



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

THEYSON DUARTE MARANHÃO

FISIOLOGIA E COMPOSIÇÃO MORFOLÓGICA DE DOIS HÍBRIDOS DE SORGO
SUBMETIDOS A DUAS FREQUÊNCIAS DE PASTEJO COM OVINOS

FORTALEZA

2019

THEYSON DUARTE MARANHÃO

FISIOLOGIA E COMPOSIÇÃO MORFOLÓGICA DE DOIS HÍBRIDOS DE SORGO
SUBMETIDOS A DUAS FREQUÊNCIAS DE PASTEJO COM OVINOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Zootecnia. Área de concentração: Nutrição Animal e Forragicultura.

Orientador: Prof. Dr. Magno José Duarte Cândido.
Coorientador: Roberto Cláudio Fernandes Franco Pompeu.

FORTALEZA

2019

THEYSON DUARTE MARANHÃO

FISIOLOGIA E COMPOSIÇÃO MORFOLÓGICA DE DOIS HÍBRIDOS DE SORGO
SUBMETIDOS A DUAS FREQUÊNCIAS DE PASTEJO COM OVINOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Zootecnia. Área de concentração: Nutrição Animal e Forragicultura.

Aprovado em://.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Magno José Duarte Cândido (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Roberto Cláudio Fernandes Franco Pompeu (Coorientador)
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA Caprinos e Ovinos)

Prof. Dra. Maria Socorro de Souza Carneiro (Conselheira)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Marcos Neves Lopes (Conselheiro)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

À minha família, Francisco das Chagas
Maranhão, Francisca Sandra Duarte Maranhão e
Thaís Duarte Maranhão.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela sabedoria que guiou as minhas escolhas.

À Universidade Federal do Ceará, por todas as oportunidades de crescimento profissional e pessoal.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Capes pela concessão da bolsa de estudos.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA Caprinos e Ovinos, pelo financiamento da pesquisa.

Ao Núcleo de Ensino e Estudos em Forragicultura (NEEF), pela concessão do espaço e instrumentação necessários à realização do experimento.

Ao Prof. Dr. Magno José Duarte Cândido, pela colaboração com a minha formação profissional.

Ao Dr. Roberto Cláudio Fernandes Franco Pompeu, pela orientação e experiências compartilhadas.

Aos membros da banca, pela colaboração para com a melhoria do trabalho.

Aos meus pais, pelo amor e comprometimento com a minha formação acadêmica.

À minha irmã Thaís, por toda sua dedicação e apoio.

Aos amigos Elayne Cristina, Marcos Neves, Diego Fernandes, Carlos Eduardo, Francisco Gleyson, Rafael Rodrigues, Walisson Marques, Érica Pinto, Tafnes Bernardo, Raiza Felismino, pelo companheirismo.

Aos amigos de turma, Emanoella Karol, Eulalia Josefina e Bruno Bizerra, pelos momentos de muito estudo e muito divertimento.

Aos colaboradores Leonardo Fiusa, Clemente Fernandes, Samuel Rocha, Jefte Arnon e Clésio Costa pela ajuda no momento da implantação na implantação do experimento.

Aos colaboradores Odécia Gomes, Bruno Bizerra, Alysson Bruno, Matheus Oliveira, Bruno Almeida, Breno Moreira e Dayanne Nascimento pelo comprometimento com o projeto.

RESUMO

A sazonalidade da produção de forragem em regiões semiáridas consiste num dos principais entraves à produção de ruminantes a pasto. A utilização de plantas forrageiras tolerantes à restrição hídrica, que reduza a sazonalidade na produção de forragem, consiste em estratégia factível para viabilizar a pecuária a pasto nessas regiões. Objetivou-se avaliar as trocas gasosas, os índices de crescimento e a composição morfológica e botânica de dois híbridos de sorgo para pastejo submetidos a duas frequências de pastejo com ovinos. Adotou-se um arranjo fatorial 2x2 num delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. Os tratamentos consistiram da combinação entre dois híbridos de sorgo para pastejo ('Sorghum bicolor x S. sudanense') e duas frequências de pastejo (60 e 80 cm de altura pré-pastejo), com ovinos da raça Morada Nova, manejados sob lotação rotativa. Para o ensaio de trocas gasosas constatou-se interação para os fatores estudados ($P < 0,05$). Quantificou-se maior índice relativo de clorofila para o híbrido CM (44,40 unidades SPAD). A taxa de fotossíntese foliar foi superior ($33,41 \mu\text{mol mmol}^{-1} \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$) na menor frequência de pastejo (60 cm). A taxa de transpiração foliar, condutância estomática, concentração interna de dióxido de carbono, temperatura foliar, relação fotossíntese condutância e relação fotossíntese transpiração não apresentaram significância ($P > 0,05$) para os fatores estudados. Para o ensaio da análise de crescimento, obteve-se ajuste dos modelos testado para o efeito da idade de crescimento durante o período de descanso. O índice de área foliar, razão de peso foliar, taxa de assimilação líquida e taxa de crescimento relativo apresentaram comportamento linear. A razão de área foliar foi minimizada aos 11,45 dias para o BRx60 e maximizada aos 19,83 dias para o BRx80, não revelando significância para CMx60 ($0,0407 \pm 0,01$) e CMx80 ($0,0248 \pm 0,09$). Para a composição morfológica do dossel, observou-se maior percentual de lâminas foliares na camada superior a 31 cm para a combinação CMx60. Houve aumento no percentual de colmo e material morto, e na ocorrência de plantas daninhas a partir de 31 cm de altura, para as combinações BRx80 e CMx80. A combinação BRx60 apresentou maior eficiência fotossintética e a combinação CMx60 maior eficiência de crescimento. O manejo com 60 cm de altura pré-pastejo proporcionou maior percentual de lâminas foliares verdes ao longo do perfil do dossel.

Palavras-chave: Cultivo de sequeiro. 'Sorghum bicolor x S. sudanense'. Taxa de assimilação líquida.

ABSTRACT

The seasonality of forage production in semi-arid regions is one of the main barriers to grass-fed ruminant production. The use of forage plants tolerant to water restriction, that reduces the seasonality in forage production, is a feasible strategy to enable pasture farming in these regions. The objective in this study was to evaluate the gas exchange, growth rates and morphological and botanical composition of two sorghum hybrids submitted to two grazing frequencies using sheep. A 2x2 factorial arrangement was adopted in a completely randomized design with four replicates. The treatments consisted of the combination of two sorghum hybrids ('Sorghum bicolor x *S. sudanense*') and two grazing frequencies (60 and 80 cm of height pre-grazing), using Morada Nova sheep, managed under rotational stocking. For the gas exchange trial, interaction was observed between the factors studied ($P < 0.05$). A higher relative chlorophyll index was quantified for the CM hybrid (44.40 SPAD units). The leaf photosynthesis rate was higher ($33.41 \mu\text{mol mmol}^{-1} \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$) at the lowest grazing frequency (60 cm). Leaf transpiration rate, stomatal conductance, internal carbon dioxide concentration, leaf temperature, photosynthesis conductance ratio, and photosynthesis transpiration ratio did not present statistical significance ($P > 0.05$) for the factors studied. For the growth analysis trial, the adjustment of the tested models was obtained for the effect of growth age during the rest period. Leaf area index, leaf weight ratio, net assimilation rate and relative growth rate showed linear behavior. The leaf area ratio was minimized at 11.45 days for BR60 and maximized at 19.83 days for BR80, showing no statistical significance for CM60 (0.0407 ± 0.01) and CM80 (0.0248 ± 0.09). For the morphological composition of the canopy, a greater percentage of leaf blades was observed in the upper layer at 31 cm for the CM60 combination. There was an increase in the percentage of stem and dead material, and in the occurrence of weeds from 31 cm in height, for the combinations BR80 and CM80. The BRx60 combination showed higher photosynthetic efficiency and the CMx60 combination had higher growth efficiency. The management with 60 cm of pre-grazing height favored a greater proportion of green leaf blades along the canopy profile.

Keywords: Net assimilation rate. Rainfed cultivation. 'Sorghum bicolor x *S. sudanense*'.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Dados climáticos do período experimental	21
Figura 2 – Formação dos pastos dos híbridos de sorgo para pastejo BR e CM	22
Figura 3 – Mensuração da altura do dossel dos pastos dos híbridos de sorgo para pastejo BR e CM.....	23
Figura 4 – Datas de início e final dos ciclos de pastejo ao longo do período experimental.....	24
Figura 5 – Uniformização dos pastos dos híbridos de sorgo para pastejo BR e CM	26
Figura 6 – Avaliação das trocas gasosas e do índice relativo de clorofila nos híbridos de sorgo BR e CM.....	28
Figura 7 – Mensuração do índice de área foliar com analisador PAR-LAI nos pastos dos híbridos de sorgo BR e CM	30
Figura 8 – Avaliação dos componentes morfológicos e botânicos dos pastos dos híbridos de sorgo BR e CM.....	31
Figura 9 – Componentes morfológicos e botânicos dos pastos dos híbridos de sorgo para pastejo BR e CM	32
Figura 10 – Estrutura vertical do dossel em dois híbridos de sorgo (BR: BR007A x TX2785 e CM: CMSXS157A x TX2785) manejados com altura pré-pastejo de 60 cm (frequência de pastejo)	44
Figura 11 – Estrutura vertical do dossel em dois híbridos de sorgo (BR: BR007A x TX2785 e CM: CMSXS157A x TX2785) manejados com altura pré-pastejo de 80 cm (frequência de pastejo)	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características químicas do solo da área experimental, na profundidade de 0 a 20 cm, ao início da instalação do experimento.....	25
Tabela 2 – Valores médios das metas de manejo pós-pastejo (25 cm de altura) e pré-pastejo (60 e 80 cm de altura) em dois híbridos de sorgo (BR: BR007A x TX2785 e CM: CMSXS157A x TX2785) manejados sob duas frequências de pastejo	34
Tabela 3 – Período de descanso para cada ciclo de pastejo nos pastos de dois híbridos de sorgo (BR: BR007A x TX2785 e CM: CMSXS157A x TX2785) manejados sob duas frequências de pastejo.....	35
Tabela 4 – Índice relativo de clorofila e características fotossintéticas de dois híbridos de sorgo (BR: BR007A x TX2785 e CM: CMSXS157A x TX2785) manejados sob duas frequências de pastejo	37
Tabela – 5 Características fotossintéticas em função dos ciclos de pastejo em dois híbridos de sorgo (BR: BR007A x TX2785 e CM: CMSXS157A x TX2785) manejados sob duas frequências de pastejo.....	38
Tabela – 6 Índices de crescimento em dois híbridos de sorgo (BR: BR007A x TX2785 e CM: CMSXS157A x TX2785) manejados sob duas frequências de pastejo	40

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	11
2.1	Híbridos de sorgo para pastejo.....	11
2.2	Trocas gasosas em plantas forrageiras.....	16
2.3	Análise de crescimento em plantas forrageiras.....	17
2.4	Componentes morfológicos de plantas forrageiras.....	19
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3.1	Caracterização da área e período experimental.....	21
3.2	Tratamentos e delineamento experimental.....	22
3.3	Manejo do pasto.....	24
3.4	Avaliação das trocas gasosas.....	27
3.5	Avaliação do crescimento do pasto.....	29
3.6	Avaliação da composição morfológica e botânica do pasto.....	30
3.7	Análises estatísticas.....	32
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
4.1	Avaliação do índice relativo de clorofila e das trocas gasosas.....	35
4.2	Análise de crescimento.....	39
4.3	Composição morfológica e botânica do pasto.....	43
5	CONCLUSÃO.....	47
	REFERÊNCIAS.....	48

1 INTRODUÇÃO

A estacionalidade na produção de forragem configura-se como problema global nos sistemas pecuários de sequeiro nas regiões semiáridas. Para amenizar esse problema, o uso de forragens conservadas, na forma de feno ou silagem, está entre as principais estratégias adotadas para garantir constância na disponibilidade de alimento volumoso, todavia onerando os custos de produção em função dos gastos com a confecção, armazenamento da forragem conservada e fornecimento aos rebanhos (AGUILAR et al., 2015). Segundo Rodrigues (2000) é fundamental prolongar a disponibilidade de forragem verde nos pastos, desta forma minimizando a necessidade de forragem conservada.

Na busca pela maior constância no suprimento de alimentos, a adoção de plantas forrageiras tolerantes à restrição hídrica, configura-se como estratégia capaz de mitigar a estacionalidade da produção de forragem e potencializar a economicidade dos sistemas de produção em pastejo. O sorgo (*'Sorghum bicolor'*) está entre as principais espécies tolerantes ao déficit hídrico, além de apresentar ampla diversidade de cultivares adaptadas às mais distintas condições edafoclimáticas globais.

Ressaltam-se os híbridos de sorgo (*'Sorghum bicolor' x 'S. sudanense'*) por sua alta produtividade, valor bromatológico apreciável para os ruminantes e versatilidade, podendo ser utilizados para corte (para conservação ou fornecimento picado no cocho) ou pastejo, nesse último caso, minimizando os custos com a conservação de forragens (SIMILI et al., 2018). Assim percebe-se a potencialidade dos híbridos de sorgo para pastejo como recurso forrageiro capaz de compor a base da alimentação dos sistemas de produção de ruminantes.

Para avaliar a potencialidade dos híbridos de sorgo como recurso forrageiro, é importante averiguar inicialmente a sua capacidade de produzir biomassa. Essa biomassa produzida é resultante da capacidade da planta em converter os recursos disponíveis em carbono orgânico por meio das trocas gasosas, sendo condicionada pelas práticas agrônômicas adotadas. Para pastos tropicais, o período de descanso do pasto está entre os principais fatores determinantes da produtividade e da qualidade da biomassa. Esta última é condicionada à alocação de fotoassimilados nos componentes do dossel e ao valor bromatológico destes (MARANHÃO et al. 2018; SILVA et al., 2007).

Portanto, fica explícita a importância de se estabelecer o momento adequado para o uso da planta forrageira, compatibilizando produtividade e qualidade da biomassa. Ressalta-se que a partir de estudos das trocas gasosas e análise de crescimento é possível monitorar o padrão de alocação de fotoassimilados nos componentes estruturais do dossel e estabelecer

estratégias de manejo do pastejo. Destarte, objetivou-se avaliar as trocas gasosas, os índices de crescimento e a composição morfológica de dois híbridos de sorgo para pastejo submetidos a duas frequências de pastejo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Híbridos de sorgo para pastejo

Os sistemas pecuários devem dispor de diferentes estratégias para a manutenção da produção de forragem durante todo o ciclo produtivo, independentemente da época do ano. Nesse sentido é importante que os pecuaristas usem de modo estratégico os diferentes genótipos de plantas forrageiras disponíveis, a fim de otimizar a produção de forragem dentro da propriedade e garantir o aporte de forragem para os rebanhos.

A maioria dos genótipos de sorgo selecionados para pastejo são provenientes de cruzamentos interespecíficos do gênero 'Sorghum' sendo utilizado normalmente 'Sorghum bicolor e S. sudanense'. Os materiais provenientes desses cruzamentos demonstram características agronômicas apreciáveis em gramíneas forrageiras, dentre as quais se destacam a produtividade, qualidade da biomassa, capacidade de perfilhamento e resistência das plantas ao déficit hídrico (RAUPP, 2000).

Devido sua tolerância ao déficit hídrico, os híbridos de sorgo para pastejo podem amortizar a sazonalidade da produção de forragem ocasionada pela irregularidade da precipitação pluvial, mitigando a escassez de alimento volumoso para os rebanhos. Os híbridos de sorgo para pastejo também podem ser utilizados como componente forrageiro em sistemas integrados ou ainda em sucessão de culturas, podendo ser cultivado no final do período das chuvas, e ainda assim, conferir produção de biomassa satisfatória e de boa qualidade para os rebanhos (DAWSON et al., 1933; TOMICH et al., 2006; ARENHARDT et al., 2016). Ressalta-se que estes apresentam alta eficiência de utilização dos fatores abióticos de crescimento e exigência moderada em fertilidade do solo, quando comparado a outras culturas de alta produtividade, porém mais exigentes. Apesar da sua rusticidade, o sorgo é bastante responsivo à intensificação do manejo. Simili et al. (2008) constataram efeito da adubação nitrogenada sobre a produção dos componentes da biomassa em híbrido de sorgo sudanense.

Diferentemente das pastagens manejadas sob irrigação, que requerem altas quantidades de fertilizantes, as pastagens de sorgo manejadas sob sequeiro respondem satisfatoriamente a menores quantidades de adubos (HARMS & TUCKER, 1972; BAUMGARTNER et al., 2000). Turgut et al. (2005) ao estudarem cinco doses (0; 50; 100; 150 e 200 kg ha⁻¹) de fertilização nitrogenada constataram que o rendimento de biomassa foi maximizado nas doses de 100 e 150 kg ha⁻¹, que não diferiram entre si. Os autores

constatarem que o sorgo pôde maximizar a produção de forragem com dose intermediária de adubo, contribuindo para relação custo benefício desse fator de produção.

Destaca-se a melhoria de atributos qualitativos por meio da adubação com micronutrientes. Ahmed et al. (2014) constataram redução no teor de tanino em grãos de sorgo devido à aplicação de micronutrientes. Embora os híbridos de sorgo para pastejo sejam especializados em produção de biomassa, pastos quando manejados no final da estação das chuvas tendem a diminuir seu ciclo de crescimento, saindo da fase vegetativa para fase reprodutiva dentro do período de descanso. Desse modo, as sementes (com menor concentração de taninos nos grãos) podem complementar a dieta dos ruminantes em pastejo.

Machado et al. (2004) ao avaliarem a produtividade do milho BRS 1501 (*Pennisetum glaucum*), variedade de sorgo 'Santa Elisa 38' e mais sete híbridos de sorgo forrageiro, na época de entressafra, constataram que os híbridos de sorgo para pastejo apresentaram maior produtividade dentre as forrageiras estudadas, sendo superior ao milho cv. BRS 1501. Segundo os autores, a superioridade dos híbridos de sorgo, no tocante a produtividade, deveu-se ao fato destes terem rebrotado por quatro ciclos sucessivos. Além da alta produtividade, os autores observaram boa distribuição de biomassa para os genótipos de sorgo durante o período experimental. Ressalta-se que alguns dos genótipos revelaram maior produção de biomassa na época de menor precipitação pluvial. Característica apreciável haja vista que a demanda de matéria seca pelos rebanhos é relativamente constante ao longo do ano.

Neumann et al. (2010) ao avaliarem quatro híbridos de sorgo forrageiro (*S. bicolor* x *S. sudanense*) sob corte constataram, ao longo das épocas de avaliação, a seguinte distribuição da biomassa: 19,7; 31,4; 33,7 e 15,2% para os quatro cortes consecutivos. A estabilidade observada deve-se à tolerância ao déficit hídrico e ao crescimento compensatório, conforme a retomada da disponibilidade hídrica.

Por desenvolver-se com baixa disponibilidade hídrica o sorgo pode ser semeado no final do período das águas, podendo ser usado como cultura de cobertura do solo. Sendo assim, em algumas regiões o último ciclo de crescimento da cultura é destinado para produção de palhada a fim de evitar processos erosivos (BORGES et al., 2014).

Ao analisar a produtividade dos híbridos de sorgo para pastejo, constata-se uma cultura de grande potencial para formação de pastos anuais. Apesar da gama de híbridos de sorgo para pastejo, as características bromatológicas entre genótipos distintos, podem apresentar baixa variabilidade (WALL & ROSS, 1975).

Lima et al. (2017) ao estudarem as características bromatológicas do feno de 19 genótipos de sorgo para corte e pastejo quantificaram, na média dos híbridos: teor de matéria seca de 91,90% com coeficiente de variação (CV.) de 6,31%; teor de proteína bruta de 12,98% (CV. de 0,33%); extrato etéreo de 2,14% (CV. de 0,33%) e matéria mineral de 8,85% (CV. de 8,85%). Já a fração fibrosa apresentou valores médios de: 59,30% de fibra em detergente neutro (CV. de 2,41%); 36,02% de fibra em detergente ácido (CV. de 3,35%); 22,85% de celulose (CV. de 5,48%); 28,30% de hemiceluloses (CV. de 3,94%) e 5,66% de ligninas (CV. de 16,46%). Com base nesse estudo ressaltasse a pequena variação bromatológica entre genótipos de híbridos de sorgo para pastejo.

Deve-se considerar a variação da composição bromatológica dos híbridos de sorgo em função da idade de colheita da planta. O prolongamento da idade de utilização dos pastos com o intuito de aumentar a biomassa de forragem, pode acarretar na redução qualitativa da biomassa e conseqüentemente redução no desempenho animal. Beck et al. (2007) constataram redução do percentual de proteína bruta na biomassa de híbridos de sorgo para pastejo de 12,6; 9,7; 6,9; 5,0 e 4,3% para as idades 34, 41, 48, 55 e 63 dias de após plantio, respectivamente. Ressalta-se que os pastos apresentaram valores iniciais de 20% para a proteína bruta.

Ferreira et al. (2018), ao compararem a degradabilidade ruminal de híbridos de sorgo para corte ou pastejo com o híbrido comercial BRS801, constataram que a fração fibrosa dos híbridos de sorgo para pastejo possuem alta degradabilidade. Ainda alguns híbridos apresentaram degradabilidade semelhante ou superior ao comercial BRS801, indicando que os híbridos de sorgo para pastejo possuem potencial para compor a dieta de animais de alta exigência nutricional e alto consumo de matéria seca.

Resultados obtidos por Miles et. al. (1956) demonstraram que pastos de sorgo podem possibilitar taxas de lotação superiores aos pastos de milho. No entanto Arnold (1956) concluí em estudo comparativo entre pastos de sorgo e de milho, maiores taxas de lotação com o milho. É válido chamar atenção para o espaçamento adotado em pastos de sorgo, pois esse fator pode contribuir para a capacidade de suporte desses pastos. Koller & Scholl (1968) constataram aumento na produtividade com o aumento da taxa de semeadura e redução no espaço entre linhas, sendo justificado devido à maior densidade de plantas por área.

Entre os híbridos de sorgo para pastejo destacam-se os genótipos portadores do gene que caracteriza plantas com fenótipo de nervura marrom, também denominados de brown-midrib (BMR). Do ponto de vista zootécnico, estes genótipos apresentam

superioridade em relação aos demais híbridos de sorgo, por conferirem às plantas menor teor de ligninas e conseqüentemente maior digestibilidade. Dessa forma é possível obter melhor desempenho animal em pastos formados por híbridos de sorgo para pastejo que contenham o gene BMR.

Rovira & Echeverría (2013) constataram maior desempenho de novilhos quando manejados em pastos de híbridos de sorgo para pastejo com genes BMR em relação aos novilhos manejados em pastagem de híbridos de sorgo sudanense sem o gene BMR. Os autores constataram desempenho superior (12 a 17%) dos novilhos manejados em pastos de sorgo sudanense BMR. Os híbridos de sorgo sudanense também podem imprimir resultados satisfatórios quando adotados em sistemas pecuários para produção de leite, conforme documentado por Simili et al. (2018). Os autores recomendaram os híbridos de sorgo como fonte alimentar, para período outono/inverno, por apresentarem alto valor nutricional para animais especializados na produção de leite.

Pacheco et al. (2014) ao estudarem o ganho de peso de vacas mestiças das raças Charolês e Nelore manejadas em pastos de sorgo e de milho não constataram significância para as variáveis ganho de peso médio, escore de condição corporal, ganho médio diário por hectare e ganho de peso vivo total por área. A resposta em apreço devendo-se provavelmente à semelhança na massa de forragem disponível, taxa de acúmulo de forragem, oferta de biomassa de forragem total, oferta de biomassa de lâminas foliares verdes, relação folha/colmo e perdas de forragem entre os pastos de milho e sorgo sudanense. Resultado semelhante foi documentado por Cóser & Maraschin (1983), evidenciando a excelência dessas forrageiras para a produção de ruminantes.

Pacheco et al. (2013) concluíram que o comportamento ingestivo de matéria seca por vacas não diferiu entre os pastos de sorgo para pastejo e os pastos de milho, todavia os autores ressaltaram que as estratégias de alimentação e consumo foram modificadas conforme os ciclos de rebrotação, nos pastos de sorgo sudanense, provavelmente devido a variação nas características bromatológicas da forragem. Com a redução da disponibilidade hídrica e concomitante aumento das temperaturas nas épocas mais secas, há uma redução na digestibilidade da biomassa, devido a maior atividade metabólica e lignificação da parede celular, resultando na redução de metabólitos do conteúdo celular, fazendo com que os fotoassimilados sejam rapidamente convertidos em componentes estruturais (VAN SOEST, 1994).

Apesar das inúmeras vantagens já citadas a respeito do sorgo forrageiro para pastejo, há de se destacar algumas das limitações existentes. Embora os híbridos de sorgo sudanense apresentem capacidade de perfilhamento superior aos demais genótipos de sorgo, a densidade populacional de perfilhos nesses estandes é inferior, se comparada com a densidade populacional de perfilhos em pastos formados por outras gramíneas forrageiras, também de crescimento cespitoso. Gobetti (2010) quantificou média de 13 perfilhos m^{-2} , ao passo que Coutinho (2018) documentou densidade populacional de perfilhos de 88 e 66 perfilhos m^{-2} em pastos de dois híbridos de sorgo. Essa peculiaridade no dossel de híbridos de sorgo sudanense faz com que o solo nessas áreas tenha maior erodibilidade, devido à baixa cobertura vegetal.

O sorgo possui algumas limitações a depender do estágio de crescimento. Quando jovem pode intoxicar os animais que consomem sua biomassa. Os perfilhos jovens possuem altas concentrações de glicosídeo cianogênico, que depois de ingerido pelos animais, sofre o processo de hidrólise, liberando o ácido cianídrico (RADOSTITS et al., 2007).

O ácido cianídrico causa o bloqueio da cadeia respiratória, impedindo o aproveitamento do oxigênio pelas células dos tecidos (TAIZ et al., 2017). Juffo et al. (2012) relataram a morte de vacas leiteiras após pastejarem, por cerca de 3:00 horas, rebrotações de sorgo com cerca de 15 dias de idade, apresentando aproximadamente 25 a 30 cm de altura. A partir do teste com papel picrossódico, os autores constataram a presença de ácido cianídrico.

Nóbrega Jr. et al. (2006) também documentaram a ocorrência de intoxicação de bovinos após pastejarem 'Sorghum halepenses' na região semiárida de Paraíba. De acordo com autores os bovinos pastejaram as rebrotações de sorgo por cerca de 2:00 a 3:00 horas, tempo suficiente para causar a morte de dois animais. Cerca de 10 a 15 minutos após o consumo da forragem já foi possível identificar os sinais clínicos nos animais, estes consistiram em ansiedade, dispneia, incoordenação e tremores musculares. Segundo os autores o pasto apresentava altura de 15 e 20 cm e encontrava-se com idade aproximada de 15 dias de rebrotação após as primeiras chuvas ocorridas.

Diante do exposto reforça-se a importância de não manejar ruminantes em pastos jovens de sorgo com altura do dossel inferior a 50 cm de altura, que pode ser adotado como um critério prático de manejo, ou ainda quando possível recomenda-se a realização do teste com papel picrossódico. Esse último consiste em macerar um pouco de biomassa de sorgo e diluir em água, posteriormente deve-se submergir o papel picrossódico na solução. Com base na tonalidade da coloração do papel há confirmação ou não, da presença de ácido cianídrico. Ressalta-se que esta altura pode variar em função do genótipo ou da região em que a planta se desenvolve. Simili et al. (2013) ao estudarem a concentração de ácido cianídrico e a taxa de

crescimento de híbrido de sorgo sudanense recomendaram que o genótipo 1P400 não deve ser pastejado quando os pastos apresentarem altura inferior à 80 cm de altura, ainda recomendaram altura pré-pastejo de 90 a 100 cm, momento que os pastos apresentaram maior relação folha colmo e não apresentavam mais riscos de intoxicação para os animais.

É sabido que o aumento na altura pré-pastejo em pastos de híbridos de sorgo possibilita maior produção de biomassa e menor risco de intoxicação de ruminantes. Todavia para pequenos ruminantes, recomenda-se o manejo do dossel, de modo que a altura deste seja compatível com o porte e o hábito de pastejo dos animais, podendo acarretar em riscos de intoxicação animal pela presença de ácido cianídrico no sorgo para pastejo.

Diante da literatura existente a cerca do uso dos híbridos de sorgo para pastejo como recurso forrageiro, percebe-se a necessidade de mais estudos no intuito de selecionar genótipos que apresentem menores concentrações de glicosídeo cianogênico nos estádios fenológicos iniciais da cultura do sorgo. Essa substância representa uma classe de metabólitos secundários que possui o papel de defesa da planta, sendo mais concentrado em tecidos jovens, principalmente lâminas foliares (TAIZ et al., 2017). Essa seria uma característica chave para viabilizar o uso de genótipos (híbridos de sorgo para pastejo) para pastejo por pequenos ruminantes, que devido seu porte e hábito de pastejam requerem dosséis de porte baixo.

Outro ponto passivo de melhoria consiste na redução da fração fibrosa por meio da inclusão do gene brown-midrib, responsável por conferir menor deposição de ligninas da parede celular. A seleção de genótipos mais produtivos deve-se pautar em plantas de maior potencial de perfilhamento e de menor porte. Devem-se evitar genótipos que apresentem maiores produtividades decorrente do maior porte, pois isso culmina em plantas que, em algum momento, terão de investir mais fortemente na produção de tecidos de sustentação e consequentemente na redução da digestibilidade da biomassa, limitando o desempenho animal.

2.2 Trocas gasosas em plantas forrageiras

É sabido que 90% da biomassa de uma planta provém dos processos fotossintéticos (TAIZ et al., 2017). Destaca-se que as características fotossintéticas são regidas por fatores de ordem genética, todavia sofrem influência dos fatores abióticos referentes ao clima (NABLE et al., 1999; INMAN-BAMBER & SMITH, 2005; SMIT &

SINGELS, 2006) e ao manejo do pasto. Como exemplo do efeito do clima sobre os processos fotossintéticos pode-se citar o controle estomático sobre os processos difusivos entre o interior da lâmina foliar e a atmosfera que irão regular a difusão de dióxido de carbono e de água, e conseqüentemente regulando a temperatura interna da lâmina foliar. Estes processos por sua vez, podem afetar diretamente a taxa fotossintética (AMARAL et al. 2006). Ressalta-se o manejo do pasto no tocante a frequência de desfolhação do dossel como outro fator relevante nos processos fotossintéticos, pois a frequência pode afetar a reposição das reservas orgânicas e conseqüentemente a taxa de fotossíntese foliar durante o processo de rebrotação (FULKERSON & DONAGHY, 2001).

A avaliação das trocas gasosas consiste em ferramenta importante no processo de seleção de plantas forrageiras, possibilitando aos pesquisadores selecionar genótipos de maior potencial fotossintético, bem como selecionar forrageiras, levando em consideração a adaptabilidade dessas às condições climáticas de determinados locais de interesse. Ainda subsidia ao pesquisador informações que irão auxiliar na elaboração de estratégias de manejo (PEIXOTO et al., 2002; PAIVA et al., 2005).

2.3 Análise de crescimento em plantas forrageiras

A análise quantitativa do crescimento de plantas baseia-se no incremento de unidades de peso, área ou comprimento de componentes morfológicos ou da planta inteira, em função do tempo transcorrido entre as medidas consecutivas. A partir da análise de crescimento pesquisadores podem inferir sobre o efeito dos fatores abióticos de crescimento sobre o incremento, partição e alocação de fotossintatos, possibilitando o refinamento das análises morfofisiológicas de plantas forrageiras (RADFORD, 1967; BENINCASA, 2003).

Ressalta-se a análise de crescimento como um método de baixo custo, pois para a obtenção dos dados que irão subsidiar os cálculos são necessários equipamentos de baixo valor monetário, tais como balança, tesoura, régua ou instrumentos equivalentes (para medição de área), sacos de amostra, sendo a estufa de ventilação forçada o equipamento (necessário para obtenção da matéria seca) mais caro. Os estudos sobre análise de crescimento também possibilitam averiguar o crescimento e a eficiência de utilização de fatores abióticos entre genótipos, consistindo em importante ferramenta para os processos de melhoramento vegetal.

Dentre as variáveis que compõem o ensaio da análise de crescimento, destacam-se a taxa de crescimento absoluto ou da cultura (biomassa da planta por dia), taxa de crescimento

relativo (biomassa por biomassa da planta preexistente por dia), índice de área foliar (área de lâmina foliar por área de solo; adimensional), razão de área foliar (área foliar por biomassa da planta), razão de peso foliar (biomassa de lâmina foliar por biomassa da planta), área foliar específica (área foliar por biomassa de lâmina foliar), taxa de assimilação líquida (biomassa da planta por área foliar por dia), como as variáveis usuais em ensaios de plantas forrageiras manejadas sob pastejo (BARBERO et al., 2013).

A taxa de crescimento da cultura consiste no incremento de biomassa em função do tempo, podendo ser utilizada para indicar a velocidade média de crescimento da cultura. Embora bastante difundida entre os pesquisadores, a taxa de crescimento absoluto tem utilização restrita, pois por considerar valores absolutos, não expressa a eficiência de incremento de biomassa. A taxa de crescimento relativo, comumente expressa em $g\ g^{-2}dia^{-1}$, expressa o incremento de biomassa por unidade de biomassa pré-existente por unidade de tempo. Sendo assim, essa variável expressa a eficiência de crescimento vegetal, pois presume que a biomassa final está em função da biomassa já existente e da eficiência fotossintética da planta num determinado período de tempo (MAGALHÃES, 1985), sendo preferível para estudos de competição entre genótipos em relação a taxa de crescimento da cultura.

O índice de área foliar expressa a razão entre a área foliar e a área de solo, portanto é adimensional. A lâmina foliar é o componente morfológico responsável pela realização da maior parte da fotossíntese nas plantas forrageiras, sendo assim o conhecimento do comportamento da área foliar do dossel forrageiro ao longo do ciclo é fundamental para elaboração de estratégias de manejo que garantam a maximização da fotossíntese líquida do pasto (GOMIDE et al., 2003).

A razão de área foliar, normalmente expressa em $m^2\ g^{-1}$ representa a área foliar útil para assimilação de 1 g de matéria seca da planta. É tida como componente morfofisiológico na análise de crescimento, por considerar a área foliar e o carbono assimilado via processo fotossintético. Com o aumento na idade do dossel, observa-se redução na razão de área foliar, sendo justificada pelo aumento no índice de área foliar e consequente aumento no sombreamento mútuo, reduzindo a área foliar útil para realização de fotossíntese (SANTOS JÚNIOR et al., 2004).

A razão de peso foliar, comumente expressa em $g\ g^{-2}$, é tida como variável de cunho fisiológico, pois expressa a razão entre a biomassa retida nas lâminas foliares e a biomassa acumulada na planta, portanto indica a porção de matéria seca não exportada para a planta. A partir dessa variável é possível selecionar genótipos que apresentem maior alocação

de carbono nas lâminas foliares, componente morfológico de maior valor bromatológico, além de possibilitar a elaboração de estratégias de manejo (ALVAREZ et al., 2012).

A taxa de assimilação líquida, comumente expressa em $\text{g m}^{-2}\text{dia}^{-1}$, expressa o incremento de matéria seca por unidade de área foliar por unidade de tempo. Consiste numa das principais variáveis da análise de crescimento, por representar a fotossíntese líquida integrando a área foliar e o incremento de biomassa (OLIVEIRA et al., 2000; GOMIDE et al., 2002).

A partir da adoção da técnica da análise de crescimento na experimentação de plantas forrageiras é possível analisar o efeito de fatores bióticos e abióticos sobre os processos de assimilação e alocação de carbono na comunidade vegetal ou entre genótipos forrageiros. Sendo assim, esta se configura como importante ferramenta para seleção de plantas forrageiras e elaboração de estratégias de manejo.

2.4 Componentes morfológicos de plantas forrageiras

Os componentes morfológicos do dossel resultam da interação do fluxo de biomassa com os fatores bióticos e abióticos. O fluxo de biomassa por apresentar forte caráter genético, varia conforme o genótipo forrageiro, sendo assim, cada genótipo pode apresentar uma estrutura de dossel distinta, justificando-se pela diferença na alocação de carbono nos componentes morfológicos do dossel, conforme se observa nos ensaios de análise de crescimento (LEMAIRE & CHAPMAN, 1996; HORST et al., 1978).

No processo de seleção de plantas forrageiras é fundamental avaliar os componentes morfológicos do dossel. Busca-se selecionar plantas forrageiras que apresentem maior produção de lâminas foliares e menor produção de colmo. Ressalta-se que o comportamento ingestivo e o desempenho de ruminantes em pastejo apresentam estreita relação com a proporção dos componentes morfológicos do dossel, assim deve-se preconizar um manejo que maximize a produção de biomassa, todavia sem comprometer a qualidade da mesma (HODGSON, 1982; PRACHE et al., 1998).

O aumento da biomassa de forragem na fase vegetativa do sorgo está diretamente relacionado com o aumento da altura do dossel (SILVA et al., 2005). Destaca-se que a adoção de menores frequências de uso da planta forrageira possibilita maiores incrementos em biomassa, todavia há redução no valor nutricional da forragem e comprometimento do desempenho animal com o aumento na altura do dossel, devido à redução na relação lâmina

foliar/colmo e dificuldade de apreensão da forragem pelo animal (HODGSON, 1990; ZAGO, 1992; CÂNDIDO et al., 2005).

A altura pré-pastejo está entre os fatores mais relevantes para o sucesso da produção de ovinos a pasto, devendo-se às peculiaridades do comportamento ingestivo dos ovinos, como a predileção por dosséis cuja altura não comprometa a visibilidade dos animais (pastos com altura inferior a 1 m) e o comportamento gregário dos animais durante o pastejo. Ressalta-se que não é recomendado adotar altura do dossel inferior a 30 cm, a fim de evitar o parasitismo por helmintos (COSGROVE, 1997; SANTOS, 2013).

Diante do exposto percebe-se a importância de se avaliar o efeito da frequência de pastejo sobre os componentes morfológicos do pasto, a fim de elaborar estratégias de manejo que maximizem o incremento de componentes morfológicos de melhor valor bromatológico, ao mesmo tempo compatibilizando a altura do dossel com o hábito de pastejo da forragem pelos ovinos.

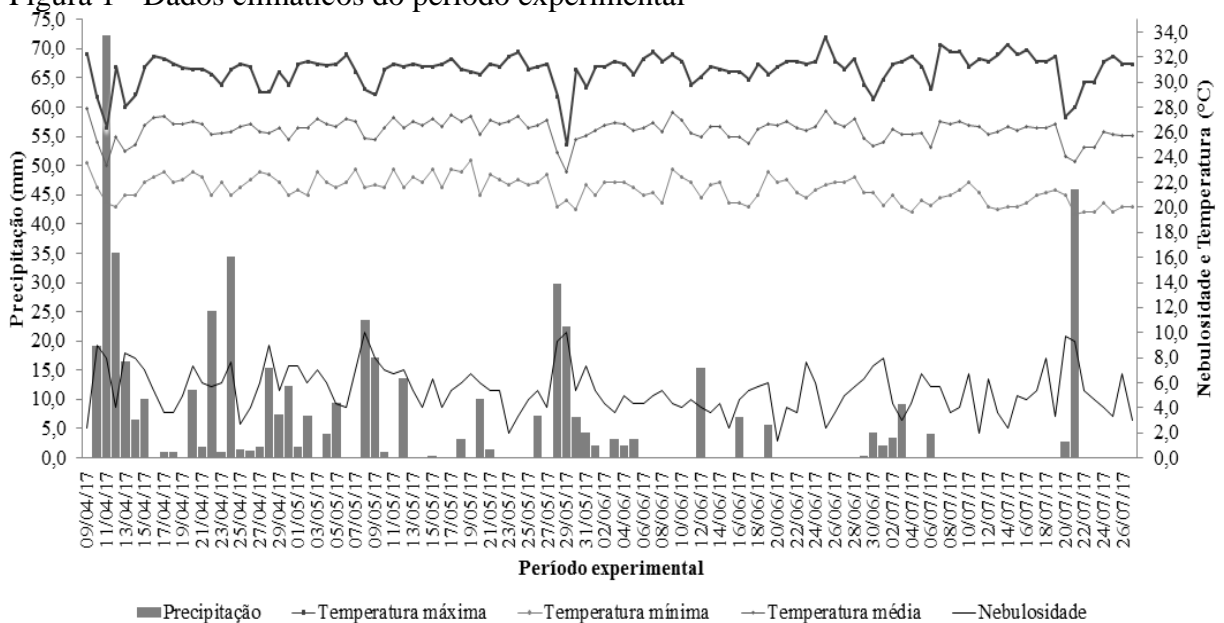
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área e período experimental

A pesquisa foi realizada no Núcleo de Ensino e Estudos em Forragicultura – NEEF/DZ/CCA/UFC, pertencente à Universidade Federal do Ceará (latitude sul 03° 44' 37'', longitude oeste de 38° 34' 41'') em Fortaleza – CE, no período de abril a agosto de 2017. O clima da região é classificado como Aw' tropical chuvoso (KÖPPEN, 1936), com médias anuais de temperatura do ar de 26,3 °C, pluviometria de 1600 mm, evapotranspiração potencial de 3.215 mm e umidade relativa de 62%. O solo da área experimental é um Argissolo Amarelo Eutrófico Típico, apresentando sedimentos areno-argilosos da formação barreira como material de origem (EMBRAPA, 2013).

Os pastos dos híbridos estudados foram semeados em quatro de março de 2017, o período experimental perdurou de março a julho de 2017 (Figura 1). Os dados climáticos referentes ao período experimental foram obtidos na Estação Agroclimatológica da Universidade Federal do Ceará (Campus do Pici) e encontram-se apresentados na Figura 1.

Figura 1 - Dados climáticos do período experimental



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.2 Tratamentos e delineamento experimental

Adotou-se um arranjo fatorial 2x2 num delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições (piquetes de 7,90 x 12,80 m). Os tratamentos consistiram da combinação entre dois híbridos de sorgo para pastejo ('Sorghum bicolor x S. sudanense') e duas frequências de pastejo (60 e 80 cm de altura do dossel). Os híbridos de sorgo para pastejo estudados foram desenvolvidos pelo programa de melhoramento vegetal da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Os genótipos avaliados foram o BR007A x TX2785, nomeado BR; e o híbrido CMSXS157A x TX2785, nomeado de CM.

Figura 2 - Formação dos pastos dos híbridos de sorgo para pastejo BR e CM



Abertura dos sulcos (A), adubo depositado no fundo do sulco (B), sementes depositadas sobre camada de solo acima do adubo no sulco (C), cobertura das sementes presentes no sulco (D).

Fonte: Elaborado pelo autor.

Realizou-se semeadura manual em linhas, adotando-se espaçamento de 30 cm entre linhas (Figura 2), respeitando distribuição de 12 sementes por metro linear, perfazendo estande de 400.000 plantas por hectare. O plantio foi realizado em sulcos, com cerca de seis cm de profundidade, abertos com auxílio de enxadecos. Após a abertura dos sulcos os adubos foram depositados no fundo do sulco. Na sequência colocou-se uma camada de solo sobre o adubo, a fim de evitar o dessecamento das sementes pelo contato direto com o mesmo. Posteriormente as sementes foram depositadas sobre a camada de solo acima do adubo (cerca

de três centímetros de profundidade), e por fim os sulcos foram cobertos com uma camada de solo.

Figura 3 – Mensuração da altura do dossel dos pastos dos híbridos de sorgo para pastejo BR e CM

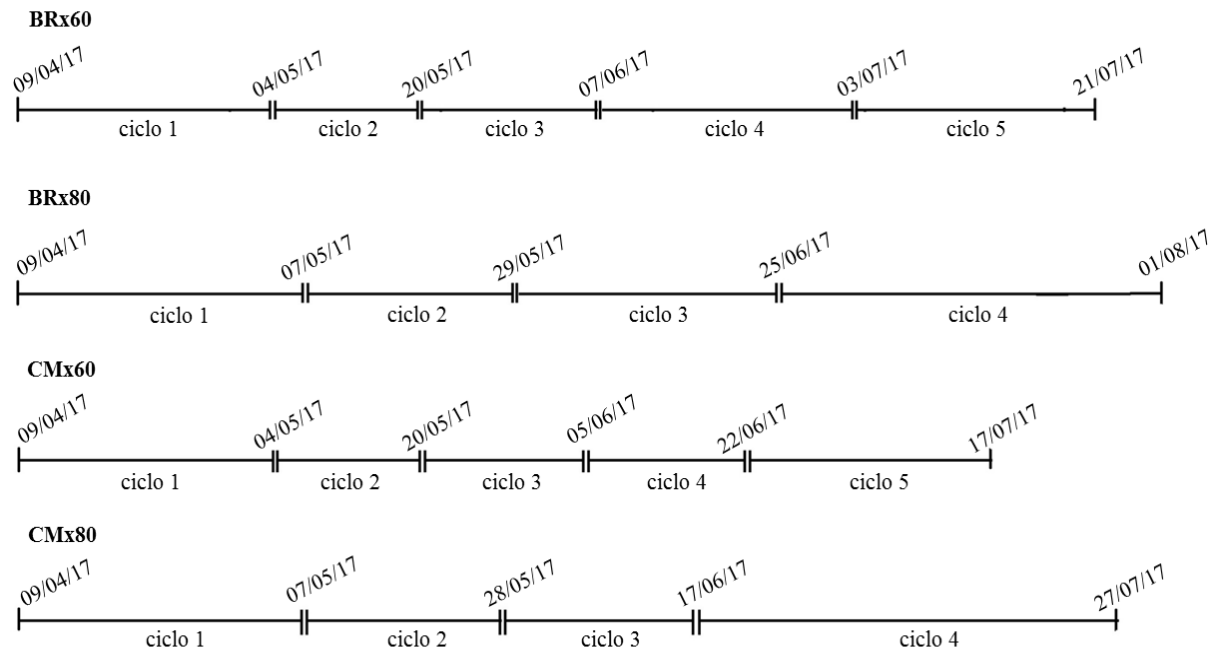


Mensuração da altura do dossel na condição pré-pastejo (A), mensuração da altura do dossel na condição pós-pastejo (B).

Fonte: Elaborado pelo autor.

A altura do dossel foi mensurada com auxílio de um bastão graduado retrátil (adaptado da ‘sward stick’; BARTHRAM, 1985). Foram realizadas 40 leituras por unidade experimental, tomadas respeitando um caminhamento em formato de zigue-zague, nas condições pré e pós-pastejo. A altura do dossel foi medida considerando a distância entre a superfície do solo e a curvatura da lâmina foliar mais alta tocada pelo indicador metálico do bastão graduado, no momento da amostragem (Figura 3). Os quatro tratamentos foram identificados como BRx60, BRx80, CMx60 e CMx80.

Figura 4 – Dados de início e final dos ciclos de pastejo ao longo do período experimental



Fonte: Elaborado pelo autor.

O início e o final de cada ciclo de pastejo para cada tratamento encontram-se representados na Figura 4. O tratamento BRx60 apresentou cinco ciclos de pastejo (média de 20 dias de período de descanso – PD); o tratamento BRx80 apresentou quatro ciclos de pastejo (média de 27 dias de PD); o tratamento CMx60 apresentou cinco ciclos de pastejo (média de 18 dias de PD) e o tratamento CMx80 quatro ciclos de pastejo (média de 26 dias de PD).

3.3 Manejo do pasto

Antes do início do período experimental realizou-se coleta de solo, com auxílio de trado tipo Sonda, na camada de 0 a 20 cm de profundidade, posteriormente a amostra de solo foi encaminhada para o laboratório de Solo e Água (FUNCEME/UFC) para realização da análise dos atributos químicos do solo, que se encontram na Tabela 1. Com base nos resultados da análise de solo e seguindo a recomendação da Comissão de Fertilidade de Solos do Estado de Minas Gerais (CFSEMG, 1999), realizou-se correção da fertilidade do solo para a cultura do sorgo com alto potencial produtivo.

Tabela 1 – Características químicas do solo da área experimental, na profundidade de 0 a 20 cm, ao início da instalação do experimento

P	K	Al³⁺	pH	Ca²⁺	Mg²⁺	SB	CTC	MO
	mg dm ⁻³		H ₂ O		cmol _c dm ⁻³			g kg ⁻¹
11,0	82,5	N.D.	5,8	1,41	0,68	2,33	5,22	11,66

Fósforo (P); potássio (K); alumínio (Al³⁺); não detectável (ND); potencial hidrogeniônico (pH); cálcio (Ca²⁺); magnésio (Mg²⁺); soma de bases (SB); capacidade de troca de cátions (CTC); matéria orgânica do solo (MO).

Para a adubação de fundação utilizaram-se doses equivalentes a 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (superfosfato simples), 60 kg ha⁻¹ K₂O (cloreto de potássio); 42,5 kg ha⁻¹ de N (ureia), e 40 kg ha⁻¹ de complexo sortido de micronutrientes (FTE BR 12) (CFSEMG, 1999). Realizou-se adubação de manutenção do pasto com doses de nitrogênio (na forma de ureia) e de K₂O (na forma de cloreto de potássio), equivalentes a 300 e 60 kg ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente. Essa adubação nitrogenada foi parcelada ao longo de todos os ciclos, e dentro de cada ciclo em duas aplicações iguais, sendo a primeira realizada após a saída dos animais e a segunda na metade do período de descanso. A adubação potássica foi parcelada ao longo de todos os ciclos com uma única aplicação por ciclo, realizada juntamente com a primeira parcela do nitrogênio.

O crescimento inicial dos híbridos de sorgo para pastejo foi acompanhado a fim de garantir o estabelecimento adequado. Após o estande apresentar-se uniforme (34 dias após o plantio), realizou-se corte de uniformização a 15 cm de altura ao nível do solo (Figura 4). A altura do corte de uniformização foi adotada com base na altura do meristema apical, a fim de causar a decapitação dos meristemas apicais e estimular o perfilhamento (COUTINHO, 2018). Os pastos foram roçados com auxílio de roçadeira lateral e o excesso de biomassa cortada foi retirado de dentro das unidades experimentais (Figura 5).

Figura 5 – Uniformização dos pastos dos híbridos de sorgo para pastejo BR e CM



Roço de uniformização dos pastos (A), retirada do excesso de biomassa roçada (B).
Fonte: Elaborado pelo autor.

Para desfolhação dos pastos utilizaram-se ovinos da raça Morada Nova (idade de $63,00 \pm 15,00$ meses e peso corporal de $33,58 \pm 7,19$ kg, no início do experimento), adotando-se a técnica ‘mob-stocking’ (GILDERSLEEVE et al., 1987). Os animais foram alocados nas unidades experimentais no momento que, na média das repetições de cada tratamento, os pastos atingiram as alturas pré-pastejo preconizadas (60 ou 80 cm) e foram mantidos no mesmo, até que o pasto atingisse a altura pós-pastejo preconizada (aproximadamente 25 cm de altura), o que levou um tempo de aproximadamente 378 ± 192 minutos. A altura residual (25 cm) adotada levou em consideração o índice de área foliar residual, quantificado em pré-ensaio. Constatou-se que a altura residual de 25 cm correspondeu a um índice de área foliar residual de 0,3.

3.4 Avaliação do índice relativo de clorofiladas trocas gasosas

As avaliações de trocas gasosas foram realizadas no horário compreendido entre 9:00 e 11:00 horas da manhã, com auxílio do analisador de CO₂ por radiação infravermelha (Infrared Gas Analyser – IRGA, modelo LCI BioScientific). A fim de minimizar possíveis oscilações na radiação solar, nas leituras entre tratamentos, utilizou-se no IRGA fonte artificial de radiação fotossinteticamente ativa acoplada na pinça do equipamento, adotando-se radiação fotossinteticamente ativa de 2000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Quando os pastos atingiram a condição pré-pastejo, na média das repetições, realizaram-se leituras na porção mediana do limbo da lâmina foliar recém-expandida de dois perfilhos representativos da condição do pasto (Figura 6A e 6B). Na sequência, na mesma lâmina foliar utilizada para mensuração das trocas gasosas, estimou-se o índice relativo de clorofila com auxílio de clorofilômetro portátil (Chlorophyll Meter SPAD-502) (Figura 6C). Realizaram-se seis leituras (três em cada lado do limbo foliar, Figura 6D) com o clorofilômetro, a média desses valores foi utilizada nas análises estatísticas.

Figura 6 - Avaliação das trocas gasosas e do índice relativo de clorofila nos híbridos de sorgo BR e CM



Medição das trocas gasosas em pastos de híbrido de sorgo manejados na frequência de pastejo de 60 cm de altura (A), medição das trocas gasosas em pastos de híbrido de sorgo manejados na frequência de pastejo de 80 cm de altura (B), medição do índice relativo de clorofila com clorofilômetro portátil (C), locais das leituras do clorofilômetro (D).
Fonte: Elaborado pelo autor.

As variáveis estudadas consistiram no índice relativo de clorofila (IRC; unidades SPAD), taxa de fotossíntese foliar (A; $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), temperatura foliar (Tleaf; $^{\circ}\text{C}$), taxa de transpiração foliar (E; $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática (Gs; $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), concentração interna de dióxido de carbono (Ci; ppm), relação fotossíntese condutância estomática (A/Gs; adimensional) e relação fotossíntese transpiração foliar (A/E; $\mu\text{mol mmol}^{-1} \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$).

3.5 Avaliação do crescimento do pasto

A análise de crescimento dos híbridos de sorgo para pastejo foi realizada a partir do ensaio de fluxo de biomassa realizado durante o período de rebrotação dos pastos. A marcação dos perfilhos, após a retirada dos animais das unidades experimentais, foi realizada quando se observou o início da rebrotação, a fim de identificar e acompanhar o fluxo de biomassa de perfilhos representativos da condição do pasto. Os perfilhos foram identificados com fitas coloridas presas ao colmo destes por um fio telefônico. Com o auxílio de uma régua graduada quantificaram-se as porções verdes e senescentes de todas as lâminas foliares e a distância entre a base do colmo e a lígula da última lâmina foliar exposta. A partir dessas medidas e do período de avaliação obtiveram-se as taxas de alongamento foliar, taxas de senescência foliar e taxas de alongamento de colmo.

Para conversão do crescimento linear em crescimento ponderal foram colhidos, em cada unidade experimental, dez perfilhos representativos da condição do pasto. Estes foram fracionados em lâmina foliar verde, lâmina foliar senescente e colmo. Posteriormente cada componente teve seu comprimento quantificado e em seguida foram levados para estufa de ventilação forçada a 55 °C, obtendo-se a biomassa seca.

A biomassa seca de cada componente foi dividida pelo seu comprimento total, obtendo-se o índice gravimétrico. A densidade populacional de perfilhos foi quantificada com auxílio de uma moldura retangular de canos plásticos (policloreto de vinila) com dimensões de 0,71 x 0,41 m. A partir do produto: índice gravimétrico x taxa de alongamento (folha e colmo) x densidade populacional de perfilhos, estimou-se a biomassa de forragem produzida, estratificada ao longo da rebrotação dos pastos. O índice de área foliar (IAF) foi obtido por meio do analisador PAR-LAI em agricultura modelo AccuPAR LP-80 (Decagon Devices® Inc., Pullman, Washington-USA) (Figura 7).

Figura 7 – Mensuração do índice de área foliar com analisador PAR-LAI nos pastos dos híbridos de sorgo BR e CM



Leitura superior no sentido paralelo à linha de plantas (A), leitura inferior no sentido paralelo à linha de plantas (B), leitura superior no sentido perpendicular à linha de plantas (C), leitura inferior no sentido perpendicular à linha de plantas (D).

Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir das biomassas de forragem obtidas via fluxo de biomassa e do IAF estimaram-se as variáveis: razão de peso foliar (RPF; $\text{m}^2 \text{g}^{-1}$), razão de área foliar (RAF; $\text{m}^2 \text{g}^{-1}$), taxa de assimilação líquida (TAL; $\text{g m}^2 \text{dia}^{-1}$) e taxa de crescimento relativo (TCR; $\text{g g}^{-1} \text{dia}^{-1}$) conforme Benincasa (2003) e Lopes et al. (2011b).

3.6 Avaliação da composição morfológica e botânica do pasto

A composição morfológica e botânica dos pastos na condição pré-pastejo foi avaliada por meio da quantificação da distribuição vertical dos componentes morfológicos da biomassa de forragem do dossel dos híbridos de sorgo para pastejo e da biomassa de plantas invasoras, utilizando o equipamento ponto quadrado inclinado. O equipamento consiste numa armação metálica com três pontos de sustentação acoplados a uma barra

horizontal, na qual há uma haste graduada (dotada com indicador na extremidade voltada para o pasto) que será posicionada transversalmente formando um ângulo de $32,5^\circ$ entre o plano de penetração no interior do dossel e o nível do solo (WARREN-WILSON, 1960).

Figura 8 – Avaliação dos componentes morfológicos e botânicos dos pastos dos híbridos de sorgo BR e CM



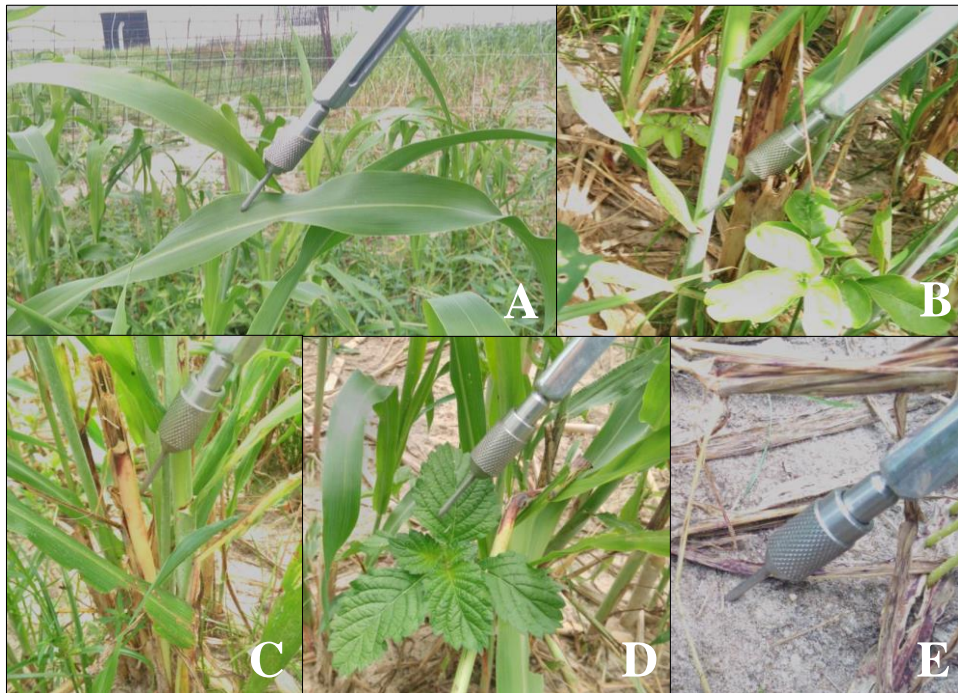
Avaliação da composição morfológica e botânica de pasto manejado na frequência de pastejo de 60 cm de altura pré-pastejo (A), avaliação da composição morfológica e botânica de pasto manejado na frequência de pastejo de 80 cm de altura pré-pastejo (B).

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os componentes morfológicos foram classificados em: folha (lâminas foliares), colmo (colmos + bainhas), material morto e plantas invasoras (qualquer planta distinta dos híbridos de sorgo estudados). O ponto quadrado inclinado foi posicionado em locais representativos das unidades experimentais (conforme observação visual da altura e da densidade de biomassa do pasto). Posteriormente a haste graduada foi introduzida no interior

do pasto até que o indicador presente em sua extremidade tocasse em algum componente morfológico do dossel. Quando ocorreu o toque, foi registrado o tipo de estrutura e o respectivo valor presente na haste graduada, procedimento que foi repetido até que a haste tocasse o solo (o solo foi registrado conforme os demais componentes).

Figura 9 – Componentes morfológicos e botânicos dos pastos dos híbridos de sorgo para pastejo BR e CM



Toque no componente folha (A), toque no componente colmo (B), toque no componente material morto (C), toque em planta invasora (D), toque no solo (E).

Fonte: Elaborado pelo autor.

O solo foi considerado o ponto de referência para realização do cálculo da altura efetiva. Após a haste tocar o solo o ponto inclinado foi alocado em outra estação do mesmo piquete, procedimento que foi repetido consecutivamente até a realização de um número mínimo de 100 toques em cada unidade experimental. Os dados foram agrupados e apresentados em porcentagem dos respectivos componentes morfológicos estratificados a cada dez centímetros.

3.7 Análises estatísticas

Os dados de trocas gasosas foram submetidos à análise de variância no fatorial completo, onde as interações foram desdobradas quando significativas ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey-Kramer ,

também ao nível de 5% de probabilidade.

Os dados de análise de crescimento foram submetidos à análise de variância no fatorial completo e as interações foram desdobradas para permitir análise de regressão das variáveis de crescimento ao longo do tempo de rebrotação em cada tratamento (combinação de um híbrido com um período de descanso). A escolha dos modelos baseou-se na significância dos coeficientes linear e quadrático, por meio do teste “t”, de Student, ao nível de 5% de probabilidade e no coeficiente de determinação.

Para os dados de trocas gasosas também foi estudado o efeito dos ciclos de pastejo, como medida repetida no tempo, dentro de cada tratamento. As médias de cada ciclo foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Como ferramenta auxiliar nas análises estatísticas foi adotado o procedimento GLM para a análise do fatorial completo e o procedimento MIXED para o efeito dos ciclos, ambos do programa SAS 9.4 (SAS INSTITUTE, 2013).

Os dados de composição morfológica foram apresentados de forma descritiva por meio de histogramas elaborados com o auxílio do programa computacional EXCEL (versão 2010).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios das metas de manejo, altura pré-pastejo (60 e 80 cm) e altura pós-pastejo (25 cm), encontram-se na Tabela 2. A altura pré-pastejo foi significativa ($P < 0,05$) para os fatores híbrido e frequência de pastejo, ao passo que altura pós-pastejo foi significativa apenas para o fator frequência de pastejo. Constatou-se maior altura pós-pastejo para os pastos manejados com maior frequência de pastejo (60 cm de altura). Ressalta-se que a frequência de pastejo (altura pré-pastejo: 60 e 80 cm) e a intensidade de pastejo (altura pós-pastejo: 25 cm) foram preconizadas para todo o período experimental, todavia não foi possível obter pastejo uniforme que possibilitasse atender a intensidade de pastejo preconizada.

Tabela 2 – Valores médios das metas de manejo pós-pastejo (25 cm de altura) e pré-pastejo (60 e 80 cm de altura) em dois híbridos de sorgo (BR: BR007A x TX2785 e CM: CMSXS157A x TX2785) manejados sob duas frequências de pastejo

Híbrido	FP (altura, cm)		Média	CV (%)
	60	80		
Altura pré-pastejo				
BR	62,58	78,16	70,37B	1,23
CM	64,17	79,49	71,83A	
Média	63,38b	78,83a		
Altura pós-pastejo				
BR	24,29	24,12	24,21	1,53
CM	24,76	23,82	24,29	
Média	24,53a	23,97b		

Frequência de pastejo (FP); híbrido BR007A x TX2785 (BR); híbrido CMSXS157A x TX2785 (CM); médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha dentro de cada variável, diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Observou-se variação para o número de ciclos de pastejo ao longo do período experimental (Tabela 3). Os pastos manejados com maior frequência de pastejo (60 cm de altura) apresentaram em média cinco ciclos, ao passo que os pastos manejados com menor frequência de pastejo (80 cm de altura) apresentaram quatro ciclos.

Considerando os três primeiros ciclos de avaliação, observou-se maior período de descanso no primeiro ciclo. A reposta em apreço deve-se ao roço de uniformização realizado a 15 cm acima da superfície do solo, que foi inferior à altura residual adotada nos demais ciclos de avaliação (25 cm). A menor altura adotada no primeiro ciclo resultou em menor área foliar residual nos perfilhos, o que provavelmente acarretou maior mobilização de reservas orgânicas, resultando em maior tempo para rebrotação. Os menores valores observados a partir do quarto

ciclo de rebrotação devem-se à restrição hídrica sofrida pelos pastos devido à redução da precipitação pluvial (Figura 1). A partir do quarto ciclo de rebrotação todos os manejos passaram por, em média, quatro dias sem a ocorrência de precipitações pluviais imediatamente após o pastejo.

Tabela 3 – Período de descanso para cada ciclo de pastejo nos pastos de dois híbridos de sorgo (BR: BR007A x TX2785 e CM: CMSXS157A x TX2785) manejados sob duas frequências de pastejo

Tratamento	Ciclos					Média
	1	2	3	4	5	
	PD (dias)					
BRx60	24a	14d	16c	24a	23b	20
BRx80	27b	20d	25c	36a	-	27
CMx60	25a	14d	14cd	15c	23b	18
CMx80	27b	19c	19c	39a	-	26

Período de descanso (PD); médias seguidas de letras distintas na linha, dentro de cada variável, diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

4.1 Avaliação do índice relativo de clorofila e das trocas gasosas

Constatou-se interação ($P < 0,05$) entre os fatores híbrido e frequência de pastejo para o índice relativo de clorofila (IRC) (Tabela 4). O IRC foi significativo, entre híbridos, apenas para a menor frequência de pastejo (80 cm de altura pré-pastejo), onde se constatou maior IRC para o híbrido CM (44,40 unidades SPAD), indicando que, para este manejo o híbrido CM se sobressai pela maior quantidade de pigmentos fotossintetizantes.

Considerando o efeito do ciclo de pastejo sobre o IRC, não se constatou significância ($P > 0,05$) para a combinação BRx60 (Tabela 5). Para a combinação BRx80 constatou-se menor IRC apenas no quarto ciclo de pastejo. Assim observa-se que independentemente da frequência de pastejo adotada o híbrido BR consegue manter certa estabilidade em seu IRC ao longo dos ciclos de pastejo. Característica apreciável haja vista que o IRC apresenta estreita relação com a capacidade fotossintética da lâmina foliar (LOPES et al., 2011a). O híbrido CM manejado na maior frequência de pastejo diferiu apenas para o segundo e quinto ciclo de pastejo e quando manejado na menor frequência de pastejo apresentou maiores IRC no primeiro e segundo ciclo de pastejo, reduzindo a partir do terceiro ciclo de pastejo (Tabela 5).

A taxa de fotossíntese foliar (A) revelou interação ($P < 0,05$) para os fatores estudados (Tabela 4). O híbrido BR apresentou maior valor ($33,41 \mu\text{mol mmol}^{-1} \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$) quando manejado sob a maior frequência de pastejo. Tal resposta deve-se provavelmente à

maior renovação de lâminas foliares e ao menor sombreamento mútuo entre estas, caracterizando pastos jovens e de maior eficiência fotossintética (ALEXANDRINO et al., 2011; SANTOS et al., 2011). Para o manejo com a menor frequência de pastejo constatou-se maior valor de A para o híbrido CM, indicando a superioridade desse genótipo no tocante a sua taxa fotossintética (Tabela 4).

A significância ($P < 0,05$) entre híbridos para o manejo com menor frequência de pastejo (80 cm) é de caráter intrínseco à planta forrageira, sendo assim a superioridade do híbrido CM para as variáveis A e IRC indica eficiência deste, no tocante à utilização dos fatores abióticos para produção de pigmentos fotossintetizantes e consequentemente na assimilação de carbono (Tabela 4).

O valor da A dos híbridos, independentemente da frequência de pastejo, foi afetado pelos ciclos de pastejo (Tabela 5). Para o híbrido BR manejado na maior frequência de pastejo (60 cm), constatou-se maior A para o primeiro ciclo de pastejo, não havendo significância entre os ciclos 2, 3 e 4, ao passo que o quinto ciclo apresentou a menor A. Quando manejado na menor frequência de pastejo, o híbrido BR apresentou comportamento semelhante, apresentando maior A no primeiro ciclo e menor A no último ciclo de pastejo. O híbrido CM apresentou A constante até o terceiro ciclo de pastejo, independentemente do manejo adotado, reduzindo a partir do quarto ciclo de pastejo (Tabela 5). Constata-se que ambos os híbridos reduziram sua A ao longo dos ciclos de pastejo, todavia ressalta-se que o híbrido CM apresentou maior estabilidade em sua A, que se manteve constante até o terceiro ciclo de pastejo, reduzindo gradativamente a partir desse, indicando que, no tocante a A o híbrido CM foi o genótipo menos sazonal.

Não se constatou interação ($P > 0,05$) entre os fatores híbrido e frequência de pastejo para as variáveis temperatura foliar (Tleaf), taxa de transpiração foliar (E), condutância estomática (Gs), concentração interna de dióxido de carbono (Ci), relação fotossíntese condutância estomática (A/gs) e relação fotossíntese transpiração (A/E) (Tabela 4). A não significância dessas para o fator frequência de pastejo provavelmente deveu-se à proximidade das alturas pré-pastejo estudadas (60 e 80 cm). Ressalta-se que estas foram adotadas com o propósito de compatibilizar o porte e o hábito de pastejo dos ovinos com a altura e produção de biomassa do dossel forrageiro.

A não significância ($P > 0,05$) da Tleaf, E, Gs, Ci, relação A/gs e A/E entre híbridos pode ser justificada pela proximidade genética desses materiais, haja vista que ambos possuem um progenitor em comum (TX2785). Destaca-se que independentemente do manejo

adotado os genótipos ajustaram seu comportamento fisiológico, indicando que ambos consistem em recursos forrageiros promissores (Tabela 4).

Tabela 4 – Índice relativo de clorofila e características fotossintéticas de dois híbridos de sorgo (BR: BR007A x TX2785 e CM: CMSXS157A x TX2785) manejados sob duas frequências de pastejo.

Híbrido	FP (altura, cm)		Média	CV (%)
	60	80		
IRC (unidades SPAD)				
BR	42,85Aa	41,05Bb	41,95	2,90
CM	43,97Aa	44,40Aa	44,19	
Média	43,41	42,73		
A ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)				
BR	33,41Aa	29,03Bb	31,23	4,03
CM	31,12Aa	33,37Aa	32,24	
Média	32,27	31,20		
Tleaf ($^{\circ}\text{C}$)				
BR	34,02	33,76	34,02	3,67
CM	34,49	34,78	34,49	
Média	34,27	34,27		
E ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)				
BR	4,29	4,17	4,55	12,78
CM	4,97	5,56	5,27	
Média	4,94	4,87		
Gs ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)				
BR	1,72	1,27	1,50	48,05
CM	1,86	1,90	1,89	
Média	1,79	1,59		
Ci (ppm)				
BR	214,10	215,15	214,62	10,14
CM	205,70	208,09	206,89	
Média	209,90	211,62		
A/Gs (adimensional)				
BR	42,13	46,68	44,41	20,85
CM	44,04	37,08	40,56	
Média	43,08	41,88		
A/E ($\mu\text{mol CO}_2 \text{mmol}^{-1} \text{H}_2\text{O}$)				
BR	6,94	6,59	6,77	10,10
CM	6,26	6,14	6,20	
Média	6,61	6,37		

Frequência de pastejo (FP), índice relativo de clorofila (IRC), taxa de fotossíntese foliar (A), temperatura foliar (Tleaf), taxa de transpiração foliar (E), condutância estomática (Gs), razão fotossíntese condutância estomática (A/Gs), razão fotossíntese transpiração (A/E), coeficiente de variação (CV); médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, dentro de cada variável, diferem entre si pelo teste de Tukey-Kramer ($P>0,05$).

Não houve efeito do ciclo de pastejo sobre a Tleaf ($P>0,05$) para os híbridos estudados, independente da frequência de pastejo adotada (Tabela 5). Tal resposta indica que

apesar da redução nas precipitações pluviárias com o transcorrer dos ciclos de pastejo (Figura 1), todos os híbridos conseguiram regular a temperatura interna da lâmina foliar, característica apreciável, haja vista que o aumento da Tleaf pode comprometer os processos fotossintéticos (Tabela 5).

Tabela 5 – Características fotossintéticas em função dos ciclos de pastejo em dois híbridos de sorgo (BR: BR007A x TX2785 e CM: CMSXS157A x TX2785) manejados sob duas frequências de pastejo

Tratamento	Ciclos				
	1	2	3	4	5
	IRC (unidades SPAD)				
BRx60	43,00a	43,92a	42,27a	43,27a	41,32a
BRx80	40,85ab	43,95a	42,57ab	36,85b	-
CMx60	44,85ab	46,90a	45,23ab	42,51ab	40,35b
CMx80	44,33ab	45,92a	45,71b	41,65b	-
	A ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)				
BRx60	41,12a	33,82b	33,18b	33,81b	25,15c
BRx80	37,28a	32,10b	27,75b	19,02c	-
CMx60	40,36a	33,72a	34,14ab	27,77b	19,65c
CMx80	39,16a	35,72a	35,58a	23,03b	-
	Tleaf ($^{\circ}\text{C}$)				
BRx60	34,86	34,86	34,33	32,12	33,93
BRx80	34,42	34,26	32,12	34,23	-
CMx60	34,15	34,42	33,47	34,88	35,51
CMx80	34,86	35,33	35,12	33,80	-
	A/E ($\mu\text{mol CO}_2 \text{mmol}^{-1} \text{H}_2\text{O}$)				
BRx60	7,55	6,91	5,98	8,02	6,27
BRx80	6,90	7,48	8,06	6,35	-
CMx60	7,12a	6,40a	6,42a	6,28a	5,08b
CMx80	5,75	6,42	6,67	5,72	-

Frequência de pastejo (FP), taxa de fotossíntese foliar (A), índice relativo de clorofila (IRC), temperatura foliar (Tleaf), razão fotossíntese transpiração (A/E), coeficiente de variação (CV); médias seguidas de letras distintas, minúsculas na linha dentro de cada variável, diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Não se constatou significância para o efeito do ciclo de pastejo sobre a razão A/E do híbrido BR, independente da frequência de pastejo estudada. Para o híbrido CM, constatou-se significância entre ciclos de cultivo apenas para o manejo com maior frequência de desfolhação, que apresentou menor razão A/E no último ciclo de pastejo, sinalizando que para esse ciclo a forrageira teve sua eficiência reduzida durante os processos de assimilação de dióxido de carbono (Tabela 5). De modo global, constata-se que os híbridos estudados mantiveram a eficiência de uso da água com o transcorrer dos ciclos de cultivo, característica apreciável para forrageiras manejadas sob regime de sequeiro.

Os valores da razão A/E obtidos no presente estudo encontram-se dentro da faixa dos valores documentados por Santos et al. (2014) para ‘Sorghum bicolor’ submetido ao estresse hídrico por período de 21 dias consecutivos. Santos et al. (2014) obtiveram razão A/E de $11 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$, ao passo que os híbridos BR e CM revelaram valores médios de 6,77 e 6,20 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$, respectivamente (Tabela 4).

A menor razão A/E observada no presente estudo, em relação aos valores documentados na literatura, deve-se a maior E dos híbridos (BR e CM), resultando em menores valores de A/E. Ressalta-se que o valor de $11 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ foi obtido em plantas sob estresse hídrico severo, cultivadas em vasos, resultando em maior regulação estomática e menor E. Assim, pode-se inferir que os híbridos BR e CM não passaram por estresse hídrico severo, provavelmente devido a mecanismos de resposta à restrição hídrica, como a redução da relação parte área raiz, possibilitando explorar água nos horizontes de subsuperfície.

4.2 Análise de crescimento

O índice de área foliar (IAF) apresentou comportamento linear positivo em função das idades de rebrotação (Tabela 6), caracterizando que as frequências de desfolhação adotadas (60 e 80 cm) mantiveram as plantas em fase de crescimento vegetativo pleno (NEUMANN et al., 2010; RAMAZANZADEH & ASGHARIPOUR, 2011; SITOMPUL, 2018).

Quantificaram-se incrementos diários em área foliar de 0,1603 e 0,0740 unidades dia^{-1} para os híbridos BR e CM, respectivamente, manejados com maior frequência de pastejo (60 cm) e 0,0666 e 0,0556 unidades dia^{-1} para os híbridos BR e CM, respectivamente nos pastos manejados com menor frequência de pastejo (80 cm). A maior frequência de desfolhação adotada resultou em menor altura do pseudocolmo (COUTINHO, 2018), possibilitando maiores taxas de alongamento e aparecimento foliar, resultando em maior incremento diário em área foliar.

O híbrido BR manejado na maior frequência de pastejo (60 cm) destacou-se por apresentar maior incremento diário em área foliar (0,1603 unidades dia^{-1}), sinalizando rápida recuperação da área foliar fotossintetizante, potencializando o vigor de rebrotação e a precocidade do dossel.

Tabela 6 – Índices de crescimento em dois híbridos de sorgo (BR: BR007A x TX2785 e CM: CMSXS157A x TX2785) manejados sob duas frequências de pastejo.

Tratamento	IAF (adimensional)	R ²
BRx60	IAF = -0,3970 + 0,1603***ID	0,90
BRx80	IAF = 0,6794 + 0,0666*ID	0,87
CMx60	IAF = 0,4403 + 0,0740*ID	0,81
CMx80	IAF = 0,4154 + 0,0556***ID	0,81
RPF (g g ⁻¹)		R ²
BRx60	RPF = 1,1423 - 0,0483***ID	0,92
BRx80	RPF = 1,3114 - 0,0495***ID	0,93
CMx60	RPF = 1,0425 - 0,0249*ID	0,94
CMx80	RPF = 0,8920 - 0,0222**ID	0,71
RAF (m ² g ⁻¹)		R ²
BRx60	RAF = 0,1555 - 0,0229*ID + 0,0010**ID ²	0,95
BRx80	RAF = -0,0404 + 0,0119*ID - 0,0003*ID ²	0,94
CMx60	RAF = 0,0407 ± 0,01	-
CMx80	RAF = 0,0248 ± 0,09	-
TAL (g m ² dia ⁻¹)		R ²
BRx60	TAL = 14,292 - 0,5331*ID	0,62
BRx80	TAL = 17,27 18 - 0,6824**ID	0,68
CMx60	TAL = 8,1638 - 0,4040*ID	0,97
CMx80	TAL = 18,5265 - 0,7084***ID	0,94
TCR (g g ⁻¹ dia ⁻¹)		R ²
BRx60	TCR = 0,4154 - 0,0556***ID	0,85
BRx80	TCR = 0,3797 - 0,0152***ID	0,57
CMx60	TCR = 0,5401 - 0,0288***ID	0,91
CMx80	TCR = 0,3328 - 0,1322***ID	0,75

Híbrido BR manejado sob frequência de pastejo de 60 cm de altura (BRx60), híbrido BR manejado sob frequência de pastejo de 80 cm de altura (BRx80), híbrido CM manejado sob frequência de pastejo de 60 cm de altura (CMx60), híbrido CM manejado sob frequência de pastejo de 80 cm de altura (CMx80), índice de área foliar (IAF), razão de peso foliar (RPF), razão de área foliar (RAF), taxa de assimilação líquida (TAL), taxa de crescimento relativo (TCR), idade (ID); significativos ao nível de 0,1% (***), 1% (**) e 5% (*); coeficiente de determinação (R²).

A razão de peso foliar (RPF) expressa a partição de fotoassimilados para o incremento de biomassa de lâmina foliar em relação ao incremento de biomassa da planta inteira. A RPF reduziu linearmente em função do tempo de rebrotação para todos os híbridos e manejos estudados (Tabela 6). Analisando o coeficiente linear das equações propostas, percebe-se que a RPF teve sua magnitude pouco afetada pela frequência de pastejo apresentando reduções diárias estimadas em 0,0483 e 0,0495 g g⁻¹ dia⁻¹ (híbrido BR) e 0,0249 e 0,0222 g g⁻¹ dia⁻¹ (híbrido CM) para a frequência de pastejo de 60 e 80 cm de altura, respectivamente.

Levando-se em consideração o fator híbrido, constatou-se redução menos pronunciada na RPF do híbrido CM, revelando a superioridade desse genótipo no tocante à qualidade da biomassa produzida. A resposta em apreço revela que o híbrido CM conseguiu direcionar fotoassimilados para o incremento de biomassa de lâmina foliar por um período de tempo superior ao do híbrido BR.

A razão de área foliar (RAF) revelou comportamento quadrático para o híbrido BR independentemente da frequência de pastejo adotada, ao passo que não se obteve ajuste ($P > 0,05$) para RAF no híbrido CM (Tabela 6).

O híbrido BR manejado na maior frequência de pastejo (60 cm) teve sua RAF minimizada aos 11,45 dias de idade, aumentando posteriormente até o final do período de descanso (17 dias), indicando o aumento em área foliar útil para o incremento de biomassa. Destaca-se a correlação significativa ($r = 0,40$; $P < 0,001$) entre RAF e RPF, indicando que o aumento de biomassa deu-se em biomassa de lâmina foliar verde, componente de maior valor nutricional.

Quando manejado na menor frequência de pastejo (80 cm) o híbrido BR teve sua RAF maximizada aos 19,83 dias, assim constata-se que para o referido manejo o momento de interrupção do crescimento do dossel deve ser em torno de 19 dias de rebrotação. A partir desta há redução da área foliar útil para interceptação de radiação fotossinteticamente ativa e conseqüentemente da eficiência de crescimento do dossel (LOPES et al., 2013; CUTRIM JUNIOR et al., 2014). Não foi possível obter ajuste para a RAF do híbrido CM, perfazendo médias de $0,0407 \pm 0,01$ e $0,0248 \pm 0,09$ para as frequências de 60 e 80 cm, respectivamente.

A taxa de assimilação líquida (TAL) reduziu linearmente em função das idades de rebrotação para os dois híbridos estudados, independentemente da frequência de pastejo adotada (Tabela 6). Constatou-se redução menos pronunciada na TAL para os híbridos manejados com maior frequência de pastejo (60 cm). A resposta em apreço resultou provavelmente do menor sombreamento mútuo das lâminas foliares durante o período de rebrotação, devido à menor altura dos pastos e ao menor número folhas produzidas (PARSONS et al., 1983; COSTA et al., 2012). Para o manejo com maior frequência de desfolhação, destaca-se a redução menos pronunciada na TAL do híbrido CM, indicando o maior potencial produtivo desse genótipo.

Para o manejo com a menor frequência de pastejo (80 cm), observou-se redução mais acentuada na TAL. O maior número de folhas produzidas (4,20) e a maior altura do dossel, observados nesses pastos, provavelmente acarretou em maior sombreamento mútuo das lâminas foliares, culminando na redução mais pronunciada na TAL. Essa hipótese é

ratificada pela maior taxa de senescência foliar observada nesses pastos, em resposta ao sombreamento mútuo.

A taxa de crescimento relativo (TCR) apresentou comportamento linear negativo em função da idade de rebrotação para os dois híbridos avaliados, independente da frequência de pastejo estudada (Tabela 6). A TCR expressa o incremento de biomassa por unidade de biomassa pré-existente. À medida que a cultura expressa seu potencial genético, há uma redução na TCR em função da idade cronológica da planta forrageira, todavia destaca-se que características extrínsecas como o manejo podem afetar a magnitude da resposta.

Analisando o efeito da frequência de pastejo sobre a TCR do híbrido BR, constatou-se que a maior frequência de pastejo acarretou em redução mais pronunciada na TCR ($0,0556 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) quando comparado à menor frequência de pastejo ($0,0152 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) (Tabela 6). É oportuno destacar que, a combinação BRx60 apresentou maior eficiência fotossintética (redução menos pronunciada na TAL), todavia não apresentou maior eficiência de crescimento, possivelmente decorrente de perdas respiratórias ou à alocação de carbono em órgão vegetais desconsiderados no cálculo da TCR, como a biomassa radicular.

Para o híbrido CM, observou-se redução menos pronunciada ($0,0288 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) na TCR quando manejado com maior frequência de pastejo, ao passo que, para o manejo com menor frequência de desfolhação estimou-se redução diária de $0,1322 \text{ g g}^{-1}$.

Sendo a TAL o componente fisiológico da TCR, pode-se inferir que a redução na frequência de pastejo acarretou na redução da eficiência fotossintética dos pastos, independentemente do híbrido avaliado, hipótese corroborada pela alta correlação significativa entre TCR e TAL ($r = 0,90$; $P < 0,0001$). Sendo assim a frequência de pastejo pautada na altura pré-pastejo de 60 cm revelou maior potencial fotossintético além de apresentar menor altura e conseqüentemente maior acessibilidade dos animais à forragem produzida. Analisando o coeficiente linear das equações da TCR dos híbridos BR e CM (para manejo de 60 cm) constata-se maior eficiência de crescimento para o híbrido CM, haja vista que o mesmo apresentou redução menos pronunciada e sua TCR.

4.3 Composição morfológica e botânica do pasto

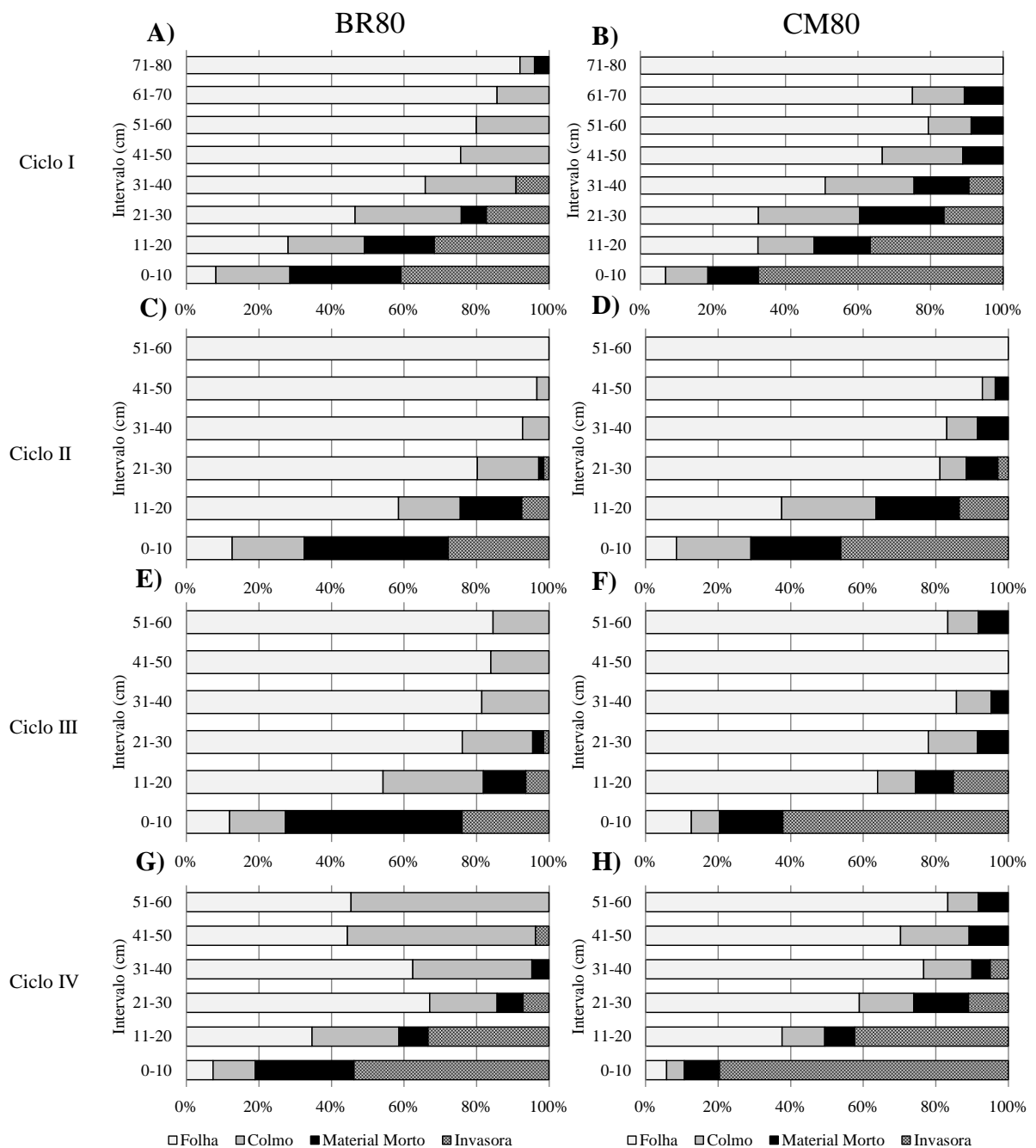
Não foi possível amostrar a camada superior do pasto em todos os tratamentos em todos os ciclos de pastejo estudados (Figura 10 e 11). Para a maior frequência de pastejo (60 cm de altura pré-pastejo) não foi possível quantificar a composição morfológica e botânica nas camadas superiores a 50 cm para o tratamento BRx60 (no terceiro ciclo de pastejo) e CM60 (no segundo ciclo de pastejo). Para a menor frequência de pastejo (80 cm de altura pré-pastejo), observou-se que, a partir do segundo ciclo de pastejo, não foi possível quantificar a composição morfológica e botânica nas camadas compreendidas entre 60 e 80 cm de altura. É provável que a baixa densidade do dossel tenha colaborado para a resposta obtida. Após posicionar o ponto quadrado inclinado na estação do pasto, eventualmente, a haste do equipamento adentrava no dossel sem tocar o topo deste (provavelmente pelo efeito do vento), não registrando as lâminas foliares do estrato superior do perfil dos pastos.

Analisando a distribuição vertical dos componentes estruturais dos híbridos BR e CM manejados na maior frequência de pastejo observou-se que, a partir do segundo ciclo de pastejo, a camada superior a 31 cm nos pastos do híbrido CM apresentou maior percentual de lâminas foliares. Os ovinos apresentam hábito de pastejo com predileção para consumo da forragem presente mais próxima ao nível do solo, sendo assim, devem-se utilizar plantas forrageiras de porte baixo e para plantas forrageiras de porte maior, como os híbridos de sorgo para pastejo estudados, devem-se adotar genótipos e estratégias de manejo que possibilitem a manutenção da produção de biomassa de lâmina foliar nas camadas inferiores do pasto.

Segundo Coutinho (2018) a combinação CMx60 proporcionou o maior horizonte de pastejo (34,23 cm). Como a altura do dossel (60 cm) consistiu em meta de manejo, o maior horizonte da combinação CMx60 proporcionou maior disponibilidade de forragem próximo aos nível do solo, indo ao encontro do hábito de pastejo dos ovinos. No presente estudo o híbrido CM, manejado com 60 cm de altura, revelou maior percentual de lâminas foliares na faixa que compreende o horizonte de pastejo. Característica apreciável, pois possibilita aos animais em pastejo apreender maior quantidade de forragem por bocado realizado, impactando diretamente no consumo de forragem pelos ruminantes e no desempenho destes (STOBBS, 1973; EUCLIDES et al. ,1999; SOLLENBERGER & BURNS, 2001).

sombreamento mútuo, provavelmente decorrente da redução na densidade populacional de perfilhos observada com o transcorrer dos ciclos de pastejo. Também se constatou aumento no percentual de plantas invasoras ao longo das camadas do dossel e principalmente nas camadas de 0 a 10 cm e de 11 a 20 cm, sinalizando degradação do estande, provavelmente como resposta à redução das precipitações pluviiais (Figura 1). No último ciclo de pastejo a combinação CMx60 apresentou maior percentual de plantas invasoras na camada de 0 a 10 cm.

Figura 11 – Estrutura vertical pré-pastejo do dossel em dois híbridos de sorgo (BR: BR007A x TX2785 e CM: CMSXS157A x TX2785) manejados com altura pré-pastejo de 80 cm (frequência de pastejo)



Analisando a distribuição vertical dos componentes morfológicos dos híbridos BR e CM manejados na menor frequência de pastejo, constatou-se que o híbrido CM apresentou maiores percentuais de lâmina foliar e menores percentuais de colmo, todavia apresentou maiores percentuais de material morto e maiores percentuais de plantas invasoras ao longo do perfil do dossel (Figura 10). Analisando o efeito do ciclo de pastejo sobre a composição morfológica dos pastos manejados com menor frequência de pastejo, percebe-se aumento pronunciado no percentual de plantas invasoras, principalmente para o híbrido CM. É oportuno salientar que para a menor frequência de pastejo o híbrido CM também apresentou maior percentual de plantas invasoras, sendo assim constata-se que este genótipo possui menor competitividade interespecífica e que independente da frequência de pastejo adotada teve seu estande degradado com maior intensidade comparativamente ao híbrido BR.

Analisando a composição morfológica entre as frequências de pastejo estudadas, constata-se que, nos pastos manejados com menor frequência de pastejo (80 cm) houve aumento no percentual dos componentes morfológicos colmo e material morto, bem como na ocorrência de plantas daninhas, a partir da camada de 31 cm de altura (Figura 11). O aumento no percentual de colmo decorre do maior investimento em componentes de sustentação, a fim de manter a estrutura cespitosa do dossel (PERAZZO et al., 2013). O aumento na porcentagem de material morto ao longo do perfil do pasto deve-se provavelmente ao maior sombreamento mútuo acarretado pelo maior número de lâminas foliares produzidas e maior altura do dossel.

5 CONCLUSÃO

O híbrido BR apresentou maior índice relativo de clorofila e maior taxa fotossintética quando manejado na maior frequência de pastejo.

A combinação BRx60 apresentou maior eficiência fotossintética e a combinação CMx60 apresentou maior eficiência de crescimento.

Quanto aos componentes morfológicos, o manejo com 60 cm de altura pré-pastejo favoreceu maior proporção de lâminas foliares verdes. O híbrido CM apresentou maior dificuldade de competição com invasoras ao longo dos ciclos de pastejo.

REFERÊNCIAS

- AGUILAR, P. B.; PIRES, D. A. A.; FROTA, B. C. B.; RODRIGUES, J. A. S.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; REIS, S. T. Características agronômicas de genótipos de sorgo mutantes BMR e normais utilizados para corte e pastejo. **Scientia Agraria Paranaensis**, v.14, n.4, p.257-261, 2015.
- AHMED, S. O.; ABDALLA, A. W. H.; INOUE, T.; PING, A.; BABIKER, E. E. Nutritional quality of grains of sorghum cultivar grown under different levels of micronutrients fertilization. **Food Chemistry**, v.159, p.374-380, 2014.
- ALEXANDRINO, E.; CANDIDO, M. J. D.; GOMIDE, J. A. Fluxo de biomassa e taxa de acúmulo de forragem em capim Mombaça mantido sob diferentes alturas. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.12, n.1, p.59-71, 2011.
- ALVAREZ, R. C. F.; CRUSCIOL, C. A. C.; NASCENTE, A. S. Análise de crescimento e produtividade de cultivares de arroz de terras altas dos tipos tradicional, intermediário e moderno. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.42, n.4, p. 397-406, 2012.
- AMARAL, J. A. T.; RENA, A. B.; AMARAL, J. F. T. Crescimento vegetativo sazonal do cafeeiro e suas relações com fotoperíodo, frutificação, resistência estomática e fotossíntese. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.3, p. 377-384, 2006.
- ARENHARDT, E. G.; SILVA, J. A. G.; GEWEHR, E.; ARENHARDT, L. G.; ARENHARDT, C. L.; NONNENMACHER, G. CG FARRAPO: A sudangrass cultivar with high biomass and grain yields. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.16, n.2, p.158-162, 2016.
- BARBERO, L. M.; PRADO, T. F.; BASSO, K. C.; LIMA, L. A.; MOTTA, K. M.; KRÜGER, B. C.; MARTINS NETO, L. R.; SILVA, G. A. S. Análise de crescimento em plantas forrageiras aplicada ao manejo de pastagens. **Veterinária Notícias**, v.19, n.2, p.71-85, 2013.
- BARTHAM, G. T. Experimental techniques: The HFRO Sward Stick. *In*: HILL FARMING RESEARCH ORGANIZATION. **Biennial report**. Midlonthian, 1985. p. 29-30.
- BAUMGARTNER, D. J.; GLENN, E. P.; MOSS, G.; THOMPSON, T. L.; ARTIOLA, J. F. Effect of irrigation water contaminated with uranium mill tailings on sudan grass, *Sorghum vulgare* var. *sudanense*, and Fourwing Saltbush, *Atriplex canescens*. **Arid Soil Research and Rehabilitation**. v.14, p. 43-57, 2000.
- BECK, P. A.; HUTCHINSON, S.; GUNTER, S. A.; LOSI, T. C.; STEWART, C. B.; CAPPS, P. K.; PHILLIPS, J. M. Chemical composition and in situ dry matter and fiber disappearance of sorghum x Sudangrass hybrids. **Journal of Animal Science**, v.85, n.2, p.545-555, 2007.
- BORGES, W. L. B.; FREITAS, R. S.; MATEUS, G. P.; SÁ, M. E.; ALVES, M. C. Absorção de nutrientes e alterações químicas em latossolos cultivados com plantas de cobertura em rotação com soja e milho. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.38, p.252-261, 2014.
- CÂNDIDO, M. J. D.; ALEXANDRINO, E.; GOMIDE, C. A. M.; GOMIDE, J. A.; PEREIRA, W. E. Período de descanso, valor nutritivo e desempenho animal em pastagem de

Panicum maximum cv. Mombaça sob lotação intermitente. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.5, p.1459-1467, 2005.

Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – CFSEMG. **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação**. 5 ed. Viçosa: UFV, 1999, 359 p.

CÓSER, A. C.; MARASCHIN, G. E. Desempenho animal em pastagens de milheto comum e sorgo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.18, n.4, p.421-426, 1983.

COSGROVE, G. P. Grazing behaviour and forage intake. *In*: GOMIDE, J. A. SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1., 1997, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1997. p. 59-80.

COSTA, J. P. R.; BRITO, L. F.; VIEIRA, L. D. C.; MEISTER, N. C.; MACEDO, C. H. O.; ALVES, P. L. C. A.; RUGGIERI, A. C. Análise de crescimento de dois cultivares de *Brachiaria brizantha* (A. Rich.) Stapf. (Poaceae). **Biotemas**, v.25, n.1, p.17-22, 2012.

COUTINHO, D. N. **Fluxo de biomassa e estrutura do dossel em híbridos de sorgo manejados sob frequências de pastejo com ovinos**. 2018. 52 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

CUTRIM JUNIOR, J. A. A.; BEZERRA, A. P. A.; FARIAS, S. F.; AQUINO, M. S.; SOMBRA, W. A.; ANDRADE, R. R.; CÂNDIDO, M. J. D. Morfofisiologia do capim-tifton 85 manejado intensivamente sob corte. **Acta Tecnológica**, v.9, p.62-69, 2014.

DAWSON, R. J.; GRAVES, R. R.; VAN HORN, A. G. Sudan grass as hay, silage, and pasture for dairy cattle technical bulletin. **USDA Technical Bulletin**, n.352, 1933.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, 353p. 2013.

EUCLIDES, V. P. B.; THIAGO, L. R. L.; MARCELO, M. C. M.; OLIVEIRA, M. P. Consumo voluntário de forragem de três cultivares de *Panicum maximum* sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, p.1177-1185, 1999.

FERREIRA, D. A.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S. Ruminal degradability of brown-midrib sorghum-sudangrass hybrids for cutting and grazing. **Revista Ciência Agrônômica**. v.49, n.1, p.141-149, 2018.

FULKERSON, W. J.; DONAGHY, D. J. Plant-soluble carbohydrate reserves and senescence – key criteria for developing an effective grazing management system for ryegrass-based pastures: a review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.41, n.2, p.261-275, 2001.

GILDERSLEEVE, R. R.; OCUMPAUGH, W. R.; QUESENBERRY, K. H.; MOORE, J. E. Mobgrazing morphologically different *Aeschynomene* species. **Tropical Grasslands**, v.21, n.3, p.123–132, 1987.

- GOBETTI, S. T. C. **Produção de sorgo forrageiro sob corte e pastejo**. 2010. 51 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Estadual do Centro Oeste, Guarapuava, 2010.
- GOMIDE, C. A. M.; GOMIDE, J. A.; ALEXANDRINO, E. Índices morfogênicos e de crescimento durante o estabelecimento e a rebrotação do capim-Mombaça (*Panicum maximum* Jacq). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p.795-803, 2003.
- GOMIDE, C. A. M.; GOMIDE, J. A.; MARTINEZ Y HUAMAN, C. A.; PACIULLO, D. S. C. Fotossíntese, reservas orgânicas e rebrota do capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq.) sob diferentes intensidades de desfolha do perfilho principal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 06, p. 2165-2175, 2002.
- HARMS, C. L.; TUCKER, B. B. Influence of Nitrogen Fertilization and Other Factors on Yield, Prussic Acid, Nitrate, and Total Nitrogen Concentrations of Sudangrass Cultivars. **Agronomy Journal**. vol.65, n.1, p.21-26, 1972.
- HODGSON, J. **Grazing management: science into practice**. Harlow: Longman Scientific & Technical, 1990. 203p.
- HODGSON, J. Ingestive behavior. In: LEAVER, J. D. (Ed.). **Herbage intake handbook**. Wallingford: British Grassland Society, 1982. p.113-138.
- HORST, G. L.; NELSON, C. J.; ASAY, K. H. Relationship of leaf elongation to forage yield of tall fescue genotypes. **Crop Science**, v.18, n.5, p.715-719, 1978.
- INMAN-BAMBER, N. G.; SMITH, D. M. Water relations in sugarcane and response to water deficits. **Field Crops Research**, v.92, n.2-3 p.185-202, 2005.
- JUFFO, G. D.; PAVARINI, S. P.; WOUTERS, F.; OLIVEIRA, L. G. S.; ANTONIASSI, N. A. B.; CRUZ, C. E. F.; DRIEMEIER, D. Intoxicação espontânea por *Sorghum sudanense* em bovinos leiteiros no Rio Grande do Sul. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.32, n.3, p.217-220, 2012.
- KOLLER, H. R.; SCHOLL, J. M. Effect of row spacing and seeding rate on forage production and chemical composition of two sorghum cultivars harvested at two cutting frequencies. **Agronomy Journal**, v.60, n.5, p.456-459, 1968.
- KÖPPEN, W. Das geographische System der Klimate. In: KÖPPEN, W. e GEIGER, R. **Handbuch der Klimatologie**, Berlin: Gebrüder Borntraeger, 1936. 44p.
- LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plant communities. In: HODGSON, J., ILLIUS, A.W. **The ecology and management of grazing systems**. Wallingford: CAB International, 1996. p.3-36.
- LIMA, M. H. M.; PIRES, D. A. A.; MOURA, M. M. A.; COSTA, R. F.; RODRIGUES, J. A. S.; ALVES, K. A. Nutritional characteristics of Sorghum hybrids hay (*Sorghum sudanense* vs. *Sorghum bicolor*). **Acta Scientiarum. Animal Sciences**. v.39, n.3, p.229-234, 2017.

- LOPES, M. N.; LACERDA, C. F.; CÂNDIDO, M. J. D.; POMPEU, R. C. F. F.; SILVA, R. G.; LOPES, J. W. B.; FERNANDES, F. R. B.; BEZERRA, F. M. L. Gas exchange in massai grass under five nitrogen fertilization levels during establishment and regrowth. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.9, p.1862-1869, 2011a.
- LOPES, M. N.; POMPEU, R. C. F. F.; CANDIDO, M. J. D.; LACERDA, C. F.; SILVA, R. G.; FERNANDES, F. R. B. Growth index in massai grass under different levels of nitrogen fertilization. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.12, p.2666-2672, 2011b.
- LOPES, M. N.; POMPEU, R. C. F. F.; SILVA, R. G.; REGADAS FILHO, J. G. L.; BESERRA, L. T.; LACERDA, C. F. Trocas gasosas e índices de crescimento em capim-braquiária manejado sob lâminas de irrigação e idades de crescimento. **Revista Agro@ambiente**, v.7, n.1, p.10-17, 2013.
- MACHADO, L. A. Z.; ASSIS, P. G. G.; PALOMBO, C. Sorgo para Pastejo/Corte e Cobertura do Solo no Período de Outono/Inverno (Safrinha) em Mato Grosso do Sul. **Boletim de Pesquisa e desenvolvimento**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2004. 19 p.
- MAGALHÃES, A. C. N. Análise quantitativa do crescimento. In: FERRI, M. G. **Fisiologia vegetal**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1985. p.332-349.
- MARANHÃO, T. D.; CÂNDIDO, M. J. D.; LOPES, M. N.; POMPEU, R. C. F. F.; CARNEIRO, M. S. S.; FURTADO, R. N.; SILVA, R. R.; SILVEIRA, F. G. A. Biomass components of *Pennisetum purpureum* cv. Roxo managed at different growth ages and seasons. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.19, n.1, p.11-22, 2018.
- MILES, J. T.; COWSERT, W. C.; LUSK, J. W.; OWEN, J. R. Most miik from sudan in State Coilege dairy tests. **Mississippi Farm Research**, v.19, n.4, p.6, 1956.
- NABLE, R. O.; ROBERTSON, M. J.; BERTHELSEN, S. Response of shoot growth and transpiration to soil drying in sugarcane. **Plant and Soil**, v.207, n.1, p.59-65, 1999.
- NEUMANN, M.; RESTLE, J.; SOUZA, A. N. M.; PELLEGRINI, L. G.; ZANETTE, P. M.; NORBERG, J. L.; SANDINI, I. E. Desempenho vegetativo e qualitativo do sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* X *Sorghum sudanense*) em manejo de cortes. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.9, n.3, p.297-313, 2010.
- OLIVEIRA, M. A. O; PEREIRA, O. G.; GOMIDE, J. A.; HUAMAN, C. A. M.; GARCIA, R.; CECO, P. R. Análise de crescimento do capim-bermuda 'Tifton 85' (*Cynodon* spp.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 06, p. 1930-1938, 2000.
- PACHECO, R. F.; FILHO, D. C. A.; BRONDANI, I. L.; RESTLE, J.; PIZZUTI, L. A. D.; CATTELAM, J. Parâmetros comportamentais de vacas de descarte em pastagens de milheto ou capim-sudão. **Ciência Animal Brasileira**, v.14, n.3, p.323-331, 2013.
- PACHECO, R. F.; FILHO, D. C.A.; BRONDANI, I. L.; NORBERG, J. L.; PIZZUTI, L. A. D.; CALLEGARO, A. M. Características produtivas de pastagens de milheto ou capim-sudão submetidas ao pastejo contínuo de vacas para abate. **Ciência Animal Brasileira**, v.15, n.3, p.266-276, 2014.

PAIVA, A. S.; FERNANDES, E. J.; RODRIGUES, T. J. D.; TURCO, J. E. P. Condutância estomática em folhas de feijoeiro submetido a diferentes regimes de irrigação. **Engenharia Agrícola**, Piracicaba, v. 25, n. 1, p. 161-169, 2005.

PARSONS, A. J.; LEAFE, E. L.; COLLETT, B.; STILES, W. The physiology of grass production under grazing: I – characteristics of leaf and canopy photosynthesis of continuously grazed sward. **Journal of Applied Ecology**, v.20, p.117-126, 1983.

PEIXOTO, P. H. P.; MATTA, F. M. da; CAMBRAIA, J. Responses of the photosynthetic apparatus to aluminum stress in two sorghum cultivars. **Journal of Plant Nutrition**, v.25, n.4, p.821-832, 2002.

PERAZZO, A. F.; SANTOS, E. M.; PINHO, R. M. A.; CAMPOS, F. S.; RAMOS, J. F.; AQUINO, M. M.; SILVA, T. C.; BEZERRA, H. F. C. Características agrônômicas e eficiência do uso da chuva em cultivares de sorgo no semiárido. **Revista Ciência Rural**, v.43, n.10, p.1771-1776, 2013.

PRACHE, S.; GORDON, I. J., ROOK, A. J. Foraging behaviour and diet selection in domestic herbivores. **Annales de Zootechnie**, v.48, n.5-6, p.1-11, 1998.

RADFORD, P. J. Growth analysis formulae: Their use and abuse. **Crop Science**, v.7, n.3, p.171-175, 1967.

RADOSTITS O. M.; GAY C. C.; HINCHCLIFF K. W.; CONSTABLE P.D.. Cyanogenic glycoside poisoning (cyanide hydrocyanic acid). In: Ibid. (Eds), **Veterinary Medicine**. 10 ed. Saunders Elsevier, Oxford, UK, 2007. p.1852-1855

RAMAZANZADEH, S.; ASGHARIPOUR, M. R. Physiological growth responses of *Sorghum* genotypes to impairment of plant photosynthesis using potassium iodide. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v.11, n.5, p.1884-1890, 2011.

RAUPP, A. A.; BRANÇÃO, N.; PARFITT, J. M.; FRANCO, J. C. Ensaio nacional de sorgo corte/pastejo 1999/2000. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DE SORGO, 28.; REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DE MILHO, 45, 2000, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2000.

RODRIGUES, J. A. S. Utilização de forragem fresca de sorgo (*Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*) sob condições de corte e pastejo. In: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS, 1., 2000, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2000. p.179-201.

ROVIRA, P.; ECHEVERRÍA, J. Desempeño productivo de novillos pastoreando sudangras o sorgo forrajero nervadura marrón (BMR) durante el verano. **Revista Veterinária**. v.24 , n.2, p.91-96, 2013.

SANTOS JÚNIOR, J. D. G.; MONTEIRO, F. A.; LAVRES JÚNIOR, J. Análise de crescimento do capim-marandu submetido a doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 06, p. 1985-1991, 2004.

- SANTOS, L. E. Construindo um ideótipo de gramínea para pastejo direto por ovinos/caprinos. In: SOUZA, F. H. D.; MATTA, F. P.; FÁVERO, A. P. **Construção de ideótipos de gramíneas para usos diversos**. Brasília: EMBRAPA, 2013. p. 259-272.
- SANTOS, M. E. R.; FONSECA, D. M.; BRAZ, T. G. S.; SILVA, S. P.; GOMES, V. M.; SILVA, G. P. Características morfogênicas e estruturais de perfilhos de capim-braquiária em locais do pasto com alturas variáveis. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.3, p.535-542, 2011.
- SANTOS, O. O.; FALCÃO, H.; ANTONINO, A. C. D.; LIMA, J. R. S.; LUSTOSA, B. M.; SANTOS, M. G. Desempenho ecofisiológico de milho, sorgo e braquiária sob déficit hídrico e reidratação. **Bragantia**, vol.73, n.2, p.203-212, 2014.
- SAS INSTITUTE. **SAS System for Windows**. Version 9.4. Cary: SAS Institute Inc. 2013.
- SILVA, R. G.; CÂNDIDO, M. J. D.; NEIVA, J. N. M.; LÔBO, R. N. B.; SILVA, D. S. Características estruturais do dossel de pastagens de capim-tanzânia mantidas sob três períodos de descanso com ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.5, p.1255-1265, 2007.
- SIMILI, F. F.; LIMA, M. L. P.; MEDEIROS, M. I. M.; PAZ, C. C. P.; RUGGIERI, A. C.; REIS, R. A. Hydrocyanic acid content and growth rate of sorghum x sudangrass hybrid during fall. **Ciência Agrotecnologia**, v.37, n.4, p.299-305, 2013.
- SIMILI, F. F.; LIMA, M. L. P.; MEDEIROS, M. I. M.; ROMA JÚNIOR, L. C.; PAZ, C. C. P.; REIS, R. A. Milk yield of crossbred cattle grazing sorghum sudangrass hybrid with concentrate supplementation during dry season. **Livestock Research for Rural Development**, v.30, n.4, 2018.
- SIMILI, F. F.; REIS, R. A.; FURLAN, B. N.; PAZ, C. C. P.; LIMA, M. L. P.; BELLINGIERI, P. A. Resposta do híbrido de sorgo-sudão à adubação nitrogenada. **Ciência Agrotecnologia**, v.32, n.2, p.474-480, 2008.
- SITOMPUL S. M.; GURITNO B.; TYASMORO Y. S. Crop growth parameters of grain sorghum varieties (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) at different crop spacing. **Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences**, v.74, n.2, 2018.
- SMIT, M. A.; SINGELS, A. The response of sugarcane canopy development to water stress. *Field Crops Research*, v.98, n.2-3, p.91-97, 2006.
- SOLLENBERGER, L. E.; BURNS, J. C. Canopy characteristics, ingestive behaviour and herbage intake in cultivated tropical grasslands. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19, São Pedro, 2001. **Anais...** São Pedro: Fealq, 2001, p.321-327.
- STOBBS, T. H. The effect of plant structure on the intake of tropical pastures. II. Differences in sward structure, nutritive value, and bite size of animals grazing *Setaria anceps* and *Chloris gayana* at various stages of growth. **Australian Journal of Agriculture Research**, v.24, n.6, p.821-829, 1973.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Editora Artmed, 2017. 888p.

TOMICH, T. R.; TOMICH, R. G. P.; GONÇALVES, L. C.; BORGES, I.; RODRIGUES, J. A. S. Valor nutricional de híbridos de sorgo com capim-sudão em comparação ao de outros volumosos utilizados no período de baixa disponibilidade das pastagens. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, n.6, p.1249-1252, 2006.

TURGUT, I.; BILGILI, U.; DUMAN, A.; ACIKGOZ, E. Production of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) increases with increased plant densities and nitrogen fertilizer levels. **Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant**. v.55, p.236-240, 2005.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. 2.ed. Ithaca: Cornell University, 1994. 476p.

WALL, J. S.; ROSS, W. **Producción y Usos del Sorgo**. Buenos Aires: Hemisferio Sur, 1975. 399p.

WARREN-WILSON, J. Inclined point quadrats. **New Phytology**, v. 59, n.1, p 1-8, 1960.