

PEDRO SANTOS PENO BENGALA

**INFLUÊNCIA DOS CULTIVOS DE 1ª E 2ª SAFRAS NO CRESCIMENTO E
NA PRODUTIVIDADE DE SILAGEM DE MILHO E SORGO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de Magister Scientiae.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2019

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

B466i
2019 Bengala, Pedro Santos Peno, 1992-
Influência dos cultivos de 1ª e 2ª safras no crescimento e na
produtividade de silagem de milho e sorgo / Pedro Santos Peno
Bengala. – Viçosa, MG, 2019.
x, 91 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Leonardo Duarte Pimentel.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Milho - Cultivo. 2. Sorgo - Cultivo. 3. Milho -
Crescimento. 4. Sorgo - Crescimento. 5. Milho -Fisiologia.
6. Sorgo -Fisiologia. 7. Milho - Fenologia. 8. Sorgo - Fenologia.
9. Milho - Aspectos ambientais. 10. Sorgo - Aspectos
ambientais. 11. Produtividade agrícola. 12. Silagem.
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Fitotecnia.
Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia. II. Título.

CDD 22.ed. 633.15

PEDRO SANTOS PINO BENGALA

**INFLUÊNCIA DOS CULTIVOS DE 1ª E 2ª SAFRAS NO CRESCIMENTO E NA
PRODUTIVIDADE DE SILAGEM DE MILHO E SORGO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de
Viçosa, como parte das exigências do Programa de
Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do
título de *Magister Scientiae*.

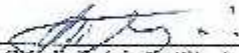
APROVADA: 22 de fevereiro de 2019.



Francisco Cláudio Lopes de Freitas



Anderson Barbosa Evaristo



Luis Cláudio Inácio da Silveira
(Coorientador)



Leonardo Duarte Pimentel
(Orientador)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais Peno Bengala (in memoriam) eterno mestre e Lenita Santos de Oliveira pela oportunidade e incentivo em nome da minha formação profissional estando sempre ao meu lado, a minha filha Claudina Pedro Bengala dedico.

Epígrafe

Não importam e nem se contam os tropeços da caminhada, o importante é caminhar na perseguição consciente da meta a atingir-se, mesmo que custosa e, por vezes, aparentemente inatingível.

WALTER MIGUEL

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por estar sempre guiando meus passos, me dando forças para vencer os obstáculos da vida.

A minha família, especialmente meu pai Peno Bengala (in memoriam) e minha mãe Lenita Santos de Oliveira, meus tios Jaime Rocha Roque e Inês António Cadeado pela educação que me foi dada, e a oportunidade de cursar um ensino de nível superior.

Aos meus irmãos Daniel Bengala, David Bengala, Micheque Bengala, Xadrequ Bengala e aos meus primos Augusto Ventura, Roque Bengala por me darem força para o desenvolvimento intelectual.

Ao programa Borlaug Higher Education for Agricultural Research and Development (BHEARD), pela concessão da bolsa de estudo.

À Universidade Federal de Viçosa, Campus Viçosa, especificamente o Departamento de Fitotecnia, pela excelência no ensino e estrutura concedida.

Ao meu orientador, Professor Leonardo Duarte Pimentel, pela oportunidade dada de participar no grupo Sorgo, pela paciência, transparência e incentivo na orientação do trabalho, onde sem dúvida é pessoa que não mede esforço para mostrar a importância da formação profissional, sendo merecedor do meu respeito e admiração.

Aos meus coorientadores, Professor Rodrigo Oliveira de Lima e técnico Luís Cláudio Inácio da Silveira, pelos conselhos e apoio durante a realização do trabalho.

À Maria Antônia Machado Barbosa, pela colaboração durante a condução dos experimentos e a parte escrita do trabalho.

Ao Técnico do Vale de Agronomia, Paulo Paiva, pelo apoio durante a condução dos experimentos.

A todos amigos e colegas do laboratório, Angélica Barros, Antônio Melo, Célia Melo, Edvaldo Paulo, Evandro Biesdorf, José Dique, Jadson Teixeira, Manuel Jorge, Paulo Henrique, Thaís Teixeira, entre outros que sempre trabalhamos em conjunto para superar as dificuldades durante a formação.

A minha amada Violeta pela amizade e cumplicidade nesses dois anos.

Aos conselheiros, Professores Pedro Chume e Simião Balane, Engenheiro Ângelo Dinis Gomes que agarraram-me à mão e não me deixaram cair ao tropeço.

BIOGRAFIA

PEDRO SANTOS PENO BENGALA- nascido em Moçambique, na cidade da Beira-Sofala, no dia 19 de Dezembro de 1992, filho de Peno Bengala e Lenita Santos de Oliveira.

Em 2016, graduou-se em Engenharia Agropecuária, especialidade produção vegetal na Universidade Zambeze - Faculdade de Ciências Agraria em Angónia - Tete - Moçambique.

Em Março de 2017 ingressou na Universidade Federal de Viçosa - Brasil, no Programa de Pós-graduação em Fitotecnia em nível de mestrado, defendendo sua dissertação e obtendo o título de Magister Scientiae em fevereiro de 2019.

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1- Aspectos gerais das culturas de milho e sorgo.....	3
2.2- Fenologia.....	4
2.3- Análise de crescimento	5
2.4- Silagem de milho e sorgo	6
3. REFERÊNCIAS	9
CAPÍTULO I:	13
ANÁLISE DE CRESCIMENTO NAS CULTURAS DE MILHO E SORGO EM FUNÇÃO DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS DE 1ª E 2ª SAFRAS	13
RESUMO	13
ABSTRACT	14
1. INTRODUÇÃO	15
2. MATERIAL E MÉTODOS	17
2.1- Local do experimento e avaliação climatológica	17
2.2- Delineamento experimental	18
2.3- Implantação e manejo da cultura.....	19
2.4- Definição da escala fenológica.....	20
2.5- Análises de crescimento	22
2.6- Trocas gasosas e eficiência no uso da água	22
2.7- Características estomáticas.....	23
2.8- Análise estatística.....	23
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
3.1- Alterações das condições climáticas durante o período experimental	24
3.2- Duração dos estágios fenológicos das plantas de sorgo e milho na 1ª e 2ª safras.....	26
3.3- Características de crescimento	31
3.4- Partição de assimilados	33
3.5- Trocas gasosas e eficiência no uso da água	36
3.6- Características estomáticas.....	39
4. CONCLUSÕES	43

5. REFERÊNCIAS	44
CAPÍTULO II:	49
EFICIÊNCIA ECONÔMICA E PRODUTIVA DE DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE SILAGEM DE MILHO E SORGO	49
RESUMO	49
ABSTRACT	51
1. INTRODUÇÃO	52
2. MATERIAL E MÉTODOS	54
2.1- Local e condições climáticas.....	54
2.2- Delineamento experimental	55
2.3- Implantação e manejo da cultura.....	56
2.4- Características avaliadas	57
2.4.1- Crescimento e produtividade.....	57
2.4.2- Eficiência econômico-produtiva	58
2.4.3- Parâmetros bromatológicos	59
2.5- Análise estatística.....	61
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	62
3.1- Características de crescimento e produtividade	62
3.1.1- Produtividade de matéria fresca e matéria seca na 1ª e 2ª safras	69
3.2- Custo operacional efetivo.....	70
3.3- Custo de produção por tonelada de matéria fresca produzida.....	75
3.4-Parâmetros bromatológicos na 1ª e 2ª safras	77
4. CONCLUSÕES	82
5. REFERÊNCIAS	82
CONSIDERAÇÕES FINAIS	90

RESUMO

BENGALA, Pedro Santos Peno, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2019. **Influência dos cultivos de 1ª e 2ª safras no crescimento e na produtividade de silagem de milho e sorgo.** Orientador: Leonardo Duarte Pimentel. Coorientadores: Rodrigo Oliveira de Lima e Luís Cláudio Inácio da Silveira.

Milho e sorgo são as principais culturas agrícolas produzidas para fornecer energia e volumosos à bovinocultura de leite e corte. Essas plantas possuem usos similares, porém, apresentam características morfológicas, fenológicas e fisiológicas distintas. Sabe-se que o sorgo é mais tolerante ao estresse que o milho, porém o milho é mais produtivo sob condições adequadas. Nesse sentido, esses cultivos podem ser trabalhados de forma complementar em função do ambiente de produção (fertilidade do solo, época de semeadura, nível tecnológico). No entanto, independentemente da situação específica, o produtor precisa compreender melhor como o meio ambiente influencia a fenologia, crescimento e fisiologia de plantas de sorgo e milho em função dos cultivos de 1ª e 2ª safras, e quais melhores sistemas de produção visando altos rendimentos, com reflexos sobre o lucro obtido. A hipótese desse trabalho baseia-se no fato de que plantas de sorgo e milho são influenciadas de maneira distinta pelas condições ambientais de cultivo de 1ª e 2ª safras e que há uma sequência de cultivo e sucessão que possibilite maior eficiência econômica e produtiva para produção de silagem. Para isso, desenvolveram-se dois experimentos independentes, apresentados em dois capítulos. No primeiro capítulo, aborda-se o estudo relativo à análise de crescimento nas culturas de milho e sorgo em função das condições ambientais de 1ª e 2ª safras, cujo objetivo foi fazer uma análise de crescimento nas culturas de milho e sorgo em função das condições ambientais de 1ª e 2ª safras. As culturas de milho e sorgo foram semeadas no campo, sendo avaliados em duas safras consecutivas (1ª e 2ª safras). Foram realizadas caracterização fenológica, análises de crescimento (altura de plantas, área foliar e partição de fotoassimilados) e avaliações fisiológicas (condutância estomática, transpiração, taxa de fotossíntese líquida, eficiência no uso da água - EUA, densidade estomática, densidade e tamanho de células), em duas épocas 1ª e 2ª safras. Verificou-se que, o estágio vegetativo (EV) tanto do sorgo quanto do milho foram prolongados quando cultivado na 2ª safra em função da menor soma de graus dias acumulada. A fotossíntese líquida das duas culturas sofreram redução na 2ª safra, porém plantas de

sorgo tiveram melhor desempenho ao longo do seu ciclo nesse período de cultivo. O sorgo apresentou maior desempenho na EUA no cultivo de 2ª safra em comparação como milho. Conclui-se que as condições ambientais de cultivo na 1ª e 2ª safras exercem influência sobre a fenologia, crescimento e fisiologia de plantas de milho e sorgo, e ambas culturas respondem de maneira diferenciada às condições climáticas. No segundo capítulo apresenta-se o estudo relativo à eficiência econômica e produtiva de diferentes sistemas de produção de silagem de milho e sorgo cultivados na 1ª e 2ª safras, cujo objetivo foi avaliar qual sequência de cultivo em plantio e sucessão proporciona maior eficiência econômico-produtiva para produção de silagem entre milho e sorgo na 1ª e 2ª safras. Foram avaliadas características de crescimento (altura de plantas, número de folhas e partição de assimilados), produtividade, custos de produção e qualidade da silagem. Verificou-se as maiores alturas e número de folhas nos tratamentos com milho no sistema safra-safrinha. Houve variação para os componentes estruturais das plantas, observando-se maior partição de espigas e folhas nos tratamentos com milho e maior partição de colmo nos tratamentos com sorgo. Os tratamentos com sorgo apresentaram maiores produtividades na 1ª safra, com redução na 2ª safra quando comparados com milho. O custo operacional efetivo apresentou diferença entre os tratamentos sendo que a principal diferença entre milho e sorgo foi o custo com aquisição de sementes. Conclui-se que o sistema de cultivo com sorgo na 1ª safra e milho na 2ª safra apresentou melhor eficiência econômico-produtiva. Por fim, quando considerado os dois experimentos, pode-se considerar que o sorgo apresenta maior plasticidade fisiológica nos cultivos de 2ª safra e, melhor eficiência no uso da água e menor custo por hectare cultivado, principalmente quando se considera o uso da rebrota. Por outro lado, mesmo com maior custo de produção por hectare, o custo final da tonelada de silagem produzida de milho foi inferior à do sorgo uma vez que o milho foi mais produtivo, além de resultar em silagem de melhor qualidade. Nos sistemas de produção analisado, o menor custo de produção de silagem (R\$/ton) foi arranjo produtivo semeando sorgo na 1ª safra e milho na 2ª safra em sucessão.

ABSTRACT

BENGALA, Pedro Santos Peno, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2019. **Influence of the 1st and 2nd crops on the growth and productivity of corn and sorghum silage.** Adviser: Leonardo Duarte Pimentel. Co-advisers: Rodrigo Oliveira de Lima and Luís Cláudio Inácio da Silveira.

Maize and sorghum are the main sources of resources for the production of energy and volume of dairy cattle and cut. They have similar functions, however, they present different morphological, phenological and physiological characteristics. It is known that sorghum is more tolerant to stress than corn, but it is more productive under safe conditions. In this sense, these crops can be worked in a complementary way according to the production environment (soil fertility, sowing time, technological level). However, regardless of the specific situation, the producer needs to better understand how the environment influences the phenology, growth and physiology of sorghum and maize plants as a function of the 1st and 2nd crops, and what better production systems aiming at high yields, with reflections on the profit obtained. The hypothesis of this work is based on the fact that sorghum and maize plants are influenced in a different way by environmental conditions of 1st and 2nd crop, and that there is a sequence of cultivation and succession that allows greater economic and productive efficiency for the production of silage. For this, two independent experiments were developed, presented in two chapters. In the first chapter, we study the growth analysis of maize and sorghum crops as a function of the environmental conditions of the 1st and 2nd crops, whose objective was to make a growth analysis in maize and sorghum crops as a function of environmental conditions of 1st and 2nd crops. The maize and sorghum crops were sown in the field, being evaluated in two consecutive harvests (1st and 2nd crops). Phenological characterization, growth analysis (plant height, leaf area and partition of photoassimilates) and physiological evaluations (stomatal conductance, transpiration, net photosynthesis rate, water use efficiency - WEU, stomatal density, cell density and size), in two seasons 1st and 2nd crops. It was verified that the vegetative stage (EV) of both sorghum and maize were prolonged when cultivated in the 2nd harvest due to the lower sum of degrees accumulated days. The liquid photosynthesis of the two crops was reduced in the 2nd crop, but sorghum plants had better performance during their cycle in this period of cultivation. Sorghum showed higher performance

in the USA in the 2nd crop than maize. It is concluded that the environmental conditions of cultivation in the 1st and 2nd crops exert influence on the phenology, growth and physiology of maize and sorghum plants, and both crops respond differently to climatic conditions. The second chapter presents the study on the economic and productive efficiency of different systems of maize and sorghum silage grown in the 1st and 2nd crops, whose objective was to evaluate which sequence of cultivation in planting and succession provides greater economic-productive efficiency for the production of silage between maize and sorghum in the 1st and 2nd crops. Growth characteristics (plant height, leaf number and assimilated partition), productivity, production costs and silage quality were evaluated. The highest heights and number of leaves were verified in the treatments with maize in the season-offseason system. There was variation for the structural components of the plants, being observed a greater partition of spikes and leaves in the treatments with maize and greater partition of stem in the treatments with sorghum. Traits with sorghum showed higher yields in the 1st crop, with reduction in the 2nd crop when compared to maize. The effective operational cost presented a difference between the treatments and the main difference between maize and sorghum was the cost of acquiring seeds. It is concluded that the system of cultivation with sorghum in the 1st crop and maize in the 2nd crop presented better economic-productive efficiency. Finally, when considering the two experiments, it can be considered that sorghum presents higher physiological plasticity in the crops of the 2nd crop and, better efficiency in the use of water and lower cost per cultivated hectare, especially when considering the use of regrowth. On the other hand, even with higher production costs per hectare, the final cost of the ton of silage produced from maize was lower than that of sorghum, since maize was more productive and resulted in better quality silage. In the analyzed production systems, the lowest cost of silage production (R\$ / ton) was a productive arrangement sowing sorghum in the 1st crop and maize in the 2nd crop in succession.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A produção de milho e sorgo tem aumentado consideravelmente nos últimos anos no Brasil. Parte expressiva desse incremento se deve à expansão de cultivos de 2ª safra nas áreas onde se cultivava soja na 1ª safra e ao emprego de novas técnicas de cultivo (CONAB, 2018).

Essas culturas possuem relevante papel socioeconômico devido aos seus potenciais produtivos, composição química e valor nutritivo, associado as suas multiplicidades de uso e aplicações, quer na alimentação humana e matéria-prima impulsionadora de diversificados produtos industriais (FANCELLI, 2017).

Por outro lado, além da importância relacionada à produção de alimento humano e uso industrial, o milho e sorgo têm sido cultivados largamente para produção de silagem, aliado ao cenário da pecuária bovina de corte e leite que possui destaque dentro das atividades do agronegócio brasileiro. Como no Brasil há predomínio de sazonalidade pluviométrica e conseqüentemente de produção forrageira, quase sempre se faz necessária a complementação da alimentação animal no período seco do ano, tornando-se o maior gargalo da atividade, elevando o custo de produção de forragens (FACTORI et al., 2012).

Neste contexto, a produção de silagem é considerada a principal alternativa para solução do problema de escassez de alimento das cadeias produtivas de carne e leite, instaladas em regiões com ocorrência de período de seca, onde ocorre queda da produção e qualidade de forragens. A produção de silagem permite que se tenha forragem de alto valor nutritivo durante todo ano, suprimindo as necessidades dos animais mesmo em épocas secas, através de uma técnica de conservação de alimento de fácil aplicação e bem dominada (COUTINHO et al., 2015).

A ensilagem de milho é predominante, mas a silagem de sorgo tem grande potencial frente à sua similaridade de valor nutritivo quando comparado com a de milho (DEMARCHI et al., 1995) e tendo um diferencial na produção mediante condições adversas, principalmente de estresse hídrico, muito comum de ocorrer na 2ª safra (RIBAS, 2014).

No Brasil, estima-se que 2,25 milhões de hectares são destinados ao plantio de milho silagem, representando cerca de 15% da área plantada com a cultura (GOMES et al., 2006). Minas Gerais está na quinta posição entre os estados

brasileiros com maior produção de milho silagem, com área plantada estimada em 841 mil hectares na 1ª safra e 340 mil hectares plantados na 2ª safra (MAPA, 2013).

Já a cadeia produtiva do sorgo apresenta apenas 628 mil hectares cultivados, e Minas Gerais com área plantada estimada em 309 mil hectares (EMBRAPA, 2017). Desse total não se tem dado sobre a parcela cultivada especificamente com sorgo forrageiro. Contudo, sabe-se que seu uso é bastante comum na pecuária de leite e de corte.

A região da Zona da Mata Mineira é a terceira maior bacia produtora de leite do estado (CONAB, 2017). Milho e sorgo são as principais forrageiras utilizadas na alimentação de vacas de alta produção, podendo aliar características positivas, como uma composição química equilibrada, condições favoráveis para ensilagem e bom custo benefício.

A realização de estudos que auxiliem os produtores sobre o rendimento dessas culturas no sistema safra-safrinha, bem como uma adequada interpretação da fenologia dessas plantas poderá contribuir para otimizar os sistemas de produção. Neste sentido, objetivou-se com este trabalho fazer uma análise de crescimento nas culturas de milho e sorgo em função das condições ambientais de 1ª e 2ª safras. Além disso, procura-se saber qual sequência de cultivo em plantio e sucessão proporciona maior eficiência econômica-produtiva e qualitativa para produção de silagem entre milho e sorgo na 1ª e 2ª safras.

Para isso, foi realizado um trabalho dividido em dois capítulos, conduzido em condições de campo onde foram realizadas as avaliações morfo-fisiológicas e fitotécnicas em milho e sorgo na 1ª e 2ª safras.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1- Aspectos gerais das culturas de milho e sorgo

O milho pertence à família Poaceae, gênero *Zea* e espécie *Zea mays* L. Provavelmente foi originado nas Américas, pois lá se encontram os seus parentes selvagens mais próximo (MÔRO & NETO, 2017).

É considerado espécie indispensável para a humanidade e vem ganhado destaque no ramo da atividade pecuária, utilizada para produção de silagem e rações para nutrição de animais, o que é evidenciado ao se levarem em conta os dados da evolução da produção de milho e o crescimento da produção de bovinos, suínos e aves nos últimos anos (FORNASIERI FILHO, 2007).

É uma planta de mecanismo fotossintético C₄, avaliado como cereal de maior eficiência para o cultivo de grãos. Embora seja considerado um dos cereais mais bem eficientes sob a ótica fisiológica, bem como de elevada capacidade produtiva Fancelli (2017), a planta de milho se mostra sensível a condições ambientais, principalmente ao estresse hídrico. Daí a necessidade de um rigoroso e eficiente sistema de manejo, a fim de possibilitar a máxima expressão de sua capacidade produtiva (OLIVEIRA, 2014).

Para Bergamaschi et al., (2004), o milho por ser uma espécie de metabolismo C₄, tende a expressar sua elevada capacidade produtividade quando a máxima área foliar coincidir com a maior disponibilidade de radiação solar, desde que não haja déficit hídrico. Essa condição permite a máxima fotossíntese possível, porém aumenta a necessidade hídrica da cultura, já que o elevado fluxo energético incidente também eleva a evapotranspiração. Já para Coelho (2003) o rendimento do milho é baseado em vários fatores interligados, sendo os mais relevantes, a eficácia do metabolismo da planta, captação de radiação solar pelo dossel, eficiência de difusão aos grãos e ao potencial de dreno. Desta forma, a associação desses fatores como um todo são importantes para garantir o crescimento e desenvolvimento das plantas do milho visando expressar sua elevada capacidade produtiva.

O sorgo pertence à família Poaceae, gênero *Sorghum*, e a espécie cultivada é *Sorghum bicolor* (L.) Moench. É originária de regiões de clima tropical, no continente Africano, mas algumas evidências indicam que possam ter ocorrido duas regiões de dispersão independentes: África e Abissínia, nome atual da Etiópia

(RIBAS, 2014). É uma das culturas alimentares mais versáteis e mais eficientes, sob ponto de vista fotossintético (FONSECA et al., 2014).

A planta do sorgo adapta-se a uma ampla variação de ambientes e produz sob condições menos favoráveis, onde à maioria dos outros cereais não se tem mostrado com sucesso. Essa capacidade de adaptação às condições desfavoráveis de cultivo, torna a cultura do sorgo uma alternativa viável para regiões áridas com chuvas escassas (MONTEIRO, 2004).

As características fisiológicas do sorgo que permite à planta parar o seu crescimento e reduzir suas atividades metabólicas durante o período de estresse, sendo capaz de reiniciar seu crescimento e aumentar suas atividades metabólicas quando o estresse é aliviado (MASOJIDEK et al., 1991). Provavelmente, no início do estresse a planta acumula fotoassimilados, os quais podem induzir a um nível mais acelerado de crescimento após o término do estresse (DONATELLI et al., 1992).

Do ponto de vista agrícola, o sorgo apresenta maior tolerância ao déficit hídrico e a altas temperaturas do que o milho. Além disso, há possibilidade de aproveitamento da rebrota do sorgo, com produção de até 60% do primeiro corte (MACHADO et al., 2011) o que reflete em menor risco para o produtor rural quando comparado com o cultivo de milho, especialmente na segunda safra (VIANA, 2014).

2.2- Fenologia

A fenologia é o estudo da cronologia de eventos periódicos, como crescimento vegetativo, floração e reprodução, da vida da planta quanto a sua duração, de acordo com a reação das condições ambientais, para permitir o estabelecimento de correlações entre os eventos fisiológicos com características morfológicas apresentadas pela planta. Assim, a descrição fenológica constitui-se em ferramenta eficaz no manejo de uma cultura, já que possibilita identificar as mudanças morfológicas e os eventos fisiológicos que se sucedem no ciclo de vida da planta, oferecendo maior segurança e precisão (FANCELLI, 2017).

As descrições das escalas fenológicas de sorgo baseiam-se no padrão que é adotado para a cultura do milho, como proposto por Ritchie (1993), que divide o desenvolvimento das plantas em estádios vegetativo (V) e reprodutivo (R). Essa divisão classifica os estádios V numericamente como V1, V2, V3 até Vn, em que (n)

representa o último estágio foliar antes de VT (pendoamento). Os estádios R também segue uma classificação numérica de R1, R2 até Rn, onde o último R representa a maturação fisiológica das plantas.

O estágio vegetativo (V) caracteriza-se pela germinação, momento em que ocorre rápida absorção de água pela semente e um grande aumento na sua atividade metabólica, aumentando a taxa de respiração e incrementando a divisão e o crescimento de células, especialmente as da coleoriza, que rompem o pericarpo, onde vários compostos são produzidos, como citocininas e auxinas, os quais promovem o crescimento do embrião, dando início ao crescimento da planta jovem, e termina com aparecimento parcial da inflorescência masculina ou iniciação de panícula (sorgo), momento em que verifica-se o crescimento acentuado dos estilos-estigmas. O estágio reprodutivo (R) caracteriza-se pelo florescimento e polinização, momento em que as espigas/panícula expõem seus estilos-estigmas, que continuam a crescer até que sejam polinizados, dando sequência ao processo de fecundação do óvulo, e termina com grãos fisiologicamente maduros, momento em que ocorre a paralização do acúmulo de matéria seca nos grãos, coincidindo com o processo de senescência natural das folhas das plantas, as quais gradativamente começam a perder a sua coloração verde característica (RITCHIE, 1993).

2.3- Análise de crescimento

A análise de crescimento é uma ferramenta que descreve as mudanças na produção vegetal em função do tempo, e auxilia na avaliação de efeitos em sistemas de manejo sobre as plantas (TERRA, 2011). Segundo Magalhães (1979) a análise de crescimento é um método que descreve as condições morfofisiológicas da planta em diferentes intervalos de tempo, entre duas amostragens sucessivas, baseada na produção fotossintética avaliada através da matéria seca acumulada. Para Benincasa (2004) a análise do crescimento constitui uma parte da fisiologia vegetal que avalia índices de crescimento das plantas pelo uso de fórmulas e modelos matemáticos, sendo muito deles relacionados com a atividade fotossintética.

O crescimento das plantas é avaliado por meio de variações de algumas características ou estrutura morfológica ao longo do tempo, com exceção de órgãos induzidas por alguns hormônios vegetais como, por exemplo, o alongamento de

caules por alta atividade auxínica, sob condições de ausência de luz (estiolamento). É por meio dessas avaliações que a estimativa de diversos índices possibilita o estudo do crescimento dos vegetais, permitindo, de forma bastante precisa, obter maior conhecimento em relação à produção, além de averiguar diferenças funcionais e estruturais entre plantas crescendo em ambientes diferentes (BENINCASA, 2003).

Para Lucchesi (1984) a análise de crescimento se constitui em um valioso complemento na análise experimental, uma vez que esta baseia-se na medição sequencial do acúmulo de matéria orgânica nas diferentes fases de crescimento das plantas. Severino et al. (2004), destacam a medição da área foliar como parâmetro importante, dentro da experimentação em fitotecnia, como ação que permite ao pesquisador obter indicativo de resposta de tratamentos aplicados e lidar com uma variável que se relaciona diretamente com a capacidade fotossintética e de interceptação da luz.

Benincasa (2003) cita as medidas lineares (altura de planta, comprimento e diâmetro do caule, comprimento e largura de folha, comprimento de raiz, etc.); número de unidades estruturais (folhas, flores, frutos, raízes, e outros); medidas de superfície (principalmente pela medição da superfície da lâmina foliar), como parâmetros importantes para aferir sobre o crescimento da planta. Peixoto & Peixoto (2009) acrescentam que, além das medidas lineares, número de unidades estruturais, medidas superficiais, o crescimento da planta também pode ser determinado por índices fisiológicos, como a taxa de crescimento absoluto (TCA), a taxa de crescimento relativo (TCR), a taxa de assimilação líquida (TAL), a razão de área foliar (RAF), a taxa de crescimento da cultura (TCC) e o índice de colheita (IC).

Já Silva (2000) afirma que existe uma hierarquia de importância no grande número de características do crescimento, apontando a taxa de crescimento relativo (TCR), taxa de crescimento da cultura (TCC) e taxa de assimilação líquida (TAL), como as mais intensamente estudadas, correlacionadas com outras variáveis básicas da fisiologia tais como mudanças nas taxas de carbono.

2.4- Silagem de milho e sorgo

O cenário da pecuária bovina de corte e leite possui destaque dentro das atividades do agronegócio brasileiro, dado que o país possui o maior rebanho comercial do mundo, sendo o segundo maior produtor e o maior exportador mundial

de carne bovina (CARVALHO & ZEN, 2017). De acordo com Abiec, no ano de 2017, o efetivo bovino alcançou cerca de 221,81 milhões de cabeças, distribuídos em 164,96 milhões de hectares, assegurando a posição de maior rebanho bovino comercial do mundo e movimentando uma economia de 523,25 bilhões de reais. Muito deste sucesso é reflexo da intensificação dos sistemas produtivos, como confinamentos de animais e a grande produção de grãos no Brasil Central, onde predomina o cultivo de soja na 1ª safra e de milho no cultivo de sucessão (2ª safra, anteriormente nomeada “safrinha”) (IBGE, 2015).

O fornecimento da forragem na forma de silagem é uma alternativa bastante eficaz de solucionar os problemas de escassez de alimento no período seco para o rebanho nacional. Assim, a silagem fornecida aos animais no período de estiagem permite que o rebanho entre no período chuvoso com boa massa corporal reduzindo o custo de produção e idade produtiva dos animais (FERNANDES et al., 2016).

As culturas forrageiras mais utilizadas na produção de silagem são o milho (*Zea mays*) e o sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench), devido as razões de facilidade de cultivo, altos rendimentos e, especialmente, pela qualidade da silagem produzida, dispensando o uso de aditivos para estimular a fermentação (EVANGELISTA et al., 2016).

Entre essas duas culturas, o milho é a espécie forrageira mais utilizada, havendo correlação entre as regiões produtoras de leite e as áreas de maior produção de silagem de milho (PIONEER, 2013). O milho tem a vantagem de ser uma cultura tradicional em muitas propriedades, além de possuir boa composição bromatológica da silagem (DEMINICIS, 2009). O potencial produtivo e a contribuição do sorgo forrageiro na economia da pecuária bovina são amplamente conhecidos, apesar de menos que a do milho, por outro lado, a produtividade do sorgo é menor que a do milho quando não há restrição hídrica (MAGALHÃES et al., 2014).

O uso de sorgo para ensilagem se justifica pelas suas características agrônomicas, como cereal possui grãos que apresentam praticamente as mesmas propriedades nutricionais que o milho, e sua silagem têm similaridade no valor nutritivo equivalente a 85-100% em comparação com a silagem de milho (CAÇÃO et al., 2012).

As similaridades e diferenças estratégicas entre as culturas do milho e sorgo somados à possibilidade de cultivos de mais de uma safra por ano no Brasil são

muito importantes para traçar estratégias de produção, armazenamento e até comercialização de silagem para alimentação de rebanhos (SIMÃO et al., 2015).

Em especial, os cultivos de 2ª safra apresentam elevados riscos ao produtor, principalmente de perdas com déficit hídrico, mas também de geadas em alguns locais mais ao sul do país, que ocorrendo em fases críticas da cultura (germinação, florescimento e enchimento de grãos), podem gerar grandes perdas na produtividade das lavouras, sendo fundamental a correta escolha da cultura para cultivo em sucessão (SANS et al., 2002).

Apesar dos riscos, o aprimoramento dos sistemas de produção, com altos níveis tecnológicos, determinação de épocas específicas de plantio e cultivares específicos para a 2ª safra, ofereceu suporte para que a 2ª safra apresentasse grande sucesso e isso é notável frente aos índices de produção nacional. O maior exemplo de sucesso dos cultivos de sucessão é na cultura do próprio milho, o qual tradicionalmente é cultivado como safra principal (1ª safra), mas com o aprimoramento das cadeias produtivas, avanços das fronteiras agrícolas e grande difusão da cultura da soja, teve um comportamento de migração para o cultivo em 2ª safra (CONAB, 2018).

De maneira geral, apesar da importância estratégica da cultura do sorgo na segunda safra, observa-se que nos últimos anos a produção brasileira de sorgo ficou limitada à dois milhões de toneladas, ao passo que a produção de milho vem aumentando ano a ano, principalmente na 2ª safra, caracterizando um contrassenso, pois a cultura do sorgo é indicada justamente para plantio em épocas com risco de déficit hídrico. Isto tem ocorrido, em parte, devido aos investimentos em tecnologias para o cultivo do milho na 2ª safra, ao passo que a cultura do sorgo, com vocação natural para os cultivos nesta época, não tem acompanhado tal evolução (CONAB, 2017).

No Brasil, estima-se que 2,25 milhões de hectares são destinados ao plantio de milho silagem, representando cerca de 15% da área plantada com a cultura (GOMES et al., 2006). Minas Gerais está na quinta posição entre os estados brasileiros com maior produção de milho silagem, com área plantada estimada em 841 mil hectares na 1ª safra e 340 mil hectares plantados na 2ª safra (MAPA, 2013).

Já a cadeia produtiva do sorgo forrageiro apresenta apenas 628 mil hectares cultivados, e Minas Gerais com área plantada estimada em 309 mil hectares (EMBRAPA, 2017).

Mas é importante que as cadeias produtivas de milho e sorgo sejam tratadas como cadeias complementares e não como cadeias competitivas (RIBAS, 2013).

3. REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE [ABIEC]. 2017. Perfil da pecuária brasileira. Disponível em: <<http://www.abiec.com.br/Sumario.aspx>>. Acesso em: 17 jan. 2019.
- BENINCASA, M. M. P. Análise de Crescimento de Plantas: Noções básicas. 3ª ed. Funep, Jaboticabal, Brasil. 42p. 2004.
- BENINCASA, M. M. P. Análise de crescimento de plantas: Noções básicas. 2ª ed. FUNEP, Jaboticabal, Brasil, 41p. 2003.
- BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; BERGONCI, J. I.; BIANCHI, G. A. M.; MÜLLER, A. G.; COMIRAN, F.; HECKLER, B. M. M. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.39, n.9, p.831-839, set. 2004.
- CAÇÃO, M.M. F; COSTA, C; MEIRELLES, P.R.L. et al. Degradabilidade ruminal da matéria seca de grãos de milho e de sorgo com alto ou baixo conteúdo de tanino processados. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal, Salvador, v.13, n.2, p.516-528 abr./jun., 2012.
- CARVALHO, T.B; ZEN, S. A cadeia de Pecuária de Corte no Brasil: evolução e tendências. Revista Ipecege, [s.l.], v. 3, n. 1, p.85-99, 16 fev. 2017.
- COELHO, A. M. Rendimento do milho no Brasil: chegamos ao máximo? Informações Agronômicas, Piracicaba, n. 101, p. 1-10, mar. 2003. Encarte Técnico.
- CONAB 2017: Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos | v. 4 - Safra 2016/17, n. 12 - Décimo segundo levantamento, Brasília, p. 1-158 setembro 2017.
- CONAB 2018: Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos | v. 5 - Safra 2017/18, n. 5 - Quinto levantamento, Brasília, p. 1-140 fevereiro 2018.
- COUTINHO, J. J. DE O. et al. Efeito de aditivo em silagens de leguminosas forrageiras. Ciência et Praxis, v. 8, n. 15, p. 53–58, 2015.

- DEMARCHI, J.J.A.A.; BOIN, C.; BRAUN, G. A cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) para produção de silagens de alta qualidade. *Zootecnia Nova Odessa*, v.33, n.3, p.111-136, 1995.
- DEMINICIS, B.B.; VIEIRA, H.D.; JARDIM, J.G.; ARAÚJO, S.A. do C.; CHAMBELA NETO, A.; OLIVEIRA, V.C. de; SILVA, LIMA, E. da S. Silagem de milho - Características agronômicas e Considerações. *Revista electrónica de Veterinaria*, v. 10, n. 2, p. 1-6, 2009.
- DONATELLI, M.; HAMMER, G. L.; VANDERLIP, R. L. Genotype and water timitation effects on phenology, growth and transpiration efficiency in grain sorghum. *Crop Science*.Madison, v. 32, p. 781-786, 1992.
- EMBRAPA MILHO E SORGO, *Jornal Eletrônico*, edição 91, Sete Lagoas-MG, Novembro de 2017.
- EVANGELISTA, A. F.; BORGES, L. S.; SILVA, A. N.F.; VOGADO, W. F.; MARQUES, K. A. Características de produção e crescimento de espécies forrageiras para produção de silagem: revisão de literatura, v.13, n.6, p.4867-4873, 2016.
- FACTORI, M. A. et al. Silagem de planta inteira de milho: pontos importantes a serem considerados. *PUBVET, Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia*. v. 6, n. 17, 2012.
- FANCELLI, A. L. Ecofisiologia, fenologia e implicações básicas de manejo. In: BORÉM, A. GALVÃO, J. C. C.; PIMENTEL, M. A. *Milho: do plantio à colheita*. 2ed, Editora UFV, 2017, 49p.
- FERNANDES, G.F; EVANGELISTA, AMAURI FELIPE; BORGES, LAYLSON DA SILVA. Potencial de espécies forrageiras para produção de silagem: revisão de literatura. *Nutritime, Piauí*, v.13, n.03, p.4652-4656, maio/jun.2016.
- FONSECA, V. A.; BEBÉ, F. V.; BRITO, C. F. B.; RAMOS, A. G. O. Crescimento de plantas de sorgo em função de adubação fosfatada. *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia*, v.10, n.19; p. 653, 2014.
- FORNASIERI FILHO, D. *Manual da cultura do milho*. Jaboticabal, SP: Funep, 2007. 576 p.
- GOMES, M.S.; VON PINHO, R.G; RAMALHO, M.A.P.; FURTADO, D.F. Alternativas para seleção de híbridos de milho envolvendo vários caracteres visando a produção de silagem. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v. 5, n. 3, p. 406-421, 2006
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Pesquisa Pecuária Municipal*. 2015 Disponível em:

<<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pecua/default.asp?t=2>>. Acessado em: 2 de janeiro de 2019.

- LUCCHESI, A.A. Utilização prática da análise de crescimento vegetal. Anais da E.S.A “Luis de Queiroz”, v.41, p.181-202, 1984.
- MACHADO, F.S; RODRIGUEZ, L.C; GONSALVES, J.A.S et al. Consumo e digestibilidade aparente de silagens de sorgo em diferentes estádios de maturação. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, Belo Horizonte, v.63, n.6, p.1478, dez. 2011.
- MAGALHÃES, A.C.N. Análise quantitativa de crescimento. In: FERRI, M.G. Fisiologia Vegetal. São Paulo, EDUS, v.1, p.331-50. 1979.
- MAGALHÃES, P. C.; SOUZA, T. C.; MAY, A.; LIMA FILHO, O. F.; SANTOS, F. C.; MOREIRA, J. A. A.; LEITE, C. E. P.; ALBUQUERQUE, C. J., FREITAS, R. S. Exigências edafoclimáticas e fisiologia da produção. In: BORÉM A, PIMENTEL L, PARRELA R. Sorgo: do plantio à colheita. Editora UFV, 2014, 275p.
- MASOJIDEK, J.; TRIVEDI, S.; HALSHAW, L.; ALEXIOU, A.; HALL, D. O. The synergetic effect of drought and light stress in sorghum and pearl millet. Plant Physiology, Bethesda, v. 96, p. 198-207, 1991.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, Secretaria de política agrícola, 2013.
- MONTEIRO, M. C. D.; ANUNCIACAO FILHO, C. J.; TABOSA, J. N.; OLIVEIRA, F. J.; REIS, O. V.; BASTO, G. Q.; Avaliação do desempenho de sorgo forrageiro para o semiárido de Pernambuco. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v. 3, n. 1, p. 52-61, 2004.
- MÔRO, G. V.; NETO, R. F. Importância e usos do milho no Brasil. In: BORÉM, A. GALVÃO, J. C. C.; PIMENTEL, M. A. Milho: do plantio à colheita. 2ed, Editora UFV, 9p, 2017.
- OLIVEIRA, J. P. P. Influência da densidade populacional na fenologia e na produtividade da cultura do milho. 2014. Dissertação (Mestre em Agricultura de Precisão) - Curso de Mestrado Profissional do Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão, Universidade Federal De Santa Maria, Santa Maria-RS.
- PEIXOTO, C. P.; PEIXOTO, M. de F. da S. P. Dinâmica do crescimento vegetal. In: CARVALHO, C. A. L. de; DANTAS, A. C. V. L.; PEREIRA, F. A. de C.; SOARES, A. C. F.; MELO FILHO, J. F. de; OLIVEIRA, G. J. C. de. Tópicos

- em Ciências Agrárias. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2009. p.39-53.
- PIONEER. Nutrição animal: o mercado de silagem de milho no Brasil. 2013. 36 p. (Informativo Pioneer).
- RIBAS, P. M. (2014) Origem e importância econômica. In: Borém, A.; Pimentel, L.; PARRELA, R. Sorgo: do plantio à colheita. Editora UFV, 2014, 275p.
- RIBAS, P.M. O mercado de sorgo no Brasil: da colheita à comercialização. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2013. Palestra Simpósio: Sorgo na Alimentação Humana. Disponível em: <http://eventos.cnpms.embrapa.br/simposiosorgoah/>. Acesso em 26 de março de 2018.
- RITCHIE, S. W. How a corn plant develops. Science And Technology, n. 48, p. 1–25, 1993.
- SANS, L. M. A; MORAIS, A. V. C; GUIMARÃES, D. P. Cultivo do milho, zoneamento agrícola. Comunicado técnico. 2002.
- SEVERINO, L. S.; CARDOSO, G. D.; VALE, L. S. do; SATOS, J. W. dos. Método para determinação da área foliar da mamoneira. Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas. Campina Grande, v.8, n.1, 2004.
- SILVA, L.C.; BELTRÃO, E. de M.; AMORIM NETO, M. da S. Análise de crescimento de comunidades vegetais. Campina Grande: EMBRAPA-CNPQ, 2000. 47p. (EMBRAPA-CNPQ, Circular Técnica, 34). ISSN 0100-6460.
- SIMÃO, E. P; NETO, M. M. G; SANTOS, E. A; BARCELOS, V. G.F. Estratégias para produção de forragem utilizando milho, sorgo e milheto na região central de Minas Gerais. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.14, n.1, p. 75-87, 2015.
- TERRA, T. G. R.; LEAL, T. C. A. B.; SIEBENEICHLER, S. C.; NETO, J. J. D.; ANJOS, L. M.; CASTRO, D. V. Análise de crescimento em sorgo sob diferentes stands. Scientia Agraria Paranaensis, v.10, n.3 - 2011, p 45-57.
- VIANA, A.C. Alternativas de cultivo para exploração do sorgo granífero. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.35, n.278, p.4-6, 2014.

CAPÍTULO I:

ANÁLISE DE CRESCIMENTO NAS CULTURAS DE MILHO E SORGO EM FUNÇÃO DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS DE 1ª E 2ª SAFRAS

RESUMO

As condições ambientais exercem influência sobre a fenologia e os processos fisiológicos das plantas. Nos cultivos de milho e sorgo é comum a semeadura em duas épocas bem distintas, 1ª e 2ª safras, que correspondem aos cultivos de primavera/verão e outono/inverno, respectivamente. Considerando que a fenologia e o ciclo dessas culturas variam muito em função da época de plantio, a falta de uma caracterização do crescimento e desenvolvimento dificulta a escolha da espécie que melhor se adapta à determinado ambiente de produção. Objetivou-se com este trabalho fazer uma análise de crescimento nas culturas de milho e sorgo em função das condições ambientais de 1ª e 2ª safras. Foram conduzidos dois experimentos paralelos, com a cultura do milho e do sorgo, em que foram realizadas caracterização fenológica, análises de crescimento (altura de plantas, área foliar e partição de fotoassimilados) e avaliações fisiológicas (condutância estomática - gs, transpiração, taxa de fotossíntese líquida, eficiência no uso da água - EUA, densidade estomática, densidade e tamanho de células), em duas épocas: 1ª e 2ª safras. Verificou-se maior incremento em altura no cultivo de 1ª safra, com redução no cultivo de 2ª safra para as duas culturas. A densidade de células de plantas de sorgo na 2ª safra foi incrementada enquanto em plantas de milho não houve variação, ao mesmo tempo o tamanho celular de plantas de sorgo na 2ª safra foi reduzida. Porém, em plantas de milho se manteve alterado. Conclui-se que as condições ambientais de cultivo na 1ª e 2ª safras exercem influência sobre a fenologia, crescimento e fisiologia de plantas de milho e sorgo, e que estas culturas respondem de maneira diferenciada às condições climáticas.

Palavras chave: Zea mays; Sorghum bicolor; escalas fenológicas; análise de crescimento.

ANALYSIS OF GROWTH IN MAIZE AND SORGHUM CULTURES IN THE FUNCTION OF THE ENVIRONMENTAL CONDITIONS OF 1st AND 2nd CROPS

ABSTRACT

The environmental conditions exert influence on the phenology and the physiological processes of the plants. In corn and sorghum crops, sowing is common in two distinct seasons, 1st and 2nd crops, corresponding to spring/summer and autumn/winter crops, respectively. Considering that the phenology and cycle of these crops vary greatly according to the planting season, the lack of a characterization of growth and development makes it difficult to choose the species that best adapts to the given production environment. The objective of this work was to analyze the growth of corn and sorghum crops as a function of the environmental conditions of the 1st and 2nd crops. Two parallel experiments were carried out with maize and sorghum, in which phenological characterization, growth analyzes (plant height, leaf area and photoassimilate partition) and physiological evaluations (stomatal conductance - g_s , transpiration, net photosynthesis rate, water use efficiency, stomatal density, cell density and size), in two crops: 1st and 2nd crops. There was a higher increase in height in the 1st crop, with a reduction in the 2nd crop for both crops. The cell density of sorghum plants in the 2nd crop was increased while in maize plants there was no variation, at the same time the cell size of sorghum plants in the 2nd crop was reduced. However, in maize plants it remained altered. It is concluded that the environmental conditions of cultivation in the 1st and 2nd crops exert influence on the phenology, growth and physiology of maize and sorghum plants, and this crops respond differently to climatic conditions.

Keywords: *Zea mays*; *Sorghum bicolor*; phenological scales; growth analysis.

1. INTRODUÇÃO

As condições ambientais afetam sensivelmente a fenologia, crescimento e os processos fisiológicos das plantas. Através do estudo das interações dos parâmetros fenológicos e fisiológicos com cada fator ambiental, podem ser conhecidas a eficiência do crescimento e a habilidade de adaptação às condições ambientais em que as plantas crescem (PEIXOTO & PEIXOTO, 2009). Nos cultivos de milho e sorgo é comum a semeadura em duas épocas bem distintas, 1ª e 2ª safras, que correspondem aos cultivos de primavera/verão e outono/inverno, respectivamente (EMBRAPA, 2015). Considerando que a fenologia e o ciclo dessas culturas variam muito em função da época de plantio, a falta de uma caracterização do crescimento e desenvolvimento dificulta a escolha da espécie que melhor se adapta à determinado ambiente de produção.

Com a finalidade de garantir o suprimento de grãos e forragem dentro da propriedade, principalmente para a alimentação animal, muitos produtores tem adotado plantios fora de época (2ª safra), principalmente na entressafra da soja (BUSO et al., 2011). Entretanto, a disponibilidade de recursos nesse período de cultivo são consideradas mais limitantes, gerando perdas na produção, a depender das condições ambientais em que a cultura é cultivada (BRACCINI et al., 2010). Segundo Mangili & Ely (2014), o cultivo realizado em 2ª safra prejudica a performance das culturas, com reduções de crescimento, desenvolvimento e produtividade, devido às condições climáticas serem mais limitantes, como menor temperatura, precipitação e UR. Adicionalmente, o padrão fenológico das culturas podem ser alterado, ou seja, atrasos nos processos que envolvem o crescimento e desenvolvimento, carregado por alterações fisiológicas e bioquímicas, como redução da capacidade fotossintética, regulação hormonal, inativação enzimática, entre outros (SCRANTON; AMARASEKARE, 2017).

As respostas das plantas à mudança de ambiente, podem ser variáveis, dependendo do tipo de cultura e de sua capacidade de adaptação. Nesse sentido, algumas culturas são preferencialmente cultivadas no verão e outras no inverno. Entre as culturas utilizadas em plantio de 2ª safra, destacam-se o milho, sorgo, girassol, feijão comum, feijão caupi, canola, amendoim, arroz e milheto (PEREIRA FILHO, 2013). Entre essas, o milho (*Zea mays* L.) tem sido adotado como uma das

principais culturas de sucessão, representando uma grande importância nos sistemas de produção de grãos (ADEGAS; VOLL; GAZZIERO, 2011), entretanto, por se tratar de um plantio fora de época, fatores como o estresse hídrico, por exemplo, tem causado limitações no potencial produtivo dessa cultura (KEBEDE et al., 2014).

Outro cultivo que despontou como boa opção para o plantio de 2ª safra foi o sorgo (*Sorghum bicolor* L.), por apresentar bom rendimento de grãos sob menor disponibilidade hídrica, em comparação com as demais culturas (SILVA et al., 2015). Além da tolerância do sorgo a déficit hídrico, e seu bom rendimento de palhada, tem levado os produtores a optar pelo seu plantio na 2ª safra em relação ao milho (SILVA et al., 2009), evidenciando uma grande expansão de seu cultivo nas regiões produtoras de grãos do Brasil.

Diante das condições ambientais limitantes, o conhecimento da fenologia, tem sido utilizada como uma importante ferramenta durante o manejo das culturas, por auxiliar o produtor na tomada de decisões, e reconhecer o momento fisiológico da planta, associado às condições ambientais (CÂMARA, 2006). Em plantas de milho, por exemplo, já é bem esclarecido que a temperatura é um dos principais fatores que altera a fenologia (STRECK et al., 2012), além disso, o crescimento dessa cultura pode ser afetado pela ocorrência de déficit hídrico, que é bem característico em época de 2ª safra (BENEŠOVÁ et al., 2012). Já para plantas de sorgo, a fenologia pode ser alterada pela mudança de fotoperíodo, por se tratar de uma planta que apresenta sensibilidade a esse fator, alterando o seu período de floração (BUSO et al., 2011).

Embora o sorgo e o milho sejam caracterizados como culturas de verão, estas tem sido adotadas em plantios de 2ª safra (CRUZ et al., 2010). Contudo, até o momento, não existem informações sobre como a fenologia e a fisiologia dessas duas culturas são influenciadas pelo período de plantio na 1ª e 2ª safras. Nossa hipótese é de que, plantas de sorgo e milho são influenciadas pelas condições ambientais no período de cultivo, por se tratarem de duas culturas com tolerâncias distintas às mudanças climáticas (HASAN et al., 2017).

A fim de contribuir na escolha da espécie que apresenta melhor performance à determinado ambiente de produção, o objetivo deste trabalho foi realizar uma análise de crescimento nas culturas de milho e sorgo em função das condições ambientais de 1ª e 2ª safras.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1- Local do experimento e avaliação climatológica

O trabalho foi realizado em condições de campo, na Estação Experimental Diogo Alves de Mello, pertencente ao Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil (20°45'14"S e 42°52'53"W). O experimento teve início em 25 de janeiro de 2018 que compreendeu a 1ª safra e 23 de abril de 2018 compreendeu o plantio de 2ª safra.

A região possui clima subtropical úmido (Cwa) segundo a classificação de Köppen-Geiger. Durante a condução do experimento, foram coletados na Estação Climatológica Principal de Viçosa, pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil, os dados de precipitação pluvial (mm), temperatura máxima, média e mínima do ar (°C dia⁻¹) e umidade relativa do ar - UR (%). Paralelamente, foi obtido os dados de Radiação Solar - RS (MJ m⁻²) e também foi calculado o déficit de pressão de vapor – DPV (KPa) a partir dos dados de temperatura e umidade relativa do ar, por meio da fórmula de Jones (1992):

$$DPV_{ar} \text{ (kPa)} = 0,61137e^t * (1-UR/100)$$

Sendo, t calculado pela equação:

$$t = 17,502 * (T_{arec}) / (240,97 + T_{arec})$$

onde T_{arec} é a temperatura do ar em °C e UR é a umidade relativa do ar em %.

O acúmulo de graus-dias (ΣGD , °C dia) necessários à cultura do sorgo e do milho na 1ª e 2ª safra foi determinado pela equação proposta por Arnold (1959):

$$GDA = (TM + Tm / 2) - Tb$$

em que: GDA = graus-dia acumulado, °C; TM = temperatura máxima do dia, °C; Tm = temperatura mínima do dia, °C; Tb = temperatura base inferior, °C. Para a cultura do sorgo e do milho, a Tb adotada foi de 10 °C (NEILD; SEELEY, 1977).

O solo da área experimental foi classificado como Argiloso Vermelho-Amarelo distroférico (EMBRAPA, 2013) e as características químicas são descritas como: pH (H₂O) =5,48; P =62,8 mg/dm³; K =139 mg/dm³; Ca²⁺ = 4,65 cmol_c/dm³; Mg²⁺ = 1,14 cmol_c/dm³; Al³⁺ = 0,00 cmol_c/dm³; H⁺+Al = 4,2 cmol_c/dm³; SB = 6,15 cmol_c/dm³; CTC = 10,35 cmol_c/dm³; t = 6,15 cmol_c/dm³; V = 59,4%; P-Rem = 29,8 mg/L; m = 0,0%.

2.2- Delineamento experimental

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições para cada cultura avaliada. Os tratamentos consistiram em diferentes épocas de coleta, contados após a emergência (DAE), sendo realizado 8 coletas no experimento de 1^a safra (14, 28, 42, 56, 70, 84, 98 e 112 DAE) e 10 coletas no experimento de 2^a safra (14, 28, 42, 56, 70, 84, 98 e 112, 126 e 140 DAE). As coletas foram feitas em intervalos de 14 dias, conforme descrito por BENINCASA (2003), e o período de ambos experimentos foi de 140 dias. No experimento de 1^a safra, 140 dias correspondeu ao período de maturação fisiológica do milho e no experimento de 2^a safra, foi adotado 140 dias por conveniência, devido desgaste das plantas pelo ataque de pássaros.

Tanto no plantio de milho, como no de sorgo, os blocos possuíam dimensões de 54 m², contendo 20 linhas de 3m de comprimento. Em cada período de coleta foi utilizado uma linha por bloco, sendo avaliada apenas as plantas do metro central, e as linhas avaliadas foram intercaladas a cada coleta, para evitar um possível efeito da retirada das plantas na linha seguinte (Figura 1).

Para as avaliações de crescimento, cada unidade experimental foi composta por 5 plantas, e para as medições de trocas gasosas e características estomáticas, as unidades experimentais foram compostas por 3 plantas.

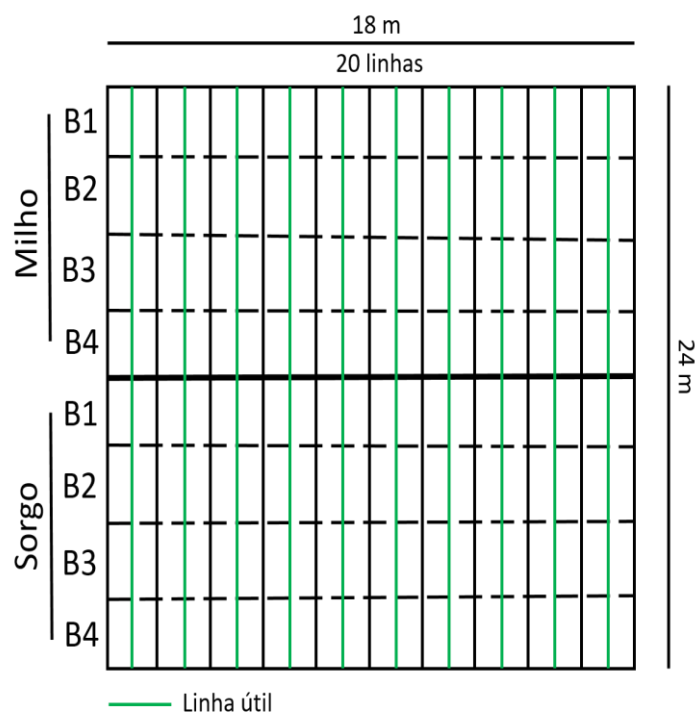


Figura 1: Representação esquemática dos plantios de sorgo e milho. O croqui é representativo para os experimento de 1ª e 2ª safra. As linhas verdes correspondem as linhas úteis do experimento. Para o experimento de 1ª safra foram avaliadas 8 linhas e no experimento de 2ª safra foram avaliadas 10 linhas.

2.3- Implantação e manejo da cultura

Este estudo foi realizado em duas épocas de cultivo (1ª e 2ª safras), sendo realizado dois experimentos paralelos em cada período de safra, um com a cultura do sorgo e outro com milho. O croqui experimental pode ser observado na Figura 1. Em ambas safras a área de plantio apresentavam dimensões de 18x24 m (432 m²).

No preparo do solo, realizou-se uma aração e duas gradagens. Foram aplicados 300 kg ha⁻¹ de formulado N-P-K 08-28-16 como adubação de plantio da primeira safra e 200 kg ha⁻¹ do mesmo formulado na segunda safra, de forma mecânica no ato da semeadura por uma plantadora adubadora, efetuando-se ainda uma adubação de cobertura por safra de forma manual em parcela única, aos 30 dias após a emergência, aplicando-se 200 kg ha⁻¹ de ureia (90 kg de N) e 150 kg ha⁻¹ de ureia (67,5 kg de N) na primeira e segunda safras, respectivamente, na superfície do solo paralelamente as linhas de plantio.

Nas semeaduras utilizou-se o dobro de sementes necessárias à obtenção do estande desejado. Após a semeadura de 2ª safra foi necessário a irrigação apenas para garantir a emergência. Em sequência realizou-se o desbaste em cada parcela quando

as plantas atingiram 20 cm de altura, considerando-se os estandes de 60.000 plantas ha^{-1} para o milho e 120.000 plantas ha^{-1} para o sorgo forrageiro, utilizando o espaçamento entre linhas de 0,9 m. Após o desbaste, adequou-se o número de plantas por metro linear com as cultivares em questão. Para o sorgo forrageiro BRS 658, foram 11 plantas por metro linear, e para o milho BG 7049YH® foram 6 plantas por metro linear. E o controle de plantas daninhas e pragas foi realizado periodicamente conforme a necessidade do plantio.

2.4- Definição da escala fenológica

Para as observações das escalas fenológicas, o desenvolvimento das plantas de sorgo foi dividido em estádios vegetativo (V) e reprodutivo (R), seguindo o padrão que é adotado para a cultura do milho, como proposto por Ritchie (1993) (Tabela 1). Essa divisão classifica os estádios V numericamente como V1, V2, V3 até Vn, em que (n) representa o último estágio foliar antes de VT (pendoamento). Os estádios R também segue uma classificação numérica de R1, R2 até Rn, onde o último R representou a maturação fisiológica das plantas.

Com o intuito de obter o desenvolvimento fenológico de cada cultura no período de 1ª e 2ª safras, semanalmente foi feito o acompanhamento e registro das plantas quanto ao lançamento das folhas e órgãos reprodutivos, utilizando uma câmera fotográfica digital modelo DSC-HX1 (Sony, Tóquio, Japão). Os estádios vegetativos foram definidos de acordo com a folha mais alta, cuja lígula estava visível. As mudanças nos estádios de desenvolvimento, foram consideradas quando 50% das plantas (para cada cultura) apresentavam-se nas mesmas condições.

Tabela 1: Caracterização fenológica das plantas de milho dividido em estádios vegetativo (V) e reprodutivo (R), conforme escala proposta por Ritchie (1993), e adaptada para caracterizar os estádios fenológicos do sorgo nesse trabalho.

ESTÁDIOS		DESCRIÇÃO	
Estádios vegetativos	Milho	Sorgo	
VE	Emergência das plântulas;	Emergência das plântulas;	
V1	Apresenta uma folha completamente desenvolvida;	Apresenta uma folha completamente desenvolvida;	
V2	Apresenta duas folhas completamente desenvolvidas;	Apresenta duas folhas completamente desenvolvidas;	
V3	Apresenta três folhas completamente desenvolvidas;	Apresenta três folhas completamente desenvolvidas;	
Vn	Apresenta enésima folhas completamente	Apresenta enésima folhas completamente desenvolvidas;	
VT	Pendoamento;	Emissão de panícula;	
Estádios			
reprodutivos			
R*R1	Ocorre a polinização;	Ocorre a polinização;	
R2	Após a polinização os grãos apresentam-se como	Após a polinização os grãos apresentam-se como bolhas;	
R3	Os grãos se encontram em condição de grão leitoso;	Os grãos se encontram em condição de grão leitoso;	
R4	Os grãos se encontram em condição de grão pastoso;	Os grãos se encontram em condição de grão pastoso;	
R5	Os grãos se encontram em condição de grão farináceo-	Os grãos se encontram em condição de grão farináceo-	
R6	Maturação fisiológica;	Maturação fisiológica;	

2.5- Análises de crescimento

A altura das plantas (AP) foi obtida quando as plantas ainda estavam em campo com o auxílio de uma fita métrica, medindo desde a superfície do solo até a altura da última folha, sendo expresso em metros (m). Em seguida, as plantas foram coletadas e levadas ao laboratório onde tiveram suas partes separadas em folhas, colmo, e também espigas e panículas.

A determinação da área foliar (AF) foi obtida com um medidor de área foliar modelo Li-3100C (Licor, Lincoln, EUA) e expresso em cm^2 . Em seguida, foram obtidos a massa da matéria seca das folhas, colmo e panícula/espiga. Para isso, o material vegetal foi acondicionado em sacos de papel e transferidos para uma estufa de ventilação por ar forçado, com temperatura de $65\text{ }^\circ\text{C}$, até atingir massa constante. As pesagens foram realizadas em balança analítica de precisão, com os valores foram expressos em gramas (g).

A partir dos valores de área foliar e massa da matéria seca, foram calculados a área foliar específica (AFE) e a partição de assimilados entre os órgãos (%), conforme descrito por Benincasa (2003).

2.6- Trocas gasosas e eficiência no uso da água

As medidas de trocas gasosas foram realizadas em todos os dias de coleta, sob condições naturais em dias sem nebulosidade, no período entre 8 e 10h da manhã. Em todas as ocasiões de medição, foi utilizado a primeira folha completamente expandida, contada do ápice para a base, cuja lígula estava visível. Para as medições, foi utilizado um analisador de gás infravermelho IRGA (ACD, modelo LCPro SD, Hoddesdon, UK) com fluxo de ar de 300 mL min^{-1} e fonte de luz acoplada de $1000\text{ }\mu\text{mol m}^{-2}\text{ s}^{-1}$. Na ocasião foram mensuradas a condutância estomática (g_s) ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2}\text{ s}^{-1}$), transpiração ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2}\text{ s}^{-1}$) e a taxa de fotossíntese líquida ($\mu\text{mol de CO}_2\text{ m}^{-2}\text{ s}^{-1}$). A eficiência instantânea no uso da água (EUA - A/E) foi calculada relacionando a fotossíntese líquida com a transpiração [$(\mu\text{mol m}^{-2}\text{ s}^{-1}) / (\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2}\text{ s}^{-1})$].

2.7- Características estomáticas

Para a determinação das características estomáticas, foram coletadas 12 amostras foliares por cultura em cada período de coleta. Os períodos de coleta foram: 14, 28, 42 e 56 DAE, que correspondia ao período de desenvolvimento vegetativo das plantas. As amostras foram coletadas até os 56 DAE por representar o período em que as plantas já tinham atingido a antese, e dessa forma cessado o período de expansão foliar.

Para obtenção das amostras, foram utilizadas impressões das superfícies abaxial e adaxial das folhas, utilizando uma fina camada de acetato de celulose (esmalte de unha incolor) e coletadas na região mediana da folha, próximo a nervura principal (SILVA, 1985). As folhas amostradas foram as mesmas utilizadas nas avaliações de trocas gasosas, e o procedimento foi realizado logo após tais medições. Após a secagem, as amostras de esmaltes foram retiradas das folhas com o auxílio e uma pinça, montadas em lâminas e posteriormente analisadas em microscópio de luz (Zeiss, modelo Axioscope A1, Thornwood, NY, EUA) com um sistema de captura de imagem acoplado (Axiovision[®] 105). Foram observados 5 campos, escolhidos ao acaso em cada lâmina e em seguida fotografados em aumento de 20x. O processamento e análise das imagens foram feitas através do programa Image Pro-Plus[®] (versão 4.5, Média Cybernetics, Silver Spring, EUA). Foram calculados em ambas faces das folhas, a densidade estomática (DE – número de estômatos por unidade de área). Apenas na face abaxial foi mensurado a densidade de células (DC – número de células por unidade de área), e tamanho de células (TC – relação do comprimento horizontal/comprimento vertical das células) segundo CASTRO et al. (2009).

2.8- Análise estatística

Os dados médios de cada safra foram submetidos à análise de variância, com o auxílio do programa estatístico R (R Core Team 2014). Os efeitos dos dias de coletas foram avaliados por meio de análise de regressão. Na escolha dos modelos levou-se em conta a significância dos parâmetros, a explicação biológica do fenômeno e o coeficiente da regressão (R^2). O segundo critério foi o nível de significância (ajustados a 1, 5 e 10% de probabilidade). As variáveis referentes as características estomáticas, foram submetidas a análise de variância e as médias comparadas pelo

teste de Scott-Knott ($P < 0.05$). Os gráficos foram feitos utilizando o programa SigmaPlot® versão 10,0.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1- Alterações das condições climáticas durante o período experimental

As plantas de milho e sorgo são termossensíveis, principalmente a temperatura e fotoperíodo, e esses fatores ao longo do ciclo da cultura exercem influência considerável nas etapas do seu desenvolvimento, provocando o encurtamento ou o prolongamento dessas, através do acúmulo de calor (SHIOGA & GERAGE, 2010).

Durante o período de 1ª safra (de janeiro a maio de 2018), o volume de precipitação acumulada foi de 436 mm, concentrados principalmente entre os meses de janeiro e março. O período de 2ª safra (abril a setembro de 2018) foi caracterizado como um período mais seco, registrando 119 mm, com maior acúmulo de chuvas no mês de agosto (Figura 2). A UR apresentou pouca variação durante o período experimental com valores médios de 83% e 82% na 1ª e 2ª safras, respectivamente. A temperatura máxima do ar variou de 31,3 a 23,3 °C durante a 1ª safra, e 27,5 e 22 °C na 2ª safra. Já a temperatura mínima do ar, apresentou variação entre 20 e 11,6 °C na 1ª safra e 14,8 a 9,8 °C na 2ª safra. As temperaturas médias diárias variaram entre 25,4 e 17,8 °C durante o período de 1ª safra e 20,5 e 16,8 °C na 2ª safra (Figura 2).

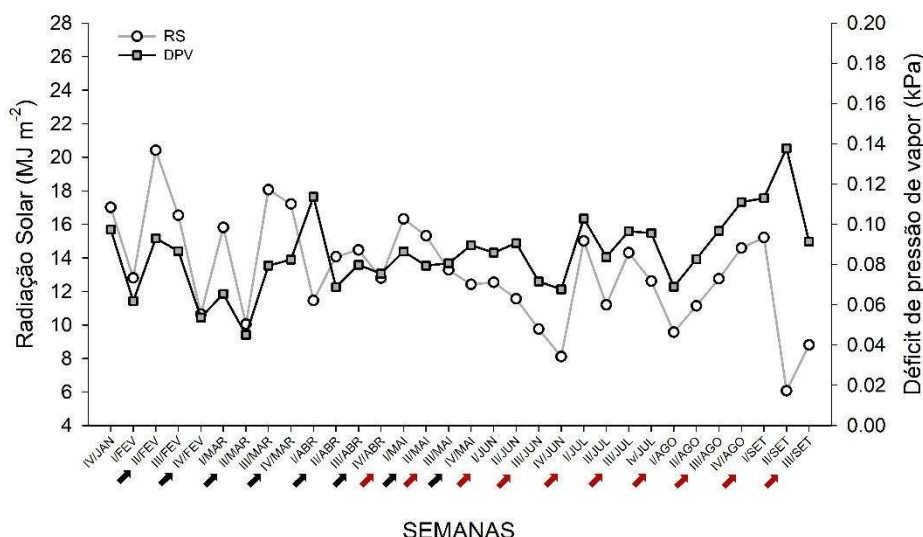


Figura 3: Variação média semanal da radiação solar (RS) e déficit de pressão de vapor (DPV) durante os meses de janeiro a setembro de 2018 em plantas de milho e sorgo em Viçosa – MG. Setas pretas indicam as semanas de coleta do experimento de 1ª safra e setas vermelhas indicam as semanas de coleta do experimento de 2ª safra.

3.2- Duração dos estágios fenológicos das plantas de sorgo e milho na 1ª e 2ª safras

Em plantas de sorgo, a emergência das plântulas ocorreu 7 dias após a semeadura para as duas safras (Figura 4A). O Estágio vegetativo (EV) teve duração de 56 dias na 1ª safra, enquanto que na 2ª safra, esse estágio durou 63 dias, evidenciando um prolongamento de 7 dias para o plantio de inverno. O Estágio reprodutivo (ER) teve uma duração de 63 e 77 na 1ª e 2ª safras respectivamente. O total de dias para as plantas de sorgo atingirem o grau de maturação fisiológica nos grãos na 1ª safra foi de 112 DAE (umidade do grão de 18%), enquanto que na 2ª safra, esse estágio foi atingido aos 140 DAE, com um acréscimo de 28 dias no ciclo.

Para o milho, a emergência também ocorreu com 7 dias após a semeadura nas duas safras. A duração do EV foi de 56 e 77 dias, para os períodos de 1ª e 2ª safras, respectivamente, com um aumento de 21 dias para a ocorrência da antese nas plantas de 2ª safra. O ER durou 84 dias no período de 1ª safra, quando as plantas atingiram o estágio R6 (grão com umidade de 30%). Para a 2ª safra não foi possível detectar a duração do ER devido ao ataque de pássaros que retiraram quase todos grãos nas espigas, no entanto, até os 140 DAE, as plantas se encontravam em estágio R5 (Tabela 1, Figura 4A).

Tabela 2: Estágios fenológicos de plantas de sorgo e milho cultivadas em períodos de 1ª e 2ª safras (de janeiro a setembro de 2018) e avaliados durante 140 dias. O estágio fenológico foi descrito para o

milho conforme Ritchie (1993) e foi aplicado para o sorgo forrageiro. V indica estágios vegetativos e R indica estágios reprodutivos.

Estágios Fenológicos				
DAE*	Sorgo		Milho	
	1ª Safra	2ª Safra	1ª Safra	2ª Safra
0	VE	VE	VE	VE
7	V3	V3	V3	V3
14	V4	V4	V5	V4
21	V5	V5	V6	V6
28	V6	V6	V7	V7
35	V8	V7	V8	V7
42	V10	V7	V10	V8
49	V13	V8	V13	V8
56	VT	V10	VT	V9
63	R1	VT	R1	V9
70	R2	R1	R2	V11
77	R2	R2	R3	VT
84	R3	R2	R3	R1
91	R4	R3	R4	R2
98	R4	R3	R4	R2
105	R5	R4	R5	R3
112	R6	R4	R5	R3
119		R4	R5	R4
126		R5	R5	R4
133		R5	R5	R5
140		R6	R6	R5

*DAE: Dias após a emergência

O acúmulo de graus-dia (GDA) exigidos para a emergência (E) de plantas de sorgo e milho foi de 179,8 e 149,3 GDA na 1ª e 2ª safras respectivamente (Figura 4B). O acúmulo de GDA no EV para plantas de sorgo na 1ª safra foi de 788,8, enquanto que na 2ª safra foi de 584,6 GDA. Em plantas de milho o EV requereu 788,8 GDA na 1ª safra, e na 2ª safra esse valor foi de 693. No ER, a necessidade de GDA para plantas de sorgo, foi menor na 1ª safra em comparação com a 2ª safra (630,4 e 653,4 GDA). Para o milho, o ER na 1ª safra de 929,8 GDA, e na 2ª não foi possível detectar o GDA até a maturidade fisiológica da planta devido os motivos anteriormente relatados, entretanto até aos 140 dias o GDA foi de 545 (Figura 4B).

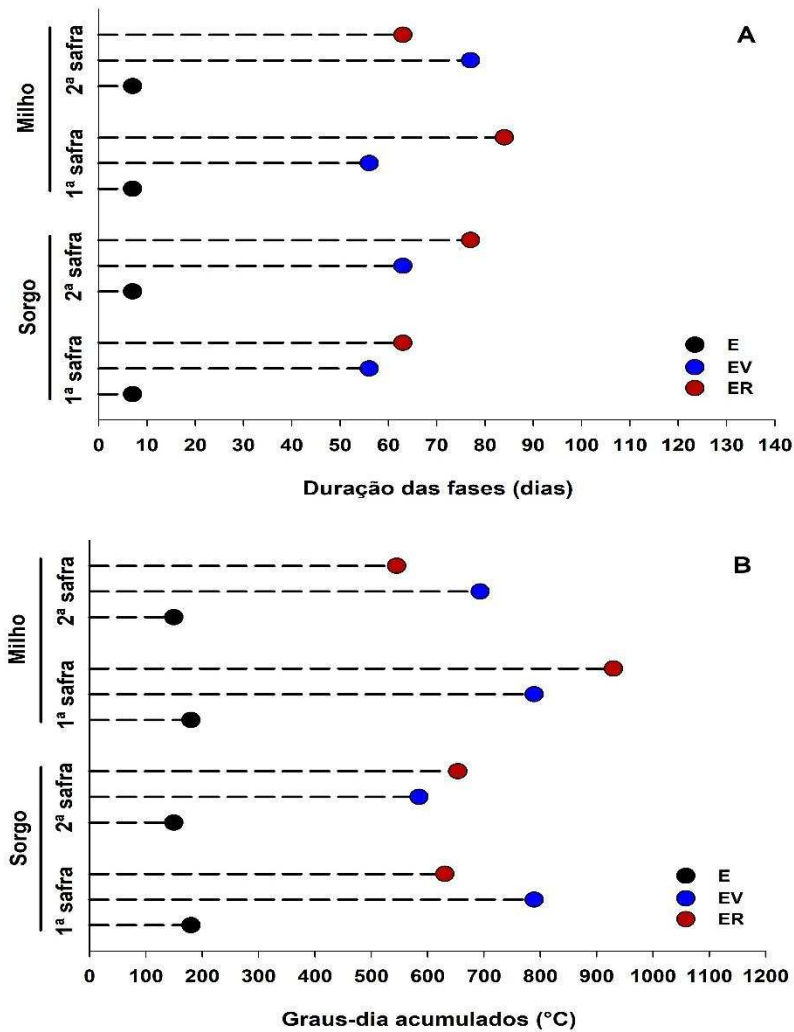


Figura 4: Duração (em dias) dos estágios fenológicos (A) e acúmulo de graus-dia (°C) (B) em plantas de sorgo e milho plantadas em período de 1ª e 2ª safras em Viçosa – MG. E – Emergência; EV – Estágio Vegetativo; ER – Estágio Reprodutivo.

A mudança no desenvolvimento vegetativo e reprodutivo das plantas de sorgo e milho nos dois períodos de cultivo é representada pela Figura 5. No ER, as mudanças de fases até 140 dias de cultivo, pode ser notado pelas alterações de tamanho na panícula e espiga, e ainda, na coloração dos grãos. A diferença de dias para ocorrência da antese em plantas de sorgo em 1ª e 2ª safras foi de 7 dias, enquanto que para o milho, essa diferença foi de 21 dias (Figura 6).

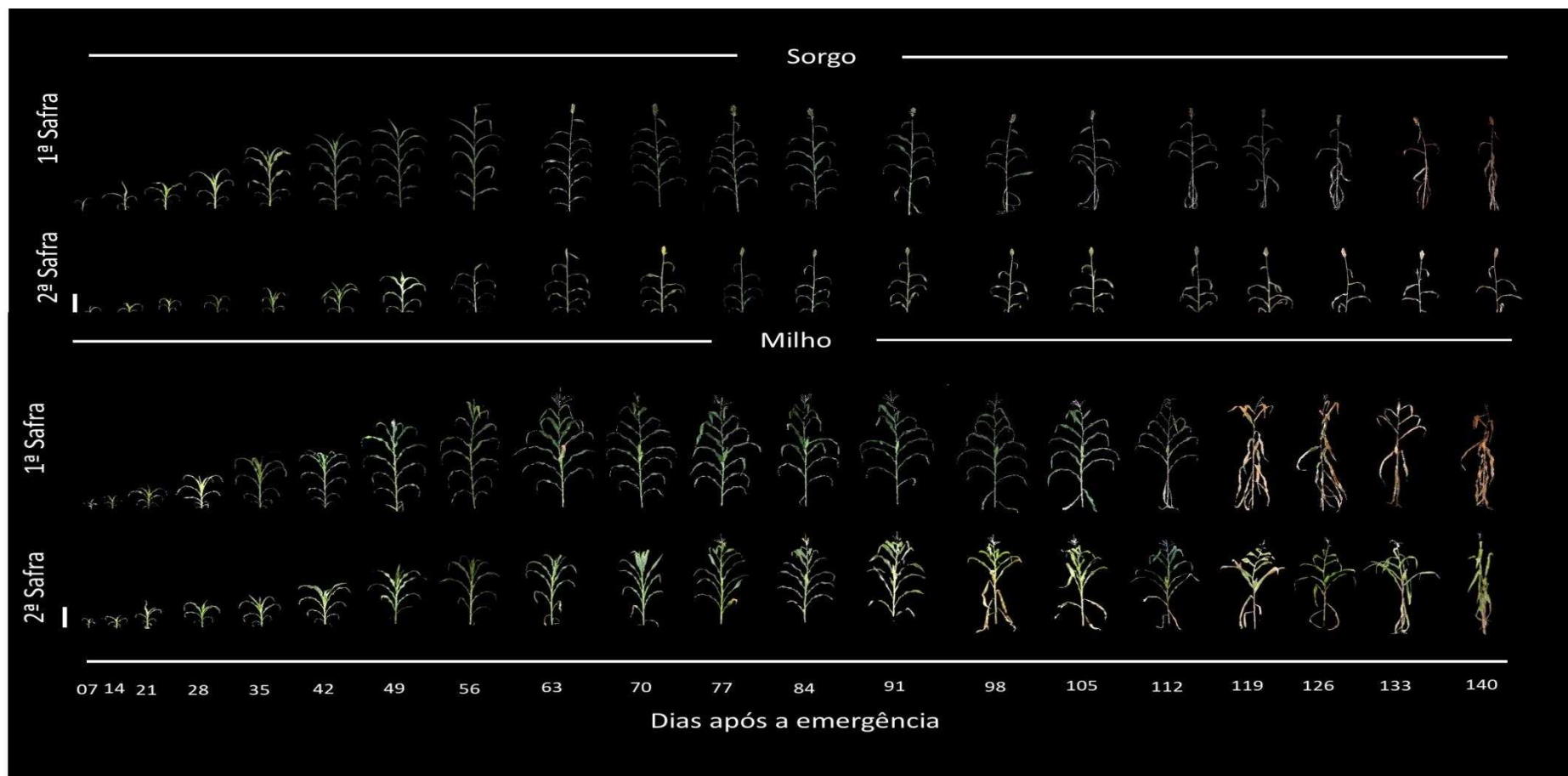


Figura 5: Caracterização do desenvolvimento vegetativo e reprodutivo de plantas de sorgo forrageiro e milho cultivadas na 1ª e 2ª safras em Viçosa – MG. As avaliações foram realizadas semanalmente durante 140 dias após a emergência, e o estágio fenológico foi definido quando 50% das plantas do stand se apresentavam com as mesmas características. Barra de escala = 20 cm.

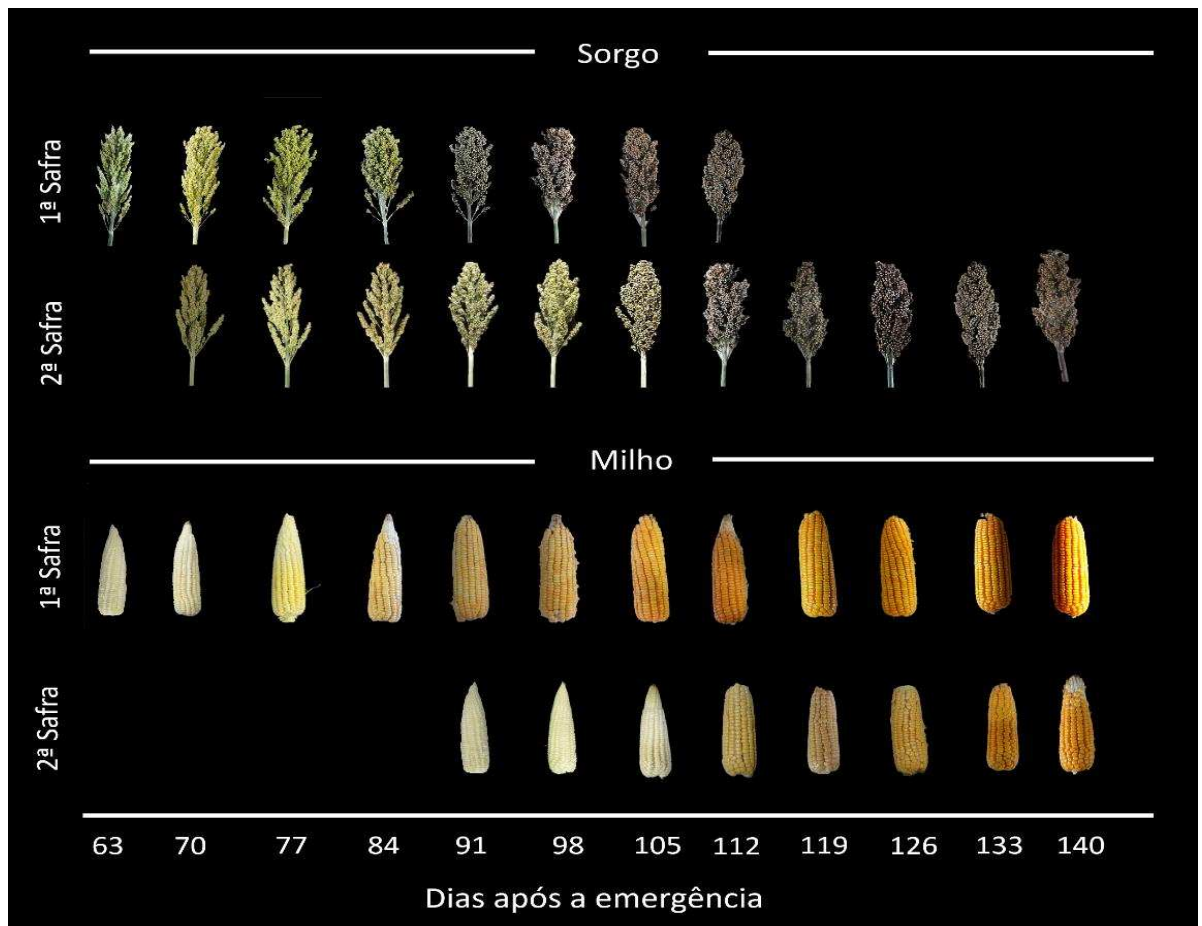


Figura 6: Representação dos órgãos reprodutivos de plantas de sorgo e milho cultivadas em período de 1ª e 2ª safras contado a partir da polinização. A mudança no desenvolvimento dos grãos até 140 dias de cultivo, pode ser notado pela alteração do tamanho das panículas e espigas e na coloração dos grãos.

Durante os experimentos, houve variações entre o período de 1ª e 2ª safras, quanto ao comprimento do dia, volumes de chuva, temperatura do ar, níveis de radiação solar e DPV (Figuras 2 e 3). Essas alterações ambientais, exerceram influência nos estágios fenológicos de ambas culturas estudadas. Nosso trabalho mostrou que a duração do EV e ER das plantas de sorgo, foram menos impactados em comparação com o milho no período de 2ª safra (Tabela 2, Figuras 4, 5 e 6).

Temperaturas médias abaixo de 20 °C geraram atrasos no desenvolvimento das culturas, que conseqüentemente levam a maiores graus-dia acumulado (GDA) (TACK et al., 2017). O aumento na duração dos estágios fenológicos nas plantas de sorgo e milho, pode ser uma resposta das mudanças ambientais ocorrida na 2ª safra, principalmente a diminuição da temperatura, fotoperíodo e disponibilidade hídrica (TARUMOTO, 2011). Plantas de sorgo são conhecidas por apresentar maior tolerância a condições extremas em comparação com outros cereais, com requerimento de temperaturas entre 27 e 30 °C para um ótimo crescimento e desenvolvimento (PLESSIS, 2008). Já para plantas de milho, esse requerimento é de 24 a 30 °C (CLERGET et al., 2008). De fato, a temperatura do ar é um dos principais fatores que reflete no ciclo de uma cultura. Além disso, o número de horas de calor diário são determinantes para as etapas fenológicas (BORGHI et al., 2017). De maneira geral, para a maioria das espécies, o requerimento de GDA na fase vegetativa é maior do que na fase reprodutiva (HATFIELD; PRUEGER, 2015). Entretanto, isso foi verificado apenas para plantas de sorgo cultivado na 1ª safra e não para plantas de milho.

O atraso no desenvolvimento reprodutivo das plantas podem ser governados por fatores diversos, como genética, fatores endógenos e ambientais (TARDIEU, 2013). Embora o sorgo forrageiro não seja sensível ao fotoperíodo, ele pode ser influenciado quando os dias se tornam mais curtos, levando ao florescimento precoce (CASTRO, 2014). Nesse trabalho, verificou-se que o início do ER do sorgo não sofreu grandes alterações na 2ª safra, porém o milho apresentou maior atraso, tanto para o início do estágio, quanto na maturação dos grãos (Figura 6). Em plantas de milho, a maior sensibilidade à variação do comprimento do dia, ocorre no início da fase reprodutiva, mas a alteração do fotoperíodo não pode ser considerada a causa pelo retardo do seu desenvolvimento (EMBRAPA, 2013). Plantas cultivadas sob condições ideais, apresentam crescimento e desenvolvimento normal (STEFANOSKI et al., 2013). Entretanto, quando as condições se tornam mais

extremas, como diminuições nos níveis de chuva, radiação solar e temperatura, por exemplo, as plantas passam por processos de inibição no seu metabolismo, impactando o crescimento (ANJUM et al., 2011).

3.3- Características de crescimento

A altura da planta (AP) em sorgo cultivado em 1ª safra apresentou um comportamento quadrático ($P < 0,01$) em função do seu desenvolvimento com altura máxima de 2,45 m aos 88 DAE. Na 2ª safra também houve comportamento quadrático na altura da planta com valores máximos de 1,36 m aos 104 DAE (Figura 7A). Em plantas de milho a altura máxima na 1ª safra foi de 2,59 m aos 85 DAE ($P < 0,01$), e na 2ª safra foi de 2,09 m aos 111 DAE (Figura B).

A AF em plantas de sorgo atingiu valores máximo de 3525,40 cm² aos 69 DAE no período de 1ª safra ($P < 0,001$) e 1192,12 cm² aos 90 DAE para 2ª safra ($P < 0,001$). A seguir, houve um comportamento de diminuição desse parâmetro para os dois períodos de cultivo, entretanto, na 2ª safra houve poucas variações entre o início e o final do ciclo (Figura 7C). Em plantas de milho (Figura 7D), a máxima AF foi obtida aos 76 e 88 DAE, com valores máximos de 7173,72 e 4588,72 cm² para as plantas cultivadas em 1ª e 2ª safras, respectivamente ($P < 0,001$).

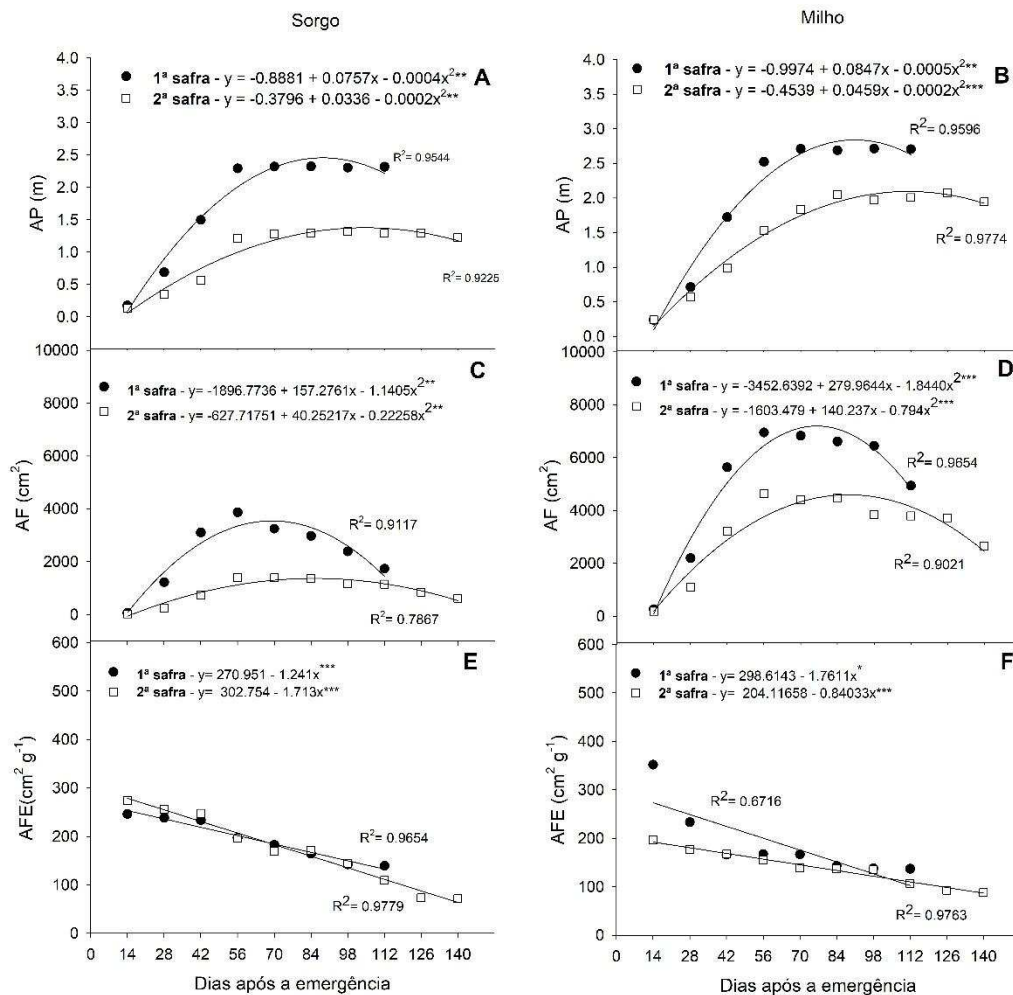


Figura 7: Altura da planta – AP (A e B), área foliar - AF (C e D) e área foliar específica - AFE (E e F) em plantas de sorgo e milho, em função da época de avaliação (dias após a emergência) e plantio de 1ª safra (●) e 2ª safra (□) em Viçosa – MG. Cada símbolo representa o valor médio de 4 repetições. Os símbolos: ***, **, * e ' representam os níveis de significância de 1, 5 e 10% de probabilidade, respectivamente.

Plantas de sorgo e milho de 1ª e 2ª safras, apresentaram um comportamento linear decrescente na AFE à medida que as plantas se desenvolveram (Figuras 7E e 7F). A AFE das plantas de sorgo cultivadas em 1ª safra decresceu 1,23 cm² diariamente (P < 0,001), enquanto que na 2ª safra, essa redução foi de 1,70 cm² (P < 0,001) (Figura 7E). Em plantas de milho, a redução diária na AFE foi de 1,74 cm² para o cultivo de 1ª safra (P < 0,01) e 0,84 cm² em 2ª safra (P < 0,001) (Figura 7F).

Foi observado nesse trabalho que a AP, AF e AFE sofreram reduções na 2ª safra (Figuras 7 e 8). Plantas de sorgo na 2ª safra apresentaram menores incrementos na AP, em comparação com as plantas de milho (Figuras 7A, 7B). Em plantas de milho, as possíveis causas de reduções na AP, podem incluir o fator temperatura, que já é bem conhecido por reduzir o crescimento, e consequentemente a produtividade

dessas plantas (RYMEN et al., 2007). Para o sorgo, há ainda, a sensibilidade ao fotoperíodo, que leva a diminuições na AP, ao mesmo tempo em que a transição floral é acelerada (MURPHY et al., 2011).

A área foliar (AF) foi mais impactada em plantas de sorgo na 2ª safra do que no milho, com reduções de 64% contra 33,8% em comparação com sua respectiva AF no cultivo de 1ª safra (Figuras 7C e 7D). De maneira similar à AF, permaneceu quase constante durante todo o período do ciclo da cultura do sorgo, enquanto que para o milho, houve um comportamento quadrático bem definido. A esse resultado, podemos afirmar que, embora a AF das plantas de sorgo tenham sido reduzidas sob as condições de 2ª safra, esse parâmetro foi quase que constante do início ao final dos estágios fenológicos, o que pode ser associado a capacidade das plantas de sorgo em manter a área foliar verde (“stay-green”), visando a manutenção da fotossíntese nas folhas em condições limitadas de falta de água (BORRELL et al., 2014).

Condições mais limitantes de recursos, promovem a redução da AF, assim como, os aspectos genéticos da própria planta (FENDER; MANTILLA-CONTRERAS; LEUSCHNER, 2011). Fatores como umidade do solo e temperatura do solo e do ar são determinantes na expansão foliar. Apesar deste trabalho não ter avaliado a umidade do solo, os menores níveis de chuvas no período de 2ª safra, sugerem que a umidade do solo tenham sido reduzido, e conseqüentemente, isso refletiu na AF (KIM et al., 2018).

Reduções na área foliar específica (AFE) foram observadas em ambas culturas e nos dois períodos de cultivo (Figuras 7E e 7F). Dado que a AFE é quantificada pela razão entre AF e sua respectiva massa da matéria seca, essa medida leva em consideração os aspectos morfológicos e anatômicos da folha (BENINCASA, 2003). Assim, podemos afirmar que, a redução nos valores de AFE ao longo do ciclo das plantas de sorgo e milho, pode ser associada à reduções na massa da matéria seca de suas folhas ao longo do desenvolvimento das plantas (AMANULLAH, 2015).

3.4- Partição de assimilados

A partição de assimilados entre os diferentes órgãos da parte aérea em plantas de sorgo e milho foi influenciada pelo período de cultivo (Figura 8). Para plantas de sorgo cultivadas na 1ª safra, a diminuição da alocação de matéria seca das folhas foi

acompanhada pelo incremento da alocação de matéria seca do colmo, que aumentou gradativamente até 70 DAE, sendo a quantidade máxima acumulada de 66,92%. A partir dos 56 DAE, houve contribuição da panícula na matéria seca total da planta, ocorrendo alteração do dreno metabólico, passando a importar mais assimilados para os grãos. Ao final do ciclo, a matéria seca total das plantas de sorgo de 1ª safra, era representada por 9,32; 47,8 e 42,88%, para folhas, colmo e panícula, respectivamente (Figura 8A). Já para o sorgo plantado na 2ª safra, a partição de matéria seca da folha foi constante até os 28 DAE, com quantidade máxima de 70,3%, com redução após esse período. O colmo acumulou matéria seca até os 98 DAE (68,6%) e a panícula passou a contribuir com a matéria seca total a partir dos 70 DAE, evidenciando um atraso de 14 dias em relação ao período de 1ª safra. A partição de assimilados ao final do ciclo foi de 11, 39 e 50% para folhas, colmo e panícula, respectivamente (Figura 8C).

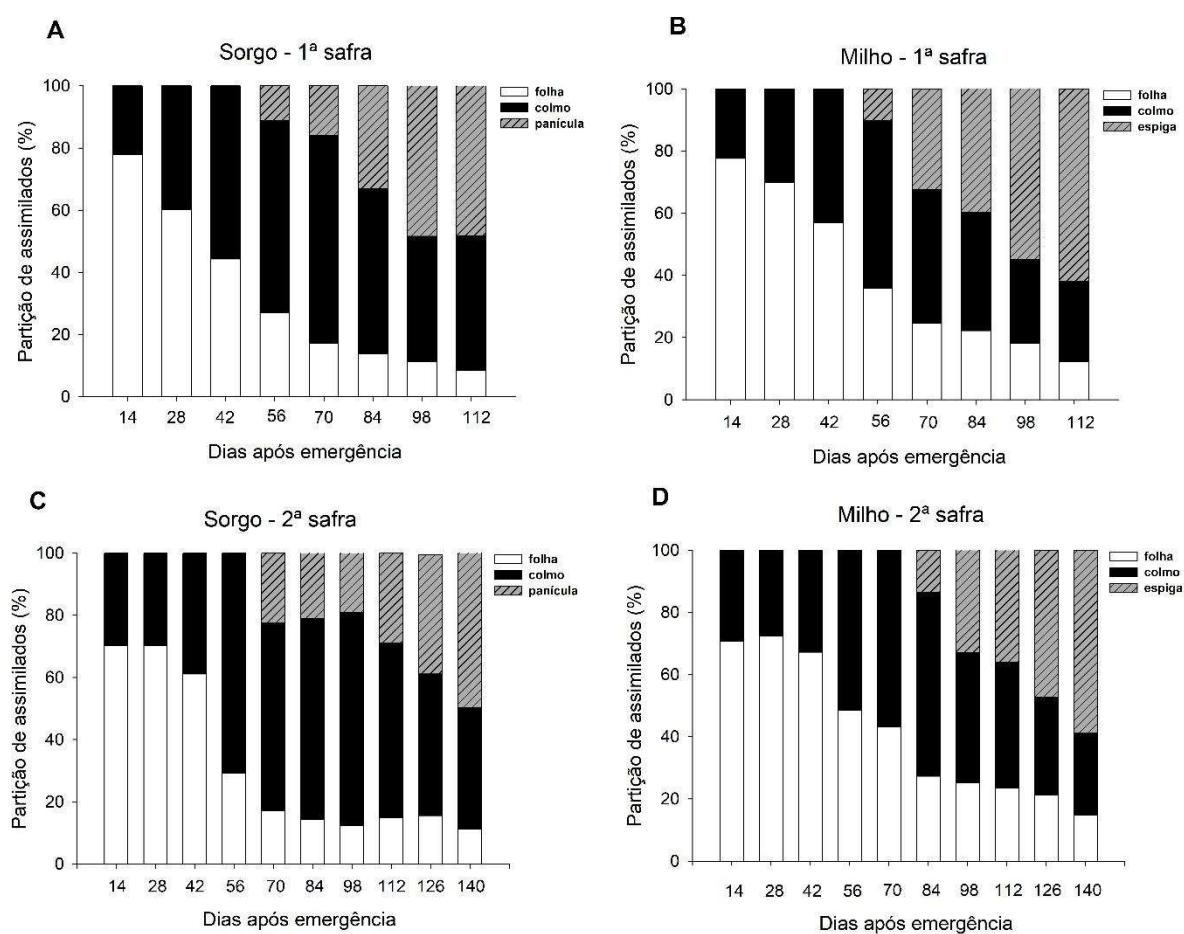


Figura 8: Partição de assimilados para os diferentes órgãos da parte aérea, em plantas de sorgo (A e C) e milho (B e D), em função da época de avaliação (dias após a emergência) e plantio de 1ª e 2ª safras em Viçosa – MG. Os valores representam a média de 4 repetições.

Em plantas de milho cultivadas na 1ª safra, a partição de assimilados para as folhas sofreu reduções à medida que as plantas se desenvolveram. A partição de assimilados das folhas reduziu a medida que houve o desenvolvimento das plantas, ao mesmo tempo que o acúmulo de massa da matéria seca do colmo foi crescente até os 56 DAE, sendo que a quantidade máxima acumulada em relação a massa da matéria seca total foi de 53,94%. Após o referido período, teve início o desenvolvimento reprodutivo, com decréscimo de massa da matéria seca acumulada no colmo e aumento da partição para a espiga, em detrimento da mudança do dreno preferencial. Ao final do período avaliativo, a distribuição da matéria seca total era de 12,2; 25,9 e 61,9%, para folhas, colmo e espiga, respectivamente (Figura 8B). A partição de assimilados para as folhas em milho na 2ª safra, apresentou incremento até os 28 DAE, com uma participação máxima de 72,3% na massa da matéria seca total da planta nesse período. A partir desse período, a massa da matéria seca do colmo apresentou aumento até os 84 DAE, com posterior decréscimo devido o início do desenvolvimento da espiga, que passou a contribuir na massa da matéria seca total da planta com um atraso de 28 dias em comparação com a 1ª safra. Ao final, a massa da matéria seca total era representada por 14,8% (folhas), 26,2% (colmo) e 58,9% (espiga) (Figura 8D).

Durante o desenvolvimento de uma planta, a demanda de fotoassimilados aumenta devido ao crescimento e formação de novos órgãos. Nesse processo, os açúcares formados nos tecidos fontes, são direcionados para outras partes da plantas, tais como, caule, raízes e frutos (GOYAL; BISHNOI, 2017).

Durante a 1ª safra, plantas de sorgo e milho apresentaram comportamento semelhante quanto à translocação de assimilados para formação de grãos (Figura 8). Porém na 2ª safra, as plantas de sorgo apresentaram um atraso de cerca de 14 dias em comparação com o período de 1ª safra, para que a massa da matéria seca da panícula contribuísse com a massa da matéria seca total. Em plantas de milho, esse atraso foi ainda maior, sendo de 28 dias em comparação com a 1ª safra. Esses resultados são reflexos dos atrasos no ER de ambas culturas na 2ª safra, em especial na cultura do milho, cujas causas já foram discutidas anteriormente. Em adição, os efeitos do ambiente sobre esses processos podem ser impactantes, como por exemplo, déficit hídrico e baixas temperaturas noturnas que diminui a translocação por aumentar a viscosidade da solução do floema (GUARDIOLA; GARCÍA-LUIS, 1993). Dado que este particionamento pode ser alterado por fatores ambientais adversos, isso pode se

tornar um fator crítico para a taxa e o padrão de crescimento dos órgãos (GAMALEI, 2002).

3.5- Trocas gasosas e eficiência no uso da água

Plantas de sorgo apresentaram um comportamento quadrático para a fotossíntese líquida em período de 1ª safra e na 2ª safra ($P < 0,05$), com valores máximos de $36,5 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e $22,1 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, respectivamente (Figura 9A). No cultivo de 1ª safra, a fotossíntese líquida das plantas de milho apresentou um comportamento quadrático, com máximo valor de $38,2 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, aos 26 DAE ($P < 0,05$). No período de 2ª safra, foi observado comportamento linear negativo e significativo para esse parâmetro ($P < 0,001$), com redução de $0,08 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ diariamente, a partir de valores de $27,3 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Figura 9B).

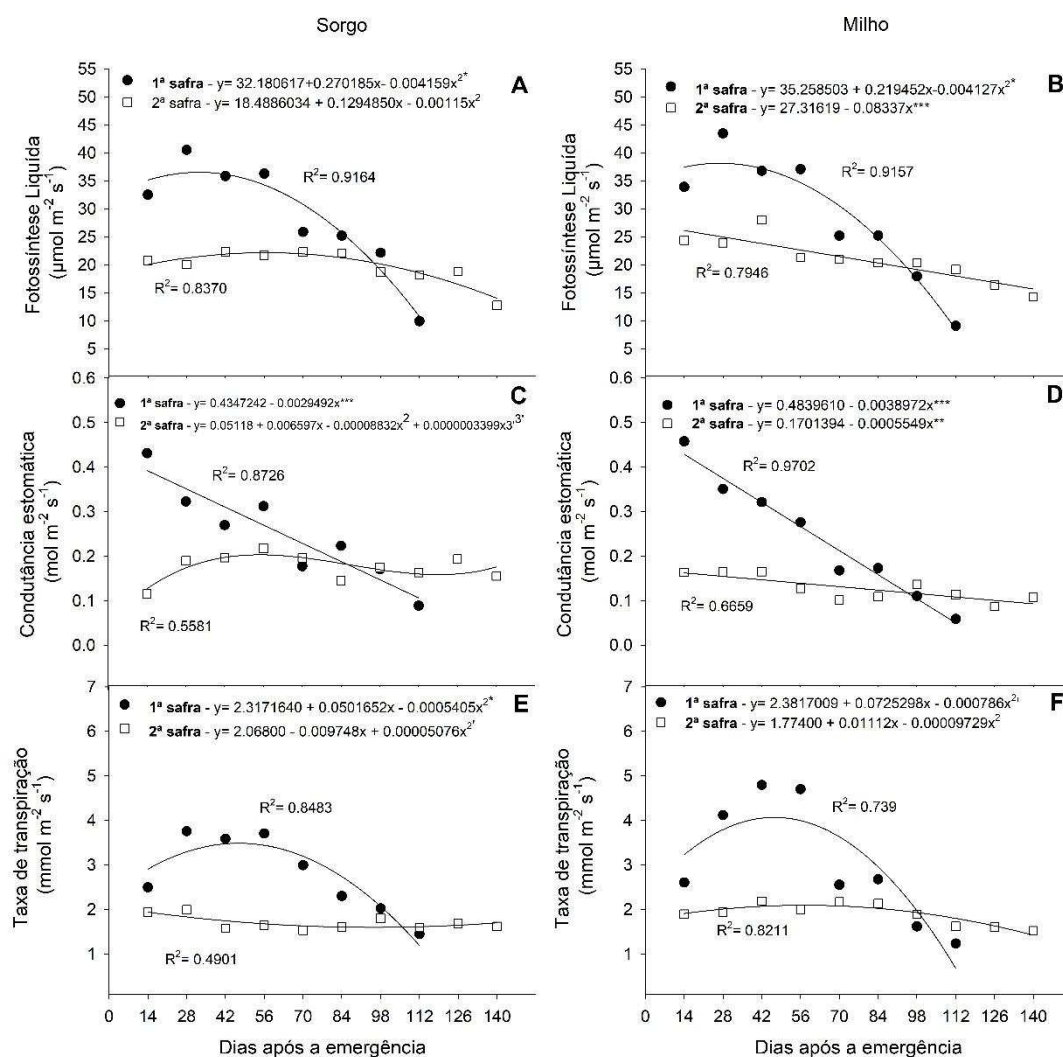


Figura 9: Fotossíntese líquida (A e B), condutância estomática (C e D) e taxa de transpiração (E e F) em plantas de sorgo e milho, em função da época de avaliação (dias após a emergência) e plantio de 1ª safra (●) e 2ª safra (□) em Viçosa – MG. Cada símbolo representa o valor médio de 4 repetições. Os símbolos: ***, **, * e ' representam os níveis de significância de 1, 5 e 10% de probabilidade, respectivamente.

A condutância estomática (g_s) reduziu significativamente em plantas de sorgo em função dos dias de coleta quando cultivadas no período de 1ª safra ($P < 0,001$). Essa redução foi de $0,002 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-2}$ diariamente. Em sorgo cultivado na 2ª safra, a g_s foi ajustada a modelo cúbico ($P < 0,01$) apresentando variações ao longo do desenvolvimento das plantas, e o menor valor de g_s foi de $0,115 \text{ mol m}^2 \text{ s}^{-1}$ aos 14 DAE, e o maior valor foi de $0,218 \text{ mol m}^2 \text{ s}^{-1}$ aos 56 DAE (Figura 9C). Em plantas de milho, a g_s apresentou comportamento linear negativo e significativo na 1ª safra ($P < 0,001$) com redução de $0,003 \text{ mol m}^2 \text{ s}^{-1}$ diariamente. No plantio de 2ª safra também houve comportamento linear negativo ($P < 0,001$), com decréscimos diários de $0,0005 \text{ mol m}^2 \text{ s}^{-1}$ (Figura 9D).

A taxa de transpiração de plantas de sorgo se ajustou a um modelo quadrático nas duas épocas de cultivo. Aos 46 DAE, as plantas de sorgo de 1ª safra apresentou valor máximo de transpiração de $3,48 \text{ mmol m}^2 \text{ s}^{-1}$ ($P < 0,05$). No período de 2ª safra, embora não tenha sido observado grandes variações nesse parâmetro, aos 96 DAE houve uma transpiração máxima de $1,94 \text{ mmol m}^2 \text{ s}^{-1}$ ($P < 0,1$) (Figura 9E). Em plantas de milho de 1ª safra, a máxima transpiração foi de $4,05 \text{ mmol m}^2 \text{ s}^{-1}$ sendo verificado aos 46 DAE. Já na 2ª safra, a máxima transpiração foi verificada aos 57 DAE, com valores médios de $2,1 \text{ mmol m}^2 \text{ s}^{-1}$ (Figura 9).

Durante o desenvolvimento das plantas de sorgo na 1ª safra, a eficiência no uso da água (EUA) apresentou um comportamento cúbico, com tendência variável ($P < 0,05$), partindo de valores $13,23 \text{ } \mu\text{mol mol}^{-1}$ e alcançando valores finais de $6,96 \text{ } \mu\text{mol mol}^{-1}$. Para o período de 2ª safra, houve um comportamento linear negativo nesse parâmetro ($P < 0,05$), apresentando redução diária de $0,03 \text{ } \mu\text{mol mol}^{-1}$ partindo de valores de $15,6 \text{ } \mu\text{mol mol}^{-1}$ (Figura 10A). Em plantas de milho, a EUA seguiu um comportamento cúbico no período de 1ª safra ($P < 0,05$), com intensas variações ao longo do ciclo da cultura, apresentando valores iniciais de $13,2 \text{ } \mu\text{mol mol}^{-1}$ e valores finais de $7,48 \text{ } \mu\text{mol mol}^{-1}$. Houve um comportamento linear negativo na 2ª safra ($P < 0,05$), com diminuição de $0,02 \text{ } \mu\text{mol mol}^{-1}$ ao dia, a partir de valores iniciais de $12,95 \text{ } \mu\text{mol mol}^{-1}$ (Figura 10B).

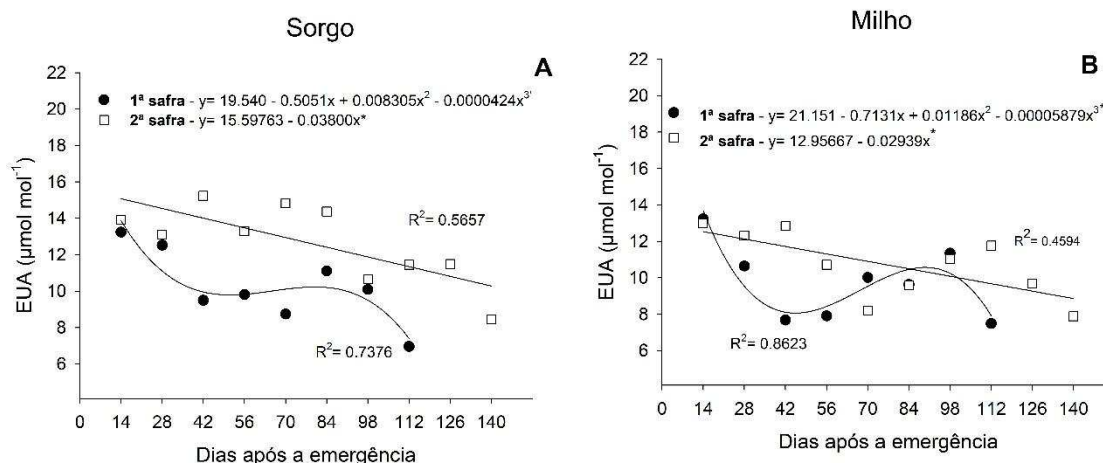


Figura 10: Eficiência no uso da água (A e B) em plantas de sorgo e milho, em função da época de avaliação (dias após a emergência) e plantio de 1ª safra (●) e 2ª safra (□) em Viçosa – MG. Cada símbolo representa o valor médio de 4 repetições. Os símbolos: ***, **, * e ' representam os níveis de significância de 1, 5 e 10% de probabilidade, respectivamente.

Os valores de fotossíntese líquida das plantas de sorgo e milho na 1ª safra foram semelhantes, apresentando as maiores taxas no período inicial de desenvolvimento, com reduções que seguiram o mesmo comportamento da diminuição da AF (ACCIARESI; GUIAMET, 2010). As condições ambientais do período de 2ª safra foram preponderantes para que os valores de fotossíntese líquida fossem menores do que na 1ª safra para ambas culturas. Baixas temperaturas podem ter promovido inibição na função dos cloroplastos, alterando a composição dos pigmentos foliares (MAULANA; TESSO, 2013). Em adição, os menores valores de g_s no período de 2ª safra, é provavelmente um efeito do ambiente, como menores suprimentos de água (PERDOMO et al., 2017), menor radiação solar (DAYER et al., 2017) e maior DPV (MCADAM; SUSSMILCH; BRODRIBB, 2016). É possível que as plantas de sorgo tenham desenvolvido uma melhor estratégia para enfrentar as condições da 2ª safra, mantendo uma g_s relativamente estável durante o EV, contribuindo para os valores de fotossíntese que foram encontrados (OCHEL TREE et al., 2014).

Os resultados na 2ª safra mostraram que apesar dos valores de g_s no EV tenham sido maiores em plantas de sorgo do que no milho, isso não se traduziu em maiores taxas de transpiração (Figuras 10E e 10F), contribuindo para os valores de eficiência no uso da água (EUA) registrados nesse período (LIMOUSIN et al., 2015). Em plantas de milho, a redução da g_s na 2ª safra foi constante durante o desenvolvimento das plantas, assim como de sua fotossíntese líquida, evidenciando que a performance

dos processos fisiológicos dessa cultura é mais influenciada sob ambiente de estresse (SABAGH; BARUTÇULAR; ISLAM, 2017).

As condições do período de 2ª safra promoveram a redução da transpiração, por apresentar menor temperatura, menor precipitação (PLAUT et al., 2013), entre outros fatores que contribuíram para redução da AF, que possui uma relação intrínseca com a transpiração das plantas (TARDIEU, 2013). De fato, menores valores de transpiração podem ser interessante para as plantas em condições de seca, por permitir menor perda de água e garantir um maior grau de hidratação aos tecidos vegetais, e consequentemente maior EUA (GAJANAYAKE; REDDY, 2016). A menor taxa de transpiração registrada para o sorgo, confirma que essas plantas sustentam uma maior hidratação interna sob condições de seca no solo, permitindo a manutenção de taxas transpiratórias ilimitadas até que a falta de água no solo seja restabelecida (GHOLIPOOR et al., 2012).

Plantas que apresentam menores valores de transpiração para um mesmo valor de fotossíntese, desempenham uma maior EUA e apresentam maior tolerância a seca (HEPWORTH et al., 2015). Os resultados mostram que a EUA diminuiu no período de 2ª safra com o desenvolvimento das plantas, e esse resultado pode estar associado às reduções nas taxas fotossintéticas, sendo uma consequência do envelhecimento foliar (SUÁREZ, 2010). Apesar do comportamento de redução da EUA, foi verificado que em plantas de sorgo houve maior desempenho deste parâmetro, confirmando que este cereal possui boa adaptação a ambientes mais extremos (AJEIGBE et al., 2018).

3.6- Características estomáticas

A densidade estomática das faces abaxial e adaxial das folhas de sorgo e milho foi incrementada com o desenvolvimento vegetativo e nos dois períodos de cultivo. Na face abaxial das folhas de sorgo, a densidade estomática foi de 100,7; 101,2; 102,7 e 149,7 (estômatos por mm²) nos dias 14, 28, 42 e 56 DAE, respectivamente, para o período de 1ª safra. Na 2ª safra, os valores foram de 61,7; 102,9; 103,6 e 133,7 (Figura 11A). Na face adaxial das folhas de sorgo na 1ª safra, a densidade estomática nos dias 14, 28, 42 e 56 foi respectivamente de 50,5; 72,5; 72,3 e 83,7 estômatos por

mm². Para o período de 2^a safra, os valores foram de 59,4; 84,4; 84,1 e 102 estômatos por mm² para os 14, 28, 42 e 56 DAE, respectivamente (Figura 11B).

A face abaxial de folhas de milho no período de 1^a safra, apresentou valores médios de densidade estomática de 57,4; 72,1; 73,1 e 78,1 estômatos por mm² para os 14, 28, 42 e 56 DAE, respectivamente. Na 2^a safra, a face abaxial apresentou uma densidade estomática média de 51,7; 60,6; 68,1 e 83,5 estômatos por mm² respectivamente para os 14, 28, 42 e 56 DAE (Figura 11C). As médias de densidade estomática na face adaxial das folhas de milho na 1^a safra foram de 45,1; 57,1; 56,5 e 59,4 estômatos por mm² para os 14, 28, 42 e 56 DAE. Já na 2^a safra, esses valores médios foram de 38,3; 40,2; 58,5 e 67,8 estômatos por mm² para os mesmos dias de avaliação (Figura 11D).

A densidade de células na face abaxial, foi alterada pelo desenvolvimento foliar apenas em plantas de sorgo no período de 2^a safra, sendo que os valores médios foram de 299,1; 448,6; 522,6 e 517,3 células por mm² nos dias 14, 28, 42 e 56 DAE, respectivamente (Figura 12A). Em plantas de milho, a densidade de células na 1^a safra e 2^a safra foram semelhantes, não sofrendo influência com o desenvolvimento foliar e com o ambiente (Figura 12B).

O desenvolvimento foliar até os 56 DAE promoveu diminuição no tamanho das células da face abaxial das folhas de sorgo nas duas safras (Figura 12C). Para as plantas de milho, não houve alterações no tamanho das células ao longo do desenvolvimento vegetativo e em relação ao período de cultivo (Figura 12D).

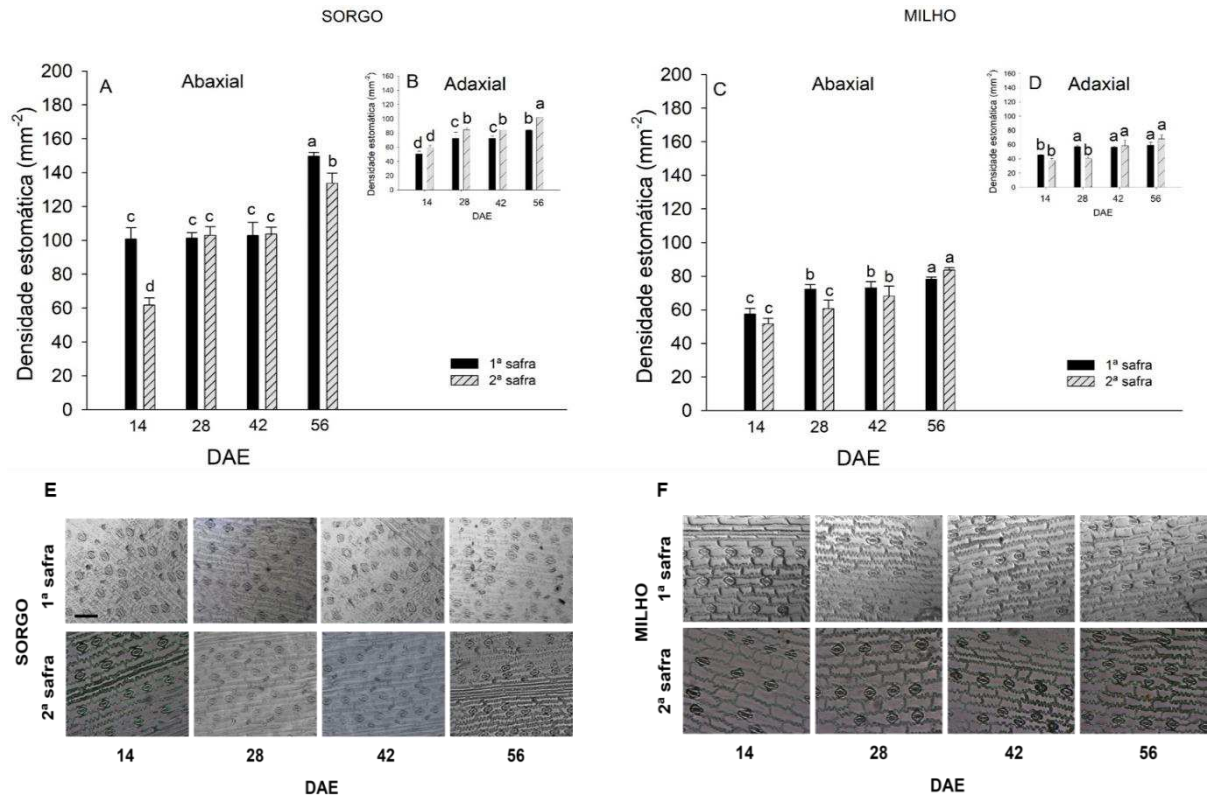


Figura 11: Densidade estomática da face abaxial e adaxial de folhas de sorgo (A e B) e milho (C e D) cultivados em período de 1ª e 2ª safra. A densidade foi obtida numa área de $0,268 \text{ mm}^2$ e as barras representam a média de 20 regiões amostradas. Diferentes letras indicam diferença significativa a 5% de probabilidade ($P < 0.05$) pelo teste de Scott-Knott. A sequência de figuras mostram a evolução estomática durante o desenvolvimento vegetativo do sorgo (E) e do milho (F) e são representativas da face abaxial nos dois períodos de cultivo. Barra de escala = $50 \mu\text{m}$.

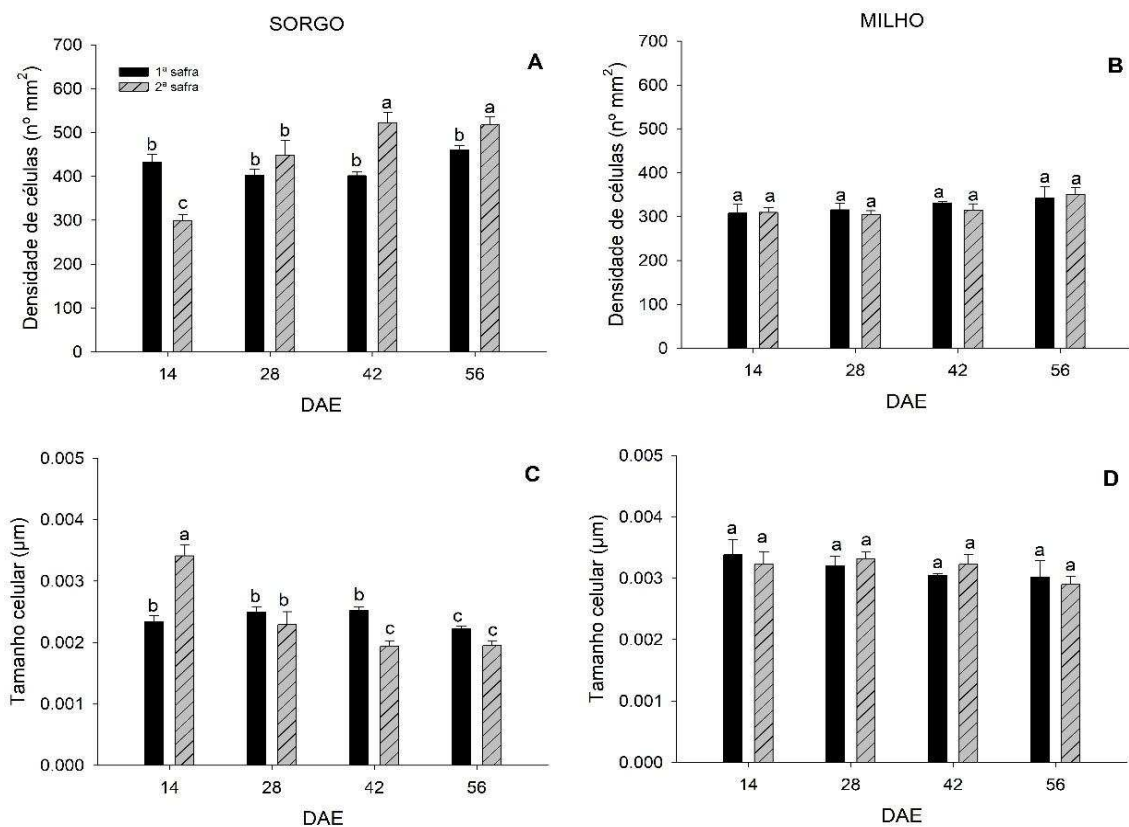


Figura 12: Densidade de células (A e B) e tamanho celular (C e D) da face abaxial de folhas de plantas de sorgo e milho cultivadas nos períodos de 1ª e 2ª safra. Diferentes letras indicam diferença significativa a 5% de probabilidade ($P < 0.05$) pelo teste de Scott-Knott.

O desenvolvimento foliar registrado até a antese, levou ao aumento gradativo da densidade estomática em ambas faces da folha, nas duas culturas estudadas e nos dois períodos de cultivo (Figura 11). Aumentos na densidade estomática ao longo do desenvolvimento vegetativo estão associados a processos de divisão e diferenciação celular que ocorrem durante o desenvolvimento das folhas, sendo governados por fatores genéticos da própria planta (NADEAU; SACK, 2002). Entretanto, a densidade estomática também pode ser alterada por fatores ambientais, como intensidade de luz, temperatura, umidade do ar e do solo, entre outros fatores, que podem exercer forte influência nos processos fisiológicos das plantas, principalmente sobre a fotossíntese e transpiração (HEPWORTH et al., 2015).

Um ponto interessante destacado em resultados deste trabalho, é a maior densidade estomática das plantas de sorgo em comparação com o milho, uma resposta que já havia sido observada por outros autores (TRAORE et al., 1989) e que pode explicar os resultados de fotossíntese líquida e EUA obtidos nessas plantas no período de 2ª safra.

Alterações na densidade de células da face abaxial das folhas, foram observadas em plantas de sorgo na 2ª safra (apenas), mas não em plantas de milho (Figuras 12A e 12B). O tamanho celular também foi alterado apenas em plantas de sorgo na 2ª safra, apresentando comportamento inverso à densidade de células, ou seja, diminuição (Figuras 12C e 12D) indicando que existem mecanismos de feedback no interior das folhas que ligam o tamanho e a densidade de células, e que modulam o espaço aéreo foliar (LEHMEIER et al., 2017). Nossos resultados sugerem que as plantas de sorgo apresentaram uma melhor tolerância aos períodos de baixa precipitação durante a 2ª safra, aumentando o número de células ao mesmo tempo que reduziu o tamanho (BOSABALIDIS; KOFIDIS, 2002).

De maneira geral, a capacidade de adaptação e o potencial genético da planta irão determinar as respostas ao estresse, entretanto, o conhecimento do período de formação do órgão de interesse sob condições adequadas ou adversas, são cruciais para o planejamento da fazenda.

4. CONCLUSÕES

Os cultivos de 1ª e 2ª safras exercem influência sobre a fenologia e fisiologia de plantas de sorgo e milho. De maneira geral, plantas de sorgo apresentaram menor impacto na fenologia em comparação com plantas de milho quando comparadas 1ª e 2ª safras. Entretanto, características de crescimento, como AP, AF e AFE foram mais impactadas em plantas de sorgo do que para o milho na 2ª safra, reforçando que o fotoperíodo exerce influência sobre o crescimento dessa cultura. Adicionalmente, plantas de sorgo obtiveram maior desempenho fisiológico na 2ª safra, apresentando melhores resultados das trocas gasosas e conseqüentemente, maior EUA. Tal comportamento, pode ainda ser associado a melhor disposição estomática nas plantas de sorgo, que apresentaram melhor plasticidade nesses parâmetros em comparação com as plantas de milho na 2ª safra.

5. REFERÊNCIAS

- ACCIARESI, H. A.; GUIAMET, J. J. Below- and above-ground growth and biomass allocation in maize and Sorghum halepense in response to soil water competition. *Weed Research*, v. 50, n. 5, p. 481–492, 2010.
- ADEGAS, F. S.; VOLL, E.; GAZZIERO, D. L. P. Manejo de plantas daninhas em milho safrinha em cultivo solteiro ou consorciado à braquiária ruziziensis. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, v. 46, n. 10, p. 1226–1233, 2011.
- AJEIGBE, H. A. et al. Productivity and water use efficiency of sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] grown under different nitrogen applications in sudan savanna zone, Nigeria. *International Journal of Agronomy*, v. 2018, p. 11, 2018.
- AMANULLAH, A. Specific leaf area and specific leaf weight in small grain crops wheat, rye, barley, and oats differ at various growth stages and NPK source. *Journal of Plant Nutrition*, v. 38, n. 11, p. 1694–1708, 2015.
- ANJUM, S. A. et al. Morphological, physiological and biochemical responses of camellia oleifera to low-temperature stress. *African Journal of Agricultural Research*, v. 6, n. 9, p. 2026–2032, 2011.
- BENEŠOVÁ, M. et al. The physiology and proteomics of drought tolerance in Maize: Early stomatal closure as a cause of lower tolerance to short-term dehydration? *PLoS ONE*, v. 7, n. 6, 2012.
- BENINCASA, M. M. P. Análise de crescimento de plantas: Noções básicas. 2ª ed. FUNEP, Jaboticabal, Brasil, 41p. 2003.
- BORGHI, E. et al. Dez dicas para produção de milho. *Boletim Técnico da Embrapa*, v. 216, 2017.
- BORRELL, A. K. et al. Drought adaptation of stay-green sorghum is associated with canopy development, leaf anatomy, root growth, and water uptake. *Journal of Experimental Botany*, v. 65, n. 21, p. 6251–6263, 2014.
- BOSABALIDIS, A. M.; KOFIDIS, G. Comparative effects of drought stress on leaf anatomy of two olive cultivars. *Plant Science*, v. 163, n. 2, p. 375–379, 2002.
- BRACCINI, A. L. et al. Desempenho agronômico e produtividade na sucessão soja - milho safrinha. *Acta Scientiarum - Agronomy*, v. 32, n. 4, p. 651–661, 2010.
- BUSO, W. H. D. et al. Utilização do sorgo forrageiro na alimentação animal.

- PUBVET, v. 5, p. 1–29, 2011.
- CÂMARA, G. M. S. Fenologia é ferramenta auxiliar de técnicas de produção. *Planta e Ambiente*, n. 5, p. 63–66, 2006.
- CASTRO, E. M.; PEREIRA, F. J.; PAIVA, R. *Histologia vegetal: estrutura e função de órgãos vegetativos*. Lavras: UFLA, 2009.
- CASTRO, F. M. R. *Potencial agrônomo de Genótipos de Sorgo biomassa*. Dissertação de mestrado[s.l.] Universidade Federal de Lavras, 2014.
- CLERGET, B. et al. Variability of phyllochron, plastochron and rate of increase in height in photoperiod-sensitive Sorghum varieties. *Annals of Botany*, v. 101, n. 4, p. 579–594, 2008.
- CRUZ, J. C. et al. Caracterização do cultivo de milho safrinha de alta produtividade em 2008 e 2009. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v. 9, p. 177–188, 2010.
- DAYER, S. et al. Changes in leaf stomatal conductance, petiole hydraulics and vessel morphology in grapevine (*Vitis vinifera* cv. Chasselas) under different light and irrigation regimes. *Functional Plant Biology*, v. 44, n. 7, p. 679, 2017.
- EMBRAPA. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, p. 353p, 2013.
- EMBRAPA. *Sistema de Produção*. Embrapa Milho e Sorgo, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2015.
- FENDER, A. C.; MANTILLA-CONTRERAS, J.; LEUSCHNER, C. Multiple environmental control of leaf area and its significance for productivity in beech saplings. *Trees - Structure and Function*, v. 25, n. 5, p. 847–857, 2011.
- GAJANAYAKE, B.; REDDY, K. R. Sweetpotato responses to mid-and late-season soil moisture deficits. *Crop Science*, v. 56, n. 4, p. 1865–1877, 2016.
- GAMALEI, Y. V. Assimilate transport and partitioning in plants: Approaches, methods, and facets of research. *Russian Journal of Plant Physiology*, v. 49, n. 1, p. 16–31, 2002.
- GHOLIPOOR, M.; SINCLAIR, T. R.; PRASAD, P. V. V. Genotypic variation within sorghum for transpiration response to drying soil. *Plant and Soil*, v. 357, n. 1, p. 35–40, 2012.
- GOYAL, R. K.; BISHNOI, C. Assimilate partitioning and distribution in fruit crops : A review. v. 6, n. 3, p. 479–484, 2017.
- GUARDIOLA, J. L.; GARCÍA-LUIS, A. Transporte de azúcares y otros asimilados.

In: Azcón-Bieto, J. and M. Talón (eds.). Fisiología y bioquímica vegetal. cGraw-Hill Interamericana de España, Madrid,. Anais...1993

- HASAN, S. A. et al. Water use efficiency in the drought-stressed sorghum and maize in relation to expression of aquaporin genes. *Biologia Plantarum*, v. 61, n. 1, p. 127–137, 2017.
- HATFIELD, J. L.; PRUEGER, J. H. Temperature extremes: Effect on plant growth and development. *Weather and Climate Extremes*, v. 10, p. 4–10, 2015.
- HEPWORTH, C. et al. Manipulating stomatal density enhances drought tolerance without deleterious effect on nutrient uptake. *New Phytologist*, v. 208, n. 2, p. 336–341, 2015.
- JONES, H. G. Plants and microclimate: a quantitative approach to environmental plant physiology. Third edit ed. Cambridge: [s.n.]. v. 2, 1992.
- KEBEDE, H. et al. Corn yield response to reduced water use at different growth stages. *Agricultural Sciences*, v. 5, p. 1305–1315, 2014.
- KIM, Y. X. et al. The relationship between turgor pressure change and cell hydraulics of midrib parenchyma cells in the leaves of *Zea mays*. *Cells*, v. 7, n. 10, p. 180, 2018.
- LEHMEIER, C. et al. Cell density and airspace patterning in the leaf can be manipulated to increase leaf photosynthetic capacity. p. 981–994, 2017.
- LIMOUSIN, J. M. et al. Convergence in resource use efficiency across trees with differing hydraulic strategies in response to ecosystem precipitation manipulation. *Functional Ecology*, v. 29, n. 9, p. 1125–1136, 2015.
- MANGILI, F. B.; ELY, D. F. Influência das chuvas na produção de milho. *Geographia Opportuno Tempore*, v. 1, n. Especial, p. 153–164, 2014.
- MAULANA, F.; TESSO, T. T. Cold temperature episode at seedling and flowering stages reduces growth and yield components in sorghum. *Crop Science*, v. 53, n. 2, p. 564–574, 2013.
- MCADAM, S. A. M.; SUSSMILCH, F. C.; BRODRIBB, T. J. Stomatal responses to vapour pressure deficit are regulated by high speed gene expression in angiosperms. *Plant Cell and Environment*, v. 39, n. 3, p. 485–491, 2016.
- MURPHY, R. L. et al. Coincident light and clock regulation of pseudoresponse regulator protein 37 (PRR37) controls photoperiodic flowering in sorghum. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 108, n. 39, p. 16469–16474, 2011.

- NADEAU, J. A.; SACK, F. D. Control of stomatal distribution on the Arabidopsis leaf surface. *Science*, v. 296, n. 5573, p. 1697–1700, 2002.
- NEILD, R. E.; SEELEY, M. W. Growing degree days predictions for corn and sorghum development and some applications to crop production in Nebraska. *Historical Research Bulletines of the Nebraska Agricultural Experiment Station (1913-1993)*, v. 280, n. 1977, p. 1–12, 1977.
- OCHELTRREE, T. W. et al. Partitioning hydraulic resistance in Sorghum bicolor leaves reveals unique correlations with stomatal conductance during drought. *Functional Plant Biology*, v. 41, n. 1, p. 25–36, 2014.
- PEIXOTO, C. P.; PEIXOTO, M. de F. da S. P. Dinâmica do crescimento vegetal. In: CARVALHO, C. A. L. de; DANTAS, A. C. V. L.; PEREIRA, F. A. de C.; SOARES, A. C. F.; MELO FILHO, J. F. de; OLIVEIRA, G. J. C. de. *Tópicos em Ciências Agrárias*. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2009. p.39-53.
- PERDOMO, J. A. et al. Rubisco and rubisco activase play an important role in the biochemical limitations of photosynthesis in rice, wheat, and maize under high temperature and water deficit. *Frontiers in Plant Science*, v. 8, n. 2, p. 1–15, 13 abr. 2017.
- PEREIRA FILHO, I. A. Opções de culturas para a safrinha brasileira. *Campo & Negócios*, v. 11, p. 4–8, 2013.
- PLAUT, J. A. et al. Reduced transpiration response to precipitation pulses precedes mortality. *New Phytologist*; 2013, v. 200, n. 2, p. 375–387, 2013.
- PLESSIS, JEAN DU. Sorghum production. *Agriculture*, p. 1–14, 2008.
- R CORE TEAM (2014). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- RITCHIE, S. W. How a corn plant develops. *Science And Technology*, n. 48, p. 1–25, 1993.
- RYMEN, B. et al. Cold nights impair leaf growth and cell cycle progression in maize through transcriptional changes of cell cycle genes. *Plant Physiology*, v. 143, n. 3, p. 1429–1438, 2007.
- SABAGH, A. EL; BARUTÇULAR, C.; ISLAM, M. S. Relationships between stomatal conductance and yield under deficit irrigation in maize (*Zea mays* L.). *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*, v. 5, n. 1, p. 014–021, 2017.
- SCRANTON, K.; AMARASEKARE, P. Predicting phenological shifts in a changing climate. *PNAS*, v. 114, n. 50, p. 13212–13217, 2017.

- SHIOGA, P. S; GERAGE, A. C. Influência da época de plantio no desempenho do milho safrinha no estado do paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.9, n.3, p. 236-253, 2010.
- SILVA, L. C. Densidade e distribui o dos estômatos em folhas de (*Gossypium* sp.). Disserta o de mestrado[s.l.] Universidade Federal do Ceará, 1985.
- SILVA, A. G. et al. Avalia o de cultivares de sorgo granífero na safrinha no sudoeste do estado de Goiás. *Pesquisa Agropecuaria Tropical*, v. 39, p. 168–174, 2009.
- SILVA, A. G. et al. Sele o de cultivares de sorgo e braquiária em consórcio para produ o de gr os e palhada. *Semina:Ciencias Agrarias*, v. 36, p. 2951–2964, 2015.
- STEFANOSKI, D. C. et al. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 17, n. 12, p. 1301–1309, 2013.
- STRECK, N. A. et al. Assessing the response of maize phenology under elevated temperature scenarios. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 27, n. 1, p. 1–12, 2012.
- SUÁREZ, N. Leaf lifetime photosynthetic rate and leaf demography in whole plants of *Ipomoea pes-caprae* growing with a low supply of calcium, a “non-mobile” nutrient. *Journal of Experimental Botany*, v. 61, n. 3, p. 843–855, 2010.
- TACK, J.; LINGENFELSER, J.; JAGADISH, S. V. K. Disaggregating sorghum yield reductions under warming scenarios exposes narrow genetic diversity in US breeding programs. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 114, n. 35, p. 9296–9301, 2017.
- TARDIEU, F. Plant response to environmental conditions: Assessing potential production, water demand, and negative effects of water deficit. *Frontiers in Physiology*, v. 4 FEB, n. February, p. 1–11, 2013.
- TARUMOTO, I. Thermo-sensitivity and photoperiod sensitivity genes controlling heading time and flower bud initiation in Sorghum, *Sorghum bicolor* Moench. *Japan Agricultural Research Quarterly*, v. 45, n. 1, p. 69–76, 2011.
- TRAORE, M. et al. Comparative leaf surface morphology and the glossy characteristic of sorghum, maize and pearl millet. *Annals of Botany*, n. 1972, 1989.

CAPÍTULO II:

EFICIÊNCIA ECONÔMICA E PRODUTIVA DE DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE SILAGEM DE MILHO E SORGO

RESUMO

O custo com alimentação animal representa mais de 50% do custo total de produção na pecuária de leite e de corte. Os produtores optam por produzir forragem para silagem em duas épocas, considerando que a produção de volumoso é a base da alimentação do gado, principalmente em pequenas propriedades. Contudo, não se sabe até que ponto isso é economicamente viável, visto que não se tem estabelecido uma ordem de cultivo e sucessão entre milho e sorgo que propicie uma alta produtividade, com qualidade que supra as necessidades dos animais e que tenha melhor custo-benefício para o produtor no sistema safra-safrinha. Neste sentido, objetivou-se avaliar qual sequência de cultivo em plantio e sucessão proporciona maior eficiência econômica-produtiva para a produção de silagem de milho e sorgo na 1ª e 2ª safras. O experimento foi realizado em condições de campo, onde foram avaliadas as características de crescimento (altura de plantas, número de folhas e partição de assimilados), produtividade, custos de produção e qualidade da silagem. Verificou-se as maiores alturas e número de folhas nos tratamentos com milho no sistema safra-safrinha. Houve variação para os componentes estruturais das plantas, observando-se maior partição de espigas e folhas nos tratamentos com milho e maior partição de colmo nos tratamentos com sorgo. Os tratamentos com sorgo apresentaram maiores produtividades na 1ª safra, com redução na 2ª safra quando comparados com milho. As produtividades totais (somatório das duas safras) foram maiores no tratamento onde o milho foi plantado na 1ª safra seguido por milho na 2ª safra e no tratamento onde o sorgo foi na 1ª safra seguido por milho na 2ª safra. O custo operacional efetivo apresentou diferença entre os tratamentos sendo que a principal diferença entre milho e sorgo foi o custo com aquisição de sementes. No tratamento com sorgo na 1ª safra seguido da condução da sua rebrota na 2ª safra, observou-se o menor custo operacional efetivo por hectare. Porém, isso não refletiu no menor custo de produção da tonelada de silagem devido à baixa produtividade final do sistema. Neste trabalho, qualitativamente silagem de milho e sorgo apresentaram padrão

satisfatório. Conclui-se que o sistema de cultivo com sorgo na 1ª safra e milho na 2ª safra apresentou melhor eficiência econômico-produtiva.

Palavras chave: Zea mays; Sorghum bicolor; sistemas de cultivo; silagem.

ECONOMIC AND PRODUCTIVE EFFICIENCY OF DIFFERENT CORN AND SORGHUM SILAGE PRODUCTION SYSTEMS

ABSTRACT

The cost of animal feed represents more than 50% of the total cost of production in dairy and beef cattle. The producers choose to produce forage for silage in two periods, considering that the production of bulky is the basis of the feeding of cattle, mainly in small properties. However, it is not known to what extent this is economically feasible, since no order of cultivation and succession between maize and sorghum has been established that provides high productivity, quality that meets animal needs and is most cost-effective for the producer in the season-offseason system. In this sense, the objective was to evaluate which sequence of cultivation in planting and succession provides greater economic-productive efficiency for the production of corn silage and sorghum in the first and second crops. The experiment was carried out under field conditions, where the growth characteristics (plant height, leaf number and assimilated partition), productivity, production costs and silage quality were evaluated. The highest heights and number of leaves were verified in the treatments with maize in the season-offseason system. There was variation for the structural components of the plants, being observed a greater partition of spikes and leaves in the treatments with maize and greater stem partition in the treatments with sorghum. Traits with sorghum showed higher yields in the first crop, with reduction in the second crop when compared to maize. The total yields (sum of the two crops) were higher in the treatment where the maize was planted in the first crop followed by maize in the second crop and in the treatment where the sorghum was in the first crop followed by maize in the second crop. The effective operational cost presented a difference between the treatments and the main difference between maize and sorghum was the cost of acquiring seeds. In the treatment with sorghum in the first harvest followed by the regrowth in the second crop, the lowest effective operating cost per hectare was observed. However, this did not reflect the lower cost of production of the ton of silage due to the low final productivity of the system. In this work, qualitatively maize and sorghum silage presented a satisfactory pattern. It is

concluded that the system of cultivation with sorghum in the 1st crop and maize in the 2nd crop presented better economic-productive efficiency.

Keywords: Zea mays; Sorghum bicolor; crop systems; silage.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui maior rebanho bovino comercial do mundo, cerca de 222 milhões de cabeças, distribuídos em 164,96 milhões de hectares e movimentando uma economia de 523,25 bilhões de reais (ABIEC, 2017). A eficiência econômica dessa atividade está diretamente relacionada a produção de forragem de baixo custo, visto que a alimentação dos animais representa mais de 50% do custo de produção em qualquer sistema produtivo.

Em praticamente todas as regiões produtoras brasileiras os pecuaristas enfrentam o desafio de alimentar os animais no período do inverno, em que a produção de forragens diminui muito em função do clima (PIMENTEL et al., 1998). Geralmente há abundância de forragem para gado no período chuvoso que vai de outubro a março enquanto que no período seco, de abril à setembro, há escassez de alimentos volumosos, o que faz com que os produtores optem por armazenar alimentos de melhor valor nutricional, na forma de silagem para nutrição de animais nesse período (COSTA et al., 2015).

A produção e conservação de forragem por meio da ensilagem é uma alternativa de baixo custo e de fácil adoção pelos produtores para armazenar alimentos volumosos de boa qualidade durante o período de escassez de pasto. Em sistemas de produção em que se exige altos desempenhos zootécnicos, alto como confinamentos e produção de leite, a produção de silagem é uma atividade quase que obrigatória para se viabilizar o processo produtivo (CRUZ et al., 2014).

Neste contexto, dentre as plantas forrageiras mais utilizadas para produção de silagem destacam-se o milho (*Zea mays* L.) e o sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench), devido à grande produção de forragem e composição dessas plantas, que resultam em silagem de elevado valor nutritivo (PINHO et al., 2007). A ensilagem de milho é predominante visto que o milho resulta em silagem com maior energia metabolizável para o animal. Porém, a silagem de sorgo também é bastante utilizada e normalmente, pode ser produzida com menor custo que a de milho. Uma questão importante a ser considerada na silagem de sorgo é o ponto de colheita. Dependendo

do processamento, da quantidade e maturidade do grão, esta pode apresentar de 85% a 100% do valor nutritivo do milho (CAÇÃO et al., 2012), além de apresentar maior amplitude de época de plantio, menor custo de produção, possibilidade de aproveitamento da rebrota, tolerância ao déficit hídrico, a altas temperaturas e inúmeras vantagens de ser cultivado em regiões inadequadas para o cultivo do milho (MACHADO et al., 2011).

No cenário atual, estima-se no Brasil que 2,25 milhões de hectares são destinados ao plantio de milho silagem, representando cerca de 15% da área plantada com a cultura (GOMES et al., 2006). Minas Gerais está na quinta posição entre os estados brasileiros com maior produção de milho silagem, com área plantada estimada em 841 mil hectares na 1ª safra e 340 mil hectares plantados na 2ª safra (MAPA, 2013).

Já a cadeia produtiva do sorgo forrageiro apresenta apenas 628 mil hectares cultivados, e Minas Gerais com área plantada estimada em 309 mil hectares (EMBRAPA, 2017).

De modo geral, nas regiões onde se cultiva milho e sorgo para fins forrageiros, os produtores optam por produzir forragem para ensilagem em duas safras, principalmente nas pequenas propriedades. Contudo, não se sabe até que ponto isso é viável economicamente, visto que não se tem estabelecido uma ordem de cultivo e sucessão entre milho e sorgo que propicie uma alta produtividade, com qualidade que supra as necessidades dos animais e que tenha melhor custo-benefício para os produtores no sistema safra-safrinha.

Neste sentido, Salla (2018) estudando eficiência produtiva e econômica de cultivos de milho e sorgo em sucessão para produção de silagem na safra-safrinha, observou que sistema de cultivo com duas safras de milho apresentou melhor eficiência econômica-produtiva, e a condução da rebrota do sorgo pode ser uma alternativa de produção de silagem para produtores menos capitalizados e/ou com menor nível tecnológico, além de que, qualitativamente não há diferença de composição nutricional da silagem de milho e sorgo. Entretanto, são necessários estudos semelhantes, a fim de consolidar estes resultados.

As similaridades agronômicas, e ao mesmo tempo diferenças das culturas de milho e sorgo podem ter grande valor na estratégia de produção de silagem, com melhores rendimentos e menor custo de produção de acordo com a combinação de sequência de sucessão de cultivo entre as duas culturas.

Neste contexto, objetivou-se com este trabalho avaliar qual sequência de cultivo em plantio e sucessão proporciona maior eficiência econômica-produtiva para produção de silagem de milho e sorgo na 1ª e 2ª safras.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1- Local e condições climáticas

O experimento foi conduzido em condições de campo, em duas safras consecutivas (1ª e 2ª safras) no período compreendido entre dezembro de 2017 à setembro de 2018, na Estação Experimental Diogo Alves de Mello, pertencente à Universidade Federal de Viçosa (UFV).

A estação experimental está situada no município de Viçosa-MG, a 650 m de altitude, 20°46'05,3" de latitude sul e 42°52'11,6" de longitude oeste. A região possui clima subtropical úmido (Cwa) segundo a classificação de Koppen-Geiger. O resumo das condições climáticas da época de realização do experimento é apresentado na figura 1.

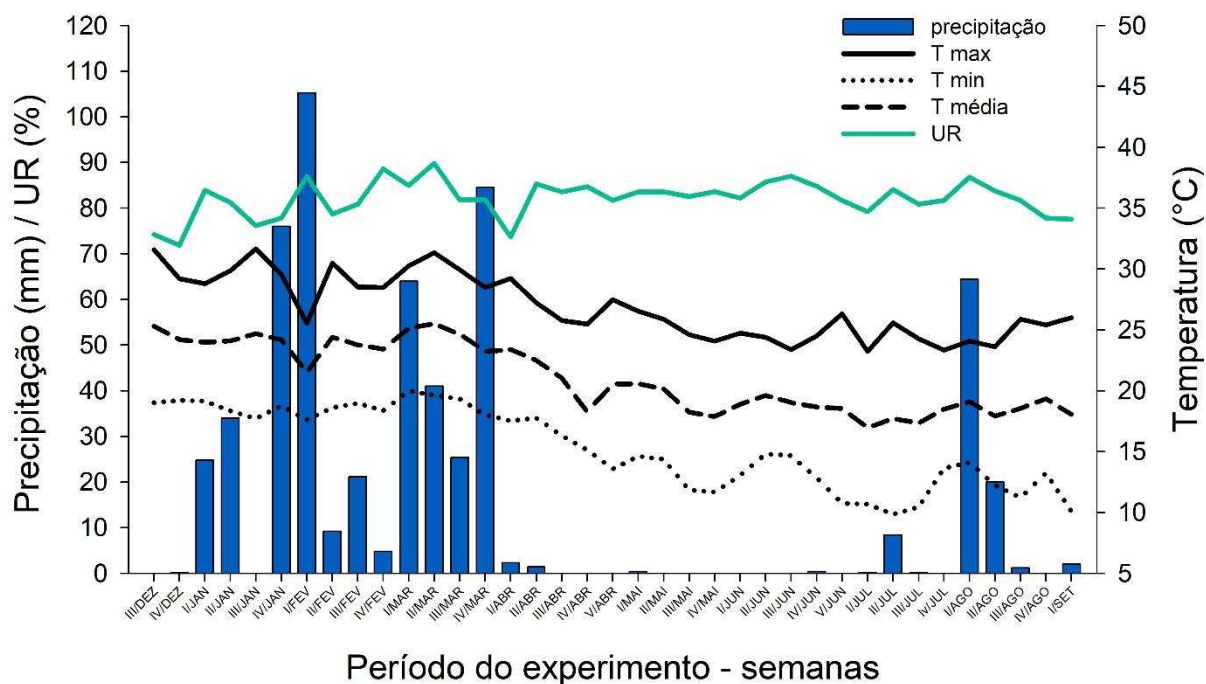


Figura 1. Dados climatológicos durante o período experimental da primeira e segunda safras. Precipitação diária (mm), umidade relativa do ar – UR (%) e temperaturas (°C) mínimas, máximas e médias diárias na Estação Experimental Diogo Alves de Mello (UFV). (Fonte: INMET).

O local da condução do experimento caracteriza-se como área plana de terraço, cujo solo é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo distroférico (EMBRAPA, 2013) com fertilidade (Tabela 1).

Tabela 1. Análise química do solo na profundidade de 0 a 20 cm da área do experimento localizado na Estação Experimental Diogo Alves de Mello, 2017.

Características	pH	p ⁽¹⁾	K ⁽¹⁾	Ca ²⁺⁽²⁾	Mg ²⁺⁽²⁾	Al ³⁺⁽²⁾	H+Al ⁽³⁾	SB	t	T	V	m
P-rem												
Unidades	<u>H₂O</u>		<u>mg/dm³</u>	<u>cmolc/dm³</u>							<u>(%)</u>	
Valor	5.48	62.8	139	4.65	1.14	0.00	4.2	6.15	6.15	10.35	59.4	0.00 29.8

⁽¹⁾Mehlich-1; ⁽²⁾KCl 1 mol L⁻¹; ⁽³⁾Acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ - pH 7,0; SB = Soma de Bases trocáveis; CTC (t) - Capacidade de Troca Catiônica Efetiva; CTC (T) - Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; V = Índice de Saturação de Bases; m= Índice de Saturação de Alumínio.

2.2- Delineamento experimental

Utilizou-se um delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições e oito tratamentos, totalizando 32 unidades experimentais.

Os tratamentos avaliados foram sequências de plantio e sucessão entre milho e sorgo na 1ª safra, safra única com plantio realizado posteriormente e 2ª safra, conforme segue (Tabela 2).

Tabela 2. Apresentação dos tratamentos testados quanto à eficiência econômica e produtiva de diferentes sistemas de produção de silagem. Plantio 1ª safra: 13-12-2017, safra única: 22-01-2018, 2ª safra: 25-04-2018. Viçosa, MG.

Tratamentos	1ª Safra e Safra Única	2ª Safra
1	Milho	Milho
2	Milho	Sorgo
3	Sorgo	Sorgo
4	Sorgo	Sorgo Rebrota
5	Sorgo	Milho
6	Consórcio milho e sorgo	-
7	Milho	-
8	Sorgo	-

Os tratamentos com duas safras tiveram a 1ª safra semeada no dia 13 de Dezembro de 2017 e a 2ª safra no dia 25 de abril de 2018 com exceção da rebrota do sorgo. Os tratamentos de safra única foram semeados no dia 22 de Janeiro de 2018.

As unidades experimentais foram constituídas de 6 fileiras, com 5 m de comprimento, espaçadas entre si de 0,9 m, devidamente identificadas, sendo consideradas úteis as duas fileiras centrais, e destas, os três metros centrais.

2.3- Implantação e manejo da cultura

No preparo do solo, realizou-se uma aração e duas gradagens. Foram aplicados 300 kg ha⁻¹ de formulado N-P-K 08-28-16 como adubação de plantio da 1ª safra e 200 kg ha⁻¹ do mesmo formulado na 2ª safra, de forma mecânica no ato da semeadura por uma plantadora adubadora, efetuando-se ainda uma adubação de cobertura por safra de forma manual em parcela única, aos 30 dias após a emergência, aplicando-se 200 kg ha⁻¹ de ureia (90 kg de N) e 150 kg ha⁻¹ de ureia (67,5 kg de N) na 1ª e 2ª safras, respectivamente, na superfície do solo paralelamente as linhas de plantio. Foi realizado o controle de plantas daninhas com capina a enxada e aplicação do herbicida atrazine na dose de 3 kg ha⁻¹ aos 20 dias após a semeadura. Fez-se necessário também o controle das lagartas Spodoptera frugiperda (lagarta-do-cartucho), com a aplicação de inseticida Decis 25 EC (200 ml ha⁻¹).

Foi utilizada a cultivar de sorgo forrageiro BRS 658, escolhido de acordo com suas características de adaptação a condições edafoclimáticas adversas e sua capacidade em produzir silagem de qualidade com rendimento elevado. A cultivar de milho utilizada foi a BG 7049YH®, da empresa Biogêne, híbrido de reconhecida aptidão regional para este fim.

Nas sementeiras utilizou-se o dobro de sementes necessárias à obtenção do estande desejado. Após a sementeira de 2ª safra foi necessário a irrigação apenas para garantir a emergência. Em sequência realizou-se o desbaste em cada parcela quando as plantas atingiram 20 cm de altura, considerando-se os estandes de 60.000 plantas ha⁻¹ para o milho e 120.000 plantas ha⁻¹ para o sorgo forrageiro, utilizando o espaçamento entre linhas de 0,9 m em todos os tratamentos. Após o desbaste, adequou-se o número de plantas por metro linear com as cultivares em questão. Para o sorgo forrageiro BRS 658, foram 11 plantas por metro linear, e para o milho BG 7049YH® foram 6 plantas por metro linear.

2.4- Características avaliadas

A 1ª safra, foi plantada em dezembro de 2017, colhida e ensilada em abril de 2018, ao passo que para os tratamentos que tiveram o plantio tardio plantadas em janeiro de 2018 foram colhidas e ensiladas em maio de 2018. Por outro lado, a 2ª safra plantada em abril de 2018 foi colhida e ensilada em setembro de 2018.

Para cada tratamento, na 1ª e 2ª safras foram avaliada as seguintes características, crescimento vegetativo, produtividade, eficiência econômica-produtiva e qualidade de silagem, conforme abaixo.

2.4.1- Crescimento e produtividade

- **Altura de planta (AP):** considerou-se a média, determinada na ocasião da colheita, através de uma trena métrica graduada com intervalos de 1mm, medindo-se do nível do solo até a inserção da última folha (folha bandeira), em oito plantas competitivas na parcela;
- **Número de folhas (NF):** obtido contando as folhas fotossinteticamente ativas a partir da primeira folha totalmente expandida;

- **Partição de assimilados:** determinou-se a partição de colmo, folhas e panícula ou espiga, as quais foram obtidas por meio de separação e pesagem individual de cada uma destas partes, posteriormente secas em estufa de ventilação forçada a uma temperatura de 55 °C. Após 72 horas de secagem em estufa, estas foram pesadas novamente para determinação do teor de massa seca (MS).
- **Produtividade de matéria fresca (PMF):** foram colhidos 3 m de comprimento das parcelas úteis de cada unidade experimental, sendo quatro repetições para cada tratamento, posteriormente as plantas foram picadas, homogeneizadas por meio de um triturador de forragem, previamente regulado para tamanho de partícula igual a 2,5 cm e pesadas para determinação da produtividade de matéria fresca.
- **Produtividade de matéria seca (PMS):** foi retirada uma amostra de 300 g do material recém colhido após ser picado, e seca em estufa de aeração forçada a uma temperatura de 55 °C por 72 horas, para determinação da MS da forragem. A massa média obtida na área útil da parcela foi transformada em kg ha⁻¹ e a produtividade de matéria seca foi correspondente ao valor obtido após a correção da produção de matéria fresca pela porcentagem de matéria seca obtida.

2.4.2- Eficiência econômico-produtiva

- **Custo operacional efetivo (COE):** foram calculados de acordo com a metodologia do Instituto de Economia Agrícola (MATSUNAGA et al.,1976). O custo operacional efetivo (COE) consiste na soma das despesas por hectare realizadas pelo produtor para obter determinada produção de dado produto. Inclui, no caso de mão-de-obra, o preço horário sem encargos, que pode ser estimado considerando o salário mensal dividido por 24 dias úteis e por 8 horas diárias, no caso dos diaristas, obtido dividindo a diária por 8 horas, no caso de trator e equipamentos, o custo de operação por hora de uso, envolvendo combustíveis, reparos, filtros e demais itens de manutenção, visando dispor da máquina ou equipamento em condições de operação e todo material utilizado desde o preparo do solo até a colheita. O valor do total de horas trabalhadas pelos diaristas foi determinado pelos preços correntes no município de Viçosa-MG. Para calcular o custo horário de operação das máquinas e equipamentos, multiplicaram-se as horas de uso pelo custo horário, sem depreciação, e os insumos utilizados foi o produto da quantidade utilizada pelo preço vigente no

mercado durante o período em que o insumo foi consumido. É importante salientar que, o sistema de manejo das culturas foi idêntico, variando apenas o custo com sementes e os custos derivados do aproveitamento da rebrota do sorgo, como redução de mão-de-obra e preparo do solo.

- **Custo de silagem por tonelada produzida (R\$/t):** determinado dividindo o valor do custo operacional efetivo (COE) pela produtividade da matéria fresca e matéria seca.

2.4.3- Parâmetros bromatológicos

O restante do material picado foi ensilado por 45 dias, em mini-silos feitos de tubos de PVC com 100 mm de diâmetro e 500 mm de altura. Os mini-silos foram vedados, no momento da ensilagem, com tampas de PVC providas de válvulas tipo Bunsen e lacradas com fita crepe. Após a abertura dos mini-silos, determinou-se a MS da silagem, retirando-se uma amostra de 300 g, que foi seca em estufa de ventilação forçada, a uma temperatura de 55 °C por 72 horas. Posteriormente, essa amostra foi moída em moinho tipo Willey, com peneira de 1 mm de crivo para a determinação da MS a 105 °C (AACC, 1976) e realização das análises bromatológicas no Laboratório de Bromatologia, no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa.

- **Matéria seca (MS):** realizada de acordo com a metodologia descrita por Detmann et al. (2012), pesou-se uma porção representativa da amostra 2 gramas em um recipiente "tara+peso da amostra", após ser moída até a granulometria de 1 mm, levou-se para estufa regulada a 105 °C por 16 horas, posteriormente retirou-se com amostra seca da estufa, pesou-se novamente após a estabilização com a temperatura do ambiente e registrou-se o peso, finalmente tem-se o teor de matéria seca da silagem a 105 °C.
- **Cinzas ou material mineral (MM):** feita de acordo com a metodologia descrita por Campos et al. (2004) e Detmann et al. (2012), adicionou-se nos cadinhos e pesou-se 2 gramas de amostra seca ao ar, levou-se ao forno mufla os cadinhos contendo amostras da qual se determinou a matéria seca a 105 °C, a temperatura de 550 °C, deixando-os por três horas. Após três horas, desligou-se a mufla, abriu-se a porta para baixar a temperatura, posteriormente transferiu-se os cadinhos para o dessecador, até alcançar a temperatura ambiente, por fim pesou-se e registrou-se os pesos para obter o valor do material mineral.

- **Matéria orgânica:** obtida subtraindo o valor de cinzas encontrado de 100, desta forma todo material incinerado é matéria orgânica.
- **Proteína bruta (PB):** obtida de acordo com o método macro Kjeldahl descrito por Campos et al. (2004) e Detmann et al. (2012). Pesou-se 300 mg de amostra seca ao ar e colocou-se no tubo devidamente identificado. Adicionou-se 5 ml de H₂SO₄ p.a., e 2 gramas da mistura digestora, misturou-se lentamente com movimentos circulares. Colocou-se no digestor e aqueceu-se para promover a digestão do material até atingir a temperatura de 400 °C apresentando coloração verde clara. Posteriormente, deixou-se esfriar em temperatura ambiente. Adicionou-se pequena porção de água destilada (20 ml) quando a temperatura estava abaixo de 100 °C. Adicionou-se 25 ml de ácido bórico em erlenmeyer de 250 ml e levou-se à saída de condensador. Transferiu-se o tubo digestor com amostra digerida para o conjunto de destilação e adicionou-se 25 ml de solução de NaOH (500 g/l). Retirou-se o erlenmeyer com solução e em seguida enxagou-se a ponta do destilador. Procedeu-se a titulação, pegou-se o erlenmeyer com solução de borato de amônio, inseriu-se a barra magnética, direcionou-se o erlenmeyer para o registro da bureta com HCL 0,1, ligou-se o agitador e procedeu-se a titulação com agitação magnética. Adicionou-se ácido até ocorrer o ponto de viragem da solução da cor verde para ligeiramente chumbo. Por fim adicionou-se duas gotas para garantir toda viragem na presença do ácido apresentando coloração lilás claro.
- **Fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA):** realizada de acordo com a metodologia descrita por Campos et al. (2004), pesou-se 1,0 g de amostra seca ao ar com tamanho de partículas de 1,0 mm, em seguida colocou-se em béquer e adicionou-se 100 mL de solução detergente neutro (FDN) e detergente neutro (FDA). Aqueceu-se até a ebulição, posteriormente deixou-se por 60 minutos em fervura no ebulidor de refluxo. Filtrou-se o conteúdo a vácuo em cadinhos previamente tratados (com peso estabilizado em estufa a 105 °C por 24 horas e esfriados em dessecador) e interrompeu-se o vácuo no momento de adicionar o filtrado no cadinho. Lavou-se o filtrado, por duas vezes consecutivas, com água destilada fervente e por duas vezes com acetona. Interrompeu-se o vácuo no momento de adicionar a água e acetona no cadinho. Após a interrupção do vácuo levou-se os cadinhos com o resíduo a estufa de 105 °C, por 12 horas.

Finalmente esfriou-se em dessecador, por 2 horas e em seguida pesou-se, obtendo o peso do resíduo (FDN) e (FDA) da amostra.

- **Extrato etéreo (EE):** obtido de acordo com a metodologia descrita por Campos et al. (2004), pesou-se 1,0 g de amostra seca ao ar, dobrou-se em papel de filtro de diâmetro de 12,5 cm e vasou-se a amostra no balão. Colocou-se os balões em estufa de 105 °C, por 3 horas, deixou-se esfriar em dessecador e pesou-se quando em temperatura ambiente. Colocou-se a amostra empacotada na câmara do extrator, acoplou-se o extrator ao balão coletor e adicionou-se éter de petróleo. Conectou-se o extrator ao condensador, ligou-se a torneira de água do condensador e a placa aquecedora. Abaixou-se a temperatura para a fervura mínima necessária quando o éter estava em fervura e manteve-se a extração por 5 horas. Quando completou-se a extração com éter no balão coletor, retirou-se a amostra do extrator, colocou-se em um béquer, em seguida acoplou-se o extrator sem amostra, ao balão coletor e ao condensador, mantendo-se o aquecimento. Foi se retirando o éter do extrator sempre antes do retorno do mesmo para o balão coletor, colocando-o em outro recipiente até ficar o mínimo no balão coletor. Posteriormente, colocou-se o balão coletor com extrato etéreo em estufa a 105 °C, por 2 horas, deixou-se esfriar em dessecador e por fim pesou-se (tara+ extrato etéreo).

2.5- Análise estatística

Os dados das características avaliadas foram submetidos à análise de variância pelo teste F, e, quando os parâmetros apresentaram diferença significativa ($P < 0,05$), aplicou-se o teste de Tukey, em nível de 5% de significância, para comparação das médias. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa estatístico R (R Core Team 2014). Os gráficos foram feitos utilizando o programa SigmaPlot[®] versão 10.0. As análises econômicas foram feitas de forma descritivas, não sendo realizada análise estatística destes dados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1- Características de crescimento e produtividade

Os valores médios obtidos para altura de plantas das sequências de cultivo de milho e sorgo na 1ª e 2ª safras, estão apresentados na Figura 2A. Houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre os tratamentos no sistema safra-safrinha. Os tratamentos 6 e 7 apresentaram maiores alturas, em relação aos demais (Figura 2A). Os tratamentos com sorgo na 1ª safra foram 19,92% menores em altura que os tratamentos com milho, porém na 2ª safra, os tratamentos com sorgo apresentaram alturas menores (redução de 34,44%) em relação aos tratamentos com milho.

A característica número de folhas, revelou diferença significativa ($P < 0,05$) entre os tratamentos, apresentando média geral de 13 folhas/planta para tratamentos com milho e 7 para tratamentos com sorgo nas duas safras como um sistema único (Figura 2B). Entretanto, os tratamentos onde o milho foi plantado na 1ª safra apresentaram o menor número de folhas em relação aos tratamentos da 2ª safra com milho. Ao contrário, os tratamentos em que na 1ª safra foi plantado sorgo tiveram o maior número de folhas em relação aos tratamentos da 2ª safra com sorgo.

Entre os tratamentos de 1ª safra, houve diferença significativa ($p > 0,05$) na produtividade de matéria seca, mas não se verificou diferença na produtividade de matéria fresca, embora haja uma variação de $8,58 \text{ t ha}^{-1}$ de matéria fresca nos tratamentos com milho e $8,88 \text{ t ha}^{-1}$ nos tratamentos com sorgo considerando a maior e menor produtividade (Figura 2C).

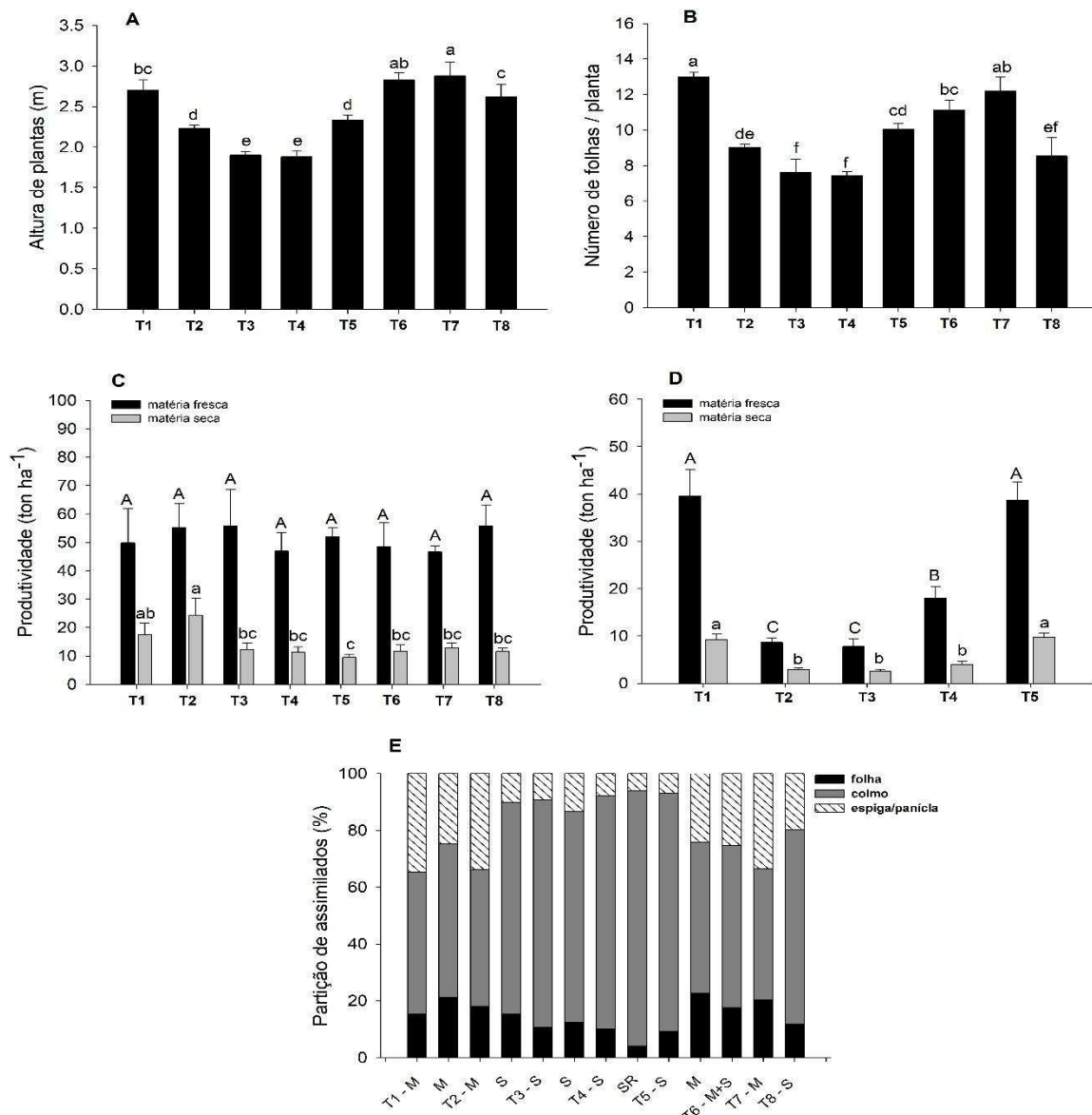


Figura 2. Média de altura de plantas (A), média do número de folhas por planta (B) na 1ª, 2ª safras e safra única, produtividade de matéria fresca ($t\ ha^{-1}$) (C) na 1ª safra, produtividade de matéria seca ($t\ ha^{-1}$) (D) na 1ª safra e partição de assimilados para os diferentes órgãos da parte aérea, na 1ª, 2ª safras e safra única (E). (T1-M) Plantio de milho na 1ª safra; (T2-M) Plantio de milho na 1ª safra; (T3-S) Plantio de sorgo na 1ª safra; (T4-S) Plantio de sorgo na 1ª safra; (T5-S) Plantio de sorgo na 1ª safra; (T6-M&S Co.) Plantio de milho e sorgo em consórcio na 1ª safra; (T7-M) Plantio de milho na 1ª safra; (T8-S) Plantio de sorgo na 1ª safra. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas comparam produtividade em matéria fresca nos diferentes tratamentos. Letras minúsculas comparam produtividade em matéria seca nos diferentes tratamentos. As barras representam o desvio padrão da média. (n=4).

A produtividade de matéria fresca e matéria seca diferiu significativamente ($p > 0,05$) entre os tratamentos (Figura 2D). A produtividade de matéria fresca variou de 7,75 t ha⁻¹ a 39,58 t ha⁻¹ com milho e sorgo, sendo que o tratamento 1, plantio de milho na 2ª safra precedido por milho na 1ª safra, e o tratamento 5, plantio de milho na 2ª safra precedido por sorgo na 1ª safra, apresentaram maiores produtividades de matéria fresca em relação aos demais. A produtividade de matéria seca também seguiu a mesma tendência em diferir entre os tratamentos, variando de 2,67 t ha⁻¹ a 9,69 t ha⁻¹ com milho e sorgo, tendo se destacado novamente os tratamentos 1 e 5 com maiores produtividades de matéria seca (Figura 2D).

Em relação a partição de assimilados para os diferentes órgãos da parte aérea, nos tratamentos com milho na 1ª safra, não houve diferenças expressivas, havendo tendência dos tratamentos 1, 2 e 7 apresentarem média em torno de 34% de espiga em sua composição, contra o valor próximo a 11% de panícula nos tratamentos com sorgo, como tratamento 3, 4, 5, e 8 (Figura 2E). O tratamento 6, que teve milho e sorgo em consórcio, teve uma partição espiga/panícula próxima aos tratamentos com milho.

Na 2ª safra, os tratamentos com milho mostraram a mesma tendência de não diferirem expressivamente entre si, apresentando média em torno de 25% de espiga em relação aos tratamentos com sorgo que apresentaram em média 10% de partição de panícula (Figura 2E). Todavia, os tratamentos com milho na 1ª e 2ª safras tiveram maior partição de espigas, relacionado ao fato do híbrido usado apresentar menor percentual de colmo no material ensilado, que resultará em silagem com menor fração fibrosa (colmo) em relação aos tratamentos com sorgo. Com relação a partição de colmo/plantas, observou-se os menores valores nos tratamentos com milho variando de 46% a 53% e os maiores valores nos tratamentos com sorgo que variaram de 68% a 90% na 1ª e 2ª safras (Figura 2E).

No que diz respeito a partição de folhas/plantas, verificou-se no presente trabalho valores entre 15% a 20% na 1ª safra, 21% a 23% na 2ª safra nos tratamentos com milho, tendo uma média geral de 19,4% e nos tratamentos com sorgo 9% a 12% na 1ª safra, 4% a 15% na 2ª safra, tendo uma média geral de 10,4% (Figura 2E).

A altura de plantas é altamente influenciada pela constituição genética e pelo ambiente sendo controlada por genes que atuam de maneira independente sem afetar o número de folhas e a duração do período de crescimento (MAGALHÃES et al., 2014), o que proporcionou a grande variação observada, milho e sorgo.

De acordo com Parrella et al. (2010), para cultivares sensíveis ao fotoperíodo como às pertencentes ao grupo do sorgo forrageiro, o florescimento só ocorre após o fotoperíodo indutivo, que é de 12 horas e 20 minutos e quando estes materiais são plantados no início do mês de dezembro, o período vegetativo se estende por 120 dias, resultando em elevada produtividade de biomassa. Por outro lado, quando se faz o plantio no outono (2^a safra), observa-se florescimento precoce, devido ao efeito do fotoperíodo indutivo, resultando em menor altura e menor produtividade de biomassa, que é agravada pelas condições climáticas limitantes (baixas temperatura e precipitação). Assim é importante ressaltar que, no caso do sorgo, observou-se redução mais expressiva na altura de plantas na segunda safra visto que o sorgo forrageiro (BRS 658) é sensível ao fotoperíodo, o que explica a discrepância na altura entre sorgo e milho.

Resultados similares foram relatados por outros autores, segundo os quais tem sido constatados valores de altura de plantas variando de 1,30 a 2,74 m para sorgo forrageiro (PERAZZO et al., 2013) e de 1,75 a 2,47 m para milho (PINTO et al., 2010). Os resultados deste trabalho nos tratamentos com milho contrariam os encontrados por Klein et al. (2018), estudando desempenho produtivo de híbridos de milho para a produção de silagem da planta inteira, obtiveram média de 2,26 m para altura de plantas, valor inferior ao observado neste trabalho.

A manutenção das folhas nas plantas é importante, pois elas são os principais órgãos responsáveis pela fotossíntese Rezende et al. (2015), por outro lado, um número maior delas no milho tanto quanto no sorgo forrageiro aumenta a superfície de absorção de luz solar, beneficiando o processo de fotossíntese e aumentando a quantidade de biomassa destinada à forragem (NETO et al., 2010). Estudos realizados por Carmi et al. (2005), avaliando desempenho produtivo e valor nutritivo de sorgo forrageiro, obtiveram média de 11 folhas.

PERAZZO et al. (2017), avaliando híbridos de sorgo para produção de silagem cultivado em condições semiáridas, obtiveram média de 7 de folhas, o qual foi semelhante ao obtido neste trabalho. Millner et al. (2005), avaliando produtividade e valor nutritivo de híbridos de milho cultivados para silagem, encontraram média de 17 de folhas, sendo superior àquela encontrada neste experimento, enquanto Keskin et al. (2017), verificaram valores mais próximos aos deste experimento, variando de 11 a 13 para número de folhas.

A produção de matéria fresca (PMF) deve ser um dos primeiros parâmetros a ser avaliado na escolha de uma determinada cultivar, antecedendo os parâmetros de qualidade da silagem, uma vez que esse parâmetro está diretamente ligado ao dimensionamento dos silos da propriedade, além de contribuir para a diluição dos custos de implantação da cultura pela elevação da produtividade (SANTOS et al., 2010).

Pode-se observar na Figura 2C que, não houve diferença significativa ($p>0,05$) na produtividade de matéria fresca entre os tratamentos de 1ª safra. As produtividades de matéria seca variaram entre 12,87 a 24,32 t ha⁻¹ nos tratamentos com milho e 9,53 a 12,36 t ha⁻¹ nos tratamentos com sorgo. A menor produtividade de matéria seca foi observada para o tratamento 5 (plantio de sorgo) e a maior para o tratamento 2 (plantio de milho).

Os valores médios obtidos de 18,19 t ha⁻¹ de matéria seca nos tratamentos com milho e 11,19 t ha⁻¹ nos tratamentos com sorgo ficam aquém das produtividades de 20,83 t ha⁻¹ e de 17,53 t ha⁻¹ e superior a de 16,02 t ha⁻¹ e 5,16 t ha⁻¹ registradas por Campos et al. (2017), Skonieski et al. (2010), Fonseca et al. (2002) e Paraiso et al. (2017), com milho e sorgo respectivamente. É importante ressaltar que a produção de matéria seca total depende também do teor de matéria seca da planta no momento do corte.

Os valores da PMF (7,75 a 18,02 t ha⁻¹) e PMS (2,67 a 4,02 t ha⁻¹) observados no presente trabalho nos tratamentos com sorgo no período de 2ª safra foram considerados baixos e podem ser explicados pela, sensibilidade ao fotoperíodo e diminuições nos níveis de chuva, precipitação acumulada de 119 mm durante todo ciclo de cultivo contra 380 a 600 mm requerida pela cultura (SANS et al., 2003).

Segundo Conab (2017) os produtores fazem plantio de milho e sorgo silagem à partir do mês de outubro/novembro que compreende o período de 1ª safra e mês de fevereiro/março a 2ª safra. As baixas produtividades de matéria fresca e matéria seca observadas no presente trabalho na 2ª safra, podem ser atribuídos ao atraso na época de semeadura, realizado em maio.

Foi observado nesse trabalho que a PMF e PMS sofreram reduções na 2ª safra nos tratamentos onde o sorgo foi plantado e incluindo a rebrota em comparação com os tratamentos onde o milho foi plantado. Em plantas de milho, as possíveis causas de reduções na PMF e PMS, podem incluir o fator temperatura, que já é bem

conhecido por reduzir o crescimento, e conseqüentemente a produtividade dessas plantas (RYMEN et al., 2007).

Alcântara et al. (2011) observaram decréscimo no rendimento da forragem com atraso na época de semeadura trabalhando com o híbrido Volumax. Segundo Parrella et al. (2010) cultivares sensíveis ao fotoperíodo como às pertencentes ao grupo do sorgo forrageiro, o florescimento só ocorre após o fotoperíodo indutivo, que é de 12 horas e 20 minutos e quando se faz o plantio no inverno entre meses de fevereiro/março (2ª safra), observa-se florescimento precoce, devido ao efeito do fotoperíodo indutivo, resultando em menor produtividade de biomassa, que é agravada pelas condições climáticas limitantes.

Plantas cultivadas sob condições ideais, apresentam crescimento e desenvolvimento normal (STEFANOSKI et al., 2013). Entretanto, quando as condições se tornam mais extremas, como diminuições nos níveis de chuva, radiação solar e temperatura, por exemplo, as plantas passam por processos de inibição no seu metabolismo, impactando o crescimento (ANJUM et al., 2011). Para Silva (2011), a queda na produtividade está diretamente associada ao estresse resultante da falta de água que prejudica o processo de assimilação de carbono, além de desencadear respostas que modificam a relação fonte-dreno na planta.

Vale salientar que, entre os tratamentos com sorgo na 2ª safra, o tratamento onde foi conduzido a rebrota do sorgo foi o que apresentou maiores produtividade de matéria fresca (PMF) e produtividade de matéria seca (PMS), ficando evidente que vale conduzir a rebrota do sorgo na 2ª safra que fazer replantio, porque para além de se ter maiores produtividades, reduz o custo com semente e implantação da cultura.

Para produção de silagem de melhor qualidade, é de suma importância o conhecimento da composição física da planta como, colmos, folhas e espigas/panículas. Segundo Jaremtchuk et al. (2005), a maior partição de espigas/panículas no material a ser ensilado é desejável, porque contribui para melhorar a qualidade da silagem, desde que não haja maior proporção de palha e sabugo no caso do milho, que podem eventualmente reduzir o efeito da espiga na qualidade final da silagem.

Considerando que maior partição do colmo no material ensilado pode reduzir o valor nutricional da silagem produzida, por apresentar alto teor de fibra de baixa digestibilidade (LUPATINI et al., 2004), e gerar uma maior quantidade de material lignificado, o que reduz quantidade de nutrientes digestíveis totais (FERREIRA et

al., 2011). O tratamento que apresentou menor partição desse componente na matéria seca foi o 7, que teve safra única, com 46% em sua composição (Figura 2E).

A média de partição de colmo (50,2%) observada neste trabalho nos tratamentos com milho ficou próxima à observada por Zopollatto et al. (2009) no segundo corte da safra 2001/2002 e primeiro corte da safra 2002/2003, avaliando alterações na composição morfológica em função do estágio de maturação em cultivares de milho para produção de silagem. Gomes et al. (2006), em estudo do comportamento agrônomo e composição químico-bromatológico de cultivares de sorgo forrageiro, obtiveram 79,75% de partição de colmo na cultivar IPA 467-4-2, valor bem próximo ao encontrado neste trabalho para o tratamento 3 (80%) na primeira safra. Não obstante, este resultado (80%), é maior aos relatados por (ELIAS et al., 2016 e PARAÍSO et al., 2017), que observaram valores médios de 56,60% e 25,12% de partição de colmo respectivamente.

A partição de folhas no material a ser ensilado também é um fator importante, pois folhas senescentes contribuem para reduzir o valor nutricional da silagem produzida. É importante ressaltar que, após o período de floração foi observado alta taxa de senescência foliar (parâmetro não avaliado neste experimento), nos tratamentos onde o sorgo foi plantado e baixa taxa de senescência foliar no milho, o que possivelmente teria contribuído para menor partição de folhas/plantas no sorgo.

Klein et al. (2018) afirmam que material com maior proporção de folhas senescente no momento da colheita compromete o manejo no processo de ensilagem, por dificultar a compactação do material a ser ensilado e fermentação láctica para manutenção do valor nutritivo da silagem. Dias (2002), constatou que há grande variação, quanto às composições físicas estruturais das plantas de milho e sorgo, entre as cultivares e mesmo dentro das cultivares, devido a vários fatores que atuam sobre a planta, como clima, adubação, fertilidade e tratos culturais.

De um modo geral, quanto à partição de assimilados colmo, folhas e espigas (milho) ou panículas (sorgo), observa-se que o sorgo tem sua produção de biomassa total concentrada nos colmos, enquanto o milho apresenta maior biomassa de espigas. E se fosse para inferir em relação a qualidade, ficaria claro que o milho possui melhor qualidade devido a maior partição de espigas no material a ser ensilado.

3.1.1- Produtividade de matéria fresca e matéria seca na 1ª e 2ª safras

Na produtividade de matéria fresca e matéria seca total (somatório das duas safras), foi observado que o tratamento 1 (milho na 1ª safra seguido por milho na 2ª safra) e tratamento 5 (sorgo na 1ª safra seguido por milho na 2ª safra), apresentaram as maiores produtividade de matéria fresca total 89,37 t ha⁻¹ e 90,69 t ha⁻¹ respectivamente, e tratamento 1 (milho na 1ª safra seguido por milho na 2ª safra), tratamento 2 (milho na 1ª safra seguido por sorgo na 2ª safra) apresentaram as maiores produtividade de matéria seca total 26,61 t ha⁻¹ e 27,23 t ha⁻¹ respectivamente (Figura 3).

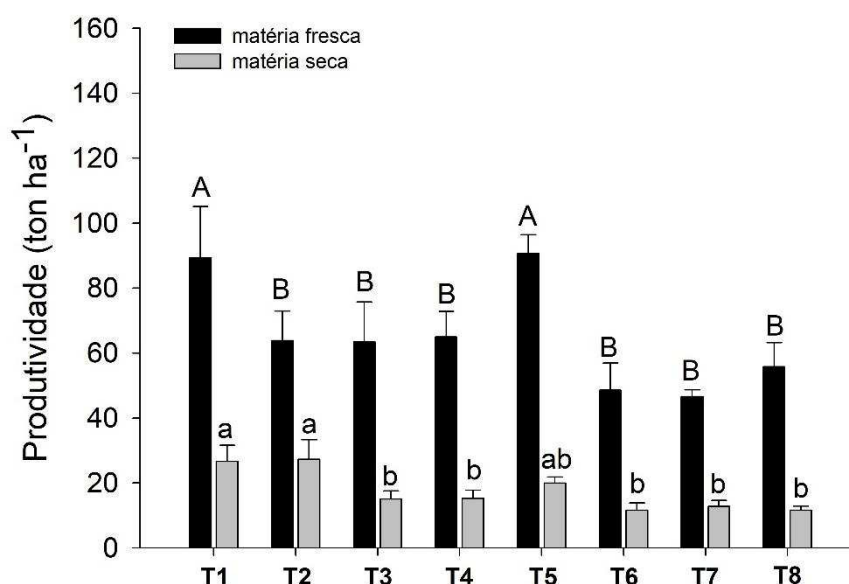


Figura 3. Produtividade de matéria fresca e matéria seca (t ha⁻¹), na 1ª e 2ª safras. (T1-M/M) Plantio de milho na 1ª safra e milho na 2ª safra; (T2-M/S) Plantio de milho na 1ª safra e sorgo na 2ª safra; (T3-S/S) Plantio de sorgo na 1ª safra e sorgo na 2ª safra; (T4-S/Sr) Plantio de sorgo na 1ª safra e aproveitamento da rebrota do sorgo na 2ª safra; (T5- S/M) Plantio de sorgo na 1ª safra e milho na 2ª safra; (T6-M&S Co.) Plantio de milho e sorgo em consórcio na 1ª safra; (T7-M) Plantio de milho na 1ª safra; (T8-S) Plantio de sorgo na 1ª safra. Letras maiúsculas comparam produtividade em matéria fresca nos diferentes tratamentos. Letras minúsculas comparam produtividade em matéria seca nos diferentes tratamentos. As barras representam o desvio padrão da média. (n=4).

Pode-se observar nas figuras 5 e 6 que, os valores da produtividade de matéria fresca (PMF) e produtividade de matéria seca (PMS) dos tratamentos nas duas condições experimentais (1ª safra e 2ª safra), foram bastante alterados. Em média, observou-se redução de 20,51% e 47,07% da 1ª safra para 2ª safra no

tratamento 1, redução de 84,37% e 88,03% da 1ª safra para 2ª safra no tratamento 2, redução de 86,08% e 78,39% da 1ª safra para 2ª safra no tratamento 3, redução de 61,60% e 64,27% da 1ª safra para 2ª safra no tratamento 4, redução de 25,46% e 29,80% da 1ª safra para 2ª safra no tratamento 5, de produtividade de matéria fresca (PMF) e produtividade de matéria seca (PMS) respectivamente.

Nos tratamentos onde o sorgo foi plantado na 1ª safra apresentaram média geral de produtividade de matéria fresca (PMF) maiores e produtividade de matéria seca menores, pelo fato de produção de massa seca total depender do teor de massa seca da planta no momento do corte, em relação aos tratamentos onde o milho foi plantado e na segunda safra, nos tratamentos onde o milho foi plantado apresentaram produtividade de matéria fresca (PMF) e produtividade de matéria seca maiores que os tratamentos com sorgo.

Por mais que tenha sido observado as maiores produtividades com sorgo na 1ª safra, esse comportamento foi diferente na 2ª safra, onde em média houve redução de 87% e 71,40% nos tratamentos com sorgo da 1ª safra para 2ª safra, contra 24% e 56,32% nos tratamentos com milho da 1ª safra para 2ª safra, de produtividade de matéria fresca total (PMST) e produtividade de matéria seca total (PMST) respectivamente, fato este que fez com que em todos tratamentos de 1ª safra seguido por sorgo na 2ª safra apresentasse baixas produtividades de matéria fresca total (PMFT) e produtividades de matéria seca total (PMST) no sistema safra-safrinha.

3.2- Custo operacional efetivo

A análise de custo de produção, é um dos parâmetros importantes que auxiliam o produtor na tomada de decisão quando se pensa em alimentar os animais na base de forragem conservada, principalmente nas regiões onde o custo da terra tem valor elevado.

O custo de produção variou em função da safra, isto é, na 1ª safra observou-se maior custo por hectare quando comparado com a 2ª safra (Tabela 3).

O custo operacional efetivo (COE) da 1ª safra nos tratamentos com milho foi de R\$ 3.902,82, valor maior que os tratamentos com sorgo, de R\$ 3.407,30. Porém, quando consorciada as culturas, o custo foi de R\$ 3.927,30, superando os demais tratamentos. Essa diferença é devido ao custo de aquisição das sementes, que para

milho foi de R\$ 520,00 ha⁻¹, enquanto para o sorgo foi de R\$ 24,48 ha⁻¹ (Tabela 3, 4 e 5).

O valor do custo operacional efetivo (COE) nos tratamentos com milho na 1ª safra, 2ª safra e safra única neste trabalho, foi menor ao que foi encontrado por Santos et al. (2017) e Souza et al. (2018), os quais contabilizaram valores de R\$ 4.404,94 e R\$ 6.084,60 ha⁻¹, para as regiões analisadas nos sistemas de produção localizados em Minas Gerais e Maranhão respectivamente.

Os maiores valores de custo operacional efetivo (COE) com milho e menores com sorgo também tem sido observados por outros autores. Costa et al. (2015), estudando custo da produção de silagens em sistemas de integração lavoura-pecuária sob plantio direto, constataram maior custo de produção com milho e menor com sorgo, sendo de R\$ 2.158,55 ha⁻¹ e R\$ 1.941,62 ha⁻¹ respectivamente, diferença de valores esses atribuídos a maior custo de aquisição das sementes de milho em relação as de sorgo.

Tabela 3. Custo operacional efetivo da 1ª safra, 2ª safra e as duas somadas de arranjos produtivos de milho e sorgo em R\$/hectare. (T1-M/M) Plantio de milho na 1ª safra e milho na 2ª safra; (T2-M/S) Plantio de milho na 1ª safra e sorgo na 2ª safra; (T3-S/S) Plantio de sorgo na 1ª safra e sorgo na 2ª safra; (T4-S/Sr) Plantio de sorgo na 1ª safra e aproveitamento da rebrota do sorgo na 2ª safra; (T5-S/M) Plantio de sorgo na 1ª safra e milho na 2ª safra; (T6-M&S Co.) Plantio de milho e sorgo em consórcio na 1ª safra; (T7-M) Plantio de milho na 1ª safra; (T8-S) Plantio de sorgo na 1ª safra.

TRATAMENTOS	1ª Safra e Safra Única	2ª Safra	1ª+2ª Safras e Safra Única
T1-M/M	3.902,82	2.698,34	6.601,16
T2-M/S	3.902,82	2.493,34	6.396,16
T3-S/S	3.407,30	2.493,34	5.900,64
T4-S/S rebrota	3.407,30	1.448,34	4.855,64
T5-S/M	3.407,30	2.698,34	6.105,64
T6-M+S	3.927,30	-	3.927,30
T7-M	3.902,82	-	3.902,82
T8-S	3.407,30	-	3.407,30

Entre os tratamentos de 2ª safra, o tratamento 4 apresentou menor COE, visto que, não foi necessário a realização de preparo do solo e replantio. Rezende et al. (2011), sustentaram que ao deixar a rebrota, é minimizado o custo de implantação da

lavou e por consequência se obtém uma silagem de qualidade com um menor custo. Por outro lado, na 2ª safra nos tratamentos em que se fez replantio do sorgo apresentaram a menor produtividade em relação ao tratamento onde foi conduzida rebrota do sorgo (Figura 6). Isso evidencia uma vez mais a viabilidade da rebrota do sorgo, ao invés de replantá-lo, uma vez que a produtividade da rebrota do sorgo é maior que do sorgo plantio na 2ª safra e há uma redução no COE ao deixar a rebrota, além de que, esse tratamento foi o que obteve o menor custo de produção da 2ª safra entre os tratamentos com sorgo, o que acaba sendo economicamente eficiente para o produtor (Tabela 3).

O somatório do COE das duas safras apresentou maior valor no tratamento 1, pois em ambas as safras foi plantado milho, que possui maior custo de aquisição das sementes. Em contrapartida, os tratamentos 6, 7 e 8 apresentaram menor COE, quando comparado aos tratamentos com duas safras, devido ao sistema único de produção (Tabela 3).

Tabela 4. Custo operacional efetivo da 1ª safra de milho e sorgo em R\$/hectare. (T1-M/M) Plantio de milho na 1ª safra e milho na 2ª safra; (T2-M/S) Plantio de milho na 1ª safra e sorgo na 2ª safra; (T3-S/S) Plantio de sorgo na 1ª safra e sorgo na 2ª safra; (T4-S/Sr) Plantio de sorgo na 1ª safra e aproveitamento da rebrota do sorgo na 2ª safra; (T5- S/M) Plantio de sorgo na 1ª safra e milho na 2ª safra; (T6-M+S Consórcio) Plantio de milho e sorgo em consórcio na 1ª safra; (T7-M) Plantio de milho na 1ª safra; (T8-S) Plantio de sorgo na 1ª safra.

Descrição	Especificação	VU (R\$)	Safra 1		Safra 1		Safra 1		Safra 1		Safra 1		Safra 1		Safra 1		Safra 1			
			Tratamento 1		Tratamento 2		Tratamento 3		Tratamento 4		Tratamento 5		Tratamento 6		Tratamento 7		Tratamento 8			
			Qtde	total	Qtde	total	Qtde	total	Qtde	total	Qtde	total	Qtde	total	Qtde	total	Qtde	total	Qtde	total
A- Operações mecanizadas																				
A1- Preparo do solo																				
Aração (1x)	HM Tp 75cv+arado	141,27	3,00	423,81	3,00	423,81	3,00	423,81	3,00	423,81	3,00	423,81	3,00	423,81	3,00	423,81	3,00	423,81	3,00	423,81
Gradagem niveladora (2x)	HM Tp 75cv+grade	97,41	1,50	146,12	1,50	146,12	1,50	146,12	1,50	146,12	1,50	146,12	1,50	146,12	1,50	146,12	1,50	146,12	1,50	146,12
Calagem total	HM Tp 75cv+carreta	40,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
A2- Implantação																				
Plantio	HM Tp 75cv+plantadora	171,55	1,00	171,55	1,00	171,55	1,00	171,55	1,00	171,55	1,00	171,55	1,00	171,55	1,00	171,55	1,00	171,55	1,00	171,55
A3- Tratos culturais																				
Aplicação de herbicida (1x)	HM Tp 75cv+puv.bar.	213,16	5,00	1065,80	5,00	1065,80	5,00	1065,80	5,00	1065,80	5,00	1065,80	5,00	1065,80	5,00	1065,80	5,00	1065,80	5,00	1065,80
Adubação (1x)	HM Tp 75cv+adubadora	91,26	1,00	91,26	1,00	91,26	1,00	91,26	1,00	91,26	1,00	91,26	1,00	91,26	1,00	91,26	1,00	91,26	1,00	91,26
Subtotal A				1898,54		1898,54		1898,54		1898,54		1898,54		1898,54		1898,54		1898,54		1898,54
B- Operações manuais																				
B1- Preparo do solo																				
Calagem	Homem-dia	67,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Plantio	Homem-dia	60,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B2- Tratos culturais																				
Pulverizações (2x)	Homem-dia	15,79	2,00	31,58	2,00	31,58	2,00	31,58	2,00	31,58	2,00	31,58	2,00	31,58	2,00	31,58	2,00	31,58	2,00	31,58
Capina - 1x	Homem-dia	60,00	3,00	180,00	3,00	180,00	3,00	180,00	3,00	180,00	3,00	180,00	3,00	180,00	3,00	180,00	3,00	180,00	3,00	180,00
Adubação 1x	Homem-dia	60,00	1,00	60,00	1,00	60,00	1,00	60,00	1,00	60,00	1,00	60,00	1,00	60,00	1,00	60,00	1,00	60,00	1,00	60,00
B3- Colheita																				
Colheita	RS/tonelada	60,00	1,00	60,00	1,00	60,00	1,00	60,00	1,00	60,00	1,00	60,00	1,00	60,00	1,00	60,00	1,00	60,00	1,00	60,00
Subtotal B				331,58		331,58		331,58		331,58		331,58		331,58		331,58		331,58		331,58
C- Insumos																				
C1- Fertilizantes																				
Calcário	RS/tonelada	65,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NPK 08.28.16	RS/tonelada	1873,00	0,30	561,90	0,30	561,90	0,30	561,90	0,30	561,90	0,30	561,90	0,30	561,90	0,30	561,90	0,30	561,90	0,30	561,90
Uréia	RS/tonelada	1880,00	0,20	376,00	0,20	376,00	0,20	376,00	0,20	376,00	0,20	376,00	0,20	376,00	0,20	376,00	0,20	376,00	0,20	376,00
KCL	RS/tonelada	1000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C2- Fitossanitários																				
Espalhante	RS/Litro	12,14	1,00	12,14	1,00	12,14	1,00	12,14	1,00	12,14	1,00	12,14	1,00	12,14	1,00	12,14	1,00	12,14	1,00	12,14
Inseticida	RS/Litro	168,89	0,75	126,67	0,75	126,67	0,75	126,67	0,75	126,67	0,75	126,67	0,75	126,67	0,75	126,67	0,75	126,67	0,75	126,67
Formicida	RS/Kg	12,00	3,00	36,00	3,00	36,00	3,00	36,00	3,00	36,00	3,00	36,00	3,00	36,00	3,00	36,00	3,00	36,00	3,00	36,00
C3- Herbicidas																				
Pré-plantio	RS/Litro	20,00	1,00	20,00	1,00	20,00	1,00	20,00	1,00	20,00	1,00	20,00	1,00	20,00	1,00	20,00	1,00	20,00	1,00	20,00
Pós emergente	RS/Litro	20,00	1,00	20,00	1,00	20,00	1,00	20,00	1,00	20,00	1,00	20,00	1,00	20,00	1,00	20,00	1,00	20,00	1,00	20,00
C4- Sementes																				
Sementes Sorgo	RS/kg	6,12	4,00	0,00	4,00	0,00	4,00	24,48	4,00	24,48	4,00	24,48	4,00	24,48	0,00	0,00	4,00	24,48	4,00	24,48
Sementes Milho	RS/20kg	520,00	1,00	520,00	1,00	520,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	520,00	1,00	520,00	0,00	0,00	1,00	520,00
Subtotal C				1672,71		1672,71		1177,19		1177,19		1177,19		1697,19		1672,71		1177,19		1177,19
Custo Total (A+B+C)																				
Custo total	(R\$/ha)			3.902,82		3.902,82		3.407,30		3.407,30		3.407,30		3.927,30		3.902,82		3.407,30		3.407,30

Fonte: IEG|FNP

Tabela 5. Custo operacional efetivo da 2ª safra de milho e sorgo em R\$/hectare. (T1-M) Plantio de milho na 2ª safra; (T2-S) Plantio de sorgo na 2ª safra; (T3-S) Plantio de sorgo na 2ª safra; (T4-Sr) Aproveitamento da rebrota do sorgo na 2ª safra; (T5-M) Plantio milho na 2ª safra.

Descrição	Especificação	VU (R\$)	Safra 2		Safra 2		Safra 2		Safra 2		Safra 2	
			Tratamento 1		Tratamento 2		Tratamento 3		Tratamento 4		Tratamento 5	
			Qtde	total	Qtde	total	Qtde	total	Qtde	total	Qtde	total
A- Operações mecanizadas												
A1- Preparo do solo												
Aração (1x)	HM Tp 75cv+arado	169,28	3,00	507,84	3,00	507,84	3,00	507,84	0,00	0,00	3,00	507,84
Gradagem niveladora (2x)	HM Tp 75cv+grade	97,41	1,50	146,12	1,50	146,12	1,50	146,12	0,00	0,00	1,50	146,12
Calagem total	HM Tp 75cv+carreta	40,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
A2- Implantação												
Plantio	HM Tp 75cv+plantadora	303,31	1,00	303,31	1,00	303,31	1,00	303,31	0,00	0,00	1,00	303,31
A3- Tratos culturais												
Aplicação de herbicida (1x)	HM Tp 75cv+pulv.bar.	17,88	1,00	17,88	1,00	17,88	1,00	17,88	1,00	17,88	1,00	17,88
Adubação (1x)	HM Tp 75cv+adubadora	40,81	1,00	40,81	1,00	40,81	1,00	40,81	1,00	40,81	1,00	40,81
Subtotal A				1015,96		1015,96		1015,96		58,69		1015,96
B- Operações manuais												
B1- Preparo do solo												
Calagem	Homem-dia	67,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Plantio	Homem-dia	67,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B2- Tratos culturais												
Pulverizações (1x)	Homem-dia	15,79	1,00	15,79	1,00	15,79	1,00	15,79	1,00	15,79	1,00	15,79
Capina - 1x	Homem-dia	67,42	3,00	202,26	3,00	202,26	3,00	202,26	3,00	202,26	3,00	202,26
Adubação 1x	Homem-dia	67,42	1,00	67,42	1,00	67,42	1,00	67,42	1,00	67,42	1,00	67,42
B3- Colheita												
Colheita	R\$/tonelada	67,42	1,00	67,42	1,00	67,42	1,00	67,42	1,00	67,42	1,00	67,42
Subtotal B				352,89		352,89		352,89		352,89		352,89
C- Insumos												
C1- Fertilizantes												
Calcário	R\$/tonelada	65,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NPK 08.28.16	R\$/tonelada	1895,00	0,20	379,00	0,20	379,00	0,20	379,00	0,20	379,00	0,20	379,00
Uréia	R\$/tonelada	1929,00	0,15	289,35	0,15	289,35	0,15	289,35	0,15	289,35	0,15	289,35
KCL	R\$/tonelada	1000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C2- Fitossanitários												
Espalhante	R\$/Litro	12,14	1,00	12,14	1,00	12,14	1,00	12,14	1,00	12,14	1,00	12,14
Inseticida	R\$/Litro	400,00	0,75	300,00	0,75	300,00	0,75	300,00	0,75	300,00	0,75	300,00
Formicida	R\$/Kg	12,00	3,00	36,00	3,00	36,00	3,00	36,00	3,00	36,00	3,00	36,00
C3- Herbicidas												
Pré-plantio	R\$/Litro	20,00	1,00	20,00	1,00	20,00	1,00	20,00	0,00	0,00	1,00	20,00
Pós emergente	R\$/Litro	20,00	1,00	20,00	1,00	20,00	1,00	20,00	1,00	20,00	1,00	20,00
C4- Sementes												
Sementes Sorgo	R\$/kg	17,00	0,00	0,00	4,00	68,00	4,00	68,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sementes Milho	R\$/20kg	273,00	1,00	273,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	273,00
Subtotal C				1329,49		1124,49		1124,49		1036,49		1329,49
Custo Total (A+B+C)												
Custo total	(R\$/ha)			2.698,34		2.493,34		2.493,34		1.448,07		2.698,34

Fonte: IEG|FNP

3.3- Custo de produção por tonelada de matéria fresca produzida

O custo de produção por tonelada de matéria fresca por hectare produzida na 1ª e 2ª safra também seguiu a mesma lógica, variou a cada safra ficando em torno de R\$ 61,05 ha⁻¹ a 289,24 ha⁻¹, e foi inversamente proporcional à produtividade (Tabela 6).

Tabela 6. Custo de produção por tonelada de matéria fresca produzida (R\$/ton MF) na 1ª, 2ª safra e safra única. (T1-M/M) Plantio de milho na 1ª safra e milho na 2ª safra; (T2-M/S) Plantio de milho na 1ª safra e sorgo na 2ª safra; (T3-S/S) Plantio de sorgo na 1ª safra e sorgo na 2ª safra; (T4-S/Sr) Plantio de sorgo na 1ª safra e aproveitamento da rebrota do sorgo na 2ª safra; (T5-S/M) Plantio de sorgo na 1ª safra e milho na 2ª safra; (T6-M+S Consórcio) Plantio de milho e sorgo em consórcio na 1ª safra; (T7-M) Plantio de milho na 1ª safra; (T8-S) Plantio de sorgo na 1ª safra.

TRATAMENTOS	1ª Safra e Safra Única	2ª Safra	1ª+2ª Safras e Safra Única
T1-M/M	78,39	68,17	73,86
T2-M/S	70,77	289,24	100,30
T3-S/S	61,18	321,72	93,01
T4-S/S rebrota	72,61	80,37	74,77
T5-S/M	65,57	69,67	67,32
T6M+S	80,93	-	80,93
T7-M	83,81	-	83,81
T8-S	61,05	-	61,05

Os tratamentos que obtiveram maiores produtividades tiveram menores custos para se produzir uma tonelada de matéria fresca, visto que o custo operacional efetivo foi diluído na produtividade.

Na 1ª safra destaque vai para o tratamento 8, cujo a produtividade de MF foi de 55,81 toneladas por hectare, com custo menor de R\$ 61,05 e tratamento 7, com menor produtividade 46,57 toneladas por hectare de MF quando comparado aos demais tratamentos tendo o custo maior de R\$ 83,81. Na 2ª safra o tratamento 1 superou aos demais em produtividade de MF 39,59 toneladas por hectare, porém resultando em menor custo R\$ 68,17 (Tabela 6).

Alves et al. (2017), estudando viabilidade econômica da silagem de milho irrigado no norte de Minas Gerais, observaram comportamento similar ao observado

nesse trabalho, onde os custos de produção variaram a cada safra ficando evidente que o custo cai conforme aumenta a produtividade por hectare.

Quando analisado o sistema 1ª safra e 2ª safra como um arranjo único de plantio e sucessão, os tratamentos que tiveram sorgo na 1ª safra apresentaram menor custo por tonelada de MF produzida em relação aos tratamentos com sorgo na 2ª safra que apresentaram maior custo. Essa variação dos custos pode ser explicada devido a variação da produtividade de MF por tonelada produzida no sistema safra-safrinha, uma vez que o COE aumenta conforme cai a produtividade e dilui-se conforme aumenta a produtividade por hectare.

Em relação aos tratamentos com milho no mesmo sistema, o custo de produção por tonelada de matéria fresca por hectare produzida teve uma variação não significativa, devido a pequena variação da produtividade de MF por tonelada produzida no sistema safra-safrinha.

Entre os tratamentos com safra única, o tratamento com milho teve maior custo de produção por tonelada de MF produzida que o tratamento com sorgo, sendo este menor que o tratamento com milho e sorgo em consórcio (Tabela 6). Com a produtividade de MF produzida menor e maior custo de produção, evidencia a importância de se conseguir maiores produções por unidade de área de modo a diluir os custos, principalmente em regiões onde os custos com implantação da lavoura são elevados.

Segundo Neumann (2001a), a escolha do material mais adequado para produção de silagem, depende diretamente da eficiência econômica do sistema de produção, através da relação custo/benefício, em que os parâmetros de produção de massa verde e qualidade de silagem devem associar-se de tal forma que traga retorno econômico possível ao pecuarista.

Por outro lado Neumann et al. (2001b) afirmam que, há uma carência de informações de análises econômicas que se adequa à realidade dos mais variados sistemas de produção de bovinocultura de corte existentes, porém, sabe-se que cada estabelecimento rural possui características próprias o que o torna quase um exemplo único, o que foi reforçado por Chiezza et al. (2008) afirmando que, a análise econômica de um sistema produtivo, está condicionada as suas características e condições locais.

3.4-Parâmetros bromatológicos na 1ª e 2ª safras

Houve diferença significativa ($p>0,05$) entre os tratamentos para teores de MS, FDN, FDA e EE, não diferindo para teores de MM, MO e PB na 1ª safra para milho e sorgo. Entre os tratamentos de 2ª safra não houve diferença significativa ($p>0,05$) para teores de MM, MO e EE, diferindo para teores de MS, PB, FDN e FDA (Tabela 7) para ambas culturas.

Neste sentido, os valores médios de MS, FDN, FDA e EE entre os tratamentos de 1ª safra foram, 24,16%; 56,52%; 41,70% e 2,67 respectivamente. Entre os tratamentos de segunda safra os valores foram de, 26,68%; 7,28%; 65,89% e 51,66% para teores de MS, PB, FDN e FDA respectivamente (Tabela 7).

Tabela 7. Matéria seca (MS), teor de cinzas ou matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e extrato etéreo (EE) da 1ª safra, 2ª safra e safra única. (T1-M/M) Plantio de milho na 1ªsafra e milho na 2ªsafra; (T2-M/S) Plantio de milho na 1ªsafra e sorgo na 2ªsafra; (T3-S/S) Plantio de sorgo na 1ªsafra e sorgo na 2ªsafra; (T4-S/Sr) Plantio de sorgo na 1ªsafra e aproveitamento da rebrota do sorgo na 2ªsafra; (T5-S/M) Plantio de sorgo na 1ªsafra e milho na 2ªsafra; (T6-M&S Consórcio) Plantio de milho e sorgo em consórcio na 1ªsafra; (T7-M) Plantio de milho na 1ªsafra; (T8-S) Plantio de sorgo na 1ªsafra.

Tratamentos	MS	MM	MO	PB	FDN	FDA	EE
	(%)	% Matéria seca					
1ª Safra							
T1-M	35,35 a	4,88 a	95,12 a	7,84 a	36,74 d	23,91 c	2,58 ab
T2-M	31,26 ab	5,50 a	94,50 a	6,33 a	48,92 cd	34,64 abc	3,07 ab
T3-S	17,07 b	6,97 a	93,03 a	7,41 a	66,15 abc	55,47 a	4,24 ab
T4-S	17,68 b	5,93 a	94,07 a	6,90 a	67,00 ab	52,20 ab	4,96 a
T5-S	16,75 b	6,55 a	93,45 a	7,45 a	74,07 a	47,35 ab	1,52 ab
Safra única							
T6-M+S Co.	27,06 ab	3,70 a	96,30 a	7,45 a	52,23 bcd	38,49 abc	1,65 ab
T7-M	23,07 ab	3,93 a	96,07 a	6,93 a	44,80 d	31,76 bc	2,26 ab
T8-S	25,06 ab	7,33 a	92,67 a	6,92 a	62,23 abc	49,79 ab	1,04 b
2ª Safra							
T1-M	23,18 bc	3,65 a	96,35 a	6,37 b	52,06 b	41,99 b	0,79 a
T2-S	31,28 a	6,94 a	93,06 a	6,83 ab	75,54 a	58,75 a	1,31 a
T3-S	33,04 a	6,11 a	93,89 a	7,46 ab	73,45 ab	58,44 a	1,45 a
T4-Sr	20,22 c	4,98 a	95,01 a	9,11 a	71,10 ab	57,99 a	0,74 a
T5-M	25,70 b	5,89 a	94,11 a	6,63 ab	57,24 ab	41,13 b	0,90 a

O conhecimento do teor de MS na forragem é de grande importância, uma vez que quantidades específicas de nutrientes exigidas para a manutenção,

crescimento e reprodução dos animais são formuladas na base da MS (OLIVEIRA, 2008).

Em relação ao teor de MS, alguns tratamentos estão dentro da faixa de 30 a 40%, considerada por Cruz et al. (2001), como ideal para que se tenha boa fermentação do material ensilado e garanta condições para obtenção de silagens de boa qualidade, com destaque para tratamentos 1 e 2, plantio de milho, ambos na 1ª safra e tratamentos 2 e 3, plantio de sorgo na 2ª safra com 35,35%; 31,26%; 31,28% e 33,04% de MS respectivamente.

De acordo com Pereira et al. (2007), teores de MS acima de 35% dificultam a compactação do material ensilado e expulsão do ar, porém podem aumentar o teor de amido (milho) e reduzir o FDN, já teores abaixo de 28% como observados neste trabalho nos tratamentos 3 (17,07%), 4 (17,68%), 5 (16,75%), 6 (27,06%), 7 (23,07%) e 8 (25,06%) na 1ª safra e tratamentos 1 (23,18%), 4 (20,22%) e 5 (25,70%) na 2ª safra proporcionam acréscimo na lixiviação, conseqüentemente, perda de nutrientes, redução do material ensilado, dificultam redução do pH favorecendo o crescimento de clostrídeos e proteólise.

Tolentino et al. (2016) avaliaram a qualidade de silagens de diferentes genótipos de sorgo, observaram valores médios variando de 38,0% a 46,92%. Silva et al. (2018), verificaram valores variando de 33,58% a 40,07% em híbridos de milho para produção de silagem no estado de Minas Gerais. Esses teores foram maiores aos obtidos neste trabalho, considerando a média geral. Essa diferença nos teores de MS, provavelmente podem ser atribuídos a dois fatores, o primeiro ao processamento, pois é muito provável que o aquecimento dos grãos no triturador tenha provocado evaporação da água, e o segundo a umidade das partes folha, colmo e espiga/panícula na hora da ensilagem, que pode aumentar ou diminuir o teor MS do material ensilado.

Analisando os teores de MM não se verificou diferença ($P < 0,05$) entre os tratamentos no sistema safra-safrinha (Tabela 5). Para Tiritan et al. (2013), é comum não encontrar diferença significativa para a MM, o que pode estar relacionado com a forma de distribuição e localização do adubo, realizado em linha, que provavelmente proporciona melhor aproveitamento de nutrientes pelas plantas, enriquecendo a forragem com minerais.

Não houve diferença ($P > 0,05$) entre os tratamentos no sistema safra-safrinha quanto aos teores de MO. No entanto, observou-se variação numérica nos teores de

MO com aumento nos tratamentos onde o milho foi plantado, variando de 94,11% a 96,35% quando comparado aos tratamentos onde o sorgo foi planta nas duas safras que variaram de 92,67% a 95,01%.

O teor de proteína na silagem é importante quando se deseja obter silagem com alto valor nutritivo e de alta energia. Não houve diferença significativa ($p>0,05$) para teores de PB na primeira safra, diferindo apenas na segunda safra entre os tratamentos avaliados. Entre os tratamentos onde o milho foi plantado observou-se valores variando de 6,33% a 7,84% na primeira safra e de 6,37% a 6,63% na segunda safra para teores de PB. Nos tratamentos com sorgo esses valores variaram de 6,90% a 7,45% na 1ª safra e de 6,83% a 9,11% na 2ª safra.

Vieira et al. (2013), classifica valores acima de 7% de teor de PB como bons, de 7,8% muito bons e acima de 8,6% como excelentes para silagem da planta inteira. De acordo com essa classificação os tratamentos 3 (7,45%), 5 (7,45%), 6 (7,45%) na 1ª safra e tratamento 3 (7,46%) na 2ª safra podem ser consideradas bons em relação a teor de PB. Neste sentido, o tratamento 4 que é a rebrota do sorgo na 2ª safra apresentou 9,11% de PB, podendo ser considerada de excelente de acordo com a classificação (VIEIRA et al., 2013). Dado interessante é que, o tratamento 3 na 1ª e 2ª safras apresentaram teores de PB não muito diferenciados, com 7,45% e 7,46% respectivamente. Isso permite-nos inferir que, cultivo de sorgo em sucessão melhora os teores de PB na silagem.

Silva (1996), afirma que elevação no teor de PB está relacionada à maior participação de grãos na MS total da planta, o que foi corroborado por Molina et al. (2002), que verificaram aumento das porcentagens de PB com aumento da participação das frações folha e espiga/panícula em relação à participação do colmo. Porém, isso não foi observado neste trabalho, os tratamentos com milho apresentaram maior partição de folhas e espiga e resultaram em valores menores de PB em comparação com tratamentos onde o sorgo foi plantado que apresentaram maiores teores de PB com aumento da fração colmo.

FDN é um parâmetro que não fica de fora na avaliação da qualidade de silagem, pois corresponde às frações de celulose, hemicelulose e lignina, e apresenta correlação negativa com a digestibilidade da MS.

Houve diferença significativa ($P<0,05$) entres os tratamentos no sistema safra-safrinha (Tabela 5). Os menores teores de FDN foram observados nos tratamentos onde milho foi plantado, com valores médios de 43,49% e 54,65% na 1ª

e 2ª safras respectivamente. Os maiores valores médios de 67,36% e 73,36 de teores de FDN foram observados nos tratamentos com sorgo nas duas safras.

A qualidade de uma forrageira a ser conservada deve levar em conta a busca de espécies que possuam baixos teores de FDN e taxa de digestão aumentada, pois dessa forma podem proporcionar maior consumo e conseqüentemente melhor desempenho dos animais (VELHO et al., 2006). Foi observado neste trabalho que, os tratamentos com milho no sistema safra-safrinha apresentaram baixos teores de FDN, com destaque nos tratamentos 1, 2 e 7 na 1ª safra inseridas dentro da faixa ideal segundo Cruz et al. (2001) quando comparado aos tratamentos com sorgo. A elevação nos teores de FDN nos tratamentos com sorgo pode ser atribuído a maior participação de colmo, em detrimento da participação do componente folhas e panículas na massa ensilada. Silva et al. (1999) relataram que há diminuição nos teores de FDN com o aumento da participação do componente espiga/panícula na composição da planta ensilada.

Paula et al. (2017), avaliando produtividade, qualidade nutricional e fenotípica estabilidade de variedades de silagem de sorgo em duas safras, observaram valores médios de teores de FDN de 43,52% e 36,78% na 1ª e 2ª safras respectivamente, valores esses inferiores aos observados neste trabalho. No estudo de Rosa et al. (2004), avaliando comportamento agrônômico da planta e valor nutritivo da silagem de diferentes híbridos de milho, observaram valor médio de 56,73% de teor de FDN, sendo inferior ao obtido neste trabalho.

FDA é uma característica também muito importante na avaliação da qualidade de silagem, pois possui maior proporção de fração de lignina, que é indicador da digestibilidade da silagem, teores elevados para esse parâmetro indicam baixa digestibilidade do material (GIUNTI et al., 2016).

À semelhança de FDN, houve diferença significativa ($p>0,05$) entre os tratamentos avaliados no sistema safra-safrinha para teores de FDA, com maiores valores nos tratamentos com sorgo, variando de 47,35% a 55,47% e 57,99% a 58,75%, e menores nos tratamentos com milho, variando de 23,91% a 34,64% e 41,13% a 41,99% na 1ª e 2ª safras respectivamente.

Os menores teores de FDA obtidos neste estudo nos tratamentos com milho são importantes, porque de acordo com Van Soest (1994), os teores de FDA são negativamente correlacionados com o consumo e digestibilidade, o que nos permite inferir que a silagem de milho pode trazer benefícios, por conter menores frações

fibrosas (colmo), proporcionando melhores condições de consumo e digestibilidade da silagem.

Nussio et al. (2001) relataram que forragens com teores de FDA em torno de 40%, ou mais, apresentam baixo consumo e digestibilidade. Neste sentido, entre os tratamentos avaliados neste trabalho, apenas os tratamentos com milho na 1ª safra ficaram dentro da faixa ideal com 23,91%; 34,64% e 31,76% de FDA para os tratamentos 1, 2 e 7 respectivamente.

Os resultados observados neste trabalho nos tratamentos com sorgo contradizem os obtidos por Ott et al. (2018), que ao avaliar composição química e valor nutritivo da silagem de genótipos de sorgo, observaram menores teores de FDA porém, esses autores trabalharam com genótipos de ciclo precoce, e super precoce, o que dificulta a comparação com os resultados deste trabalho. Machado et al. (2012) relataram valor médio de 34,57%, para plantas colhidas no estágio de grão pastoso, inferiores aos encontrados nos tratamentos aqui estudados.

Os teores de EE foram diferentes entre os tratamentos avaliados na 1ª safra e semelhantes entre os tratamentos de 2ª safra. Houve pouca variação no teor de extrato etéreo entre os tratamentos no sistema safra-safrinha, com destaque nos tratamentos 3 e 4 ambos com plantio de sorgo que apresentaram valores elevados de 4,24% e 4,96% de EE respectivamente, na 1ª safra. Menores valores de teores de EE nas silagens de milho e sorgo observados neste trabalho são atribuídos ao baixo teor de óleo (gordura), o que é um fator positivo considerando que o excesso de gordura na dieta pode causar redução na ingestão de MS e na taxa passagem (NRC, 2001).

O teor médio de 3,2% para EE da silagem de milho obtido por Possenti et al. (2005), foi superior ao observado neste estudo. Considerando os teores de EE deste trabalho nos tratamentos com milho apenas na 1ª safra, foram semelhantes com os obtidos por Pinto et al. (2010), avaliando doze cultivares de milho para silagem.

Avelino et al. (2011), avaliaram composição bromatológica de silagens de híbridos de sorgo cultivados em diferentes densidades de plantas e observaram teor médio de EE bem próximo ao obtido neste trabalho em densidade e espaçamento próximo ao utilizado neste trabalho.

4. CONCLUSÕES

O custo de produção é influenciado pela produtividade de matéria fresca e matéria seca nas culturas de milho e sorgo.

O custo de sementes é o principal responsável pela diferença no custo de produção entre milho e sorgo.

Silagem de milho e sorgo apresentou qualidade satisfatória.

O sistema de cultivo com sorgo na 1ª safra e milho na 2ª safra apresentou melhor eficiência econômico-produtiva.

5. REFERÊNCIAS

- ALCÂNTARA, H. P. et al. Rendimento e composição química da forragem de Sorgo em diferentes épocas de semeadura. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 35, p. 728-734, 2011.
- ALVES N.P.; SOUZA T. F.; RODRIGUES J.F.; OLIVEIRA V.A.V.; VELOSO A.L.C. Viabilidade econômica da silagem de milho irrigado no Norte de Minas Gerais. *Caderno de Ciências Agrárias*, v. 9, n. 2, p. 56-62, 2017.
- ANJUM, S. A. et al. Morphological, physiological and biochemical responses of camellia oleifera to low-temperature stress. *African Journal of Agricultural Research*, v. 6, n. 9, p. 2026–2032, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE [ABIEC]. 2017. Perfil da pecuária brasileira. Disponível em: <<http://www.abiec.com.br/Sumario.aspx>>. Acesso em: 17 jan. 2019.
- AVELINO, P. M.; NEIVA, J. N. M.; ARAUJO, V. L.; ALEXANDRINO, E.; BOMFIM, M. A. D.; RESTLE, J. Composição bromatológica de silagens de híbridos de sorgo cultivados em diferentes densidades de plantas. *Revista Ciência Agronômica*, v. 42, n. 1, p. 208-215, jan-mar, 2011.
- CAÇÃO, M.M. F; COSTA, C; MEIRELLES, P.R.L. et al. Degradabilidade ruminal da matéria seca de grãos de milho e de sorgo com alto ou baixo conteúdo de tanino processados. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, Salvador, v.13, n.2, p.516-528, 2012.

- CAMPOS, A. F. M.; REIS, M. C.D.S.; ORFAO, R. S.; VEIGA, A. D. VEIGA, P. D. O. A; Caracterização agrônômica de híbridos de milho para silagem em Machado-MG, 9ª Jornada Científica e Tecnológica do IFSULDEMINAS, 6º Simpósio da Pós-graduação, 2017.
- CAMPOS, F. P.; NUSSIO, C. M. B.; NUSSIO, L. G.; Métodos para análise de alimentos. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 2004.
- CARMI, A.; UMIEL, N.; AMIR HAGILADI, A.; YOSEF, E.; BEN-GHEDALIA, D.; MIRON, J.; Field performance and nutritive value of a new forage sorghum variety 'Pnina' recently developed in Israel, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 85, n.15, p. 2567-2573, 2005.
- CHIEZA, E. D.; ARBOITTE, M. A. Z.; BRONDANI, I. Z.; MENEZES, L. F. G.; RESTLE, J.; SANTI, M. A. M.; Aspectos agrônômicos de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) no desempenho e economicidade de novilhos confinados. *Acta Scientiarum Animal Sciences*, v. 30, n. 1, p. 67-73, 2008.
- CHINNUSAMY, V.; ZHU, J.; ZHU, J. K. Cold stress regulation of gene expression in plants. *Trends in Plant Science*, v. 12, n. 10, p. 444–451, 2007.
- CONAB 2017: Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. v.5-Safra 2017/2018.n5- Quinto levantamento, Brasília, p. 1-140 fevereiro 2018.
- COSTA, N. R.; BERGAMASCHINE A. F.; LOPES K. S. M.; LIMA A. E. S.; Custo da produção de silagens em sistemas de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. *Revista Ceres*, v. 62, n. 1, p.9-19, 2015.
- CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; RODRIGUES, J. A. S.; FERREIRA, J. J. Produção e utilização de silagem de milho e sorgo. 1. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001.
- CRUZ, J.C; MAGALHÃES, P.C; PEREIRA F.I.A; GONTIJO N.M.M. Milho para silagem. Agência Embrapa de informação tecnológica [serial on the Internet]. 2014. Disponível em <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONT000fy779f nk02wx5ok0pvo4k3j53 7ooi.html>. Acessado em: 24 de abril de 2018.
- DETMANN, E.; SOUZA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.; QUEIROZ, A.C.; BERCHIELLE, T.T.; SALIBA, E.O.S.; CABRAL, L.S.; PINA, D.S.; LADEIRA, M.M. E AZEVEDO, J.A.G. Métodos para análise de alimentos. 1. ed. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2012.
- DIAS, F. N. Avaliação de parâmetros agrônômicos e nutricionais em híbridos de milho (*Zea mays* L.) para silagem. 2002. 95 f. Dissertação (Mestrado em

Ciência Animal e Pastagens) –Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

ELIAS, S.; ALVES, O. F.; LEITE, M. L. M.; AZEVEDO, J. M.; SILVA, J. P. S.; NASCIMENTO, G. F.; SIMPLÍCIO, J. B.; Características agronômicas de cultivares de sorgo em sistema de plantio direto no semiárido de Pernambuco, *Ciência Agrícola*, v. 14, n. 1, p. 29-36, 2016.

EMBRAPA MILHO E SORGO, *Jornal Eletrônico*, edição 91, Sete Lagoas-MG, Novembro de 2017.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2013.

FERREIRA, G.D.G.; BARRIÈRE, Y.; EMILE, J.C.; JOBIM, C.C.; Caracterização morfo-anatômica do colmo de genótipos de milho. *Archivos de Zootecnia*, 60, p:237-246. 2011.

FONSECA, A. H.; VON PINHO, R. G.; FERREIRA, M. N.; BRUNO, R. G. S.; CARVALHO, G. S.; Características agronômicas, químicas e nutricionais de híbridos de milho, visando à produção de silagens de alto valor nutritivo, *Revista Ceres*, v. 49, n. 281, p. 41-54, 2002.

GIUNTI, O. D.; FONTANETTI, A. F.; SILVA, A. V.; TEIXEIRA, G. V.; PODESTÁ, C. L. T.; FERNANDES, E. M.S.; PROVIDELLO, A. Produção e características bromatológicas de silagens de milho em sistema orgânico. XIII Congresso nacional de meio ambiente de Poços de Caldas. Poços de Caldas, MG, 2016.

GOMES, S. O.; PITOMBEIRA, J. B.; NEIVA, J. N. M.; CÂNDIDO, M. J. D.; Comportamento agrônomico e composição químico-bromatológico de cultivares de sorgo forrageiro no Estado do Ceará, *Revista Ciência Agrônômica*, v.37, n.2, p.221-227, 2006.

IEG|FNP Agribusiness intelligence|Informa. In: *Agrianual 2019 Anuário da Agricultura Brasileira*.

JAREMTCHUK, A. R.; JAREMTCHUK, C. C.; BAGLIOLI, B.; MEDRADO, M. T.; KOZLOWSKI, L. A.; COSTA, C.; MADEIRA, H. M. F.; Características agronômicas e bromatológicas de vinte genótipos de milho (*Zea mays* L.) para silagem na região leste paranaense, *Acta Scientiarum Animal Sciences*, v. 27, n. 2, p. 181-188, 2005.

KESKİN, B.; TEMEL, S.; EREN, B.; Determination of Yield and Plant Characteristics of Some Silage Corn Varieties, *Journal of the Institute of Science and Technology*, v. 7, n. 1, p. 347-351, 2017.

- KLEIN J. L.; VIANA, A.F.P.; MARTINI, P.M.; ADAMS, S.M.; CRISTIANE GUZATTO, C.; BONAR.A.; RODRIGUES, L.S.; ALVES FILHO, D.C.A.; BRONDANI, I.L.; Desempenho produtivo de híbridos de milho para a produção de silagem da planta inteira, Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.17, n.1, p. 101-110, 2018.
- LUPATINI, G. C.; MACCARI, M.; ZANETTE, S.; PIACENTINI, E.; NEUMANN, M.; Avaliação do desempenho agrônômico de híbridos de milho (*Zea mays*, L.) para produção de silagem, Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.3, n.2, p.193-203, 2004.
- MACHADO, F. S.; RODRÍGUEZ, N. M.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; RIBAS, M. N.; LOBATO, F. L. C.; VEIGA, I. R. F. M.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; PEREIRA, L. G. R. Valor nutricional de híbridos de sorgo em diferentes estádios de maturação. Arq. Bras. Med. Vet. Zoo. 2012.
- MACHADO, F.S; RODRIGUEZ, L.C; GONSALVES, J.A.S et al. Consumo e digestibilidade aparente de silagens de sorgo em diferentes estádios de maturação. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, Belo Horizonte, v.63, n.6, p.1478, dez. 2011.
- MAGALHÃES, P. C.; SOUZA, T. C.; MAY, A.; LIMA FILHO, O. F.; SANTOS, F. C.; MOREIRA, J. A. A.; LEITE, C. E. P.; ALBUQUERQUE, C. J., FREITAS, R. S. Exigências edafoclimáticas e fisiologia da produção. In: BORÉM A, PIMENTEL L, PARRELA R. Sorgo: do plantio à colheita. Editora UFV, 2014, 275p.
- MATSUNAGA, M. Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA, Agricultura, São Paulo, v.1, n.1, p.123-140, 1976.
- MILLNER, J. P.; VILL AVER, R.; HARDACRE, A. K.; The yield and nutritive value of maize hybrids grown for silage, New Zealand Journal of Agricultural Research, v. 48, n. 1, p. 101-108, 2005.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, Secretaria de política agrícola, 2013.
- MOLINA, L.R.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUEZ, N.M.; RODRIGUES, J.A.S.; FERREIRA, J.J.; CASTRO NETO, A.G. Qualidade das silagens de seis genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) em diferentes estádios de maturação. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. v.54 n.2 Belo Horizonte abr. 2002.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Nutrient requirements of the dairy cattle. 7.ed. Washington: D.C.: National Academy of Science, 2001.

- NETO, R. C.A.; MIRANDA, N. O.; DUDA, G. P.; GÓES, G. B.; ANDRÉ S. LIMA, A.S.; Crescimento e produtividade do sorgo forrageiro BR 601 sob adubação verde. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* v.14, n.2, p.124–130, 2010.
- NEUMANN, M. Caracterização agrônômica quantitativa e qualitativa da planta, qualidade de silagem e análise econômica em sistema de terminação de novilhos confinados com silagem de diferentes híbridos confinados com silagem de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench). 2001a. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- NEUMANN, M. et al. Avaliação da silagem de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) por meio do desempenho de novilhos de corte confinados. *Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa*, v. 30, n. 6, p. 2099–2109, 2001b.
- NUSSIO, L. G.; SIMAS, J. E. C.; LIMA, M.L.M. Determinação do ponto de maturidade ideal para colheita do milho para silagem. In: NUSSIO, L. G.; ZOPOLLATO, M.; MOURA, J. C (Ed). *Milho para a silagem*. Piracicaba: FEALQ, p. 11-26, 2001.
- OLIVEIRA, L.B. Produção e valor nutritivo de diferentes forrageiras e de suas respectivas silagens. 2008. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, Bahia.
- OTT, L. C.; JÚNIOR, J. S.; BORTOLINI, F.; SILVA, J. L. S.; ROSA, P. P.; PINHEIRO, L.; LOURENÇO, L. A.; RÖSLER, D. C. Composição química e valor nutritivo da silagem de genótipos de sorgo. *Revista eletrônica de Veterinária*. v. 19, n.5, 2018.
- PARAÍSO, I. G. N.; NETO, O. S. P.; GOMES, L. S. P.; VELASCO, F. O.; MOURTHÉ, M. H. F.; RAIDAN, F. S. S.; BRAZ, T. G. S.; Características agrônômicas de híbridos de sorgo com potencial forrageiro cultivados no Norte de Minas Gerais, *Caderno de Ciências Agrárias*, v. 9, n. 3, p. 08–17, 2017.
- PARRELLA, R. A. C.; RODRIGUES, J. A. S.; TARDIN, F. D.; DAMASCENO, C. M. B.; SCHAFFERT, R. E. Desenvolvimento de híbridos de sorgo sensíveis ao fotoperíodo visando alta produtividade de biomassa. *Boletim de Pesquisa e desenvolvimento*, n.28, Embrapa Milho e Sorgo de Sete Lagoas, MG, 2010.
- PAULA, A. D. M.; ABREU, E. F.; ZANDONADI, C. H. S.; LITZ, F. H.; ALBUQUERQUE, C. J.B .Productivity, nutritional quality and phenotypical

- stability of varieties of silage sorghum in Uberlândia, MG. *African Journal of Agricultural Research*, v. 12(5), pp. 300-308, 2 February, 2017.
- PEREIRA, E.S., MIZUBUTI, I.Y., PINHEIRO, S.M., VILLARROEL, A.B.S., CLEMENTINO, R.H. Avaliação da qualidade nutricional de silagens de milho (*Zea mays*, L). *Revista Caatinga*, Mossoró, 2007.
- PERAZZO A. F.; CARVALHO, G.G.P.; SANTOS, E. M.; HIGOR F. C. BEZERRA, H. F. C; SILVA, T.C.; PEREIRA, G. A.; ROSÂNGELA C. S. RAMOS, R. C. S.; RODRIGUES, J.A.S.; Agronomic evaluation of sorghum hybrids for silage production cultivated in semiarid conditions, *Frontiers in Plant Science*, v.8:1088, 2017.
- PERAZZO, A. F.; SANTOS, E. M.; PINHO, R. M. A.; CAMPOS, F. S.; RAMOS, J. P. F.; AQUINO, M. M.; SILVAI, T. C.; BEZERRA, H. F. C.; Características agronômicas e eficiência do uso da chuva em cultivares de sorgo no semiárido. *Ciência Rural*, v.43, n.10, 2013.
- PIMENTEL, J.J.O., SILVA, J.F.C., FILHO, S.C.V. et al. Efeito da suplementação proteica no valor nutritivo de silagens de milho e sorgo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.27, n.5, p.1042-1049, 1998.
- PINHO, R.G.V; VASCONCELOS, R.C; BORGES, I.D et al. Produtividade e qualidade da silagem de milho e sorgo em função da época de semeadura. *Bragantia*, Campinas, v.66, n.2, p.235-245, 2007.
- PINTO, A. P.; LANÇANOVA, J. A. C.; LUGÃO, S. M. B.; ROQUE, A. P.; ABRAHÃO, J. J. S.; OLIVEIRA, J. S.; LEME, M. C.J.; MIZUBUTI, I. Y. Avaliação de doze cultivares de milho (*Zea mays* L.) para silagem. *Ciências Agrárias*, Londrina, v. 31, n. 4, p. 1071-1078, out./dez. 2010.
- POSSENTI, R. A.; JUNIOR, E. F.; BUENO, M. S.; BIANCHINI, D.; LEINZ, F. F.; RODRIGUES, C. F. Parâmetros bromatológicos e fermentativos das silagens de milho e girassol. *Ciência Rural*, v.35, n.5, 2005.
- R CORE TEAM (2014). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- REZENDE, P. M.; ALCANTARA, H. P.; PASSOS, A. M. A.; CARVALHO, E. R.; BALIZA, D. P.; OLIVEIRA, G. T. M. Rendimento forrageiro da rebrota do sorgo em sistema de produção consorciado com soja. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, Recife, v.6, n.2, p. 362-368, 2011.
- REZENDE, W. S.; DE BRITO, C. H.; BRANDÃO, A. M.; FRANCO, C. J.F.; FERREIRA, M. V.; ADÃO DE SIQUEIRA FERREIRA, A. S.;

- Desenvolvimento e produtividade de grãos de milho submetido a níveis de desfolha. Pesquisa agropecuária brasileira, v.50, n.3, p.203-209, 2015.
- ROSA, J. R. P.; SILVA, J. H. S.; RESTLE, J.; PASCOAL, L. L.; BRONDANI, I. L.; FILHO, D. C. A, FREITAS, A. K.; Avaliação do Comportamento Agronômico da Planta e Valor Nutritivo da Silagem de Diferentes Híbridos de Milho (*Zea mays*, L.), Revista Brasileira de Zootecnia, v.33, n.2, p.302-312, 2004.
- RYMEN, B. et al. Cold nights impair leaf growth and cell cycle progression in maize through transcriptional changes of cell cycle genes. Plant Physiology, v. 143, n. 3, p. 1429–1438, 2007.
- SALLA, P. H. H. Eficiência produtiva e econômica de cultivos de milho e sorgo em sucessão para produção de silagem. 2016. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Curso de Pós-graduação em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-Minas Gerais.
- SANS, L. M. A.; MORAIS, A. V. C.; GUIMARÃES, D. P. Época de plantio de sorgo (Comunicado Técnico). MAPA. Sete Lagoas, MG, 2003.
- SANTOS, R. D.; PEREIRA, L. G. R.; NEVES, A. L. A.; AZEVÊDO, J. A. G.; MORAES, S. A.; COSTA, C. T. F.; Características agronômicas de variedades de milho para produção de silagem.; Acta Scientiarum. Animal Sciences, v. 32, n. 4, p. 367-373, 2010.
- SANTOS. G; MORAES, J.M.M.; NUSSIO, L.G. Custo e análise de sensibilidade na produção de silagem. Revista Ipecege, Piracicaba, v.3, n.1, 39-48, 2017.
- SILVA, A.V. Qualidade das silagens de treze genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L) Moench). Belo Horizonte- MG. 98p.Tese (Mestrado em Zootecnia), Curso de Pós –Graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.
- SILVA, F. F.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES J. A. S.; CORRÊA, C. E. S.; RODRIGUEZ, M. N.; BRITO, A. F.; MOURÃO, G. B. Qualidade de silagens de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) de portes baixo, médio e alto com diferentes proporções de colmo+folhas/panícula. 1. Avaliação do processo fermentativo. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 28, n. 1, p. 14-20, 1999.
- SILVA, L. M. Avaliação De Genótipos de Sorgo Forrageiro na Zona da Mata de Alagoas. 2011. 84 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2011.
- SILVA, M. J.; BALBINO, L. C.; CARDOSO, D. A. B.; MIRANDA, L. M.; PIMENTEL, L. D. Características bromatológicas em híbridos de milho para

produção de silagem no estado de Minas Gerais. *Revista de Agricultura Neotropical*, Cassilândia-MS, v. 5, n. 2, p. 76-82, abr./jun. 2018.

SKONIESKI, F. R.; NORBERG, J. L.; AZEVEDO, E. B.; DAVID, D. B.; KESSLER, J. D.; ANDRÉ LUIS MENEGAZ, A. L.; Produção, caracterização nutricional e fermentativa de silagens de sorgo forrageiro e sorgo duplo propósito, *Acta Scientiarum Animal Sciences*, v. 32, n. 1, p. 27-32, 2010.

SOUZA, R. A.; MUNIZ, L. C.; SILVA, I. A. P.; MOCHEL FILHO, W. J. E.; COSTA, J. B.; SOUZA, C. J.; FERREIRA, F. A. S.; Viabilidade econômica da produção de silagem de milho (*Zea mays* L.). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 55., 2018, Goiânia. Anais... Goiânia, GO: SBZ, 2018.

STEFANOSKI, D. C. et al. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 17, n. 12, p. 1301-1309, 2013.

TIRITAN, C. S. et al. Bromatological Composition of Sorghum, Millet Plant and Midget-Guandua Different Cut Times In Intercropping And Monoculture. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 35, p. 183-190, 2013.

TOLENTINO, D. C.; RODRIGUES, J. S. S.; PIRES, D. A. A.; VERIATO, F. T.; LIMA, L. O. B.; MOURA, M. M.A. Qualidade de silagens de diferentes genótipos de sorgo. *Acta Scientiarum Animal Sciences*, Maringá, v. 38, n. 2, p. 143-149, Apr.-June, 2016.

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

VELHO, J. P.; MÜHLBACH, P. R. F.; GENRO, T. C. M.; VELHO, I. M. P. H.; NÖRNBERG, J. L.; ORQIS, M. G. E KESSLER, J. D. Alterações bromatológicas nas frações dos carboidratos de silagens de milho safrinha sob diferentes tempos de exposição ao ar antes da ensilagem. *Revista Brasileira de Zootecnia*. v. 35, p. 1621-1628, 2006.

VIEIRA, V. C.; MARTIN, T. N.; MENEZES, L. F. G.; ORTIZ, S.; BERTONCELLI, P. E STORCK, L. Caracterização bromatológica de silagens de milho de genótipos super precoce. *Ciencia Rural*, Santa Maria-RS, v. 43, p. 1925-1931, 2013.

ZOPOLLATTO, M.; NUSSIO, L. G. N.; MARI, L. J.; SCHMIDT, P.; DUARTE, A.P.; MOURÃO, G. B.; Alterações na composição morfológica em função do estágio de maturação em cultivares de milho para produção de silagem, *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, n.3, p.452-461, 2009.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme abordado no presente trabalho, no Brasil é comum o cultivo de milho e sorgo em duas épocas 1^a e 2^a safras, considerando que as condições ambientais afetam sensivelmente a fenologia, crescimento e os processos fisiológicos dessas culturas em função da época de plantio, a falta de uma caracterização do crescimento e desenvolvimento dificulta a escolha da espécie que melhor se adapta à determinado ambiente de produção. Acredita-se que, o conhecimento da influência do meio ambiente sobre a fenologia, crescimento e fisiologia de plantas de milho e sorgo em função dos cultivos de 1^a e 2^a safras, e melhores sistemas de produção visando altos rendimentos, ofereceria maior segurança nas práticas de manejo e consequentemente maior retorno financeiro.

No primeiro capítulo, foi verificado que maior soma de graus dias impactaram o estágio vegetativo de milho e sorgo cultivado na 1^a safra, e na 2^a safra houve prolongamento desse estágio em função da menor soma de graus dias acumulada, porém não se resumiu em incremento de altura. Além disso, observou-se que as condições de 1^a safra proporcionaram maior área foliar nas plantas de milho e sorgo. Foi observado também, que as plantas reduziram a condutância estomática na 1^a safra e houve semelhança na fotossíntese líquida em plantas de milho e sorgo na 1^a safra com redução desse parâmetro na 2^a safra.

No segundo capítulo, foi realizada uma avaliação de características de crescimento, produtividade, custos de produção e qualidade da silagem em duas safras consecutivas (1^a e 2^a safras). Como resultado, foi verificado que a sequência de plantio de milho na 1^a safra e milho na 2^a safra, sorgo na 1^a safra e milho na 2^a safra proporcionou maiores rendimentos e consequentemente menores custo de produção de silagem. Também, verificou-se redução de produtividade durante a 2^a safra, devido principalmente as condições climáticas desfavoráveis neste período, e nos tratamentos com sorgo a condução da rebrota mostrou-se mais viável, evidenciando o potencial da rebrota em cultivo de 2^a safra. Qualitativamente, os tratamentos com milho e sorgo ficaram dentro dos padrões satisfatórios.

Por fim, conclui-se que do ponto de vista fisiológico o sorgo possui maior desempenho em condições de cultivo de 1^a e 2^a safras. Por outro lado, o milho é mais produtivo em condições ideais de produção, e mesmo com maior custo de produção

por hectare cultivado quando comparado ao sorgo, resulta em menor custo de produção da tonelada silagem. Assim, esse trabalho traz novo entendimento sinalizando que os sistemas de produção de silagem podem ser rearranjados com as culturas de milho e sorgo de forma complementar, de acordo com as condições edafoclimáticas dos sistemas/épocas de cultivo.