) foi maior do que na estação de transição e, portanto, aumentou o consumo de PB ($P = 0,049$) e FDN ($P = 0,040$) oriundo da leguminosa nesta estação. O maior consumo total de FDN ($P = 0,062$) foi observado na estação de transição comparado com a chuvosa.

Tabela 1. Valor nutritivo do capim Marandu e Calopogônio em pastos mistos sob efeito de manejo do pastejo durante a estação chuvosa e transição

Item [‡]	Estratégias de manejo do pastejo (EMP)*			Estações (E)		EPM [†]	Valor P		
	90IL	95IL	100IL	Chuvosa	Transição		EMP	E	EMP x E
Capim Marandu									
MO, %MS	91,0c	91,5b	92,3a	91,6	91,7	0,15	<0,001	0,425	0,101
PB, %MS	11,9a	10,6b	7,5c	10,0	10,0	1,1	<0,001	0,985	0,370
FDN, %MS	65,9b	67,4a	68,0a	65,9	68,4	0,45	0,002	<0,001	0,361
DIVMS, %	66,0a	64,5b	62,8c	64,7	64,2	1,9	<0,001	0,447	0,674
Calopogônio									
MO, %MS	93,0	93,5	93,7	92,8	93,8	0,34	0,194	0,001	0,503
PB, %MS	24,9a	24,6a	21,7b	24,2	23,3	1,3	0,003	0,395	0,203
FDN, %MS	49,2b	50,8ab	51,3a	50,7	50,2	0,75	0,077	0,372	0,417
DIVMS, %	69,0a	68,2a	65,4b	68,6	66,5	1,0	0,067	0,084	0,362
Forragem									
Digestibilidade da MO, %	68,2a	65,9a	62,3b	67,8	63,2	1,3	0,005	0,047	0,199

^{a-c}Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na linha diferem entre si pelo teste *t* de Student ($P < 0,10$);

*90IL: 90% de interceptação de luz; 95IL: 95% de interceptação de luz; 100IL: 100% de interceptação de luz;

[‡]MO: Matéria orgânica; PB: Proteína bruta; FDN: Fibra em detergente neutro; DIVMS: Digestibilidade *in vitro* da matéria seca;

[†]EPM: Erro padrão da média.

Tabela 2. Consumo de forragem por novilhas de corte em pastos mistos de capim Marandu e Calopogônio sob efeito de manejo do pastejo durante a estação chuvosa e transição

Item	Estratégias de manejo do pastejo (EMP)*			Estações (E)			Valor P		
	90IL	95IL	100IL	Chuvosa	Transição	EPM [†]	EMP	E	EMP x E
Consumo total de forragem, %PC/d	1,68	1,96	1,78	1,76	1,75	0,14	0,351	0,339	0,415
Consumo de gramínea, %PC/d	1,47	1,81	1,65	1,55	1,74	0,21	0,165	0,037	0,365
Consumo de leguminosa, %PC/d	0,21	0,13	0,12	0,20	0,11	0,16	0,412	0,035	0,677
Consumo total de PB, %PC/d	0,22a	0,22a	0,15b	0,20	0,20	0,02	0,005	0,991	0,329
Consumo de PB da gramínea, %PC/d	0,17a	0,19a	0,12b	0,15	0,17	0,02	<0,001	<0,001	0,107
Consumo de PB da leguminosa, %PC/d	0,05	0,03	0,03	0,05	0,03	0,04	0,334	0,049	0,725
Consumo total de FDN, %PC/d	1,07	1,29	1,17	1,11	1,24	0,09	0,191	0,062	0,384
Consumo de FDN da gramínea, %PC/d	0,97	1,21	1,11	1,01	1,18	0,14	0,101	0,007	0,381
Consumo de FDN da leguminosa, %PC/d	0,10	0,07	0,06	0,10	0,05	0,08	0,534	0,040	0,732

^{a-c}Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na linha diferem entre si pelo teste *t* de Student ($P < 0,10$);

*90IL: 90% de interceptação de luz; 95IL: 95% de interceptação de luz; 100IL: 100% de interceptação de luz;

[†]EPM: Erro padrão da média.

4.3 Uso de nitrogênio

Os resultados relacionados ao uso de nitrogênio da forragem estão apresentados na Tabela 3. Não teve efeito de manejo do pastejo no consumo de matéria orgânica digestível ($P = 0,916$), eficiência de síntese de proteína microbiana ($P = 0,644$) e excreção fecal de nitrogênio ($P = 0,184$). O 100IL resultou na diminuição do consumo de N ($P < 0,001$), excreção urinária de nitrogênio ($P = 0,007$) e N retido ($P = 0,014$), em relação aos outros tratamentos. A relação entre PB/MO digestível ($P < 0,001$) foi maior em 90IL, e progressivamente reduzida em 95IL a 100IL. A maior produção de N microbiano no rúmen ($P = 0,093$) ocorreu em 90IL, seguido pelo 95IL e a menor em 100IL. Na estação chuvosa, houve um aumento no consumo de matéria orgânica digestível ($P = 0,036$), consumo de N ($P = 0,037$) e excreção urinária de nitrogênio ($P = 0,035$). Os demais parâmetros não tiveram efeito da sazonalidade ($P > 0,10$).

Tabela 3. Uso do nitrogênio por novilhas de corte em pastos mistos de capim Marandu e Calopogônio sob efeito de manejo do pastejo durante a estação chuvosa e transição

Item [‡]	Estratégias de manejo do pastejo (EMP)*			Estações (E)		EPM [†]	Valor P		
	90IL	95IL	100IL	Chuvosa	Transição		EMP	E	EMP x E
CMOD, kg/d	2,92	3,02	2,91	3,18	2,72	0,23	0,916	0,036	0,532
Consumo de N, g/d	116,2a	106,7a	78,8b	106,0	93,1	8,3	<0,001	0,037	0,221
PB/MOD, g/kg	218,0a	194,0b	149,4c	186,2	188,0	20,5	<0,001	0,806	0,913
NMIC, g de N/d	74,3a	63,8ab	54,5b	68,0	60,4	7,7	0,093	0,202	0,511
ESM, g de NMIC/kg MOD	25,9	21,9	21,6	23,4	22,8	4,4	0,644	0,839	0,145
EUN, g de N/d	58,1a	52,6a	41,8b	55,6	46,0	5,8	0,007	0,035	0,226
EFN, g de N/d	28,9	33,6	29,8	31,8	29,7	1,9	0,184	0,264	0,605
N retido, g de N/d	29,2a	20,5a	7,2b	18,6	17,4	6,8	0,014	0,675	0,158

^{a-c}Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na linha diferem entre si pelo teste *t* de Student ($P < 0,10$);

*90IL: 90% de interceptação de luz; 95IL: 95% de interceptação de luz; 100IL: 100% de interceptação de luz;

[‡]CMOD: Consumo de matéria orgânica digestível; PB/MOD: Relação proteína bruta/matéria orgânica digestível; NMIC: Síntese de nitrogênio microbiano no rúmen; ESM: Eficiência de síntese de proteína microbiana; EUN: Excreção urinária de nitrogênio; EFN: Excreção fecal de nitrogênio;

[†]EPM: Erro padrão da média.

5. DISCUSSÃO

Estudos que avaliam a influência do manejo do pastejo com base na IL em monoculturas de gramíneas (NAVE; PEDREIRA; PEDREIRA, 2010; PEDREIRA; BRAGA; PORTELA, 2017; DA SILVA et al., 2020) e pastos mistos de gramíneas com leguminosas (GOMES et al., 2018), verificaram que ocorre diminuição no valor nutritivo da forragem, quando estes são manejados sob condições de IL superior a 95% IL e rebaixados em alturas semelhantes.

No presente estudo, houve redução das concentrações de PB, DIVMS e a digestibilidade da MO e aumento da concentração de FDN no tratamento de 100IL em relação ao 90IL e 95IL, tanto na gramínea quanto na leguminosa. Os dois fatores que justificam esse resultado são: a diminuição da frequência de pastejo, evidenciando o avanço da maturidade das plantas no momento do pastejo e a maior severidade de desfolhação no tratamento de 100IL, em relação aos demais manejos. Um longo período de descanso em pastos mistos, possibilita que o dossel se aproxime de 100% da IL. Como consequência, as plantas aumentam seu investimento no alongamento dos colmos, devido a intensificação da competição por luz entre si (DA SILVA; SBRISSIA; PEREIRA, 2015; PEREIRA et al., 2017). Isso caracteriza a plasticidade fenotípica da planta, ou seja, sua capacidade em ajustar a morfologia/fisiologia em resposta a variações nas condições ambientais (SCHLICHTING, 1986).

Além da maior proporção de colmos na massa, o avanço da maturidade e a competição por luz contribuem para aumento de parede celular e diminuição de proteína, e, conseqüentemente, redução na digestibilidade da forragem (Tabela 1), afetando negativamente o seu valor nutritivo (TERRY; TILLEY, 1964; ELGERSMA; SØEGAARD, 2018). Além disso, o menor valor nutritivo nos pastos com menor frequência de desfolhação, pode ser explicado pela maior severidade no manejo de 100IL. No trabalho de Alviarez et al. (2020) realizado simultâneo à esse experimento, a fim de manter a mesma altura de resíduo em todos manejos do pastejo, diferentes severidades de desfolhação foram adotados (média de remoção de 31, 41 e 54% da altura do dossel pré-pastejo, em 90IL, 95IL e 100IL, respectivamente). Dessa forma, os animais que pastejaram os dosséis 100IL tiveram que ingerir os estratos inferiores do dossel, os quais são caracterizados por maior proporção de colmo e material morto e, portanto, dieta de pior valor nutritivo.

No geral, verificou-se que as estações do ano estudadas tiveram pouca influência no valor nutritivo da forragem, com exceção do FDN da gramínea que apresentou menor valor durante a estação chuvosa, e a digestibilidade da leguminosa que foi maior durante a mesma estação (Tabela 1). Na gramínea, o menor valor de FDN pode ser explicado pelo fato de que

durante a estação chuvosa, há condições de climáticas mais favoráveis para o desenvolvimento da planta (EPIFANIO et al., 2019). A maior velocidade de crescimento da forragem nessa condição, possibilita que o pastejo seja realizado mais frequente, com isso favorece a renovação de tecidos e perfilhos, resultando no maior aparecimento de lâminas e menor alongamento de colmos (LARA; PEDREIRA, 2011). Com isso, a planta adota a estratégia de investir na produção de novos perfilhos vegetativos, desde que haja disponibilidade de recursos, especialmente água, temperatura e luz (TERRA et al., 2015).

Os perfilhos jovens possuem maior conteúdo de PB (GARCIA et al., 2021), conseqüentemente, menor de FDN, podendo ser explicado pela maior proporção de tecidos de células do mesofilo nas folhas jovens (BATISTOTI et al., 2012). Embora a PB não tenha variado significativamente entre as estações, ela pode ter influenciado na obtenção do menor valor de FDN. Enquanto, que durante a transição chuva e seca a planta prioriza a manutenção dos perfilhos já existentes (SANTANA et al., 2016).

Com o avanço da maturidade, esses perfilhos atingem o estágio reprodutivo, prejudicando o seu valor nutritivo, devido ao alongamento do colmo e senescência foliar, e que culmina com o processo de florescimento (ULLMANN et al., 2017; BRAGA et al., 2019). Isso ocorre porque o alongamento de colmos e a produção de sementes, tornam-se prioritários na alocação dos fotoassimilados (SANTANA et al., 2016) nessas condições climáticas. Dessa forma, tanto as alterações na morfologia (e.g., menor relação lâmina foliar:colmo), quanto na composição química da parede celular da planta (i.e., lignificação), são responsáveis pelo aumento do conteúdo de fibra da forragem (VAN SOEST, 1994; ELGERSMA; SØEGAARD, 2018).

O Calopogônio apresentou melhor valor nutritivo do que o capim Marandu, isso ocorre devido a diferenças anatômicas, fisiológicas e morfológicas que modulam seu valor nutritivo. As leguminosas possuem maior proporção de células de mesofilo nas lâminas foliares e do floema em suas nervuras (BUXTON; REDFEARN, 1997). Estas células possuem apenas parede celular primária e por isso nunca ocorre o processo de lignificação (JUNG; SAMAC; SARATH, 2012), constituindo assim tecidos de alta digestibilidade (AKIN, 1989), o que explica o maior valor de DIVMS para Calopogônio quando comparado com o capim Marandu (Tabela 1).

Além disso, verificou-se também concentrações mais elevadas de PB na leguminosa do que na gramínea em todos os tratamentos. Isso pode estar relacionado ao fato que, essas duas forrageiras possuem características fisiológicas e morfológicas distintas, onde as leguminosas

tendem a possuir maior concentração do N foliar, na forma de enzimas fotossintéticas, quando comparado com as gramíneas (MILLARD, 1988).

Apesar do valor nutritivo da forragem ter apresentado menor variação entre as estações, verificou-se que a digestibilidade do Calopogônio foi maior durante a estação chuvosa. O Calopogônio é uma planta que possui ciclo de vida semiperene, logo durante a estação seca, reduz sua proporção na massa de forragem (ALVIAREZ et al., 2020). Com o início da estação chuvosa, a planta rebrota aumentando a quantidade de folhas jovens, o que pode explicar uma maior digestibilidade da leguminosa nessa estação.

A maior presença de colmo no topo do dossel em pastos manejados com IL maior que 95%, normalmente impõe, aos bovinos, restrições no consumo de forragem (CONGIO et al., 2018; DÓREA et al., 2020; GOMES et al., 2020). No presente estudo, não foi observado efeito do manejo do pastejo no consumo de forragem dos animais. Esse resultado pode estar relacionado à rejeição dos animais à leguminosa. Conforme observado, a proporção de leguminosa no consumo total de forragem foi menor em relação ao da gramínea, sendo 12,5% no 90IL e 7% no 95IL e 100IL (Tabela 2).

Este comportamento pode ser atribuído a baixa aceitabilidade do Calopogônio pelos animais (PACIULLO et al., 2014; MISRA; PANI, 2016). Dentre os fatores que afetam essa aceitabilidade do Calopogônio, podem ser citados o sabor e odor da planta, além da sua baixa digestibilidade (MCSWEENEY; WESLEY-SMITH, 1986). Essa última característica está correlacionada negativamente com a abundância de pelos epidérmicos nas folhas e caules da planta, devido à presença de cutina e lignina na sua composição, que impedem a digestibilidade do tecido intacto, podendo ser uma das razões para o menor consumo da leguminosa pelos animais (PIZARRO; CARVALHO, 1997). Na revisão realizada por D’Mello (1992), ele cita que várias leguminosas mostram que não há associação direta entre a baixa aceitabilidade com a presença de compostos secundários, com exceção de *Desmodium* spp., podendo este não ser o fator limitante do consumo de Calopogônio.

Além disso, devido a seu hábito de crescimento volúvel, o Calopogônio manteve maior proporção da sua massa no topo do dossel (ALVIAREZ et al., 2020), com isso os animais possuíram maior dificuldade para selecionar e colher a gramínea em todos os manejos estudados. Isso pode afetar o comportamento seletivo dos animais, o que justificaria o consumo similar em todas as IL (Tabela 2). Mesmo com consumo de matéria seca semelhante, o valor nutritivo da forragem propiciou maior consumo de PB nos pastos manejados com 90IL e 95IL (Tabela 2). É importante destacar que o consumo total de PB da forragem foi favorecido mais

pelo consumo de PB oriundo da gramínea, pois as estratégias de manejo não influenciaram o consumo de PB da leguminosa, visto que a participação de leguminosa na dieta foi limitada.

O consumo de leguminosa pode ter sido afetado também pelo ciclo de vida semiperene do Calopogônio, no qual durante a estação seca ocorre redução da sua proporção na massa de forragem (SEIFFERT; ZIMMER, 1988; EUCLIDES; MACEDO; OLIVEIRA, 1998), devido à perda natural das folhas nos períodos críticos (SEIFFERT et al., 1985; TEODORO et al., 2011). Esse mesmo comportamento foi observado por Alviarez et al. (2020), cujo os dados coletados concomitantemente na mesma área experimental, mostraram que houve um declínio da massa de leguminosas no inverno de 2014 em relação ao outono de 2014 (1724 kg e 3,814 MS/ha, respectivamente), com alguns tratamentos alcançando zero, no início do experimento.

Dessa forma, para o Calopogônio o maior consumo foi obtido durante a estação chuvosa, o contrário foi observado para o capim Marandu, que teve a maior taxa de consumo durante a estação de transição (Tabela 2). Isso provavelmente pode ter ocorrido devido a sazonalidade de produção de forragem das espécies.

Em ambientes tropicais que possuem estação seca bem definida e com duração superior a quatro meses, como é o caso da área de estudo, o Calopogônio apresenta ciclo de vida anual ou perene de curta duração (KRETSCHMER JR.; PITMAN, 2001). Nessa condição, a floração e frutificação do Calopogônio ocorrem durante a transição, possibilitando a formação de um banco de sementes no solo no final da estação seca (setembro) (ALVIAREZ et al., 2020). Isso proporciona rápido restabelecimento do stand de plantas no início do período chuvoso (TEIXEIRA et al., 2010), quando as condições se tornam mais favoráveis, possibilitando através da ressemeadura natural, a germinação das sementes e emergência de novas plântulas (CHEN; AMINAH, 1992; TEODORO et al., 2011). Isto possibilitou aumento da sua proporção na massa de forragem e, conseqüentemente, a sua contribuição na dieta do animal (PEREIRA et al., 2020), explicando a maior influência das estações sobre o consumo de gramínea e de leguminosa pelos animais em pastejo (Tabela 2).

A relação PB/MOD é usada como indicador do status de proteína para energia (POPPI; MCLENNAN, 1995; DETMANN et al., 2014). O consumo de MOD foi semelhante entre os manejos, entretanto, diferenças na concentração de PB causaram maior consumo de PB e, conseqüentemente, maiores relações PB/MOD nos manejos com maior frequência de desfolhação (Tabela 3). Essa maior razão PB/MOD nesses pastos teve efeito positivo na síntese de N microbiano. Poppi e McLennan (1995) afirmaram que o desempenho animal seria limitado por uma dieta com menos de 150 g PB/kg de MOD, devido à falta de N para os microrganismos ruminais. O valor da relação PB/MOD no pasto de 100IL ficou mais próximo do nível mínimo

considerado. Assim, a menor quantidade de N retido, provavelmente foi limitado devido ao menor consumo de N, uma vez que neste pasto houve diminuição de 32% e 26% no consumo de N em relação a 90 e 95 IL, respectivamente.

Conseqüentemente, a eficiência do uso do N também foi baixa, evidenciado pela elevada taxa de excreção de N no tratamento de 100 IL (91%), quando comparado a 90IL (75%) e 95 IL (81%). Esses valores são superiores aos encontrados em trabalho realizado com amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Mandobi) associado a *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, onde foi observado que no manejo de 100IL, cerca de 81,6% do N consumido foi excretado (GOMES et al., 2018), o que pode evidenciar uma limitação para utilização do *C. mucunoides* em baixa frequência de desfolhação.

Segundo ALVIAREZ et al. (2020) no trabalho concomitante a esse experimento, para condições práticas de campo, o manejo recomendado para pastos mistos de Calopogônio e capim Marandu e altura pré-pastejo de 26 cm, correspondente a estratégia de desfolhação de 95% IL, a qual não causou prejuízos as características desejáveis da gramínea.

6. CONCLUSÃO

A meta recomendada para interrupção do período de descanso do pasto misto de capim Marandu e Calopogônio, está na faixa entre 90 e 95% IL, pois propiciou melhor valor nutritivo da dieta, com maior consumo de proteína bruta e maior taxa de aproveitamento de N, quando comparado ao manejo de 100IL, que deve ser evitado. Como recomendação prática, os pastos mistos de capim Marandu com Calopogônio devem ser manejados a altura de 26 cm.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKAIKE, H. A new look at the statistical model identification. **IEEE Transactions on Automatic Control**, Boston, v. 19, n. 6, p. 716–723, 1974. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/TAC.1974.1100705>. Acesso em: 25 maio. 2020.
- AKIN, D. E. Histological and physical factors affecting digestibility of forages. **Agronomy Journal**, Hoboken, v. 81, n. 1, p. 17–25, 1989. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.11.008>. Acesso em: 29 mar. 2021.
- ALLEN, V. G. et al. An international terminology for grazing lands and grazing animals. **Grass and Forage Science**, Hoboken, v. 66, n. 1, p. 2–28, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2010.00780.x>. Acesso em: 30 abr. 2020.
- ALVIAREZ, L. A. D. et al. Managing “Marandu” palisadegrass and calopo pastures based on light interception. **Grass and Forage Science**, Hoboken, v. 75, n. 4, p. 447–461, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/gfs.12501>. Acesso em: 29 mar. 2021.
- ANDRADE, C. M.; FERREIRA, A. S.; CASAGRANDE, D. R. Uso de leguminosas em pastagens: potencial para consórcio compatível com gramíneas tropicais e necessidades de manejo do pastejo. *In*: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 27., 2015, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2015. p. 113-152.
- ANDRADE, C. M. S. Produção de ruminantes em pastos consorciados. *In*: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 5., SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 3., 2010, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2010. p. 11-13.
- ANDRADE, C. M. S.; ASSIS, G. M. L.; FERREIRA, A. S. Eficiência de longo prazo da consorciação entre gramíneas e leguminosas em pastagens tropicais. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 25., 2015, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ABZ, 2015. p. 1-31.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis**. 15. ed. Arlington: AOAC, 1990. 1 v.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 17. ed. Gaithersburg: AOAC, 2000.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE SEMENTES E MUDAS. **Anuário 2016**. Brasília: ABRASEM, 2016. Disponível em: http://www.abrasem.com.br/wp-content/uploads/2013/09/Anuario_ABRASEM_2016_SITE.pdf. Acesso em: 18 jun. 2021.
- BARBOSA, R. A. et al. Capim-tanzânia submetido a combinações entre intensidade e frequência de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 3, p. 329–340, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2007000300005>. Acesso em: 23 abr. 2021.
- BARTHAM, G. T. **Experimental techniques**: the HFRO sward stick. Penicuik: Hill Farming Research Organization, 1985.

BATISTOTI, C. et al. Correlations among anatomical, morphological, chemical and agronomic characteristics of leaf blades in *Panicum maximum* genotypes. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 171, n. 2/4, p. 173–180, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.11.008>. Acesso em: 29 mar. 2021.

BENVENUTTI, M. A.; GORDON, I. J.; POPPI, D. P. The effects of stem density of tropical swards and age of grazing cattle on their foraging behaviour. **Grass and Forage Science**, Hoboken, v. 63, n. 1, p. 1–8, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2007.00609.x>. Acesso em: 21 abr. 2021.

BHANDARI, K. B. et al. Soil health indicators as affected by diverse forage species and mixtures in semi-arid pastures. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 132, p. 179–186, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2018.09.002>. Acesso em: 5 abr. 2021.

BODDEY, R. M. et al. Nitrogen cycling in *Brachiaria* pastures: the key to understanding the process of pasture decline. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 103, n. 2, p. 389–403, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2003.12.010>. Acesso em: 5 abr. 2021.

BODDEY, R. M. et al. Forage legumes in grass pastures in tropical Brazil and likely impacts on greenhouse gas emissions: A review. **Grass and Forage Science**, Hoboken, v. 75, n. 4, p. 357–371, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/gfs.12498>. Acesso em: 5 abr. 2021.

BRAGA, G. J. et al. Performance of young Nellore bulls on guineagrass pastures under rotational stocking in the Brazilian Cerrado. **Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales**, Cali, v. 7, n. 3, p. 214–222, 2019. Disponível em: [https://doi.org/10.17138/TGFT\(7\)214-222](https://doi.org/10.17138/TGFT(7)214-222). Acesso em: 29 mar. 2021.

BRAGA, G. J. et al. Liveweight gain of beef cattle in *Brachiaria brizantha* pastures and mixtures with *Stylosanthes guianensis* in the Brazilian savannah. **Grass and Forage Science**, Hoboken, v. 75, n. 2, p. 206–215, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/gfs.12473>. Acesso em: 5 abr. 2021.

BUXTON, D. R.; REDFEARN, D. D. Plant limitations to fiber digestion and utilization. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 127, n. 5, p. 814–818, 1997. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jn/127.5.814S>. Acesso em: 29 mar. 2021.

CADISCH, G.; SCHUNKE, R. M.; GILLER, K. E. Nitrogen cycling in a pure grass pasture and a grass-legume mixture on a red latosol in Brazil. **Tropical Grasslands**, Cali, v. 28, p. 43–52, 1994.

CARVALHO, G. G. P.; PIRES, A. J. V. Leguminosas tropicais herbáceas em associação com pastagens. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 57, p. 103–113, 2008.

CARVALHO, L. R. et al. Nodulation and biological nitrogen fixation (BNF) in forage peanut (*Arachis pintoi*) cv. Belmonte subjected to grazing regimes. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 278, p. 96–106, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.02.016>. Acesso em: 23 abr. 2021.

CARVALHO, P. C. de F. et al. Comportamento ingestivo de animais em pastejo. *In*: REIS, R. A.; BERNARDES, T. F.; SIQUEIRA, G. R. (Ed.). **Forragicultura: ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros**. 1. ed. Jaboticabal: Funep, 2014. p. 525–545.

CASTRO-MONTOYA, J.; DICKHOEFER, U. Effects of tropical legume silages on intake, digestibility and performance in large and small ruminants: A review. **Grass and Forage Science**, Hoboken, v. 73, n. 1, p. 26–39, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/gfs.12324>. Acesso em: 21 abr. 2021.

CASTRO-MONTOYA, J. M.; DICKHOEFER, U. The nutritional value of tropical legume forages fed to ruminants as affected by their growth habit and fed form: A systematic review. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 269, p. 114641, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114641>. Acesso em: 21 abr. 2021.

CHEN, C. P.; AMINAH, A. *Calopogonium mucunoides*. *In*: L.'T MANNETJE; JONES, R. M. (Ed.). **Plant Resources of Southeast Asia**. 4. ed. Wageningen: Pudoc Scientific Publishers, 1992. p. 72–74.

CHEN, X. B.; GOMES, M. J. **Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives - an overview of the technical details**. Aberdeen: Rowett Research Institute, 1992.

CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE GADO DE CORTE. **Relatório técnico anual do Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte 1983-1985**. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC, 1988.

CONGIO, G. F. S. et al. Strategic grazing management towards sustainable intensification at tropical pasture-based dairy systems. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 636, p. 872–880, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.301>. Acesso em: 3 abr. 2021.

COSTA E SILVA, L. F. et al. Creatinine excretion and relationship with body weight of Nellore cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 41, n. 3, p. 807–810, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982012000300046>. Acesso em: 14 maio. 2020.

COSTA, F. P. et al. **Avaliação dos impactos econômicos de quatro forrageiras lançadas pela Embrapa**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2009. 26 p. Disponível em: <<http://www.cnpvc.embrapa.br/publicacoes/doc/DOC174.pdf>>.

COSTA, N. de L. Adubação nitrogenada e consorciação de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* cv. Cameroon) com leguminosas forrageiras tropicais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 3, p. 401–408, 1995.

D'MELLO, J. P. F. Chemical constraints to the use of tropical legumes in animal nutrition. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 38, n. 2/3, p. 237–261, 1992. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(92\)90105-F](https://doi.org/10.1016/0377-8401(92)90105-F). Acesso em: 3 abr. 2021.

DA SILVA, S. C. et al. Grazing behaviour, herbage intake and animal performance of beef cattle heifers on marandu palisade grass subjected to intensities of continuous stocking management. **The Journal of Agricultural Science**, Nova Iorque, v. 151, n. 5, p. 727–739, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/S0021859612000858>. Acesso em: 25 maio. 2021.

DA SILVA, S. C. et al. Nutritive value and morphological characteristics of Mombaça grass managed with different rotational grazing strategies. **The Journal of Agricultural Science**, Nova Iorque, v. 157, n. 7/8, p. 1–7, 2020. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1017/S0021859620000052>. Acesso em: 23 mar. 2021.

DA SILVA, S.; SBRISSIA, A.; PEREIRA, L. Ecophysiology of C₄ forage grasses—Understanding plant growth for optimising their use and management. **Agriculture**, Basel, v. 5, n. 3, p. 598–625, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agriculture5030598>. Acesso em: 29 mar. 2021.

DE VRIES, M. F. W. Estimating forage intake and quality in grazing cattle : A reconsideration of the hand-plucking method. **Rangeland Ecology & Management**, Denver, v. 48, n. 4, p. 370–375, 1995.

DESVAUX, N. A. Observations sur deux nouveaux genres de Plantes. **Annales des Sciences Naturelles**, Paris, v. 9, p. 423, 1826.

DETMANN, E. et al. An evaluation of the performance and efficiency of nitrogen utilization in cattle fed tropical grass pastures with supplementation. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 162, p. 141–153, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.01.029>. Acesso em: 29 mar. 2021.

DÓREA, J. R. R. et al. Beef cattle responses to pre-grazing sward height and low level of energy supplementation on tropical pastures. **Journal of Animal Science**, Cary, v. 98, n. 6, p. 1–11, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jas/skaa163>. Acesso em: 3 abr. 2021.

ELGERSMA, A.; SØEGAARD, K. Changes in nutritive value and herbage yield during extended growth intervals in grass – legume mixtures: effects of species, maturity at harvest, and relationships between productivity and components of feed quality. **Grass and Forage Science**, Hoboken, v. 73, n. 1, p. 78–93, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/gfs.12287>. Acesso em: 3 abr. 2021.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília: Embrapa, 2018.

EPIFANIO, P. S. et al. Productive and nutritional characteristics of *Brachiaria brizantha* cultivars intercropped with *Stylosanthes* cv. Campo Grande in different forage systems. **Crop and Pasture Science**, Clayton, v. 70, n. 8, p. 718–729, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1071/CP18447>. Acesso em: 29 mar. 2021.

EUCLIDES, V. P. B.; MACEDO, M. C. M.; OLIVEIRA, M. P. Produção de bovinos em pastagens de *Brachiaria* spp. consorciadas com *Calopogonium mucunoides* nos cerrados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 238–245, 1998.

FERREIRA, T. C. et al. pH effects on nodulation and biological nitrogen fixation in *Calopogonium mucunoides*. **Brazilian Journal of Botany**, São Paulo, v. 39, n. 4, p. 1015–1020, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40415-016-0300-0>. Acesso em: 9 abr. 2021.

FLORA DO BRASIL 2020 em construção. *Calopogonium*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB22853>. Acesso em: 6 abr. 2021.

FLORES, R. A. et al. Comportamento do capim *Andropogon gayanus* em consórcio com leguminosas forrageiras e níveis de adubação fosfatada, no estado do Tocantins. **Revista de Agricultura Tropical**, Cuiabá, v. 9, n. 1, p. 62–72, 2007.

FLORES, R. A. et al. Yield of *Andropogon gayanus* pasture intercropped with two kinds of legumes, amended with P fertilizer. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, Gurupi, v. 5, n. 1, p. 50–62, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.20873/jbb.uft.cemaf.v5n1.flores>. Acesso em: 9 abr. 2021.

GARCIA, L. F. et al. Central rib and the nutritive value of leaves in forage grasses. **Scientific Reports**, London, v. 11, n. 1, p. 1–16, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-84844-z>. Acesso em: 29 mar. 2021.

GERDES, L. et al. Introduction of forage legumes into Aruana Guineagrass pasture. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 77, p. 1–10, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.17523/bia.2020.v77.e1472>. Acesso em: 7 abr. 2021.

GOMES, F. D. K. et al. Defoliation frequency affects litter responses and nitrogen excretion by heifers in palisadegrass – forage peanut pastures. **Agronomy Journal**, Hoboken, v. 112, n. 4, p. 3089–3100, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/agj2.20240>. Acesso em: 3 abr. 2021.

GOMES, F. K. et al. Effects of grazing management in brachiaria grass-forage peanut pastures on canopy structure and forage intake. **Journal of Animal Science**, Cary, v. 96, n. 9, p. 3837–3849, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jas/sky236>. Acesso em: 30 abr. 2020.

GONZÁLEZ, A. H. et al. *Bradyrhizobium* and *Pseudomonas* strains obtained from coal-mining areas nodulate and promote the growth of *Calopogonium muconoides* plants used in the reclamation of degraded areas. **Journal of Applied Microbiology**, Hoboken, v. 126, n. 2, p. 523–533, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jam.14117>. Acesso em: 10 abr. 2021.

HODGSON, J.; CLARK, D. A.; MITCHELL, R. J. Foraging behavior in grazing animals and its impact on plant communities. In: FAHEY JR., G. C. (Ed.). **Forage quality, evaluation, and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p. 796–827.

HOLDEN, L. A. Comparison of methods of in vitro dry matter digestibility for ten feeds. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 82, n. 8, p. 1791–1794, 1999. Disponível em: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75409-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75409-3). Acesso em: 8 maio. 2020.

HOMEM, B. G. C. et al. Estimating leaf area of warm-season perennial legumes. **Grass and Forage Science**, Hoboken, v. 72, n. 3, p. 481–488, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/gfs.12290>. Acesso em: 7 abr. 2021.

HOMEM, B. G. C. et al. Increasing the population of forage peanut in a mixed pasture by controlling the canopy height. **Grass and Forage Science**, Hoboken, v. 74, n. 3, p. 571–575, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/gfs.12436>. Acesso em: 16 abr. 2021.

JANK, L.; VALLE, C. B.; RESENDE, R. M. S. Breeding tropical forages. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 11, p. 27–34, 2011. Disponível em: <http://doi.org/10.1590/S1984-70332011000500005>. Acesso em: 24 maio. 2021.

JONES, R. J. et al. Estimation of the proportion of C₃ and C₄ plant species in the diet of animals from the ratio of natural ¹²C and ¹³C isotopes in the faeces. **The Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 92, n. 1, p. 91–100, 1979. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/S0021859600060536>. Acesso em: 8 maio. 2020.

JUNG, H. G.; SAMAC, D. A.; SARATH, G. Modifying crops to increase cell wall digestibility. **Plant Science**, Clare, v. 185/186, p. 65–77, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2011.10.014>. Acesso em: 29 mar. 2021.

KRETSCHMER JR., A. E.; PITMAN, W. D. Germplasm resources of tropical forage legumes. In: SOTOMAYOR-RÍOS, A.; PITMAN, W. D. (Ed.). **Tropical Forage Plants: Development and Use**. 1. ed. Boca Raton: CRC Press, 2001. cap. 4, p. 41–57.

LARA, M. A. S.; PEDREIRA, C. G. S. Respostas morfogênicas e estruturais de dosséis de espécies de Braquiária à intensidade de desfolhação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 7, p. 760–767, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011000700012>. Acesso em: 22 jun. 2021.

LASCANO, C. E. Canopy structure and composition in legume selectivity. In: Forage-Livestock research needs for the Caribbean basin., 1987, Tampa. **Proceedings...** Tampa: Caribbean Basin Advisory Group (CBAG), 1987. p. 81–87.

LASCANO, C. E. Selective grazing on grass-legume mixtures in tropical pastures. In: LEMAIRE, G. et al. (Ed.). **Grassland ecophysiology and grazing ecology**. 1. ed. Wallingford: CABI, 2000. p. 249–263.

LEWIS, G. et al. *Calopogonium*. In: LEWIS, G. et al. (Ed.). **Legumes of the world**. Richmond: Royal Botanic Gardens, 2005. p. 416.

LITTELL, R. C. et al. **SAS system for mixed models**. Cary: Statistical Analysis System Institute, 1996.

LÜSCHER, A. et al. Potential of legume-based grassland-livestock systems in Europe: A review. **Grass and Forage Science**, Hoboken, v. 69, n. 2, p. 206–228, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/gfs.12124>. Acesso em: 5 abr. 2021.

MACEDO, R. et al. Forage intake and botanical composition of feed for cattle fed *Brachiaria*/legume mixtures. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 67, n. 4, p. 384–392, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162010000400002>. Acesso em: 8 maio. 2020.

MARTUSCELLO, J. A. et al. Produção de biomassa e morfogênese do capim-braquiária cultivado sob doses de nitrogênio ou consorciado com leguminosas. **Revista Brasileira de Saúde e produção Animal**, Salvador, v. 12, n. 4, p. 923–934, 2011.

MCSWEENEY, C. S.; WESLEY-SMITH, R. N. Factors limiting the intake by sheep of the tropical legume, *Calopogonium mucunoides*. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v. 26, n. 6, p. 659–664, 1986. Disponível em: <https://doi.org/10.1071/EA9860659>. Acesso em: 3 abr. 2021.

MERTENS, D. R. Regulation of forage intake. In: FAHEY JR., G. C. (Ed.). **Forage quality, evaluation, and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, 1994. cap. 11, p. 450–493.

MERTENS, D. R. Gravimetric Determination of Amylase-Treated Neutral Detergent Fiber in Feeds with Refluxing in Beakers or Crucibles: Collaborative Study. **Journal of AOAC International**, Gaithersburg, v. 85, n. 6, p. 2002, 2002.

MIDDLETON, C. H.; MELLOR, W. Grazing assessment of the tropical legume *Calopogonium caeruleum*. **Tropical Grasslands**, Cali, v. 16, n. 4, p. 213–216, 1982.

MILLARD, P. The accumulation and storage of nitrogen by herbaceous plants. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v. 11, n. 1, p. 1–8, 1988. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.1988.tb01769.x>. Acesso em: 29 mar. 2021.

MINSON, D. J.; MILFORD, R. The voluntary intake and digestibility of diets containing different proportions of legume and mature Pangola grass (*Digitaria decumbens*). **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v. 7, n. 29, p. 546–551, 1967. Disponível em: <https://doi.org/10.1071/EA9670546>. Acesso em: 21 abr. 2021.

MIRANDA, C. H. B.; ZANELLA, C.; SCHUNKE, R. M. Competição entre espécies nas consorciações de *Calopogonium mucunoides*; *Centrosema acutifolium* e *Brachiaria decumbens* STAPF. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 6, p. 851–856, 1992. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/gfs.12124>. Acesso em: 5 abr. 2021.

MISRA, R. C.; PANI, D. R. Note on *Calopogonium mucunoides* Desv. (Fabaceae): A New Species Record for Eastern and Central India. **Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences**, Kolhapur, v. 86, n. 1, p. 211–216, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40011-014-0442-4>. Acesso em: 3 abr. 2021.

MOTT, G. O. Potential productivity of temperate and tropical grassland systems. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 14., 1983, Boulder. **Proceedings...** Boulder: Westview Press, 1983.

- MOURA, R. L. et al. Goat performance on pure *Andropogon gayanus* pastures or associated with legumes. **Tropical Animal Health and Production**, Dordrecht, v. 53, n. 21, p. 1–12, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02434-z>. Acesso em: 5 abr. 2021.
- MYERS, W. D. et al. Technical Note: A procedure for the preparation and quantitative analysis of samples for titanium dioxide. **Journal of Animal Science**, Cary, v. 82, n. 1, p. 179–183, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.2527/2004.821179x>. Acesso em: 7 maio. 2020.
- NAUMANN, H. D. et al. The role of condensed tannins in ruminant animal production: Advances, limitations and future directions. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 46, n. 12, p. 929–949, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1806-92902017001200009>. Acesso em: 18 abr. 2020.
- NAVE, R. L. G.; PEDREIRA, C. G. S.; PEDREIRA, B. C. Nutritive value and physical characteristics of Xaraes palisadegrass as affected by grazing strategy. **South African Journal of Animal Science**, Hatfield, v. 40, n. 4, p. 285–293, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.4314/sajas.v40i4.65236>. Acesso em: 29 mar. 2021.
- NUNES, S. G. et al. Potencial forrageiro de *Brachiaria brizantha* cv. marandu sob diferentes cargas-animal e dosificações com anti-helmíntico em solo de cerrado. **EMBRAPA-CNPQC. Pesquisa em Andamento**, n. 25, p. 4, 1984.
- OKANO, R. M. C. **Revisão taxonomica do genero calopogonium desv. no Brasil**. 1982. 114p. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1982.
- PACIULLO, D. S. C. et al. Sward characteristics and performance of dairy cows in organic grass–legume pastures shaded by tropical trees. **Animal**, Cambridge, v. 8, n. 8, p. 1264–1271, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/S1751731114000767>. Acesso em: 3 abr. 2021.
- PAIVA, A. J. et al. Structural characteristics of tiller age categories of continuously stocked marandu palisade grass swards fertilized with nitrogen. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 41, n. 1, p. 24–29, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982012000100004>. Acesso em: 24 maio. 2021.
- PAULINO, V. T. et al. Regionalização de plantas forrageiras no estado de São paulo. I. Estabelecimento e sensibilidade a baixas temperaturas. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 38, n. 1, p. 45–60, 1981.
- PEDREIRA, B. C.; PEDREIRA, C. G. S.; DA SILVA, S. C. Sward structure and herbage accumulation in *Brachiaria brizantha* cultivar Xaraés in response to strategies of grazing. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 2, p. 281–287, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2007000200018>. Acesso em: 23 abr. 2021.
- PEDREIRA, C. G. S.; BRAGA, G. J.; PORTELA, J. N. Herbage accumulation, plant-part composition and nutritive value on grazed signal grass (*Brachiaria decumbens*) pastures in response to stubble height and rest period based on canopy light interception. **Crop and Pasture Science**, Clayton, v. 68, n. 1, p. 62–73, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1071/CP16333>. Acesso em: 29 mar. 2021.

- PELL, A. N.; SCHOFIELD, P. Computerized Monitoring of Gas Production to Measure Forage Digestion In Vitro. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 76, n. 4, p. 1063–1073, 1993. Disponível em: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77435-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77435-4). Acesso em: 5 maio. 2020.
- PEREIRA, J. C. et al. Defoliation management affects morphogenetic and structural characteristics of mixed pastures of brachiaria grass and forage peanut. **African Journal of Range & Forage Science**, Grahamstown, v. 34, n. 1, p. 13–19, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.2989/10220119.2017.1315960>. Acesso em: 29 mar. 2021.
- PEREIRA, J. M. et al. Production of beef cattle grazing on *Brachiaria brizantha* (Marandu grass)—*Arachis pintoi* (forage peanut cv. Belomonte) mixtures exceeded that on grass monocultures fertilized with 120 kg N / ha. **Grass and Forage Science**, Hoboken, v. 75, n. 1, p. 28–36, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/gfs.12463>. Acesso em: 29 mar. 2021.
- PHELAN, P. et al. Forage legumes for grazing and conserving in ruminant production systems. **Critical Reviews in Plant Sciences**, Philadelphia, v. 34, n. 1/3, p. 281–326, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/07352689.2014.898455>. Acesso em: 10 abr. 2021.
- PIZARRO, E. A.; CARVALHO, M. A. Evaluation of a collection of *Calopogonium mucunoides* Desv. for the Cerrado ecosystem, Brazil. **Journal of Applied Seed Production**, Corvallis, v. 15, p. 17–21, 1997.
- PIZARRO, E. A.; RAMOS, A. K. B.; CARVALHO, M. A. Potencial forrajero y producción de semillas de accesiones de *Calopogonium mucunoides* preseleccionadas en el Cerrado brasileño. **Pasturas Tropicales**, Cali, v. 18, n. 2, p. 9–13, 1996.
- POPPI, D. P.; MCLENNAN, S. R. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. **Journal of Animal Science**, Cary, v. 73, n. 1, p. 278–290, 1995. Disponível em: <https://doi.org/10.2527/1995.731278x>. Acesso em: 29 mar. 2021.
- RASMUSSEN, J. et al. N₂-fixation and residual N effect of four legume species and four companion grass species. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 36, n. 1, p. 66–74, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2011.09.003>. Acesso em: 5 abr. 2021.
- SÁ JÚNIOR, A. et al. Application of the Köppen classification for climatic zoning in the state of Minas Gerais, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, Wien, v. 108, n. 1, p. 1–7, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00704-011-0507-8>. Acesso em: 25 abr. 2020.
- SANTANA, S. S. et al. Canopy characteristics and tillering dynamics of Marandu palisade grass pastures in the rainy – dry transition season. **Grass and Forage Science**, Hoboken, v. 72, n. 2, p. 261–270, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/gfs.12234>. Acesso em: 29 mar. 2021.
- SCHLICHTING, C. D. The evolution of phenotypic plasticity in plants. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 17, n. 1, p. 667–693, 1986. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev.es.17.110186.003315>. Acesso em: 18 jun. 2021.

- SEIFFERT, N. et al. Reciclagem de nitrogênio em pastagem consociada de *Calopogonium mucunoides* com *Brachiaria decumbens*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 5, p. 529–544, 1985.
- SEIFFERT, N. F.; ZIMMER, A. H. Contribución de *Calopogonium mucunoides* al contenido de nitrógeno em pasturas de *Brachiaria decumbens*. **Pasturas Tropicales**, Cali, v. 10, n. 3, p. 8–13, 1988.
- SILVA, H. M. S. da et al. Signal grass litter decomposition rate increases with inclusion of calopo. **Crop Science**, Madison, v. 52, n. 3, p. 1416–1423, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.2135/cropsci2011.09.0482>. Acesso em: 12 abr. 2021.
- SOUSA, A. C. B. et al. Molecular diversity, genetic structure and mating system of *Calopogonium mucunoides* Desv. **Genetic Resources and Crop Evolution**, Dordrecht, v. 59, n. 7, p. 1449–1464, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10722-011-9773-7>. Acesso em: 5 abr. 2021.
- SOUZA, F. M. de et al. Introdução de leguminosas forrageiras, calagem e fosfatagem em pastagem degradada de *Brachiaria brizantha*. **Revista Brasileira de Saúde e produção Animal**, Salvador, v. 17, n. 3, p. 355–364, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1519-99402016000300003>. Acesso em: 9 abr. 2021.
- SOUZA, E. S. et al. N₂-fixation and growth of the calopogonium (*Calopogonium mucunoides* devs.) and of the clitoria (*Clitoria ternatea* L.) after successive cuts. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 25, n. 6, p. 1036–1048, 1996.
- TAMELE, O. H. et al. Optimal defoliation management of brachiaria grass–forage peanut for balanced pasture establishment. **Grass and Forage Science**, Hoboken, v. 73, n. 2, p. 1–10, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/gfs.12332>. Acesso em: 18 abr. 2020.
- TEIXEIRA, V. I. et al. Aspectos agronômicos e bromatológicos de leguminosas forrageiras no nordeste brasileiro. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 59, n. 226, p. 245–254, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.21071/az.v59i226.4739>. Acesso em: 3 abr. 2021.
- TEODORO, R. B. et al. Leguminosas herbáceas perenes para utilização como coberturas permanentes de solo na Caatinga Mineira. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 2, p. 292–300, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1806-66902011000200006>. Acesso em: 5 abr. 2021.
- TERRA, S. et al. Seasonal alteration in sward height of Marandu palisade grass (*Brachiaria brizantha*) pastures managed by continuous grazing interferes with forage production. **Crop and Pasture Science**, Clayton, v. 71, n. 3, p. 285–293, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1071/CP19156>. Acesso em: 29 mar. 2021.
- TERRY, R. A.; TILLEY, J. M. A. The digestibility of the leaves and stems of perennial ryegrass, cocksfoot, timothy, tall fescue, lucerne and sainfoin, as measured by an in vitro procedure. **Grass and Forage Science**, Hoboken, v. 19, n. 4, p. 363–372, 1964. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1964.tb01188.x>. Acesso em: 29 mar. 2021.

THILAKARATHNA, M. S. et al. Nitrogen fixation and transfer of red clover genotypes under legume – grass forage based production systems. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 106, n. 2, p. 233–247, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10705-016-9802-1>. Acesso em: 5 abr. 2021.

THOMAS, R. J. The role of the legume in the nitrogen cycle of productive and sustainable pastures. **Grass and Forage Science**, Hoboken, v. 47, n. 2, p. 133–142, 1992. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1992.tb02256.x>. Acesso em: 13 abr. 2021.

THOMAS, R. J. Role of legumes in providing N for sustainable tropical pasture systems. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 174, n. 1/2, p. 103–118, 1995. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/BF00032243>. Acesso em: 13 abr. 2021.

THORNTON, R. F.; MINSON, D. J. The relationship between apparent retention time in the rumen, voluntary intake, and apparent digestibility of legume and grass diets in sheep. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 24, n. 6, p. 889–898, 1973. Disponível em: <https://doi.org/10.1071/AR9730889>. Acesso em: 21 abr. 2021.

TITGEMEYER, E. C. et al. Evaluation of titanium dioxide as a digestibility marker for cattle. **Journal of Animal Science**, Cary, v. 79, n. 4, p. 1059–1063, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.2527/2001.7941059x>. Acesso em: 7 maio. 2020.

TOWNSEND, C. R.; BEGON, M.; HARPER, J. L. **Fundamentos em ecologia**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

TRINDADE, J. K. da et al. Composição morfológica da forragem consumida por bovinos de corte durante o rebaixamento do capim-marandu submetido a estratégias de pastejo rotativo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 6, p. 883–890, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2007000600016>. Acesso em: 23 abr. 2021.

ULLMANN, I. et al. Influence of the critical phase of stem elongation on yield and forage quality of perennial ryegrass genotypes in the first reproductive growth. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 205, n. 1, p. 23–33, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.02.003>. Acesso em: 29 mar. 2021.

VALLE, C. B. et al. Gênero *Brachiaria*. In: FONSECA, D. M.; MARTUSCELLO, J. A. (Ed.). **Plantas Forrageiras**. 1. ed. Viçosa: Ed. UFV, 2010. p. 30–77.

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

VEASEY, E. A. et al. Avaliação de Acessos de *Calopogonium mucunoides* Desv. caracterização morfológica ligada a aspectos reprodutivos e multiplicação de sementes. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 51, n. 1, p. 27–34, 1994.

ZARZA, R. et al. Red clover (*Trifolium pratense* L.) seedling density in mixed pastures as predictor of annual yield. **Field Crops Research journal**, Amsterdam, v. 256, p. 107925, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.107925>. Acesso em: 5 abr. 2021.