

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS RIO VERDE PROGRAMA DE PÓS-
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS – AGRONOMIA

**POTENCIAL DE FORRAGEIRAS DO GÊNERO *Brachiaria*
CONSORCIADAS COM SORGO GRANÍFERO EM SISTEMA
INTEGRADO**

Autora: Stella Mendes Pio de Oliveira
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Katia Aparecida de Pinho Costa
Coorientador: Prof^o. Dr. Eduardo da Costa Severiano

RIO VERDE - GO
Julho 2020

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS RIO VERDE PROGRAMA DE PÓS-
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS – AGRONOMIA

**POTENCIAL DE FORRAGEIRAS DO GÊNERO *Brachiaria*
CONSORCIADAS COM SORGO GRANÍFERO EM SISTEMA
INTEGRADO**

Autora: Stella Mendes Pio de Oliveira
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Katia Aparecida de Pinho Costa
Coorientador: Prof^o Dr. Eduardo da Costa Severiano

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS – AGRONOMIA, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias-Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde – Área de concentração em Produção Vegetal Sustentável no Cerrado.

Rio Verde - GO
Julho 2020

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

0048 Oliveira, Stella
POTENCIAL DE FORRAGEIRAS DO GÊNERO *Brachiaria*
CONSORCIADAS COM SORGO GRANÍFERO EM SISTEMA
INTEGRADO / Stella Oliveira; orientador Katia
Aparecida de Pinho Costa; co-orientador Eduardo da
Costa Severiano. -- Rio Verde, 2020.
49 p.

Dissertação (em Mestrado em Ciências Agrárias) --
Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2020.

1. *Brahiaria brizantha*. 2. *Brachiaria*
ruzizensis. 3. integração lavoura-pecuária. 4.
Sorghum bicolor. 5. rendimento de grãos. I.
Aparecida de Pinho Costa, Katia , orient. II. da
Costa Severiano, Eduardo , co-orient. III. Título.

Responsável: Johnathan Pereira Alves Diniz - Bibliotecário-Documentalista CRB-1 nº2376



TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese | <input type="checkbox"/> Artigo Científico |
| <input checked="" type="checkbox"/> Dissertação | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia - Especialização | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input type="checkbox"/> TCC - Graduação | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Stella Mendes Pio de Oliveira

Matrícula: 2018202310140113

Título do Trabalho: Potencial de forrageiras do gênero *Brachiaria* consorciado com sorgo granífero em sistema integrado

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIIF Goiano: 09/09/2020

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não
O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Local: Rio Verde - GO, Data: 09/09/2020.

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Documentos 23/2020 - NREPG-RV/CPG-RV/DPGPI-RV/DG-RV/CMPRV/IFGOIANO

**POTENCIAL DE FORRAGEIRAS DO GÊNERO *Brachiaria* CONSORCIADAS
COM SORGO GRANÍFERO EM SISTEMA INTEGRADO**

Autora: Stella Mendes Pio de Oliveira

Orientadora: Prof.^a Dr.^a. Kátia Aparecida de Pinho Costa

TITULAÇÃO: Mestra em Ciências Agrárias - Agronomia - Área de Concentração Produção Vegetal Sustentável no
Cerrado

APROVADA em 31 de julho de 2020.

Prof. Dr. Eduardo da Costa Severiano
Avaliador interno
IF Goiano / Rio Verde

Prof.^a. Dra. Rosane Cláudia Rodrigues
Avaliadora externa
UFMA - MA

Prof.^a. Dra. Kátia Aparecida de Pinho Costa
Presidente da banca IF Goiano / Rio Verde

Documento assinado eletronicamente por:

- Rosane Cláudia Rodrigues, Rosane Cláudia Rodrigues - Professor Avaliador de Banca - Ufma (06279103000119), em 05/08/2020 14:58:35.
- Eduardo da Costa Severiano, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 04/08/2020 14:16:22.
- Katia Aparecida de Pinho Costa, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 03/08/2020 16:40:07.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 24/07/2020. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 166056
Código de Autenticação: 49244677c3



AGRADECIMENTOS

Esta dissertação é fruto não apenas de um esforço pessoal, mas também do apoio de diversas pessoas que me deram incentivo intelectual e emocional, direta ou indiretamente, numa das fases mais difíceis da minha vida. Por esse motivo, registro aqui meus mais sinceros agradecimentos:

Agradeço a Deus e a Nossa Senhora, pela grande oportunidade de cursar este mestrado e pelas tantas coisas boas que me concederam.

Aos meus pais, que a todo momento seguraram minha mão, mostraram o caminho de Deus, me ensinaram o significado do amor, amizade, companheirismo e união, me ajudaram com toda a condução do experimento, nunca desistiram de mim e sempre fizeram de tudo por nossa família.

Ao meu irmão Guilherme, que sempre foi meu amigo e confidente, ao nosso trabalho em equipe, pela sua ajuda, pelas risadas, pelo incentivo, pelas brigas, por estar ao meu lado em todos os momentos.

Às minhas estrelinhas João Ferreira Pio Filho e Maria Mendes Pio.

À minha tão querida e especial orientadora, Profa. Dr^a. Kátia Aparecida de Pinho Costa, por ter me aceito, ser minha segunda mãe, pelos conselhos e ensinamentos, por acreditar em meu potencial e em meu trabalho e, acima de tudo, por contribuir para meu crescimento.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Eduardo da Costa Severiano, pela colaboração no desenvolvimento da pesquisa.

Ao Prof. Dr. Alessandro Guerra da Silva, pela contribuição para que esse trabalho fosse possível.

Agradeço ao IF Goiano-Campus Rio Verde, pelo apoio e suporte para condução do experimento, e a todos os professores e servidores, pela transmissão do conhecimento e apoio.

À minha família do Laboratório de Forragicultura e Pastagens do IF Goiano, Mariana, Kamilly, Vitor, Gercileny, João Antônio, João Victor e Dr. Itamar, que me ajudaram de forma direta na execução do projeto e fazia meus dias mais alegres.

Aos amigos que fiz em Rio Verde, que levarei para vida Francielly, Oswaldo, Guilherme, Acácia, Monisi, Tamires, Sinara, Kelly, Arlini, Família Remo, obrigada por entenderem e apoiarem minhas loucuras.

Aos meus queridos amigos de longa data Jaqueline, Camila, Natacha, Andressa, Fernanda, Inara, Thaís, Bárbara, Fabrícia, Letícia, Andiarie, Sandro, Cárola, Maria Antonieta, Leonardo, Renan, Juliana Boian, Natália Mashiba, nem mesmo a distância física é capaz de diminuir ou apagar o meu amor por vocês, obrigada por permanecerem, por entenderem minha ausência e torcerem por mim.

A todos aqueles que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação.

Muito obrigada!

BIOGRAFIA DA AUTORA

Stella Mendes Pio de Oliveira, nascida em Guararapes - SP em 27 de setembro de 1990, filha de Odete Mendes Pio de Oliveira e Gilberto Mendes de Oliveira. Graduada em Agronomia pela Universidade Estadual de Maringá, 2016. Em setembro de 2018, ingressou no Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciências Agrárias - Agronomia, nível de mestrado, no Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde - GO, sob a orientação da Professora Dra. Kátia Aparecida de Pinho Costa, finalizando a dissertação em julho de 2020.

ÍNDICE

	Páginas
ÍNDICE DAS TABELAS	Viii
ÍNDICE DAS FIGURAS	Ix
LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES	X
RESUMO	Xi
1. INTRODUÇÃO	1
2.REFERÊNCIAS	3
3.OBJETIVOS	7
CAPÍTULO 1	8
DESEMPENHO DE SORGO GRANÍFERO E FORRAGENS DO GÊNERO <i>Brachiaria</i> EM SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA.....	8
4.1 INTRODUÇÃO	9
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	11
4.3 RESULTADOS	14
4.4 DISCUSSÃO	20
4.5 CONCLUSÃO	25
4.6 REFERÊNCIAS	26
5. CONCLUSÃO GERAL	36

ÍNDICE DE TABELAS

		Páginas
Tabela 1	Altura de plantas e diâmetro de colmo de acordo com a fase vegetativa (EC1) aos 30 DAS, fase reprodutiva (EC2) aos 60 DAS e fase de maturação de grãos (EC3) aos 90 DAS do sorgo em monocultivo e consorciado com forrageiras do gênero <i>Brachiaria</i>	15
Tabela 2.	Altura de plantas final, diâmetro do colmo final, diâmetro de panícula, comprimento de panícula, número de grãos por panícula, massa de mil grãos e produtividade de grãos do sorgo consorciados com forrageiras do gênero <i>Brachiaria</i>	16
Tabela 3	Altura do dossel e número de perfilhos das forrageiras do gênero <i>Brachiaria</i> consorciadas com sorgo granífero, avaliados aos 30, 60 e 90 dias após a semeadura	18
Tabela 4	Altura do dossel, produção de massa seca, lâmina foliar, colmo e número de perfilhos das forrageiras do gênero <i>Brachiaria</i> consorciadas com sorgo granífero, avaliados na colheita	19
Tabela 5	Teores de PB, FDN, FDA, lignina e DIVMS das forrageiras do gênero <i>Brachiaria</i> consorciadas com sorgo granífero, avaliados na colheita	19

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Valores de precipitação (mm), temperatura máxima (°C), temperatura mínima (°C) e temperatura média (°C) em Rio Verde, Goiás, Brasil, no período de janeiro a maio de 2019	12

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

%	Porcentagem	
CTC	Capacidade de troca de cátions	$\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$
pH	Potencial Hidrogeniônico	
MO	Matéria Orgânica	g kg^{-1}
Al^{3+}	Alumínio trocável	
V	Saturação de Base	%
FTE	Fritted Trace Elements	kg ha^{-1}
K_2O	Óxido de potássio	
DAS	Dias após a semeadura	
$^{\circ}\text{C}$	Graus celsius	
mg	Miligramas	
mm	Milímetro	
Cm	Centímetro	
L	Litro	
ha^{-1}	Por hectare	
kg	Quilograma	
m^{-1}	Por metro	
EC1	Etapa de crescimento 1	
EC2	Etapa de crescimento 2	
EC3	Etapa de crescimento 3	
MS	Matéria Seca	$\text{g kg}^{-1} \text{ MS}$
PB	Proteína Bruta	$\text{g kg}^{-1} \text{ MS}$
FDA	Fibra em Detergente Ácido	$\text{g kg}^{-1} \text{ MS}$
FDN	Fibra em Detergente Neutro	$\text{g kg}^{-1} \text{ MS}$
DIVMS	Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca	$\text{g kg}^{-1} \text{ MS}$
DC	Diâmetro de colmo	mm
APF	Altura de plantas final	cm
DCF	Diâmetro do colmo final	mm
CP	Comprimento de panícula	cm
NGP	Número de grãos por panícula	
M1000G	Massa de mil grãos	g

RESUMO

OLIVEIRA, S. M. P. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde – GO, julho 2020. **Potencial de forrageiras do gênero *Brachiaria* consorciado com sorgo granífero em sistema integrado.** Orientadora: Dr^a. Kátia Aparecida de Pinho Costa, Coorientador Dr. Eduardo da Costa Severiano.

Apesar do avanço no lançamento de novas forrageiras no mercado, pouco se conhece do potencial em sistemas integrados com a cultura do sorgo granífero, cultivados na segunda safra. Sendo assim, objetivou-se com este trabalho avaliar as características agronômicas do sorgo granífero, bem como as características produtivas e nutritivas de forrageiras do gênero *Brachiaria* em sistemas integrados de produção, na segunda safra. O experimento foi conduzido no Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, Goiás, Brasil, na segunda safra de 2019. O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos do consórcio do sorgo com seis forrageiras do gênero *Brachiaria*, *Brachiaria ruziziensis*, *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés, *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã, *Brachiaria brizantha* cv. BRS Paiaguás e *Brachiaria* cv. BRS Ipyporã e mais um tratamento adicional do sorgo em monocultivo. Os resultados mostraram que o consórcio de sorgo com os capins marandu e xaraés reduziu o rendimento de grãos do sorgo. Os capins ruziziensis e ipyoporã proporcionaram menor produção de forragem em consórcio e os capins paiaguás, piatã e ipyoporã, melhor valor nutritivo, podendo ser mais recomendadas em sistema integrado com o sorgo. A escolha adequada da forrageira, associada à cultura anual em sistema integrado, pode intensificar a sustentabilidade da produção agrícola, otimizando o uso da área

Palavras-chave: *Brahiaria brizantha*, *Brachiaria ruziziensis*, integração lavoura-pecuária, *Sorghum bicolor*, rendimento de grãos

ABSTRACT

OLIVEIRA, STELLA MENDES PIO DE. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano (Goiano Federal Institute), Rio Verde *Campus*, Goiás State (GO), Brazil, July 2020. **Potential of genus *Brachiaria* forages intercropped with grain sorghum in integrated system.** Advisor: Dr. Costa, Kátia Aparecida de Pinho. Co-Advisor: Dr. Severiano, Eduardo da Costa.

Despite the launch of new forages on the market, little is known about the potential in systems integrated with the grain sorghum crop in the second harvest. The objective of this study was to evaluate the performance (agronomic characteristics) of grain sorghum and the production and nutritional characteristics of forage plants of the genus *Brachiaria* in an integrated agricultural production system in the second season. The experiment had a randomized block design with four replicates. The treatments consisted of the intercropping of sorghum with forage plants of the genus *Brachiaria* (*Brachiaria ruziziensis*, *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés, *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã, *Brachiaria brizantha* cv. BRS Paiaguás, *Brachiaria* cv. BRS Ipyporã), in addition to an extra treatment with sorghum in monoculture. The results showed that intercropping of sorghum with Marandu palisadegrass and Xaraes palisadegrass led to lower grain yield. The Xaraes palisadegrass, Piata palisadegrass, and Paiaguas palisadegrass displayed higher forage production in intercropping. However, the Paiaguas palisadegrass, Piata palisadegrass, and Ipypora grass have better nutritional value and may be more strongly recommended in an integrated system with sorghum, and they are promising alternatives for grain and forage production in the off-season. The right forage grass combined with sorghum in an integrated system can intensify agricultural production, optimizing the use of the area and increasing sustainability.

Keywords: *Brahiaria brizantha*, *Brachiaria ruziziensis*, *Sorghum bicolor*, crop-livestock intercropping, grain yield

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de alternativas para o restabelecimento da capacidade de produção de pastagens cultivadas é fundamental para alcançar a sustentabilidade e a intensificação da atividade pastoral nas regiões de Cerrado (Moraine et al., 2016).

Uma opção viável é a integração dos sistemas de produção de grãos e forragem no plantio direto. Este sistema tem potencial de aumentar a produção de ambas as culturas, reduzir os riscos de degradação, atender dificuldades da pecuária em razão da produção de forragem na entressafra (Mateus et al., 2016).

O benefício de manter e repor a matéria orgânica, possibilitando solos bem drenados, com maior taxa de infiltração e disponibilidade de nutrientes, pode reduzir o escoamento superficial evitando a erosão e melhorando as características químicas, físicas e biológicas do solo (Mateus et al., 2016; Pariz et al., 2017).

A identificação da melhor associação entre a cultura anual e diferentes espécies de forrageiras possibilitará a exploração da produção de grãos e forragem. Após a colheita do grão, a área passará a ser utilizada como pastejo direto, por isso a utilização de forrageiras mais produtivas durante a estação seca é importante por contribuir para a diminuição da estacionalidade da produção das pastagens (Costa et al., 2015).

Nesse sentido, a forrageira adequada para o consórcio, além de favorecer a produção do grão da cultura anual, deve apresentar bom estabelecimento e crescimento quando em consórcio (Andrade et al., 2020) bem como produção de forragem com restrição hídrica.

A integração pode ser adotada por meio de consórcio, sucessão ou rotação (Soares et al., 2020) de culturas anuais com forrageiras tropicais. Em relação à cultura anual, o sorgo granífero vem sendo cultivado em consórcio em sistemas integrados com espécies do gênero *Brachiaria*, com resultados positivos (Silva et al., 2013; Mateus et al., 2016), para ambas as culturas, pelo fato de a morfologia não interferir no desenvolvimento das forrageiras (Horvanathy Neto et al., 2014; Silva et al., 2015; Ribeiro et al., 2015; Silva et al., 2017; Ambus et al., 2018). Além disso, apresenta características favoráveis a seu desenvolvimento no período de safrinha, como tolerância a déficit hídrico, amplitude de plantio, capacidade de rebrota e baixa fertilidade (Borges et al., 2016).

Entre as forrageiras tropicais destacam-se aquelas do gênero *Brachiaria*. A *Brachiaria ruziziensis* é uma das mais utilizadas em sistemas integrados, é relativamente exigente em nutrientes, não tolera climas frios, apresenta porte baixo, crescimento estolonífero, com excelente cobertura de solo (Duarte et al., 2019).

Entretanto, cada dia vêm surgindo novas cultivares de *Brachiaria*, principalmente da espécie *Brizantha*. O capim-marandu é a mais antiga, surgiu na década de 80 e apresenta como característica tolerância à acidez no solo, alta resposta à adubação, elevado potencial de produção de forragem, sistema radicular profundo e resistência à cigarrinha (Medica et al., 2017).

O capim-xaraés é uma planta de crescimento ereto, com alta produtividade e porcentagem de folhas, tem florescimento tardio, o que prolonga o pastejo durante o período de seca (Véras et al., 2018). O capim-piatã apresenta alta produção com quantidade de folhas acima de 50% da massa de forragem, é de fácil estabelecimento e resistente à cigarrinha das pastagens, tem média tolerância a solos mal drenados e alta qualidade da forragem (Fernandes et al., 2020).

O capim-paiaguás apresenta alta relação lâmina foliar:colmo (Costa et al., 2016), com isso vem se destacando no acúmulo de massa nas estações secas do ano (Euclides et al., 2016; Epifanio et al., 2019). Já o híbrido Ipyporã foi um lançamento mais recente das *Brachiarias* e apresenta como característica porte baixo, adaptado aos solos do Cerrado, boa produtividade, elevado valor de folha em relação ao colmo, sendo considerado uma importante alternativa forrageira para sistemas de produção animal baseado em pastagens em razão da sua qualidade de forragem (Echeverria et al., 2016).

Entretanto, apesar do avanço no lançamento de novas forrageiras no mercado, pouco se conhece do potencial em sistemas integrados com a cultura do sorgo granífero, cultivados na segunda safra. Sendo assim, pesquisas com sistemas integrados devem ser conduzidas para contribuir e gerar mais informações como alternativa de diversificação de culturas na propriedade, com o intuito de atender tanto a agricultura (produção de grãos) como a pecuária (produção de forragem), com maior sustentabilidade do sistema.

2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMBUS, J.V. REICHERT, J.M; GUBIANI, P.I; CARVALHO, P.C.F. Changes in composition and functional soil properties in long-term no-till integrated crop-livestock system. **Geoderma**, v. 330, p. 232 – 243, 2018.

ANDRADE, C. A. O.; BORGHI, E.; BORTOLON, L.; BORTOLON, E. S. O.; CAMARGO, F. P.; AVANZI, J. C.; GUARDA, V. D. A.; CUNHA, M. K.; SILVA, R. R.; FIDELIS, R. R. Forage Production and bromatological composition of forage species intercropped with soybean. **Journal of Agricultural Science**, v. 12, n.1, 2020.

BORGES, L. P.; SILVA, A. G.; GOULART, M. P.; TEIXEIRA, I. R.; SIMON, G. A.; COSTA, K. A. P. Seeding density of *Brachiaria ruziziensis* intercropped with grain sorghum and effects on soybean in succession. **African Journal of Agricultural Research**, vol. 11(43), p. 4343-4353, 2016.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; ULIAN, N. A.; COSTA, B. S.; PARIZ, C. M.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Acúmulo de nutrientes e tempo de decomposição da palhada de espécies forrageiras em função de épocas de semeadura. **Bioscience Journal**, v.31, p. 818-829, 2015.

COSTA, R. R. G. F.; COSTA, K. A. P.; SANTOS, C. B.; SEVERIANO, E. C.; EPIFANIO, P. S.; SILVA, J. T.; TEIXEIRA, D. A. A.; SILVA, V. R. Production and nutritional characteristics of pearl millet and Paiaguas palisadegrass under different forage systems and sowing periods in the off season. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n.19, p. 1712-1723, 2016.

DUARTE, C. F. D.; PROCHERA, D. L.; PAIVA, L. M.; FERNANDES, H. J.; BISERRA, T. T.; CASSARO, L. H.; FLORES, L. S.; FERNANDES, R. L. Morfogênese de braquiárias sob estresse hídrico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 71, n. 5, p. 1669-1676, 2019.

ECHEVERRIA, J. R.; EUCLIDES, V. P. B.; SBRISSIA, A. F.; MONTAGNER, D. B.; BARBOSA, R. A.; NANTES, N. N. Acúmulo de forragem e valor nutritivo do híbrido de *Urochloa* 'BRS RB331 Ipyporã sob pastejo intermitente. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 51, n. 7, p. 880-889, 2016.

EPIFANIO, P. S.; COSTA, K. A. P.; SEVERIANO, E. C.; SOUZA, W. F., TEIXEIRA, D. A. A.; SILVA, J. T.; AQUINO, M. M. Productive and nutritional characteristics of *Brachiaria brizantha* cultivars intercropped with *Stylosanthes* cv. Campo Grande in different forage systems. **Crop & Pasture Science**, v.70, p.718-729, 2019.

EUCLIDES, V. P. B.; MONTAGNER, D. B.; BARBOSA, R. A.; VALLE, C. B.; NANTES, N. N. Animal performance and sward characteristics of two cultivars of *Brachiaria brizantha* (BRS Paiaguás and BRS Piatã). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 45, n.3, p. 85-92, 2016.

FERNANDES, L. S.; DIFANTE, G. S.; COSTA, M.G.; EMERENCIANO NETO, J. V.; ARAÚJO, I. M. M.; DANTAS, J. L. S.; GURGEL, A. L. C. Pasture structure and sheep performance supplemented on different tropical grasses in the dry season. **Revista Mexicana de Ciências Pecuarias**, v.11, p.89-101, 2020.

HORVATHY NETO, A.; SILVA, A. G.; TEIXEIRA, I. R.; COSTA, K. A. P.; ASSIS R. L. Consórcio de sorgo granífero e braquiária na safrinha para produção de grãos e forragem. **Caatinga**, v. 27, n. 3, p. 132-141, 2014.

HORVATHY NETO, A.; SILVA, A. G.; TEIXEIRA, I. R.; SIMON, G. A.; ASSIS, R. L.; ROCHA, V. S. Consórcio sorgo e braquiária para produção de grãos e palhada na entressafra. **Agrária**, v. 7, p. 743-749, 2012.

MATEUS, G. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; PARIZ, C. M.; BORGHI, E.; COSTA, C.; MARTELLO, J. M.; FRANZLUEBBERS, A. J.; CASTILHOS, A. M. Sidedress nitrogen application rates to sorghum intercropped with tropical perennial grasses. **Agronomy Journal**, v. 108, p. 433-447, 2016.

MEDICA, J. A. S.; REIS, N. S.; SANTOS, M. E. R. Caracterização morfológica em pastos de capim marandu submetidos a frequências de desfolhação e níveis de adubação. **Ciência Animal Brasileira**, v. 18, p. 1-13, 2017.

MORAINE, M.; DURU, M.; THEROND, O. A social-ecological framework for analyzing and designing integrated crop-livestock systems from farm to territory levels. **Renewable Agriculture and Food Systems**, v.1, p. 1-14, 2016.

PARIZ, C. M.; COSTA, C.; CRUSCIOL, C. A. C.; CASTILHOS, A. M.; MEIRELLES, P. R. L.; ROÇA, R. O.; PINHEIRO, R. S. B.; KUWAHARA, F. A.; MARTELLO, J. M.; CAVASANO, F. A.; YASUOKA, J. I.; SARTO, J. R. W.; MELO, V. F. P.; FRANZLUEBBERS, A. J. Lamb production responses to grass grazing in a companion crop system with corn silage and oversowing of yellow oat in a tropical region. **Agricultural Systems**, v.151, p. 1-11, 2017.

PARIZ, C. M.; COSTA, C.; CRUSCIOL, C. A. C.; MEIRELLES, P. R. L.; CASTILHOS, A. M.; ANDREOTTI, M.; COSTA, N. R.; MARTELLO, J. M.; SOUZA, D. M.; SARTO, J. R. W.; FRANZLUEBBERS, A. J. Production and soil responses to intercropping of forage grasses with corn and soybean silage. **Agronomy Journal**, v.108, p. 2541-2553, 2016.

RIBEIRO, M. G.; COSTA, K. A. P.; SILVA, A. G.; SEVERIANO, E. C.; SIMON, G. A.; CRUVINEL, W. S.; SILVA, V. R.; SILVA, J. T. Grain sorghum intercropping with *Brachiaria brizantha* cultivars in two sowing systems as a double crop. **African Journal of Agricultural Research**, v.10, n.39, p. 3759-3766, 2015.

SILVA, A. G.; ANDRADE, C. L. L.; GOULART, M. M. P.; TEIXEIRA, I. R.; SIMON, G. A.; MOURA, I. C. S. Consórcio de sorgo granífero com braquiárias na safrinha para produção de grãos e biomassa. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.16, n.3, p. 495-508, 2017.

SILVA, A. G.; HORVATHY NETO, A.; TEIXEIRA, I. R.; COSTA, K. A. P.; BRACCINI, A. L. Seleção de cultivares de sorgo e braquiária em consórcio para produção de grãos e palhada. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 5, p. 2951-2964, 2015.

SILVA, A. G.; MORAES, L. E.; NETO, A. H; TEIXEIRA, I. R.; SIMON, G.A. Consórcio na entrelinha de sorgo com braquiária na safrinha para produção de grãos e forragem. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 6, p. 3475-3488, 2013. (Suplemento 1).

SOARES, M. B.; FREDDI, O. S.; MATOS, E. S.; TAVANTI, R. F. R.; WRUCK, F. J.; LIMA, J. P.; MARCHIORO, V.; Franchini, J. C. Integrated production systems: An alternative to soil chemical quality restoration in the Cerrado-Amazon ecotone. **Catena**, v. 185, n. 104279, 2020.

VÉRAS, E. L. L.; DIFANTE, G. S.; GUGEL, A. L. C.; COSTA, C. M.; EMERENCIANO NETO, J. V.; RODRIGUES, J. G.; COSTA, A. B. G.; PEREIRA, M. G.; ÍTAVO, L. C. V. Tillering capacity of *Brachiaria* cultivars in the brazilian semi-arid region during the dry season. **Tropical Animal Science Journal**, v. 43, n. 2, p. 133-140, 2018.

3. OBJETIVOS

Avaliar as características agronômicas e a produtividade de grãos do sorgo granífero em monocultivo e consorciado com forrageiras do gênero *Brachiaria*.

Avaliar as características produtivas, qualidade da forragem, através da composição bromatológica e digestibilidade *in vitro* da matéria seca de forrageiras do gênero *Brachiaria* consorciadas com o sorgo.

4. CAPÍTULO 1

DESEMPENHO DE SORGO GRANÍFERO E FORRAGENS DO GÊNERO *Brachiaria* EM SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA

RESUMO: Entre as forrageiras utilizadas em sistemas integrados, destacam-se aquelas do gênero *Brachiaria*. No entanto, pouco se conhece sobre o potencial das novas espécies e cultivares em consórcio com sorgo, implantadas na segunda safra. Sendo assim, objetivou-se avaliar o desempenho do sorgo granífero (características agronômicas), bem como as características produtivas e nutritivas de forrageiras do gênero *Brachiaria* em sistema integrado de produção agropecuária, na segunda safra. O experimento foi conduzido no delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pelo consórcio do sorgo com forrageiras do gênero *Brachiaria*, *Brachiaria ruziziensis*, *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés, *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã, *Brachiaria brizantha* cv. BRS Paiaguás, *Brachiaria* cv. BRS Ipyporã, além de um tratamento adicional referente ao sorgo em monocultivo. Os resultados permitiram constatar que o consórcio de sorgo com os capins marandu e xaraés ocasionou redução da produtividade de grãos. Os capins xaraés, piatã e paiaguás proporcionaram maior produção de forragem em consórcio, e os capins paiaguás, piatã e iyporã, melhor valor nutritivo, podendo ser mais recomendadas em sistema integrado com o sorgo, sendo alternativa promissora para a produção de grão e forragem na entressafra. A escolha da forrageira associada ao sorgo em sistema integrado pode intensificar a produção agropecuária, otimizando o uso da área com maior sustentabilidade.

Palavras chave: *Brachiaria brizantha*, *Brachiaria ruziziensis*, integração lavoura-pecuária, *Sorghum bicolor*, produtividade de grãos

4.1 INTRODUÇÃO

Com 205 milhões de hectares, a região do Cerrado do Brasil Central em pouco tempo se tornou a principal área de produção de grãos e carne (Salton et al., 2014). De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2020), a área de produção e a produtividade da região alcançaram aumento de 1,8% em relação ao ano de 2019.

O cenário brasileiro de expansão da atividade agropecuária tem gerado retornos econômicos para o País, porém com grande passivo ambiental (Freitas et al., 2019). O monocultivo e as práticas inadequadas de manejo do solo e das pastagens causam degradação e perdas de recursos naturais, assim como redução da produtividade e assoreamentos. Estima-se que na região do Cerrado do Brasil existam pelo menos 32 milhões de hectares de pastagens degradadas (Andrade et al., 2016), ou seja, áreas caracterizadas por uma queda no vigor da produtividade das plantas. Estas áreas têm redução da capacidade de suporte e menor produção animal, o que resulta em expressivos danos econômicos e ambientais (Euclides et al., 2019). Desta forma, é oportuna a necessidade de criação de ações de fomento como o plano nacional sobre mudança do clima e o programa nacional para uma agricultura de baixo carbono (Programa ABC) (Milhorance et al., 2020).

Neste contexto, os sistemas de integração lavoura-pecuária têm sido considerados uma das tecnologias mais sustentáveis e competitivas para o avanço do agronegócio brasileiro (Oliveira et al., 2017). Estes sistemas evitam a degradação e melhoram a eficiência de uso das áreas agrícolas (Carvalho et al., 2018; Soares et al., 2019), o que favoreceu sua crescente adoção no Brasil (Garrett et al., 2017). Além da intensificação e maior eficiência do uso da terra, são gerados outros benefícios ao ambiente como maior sequestro de carbono, aumento da matéria orgânica do solo, redução da erosão e melhoria das condições microclimáticas e do bem-estar animal (Vincent-Caboud et al., 2019; Fernandes et al., 2020).

Entretanto, considerando as interações entre cultura anual e forrageiras tropicais, os sistemas integrados tornam-se dinâmicos e complexos, sendo necessárias pesquisas

científicas e tecnológicas mais apuradas para que haja tanto sua consolidação quanto sua sustentabilidade ambiental e produtiva (Soussana e Lemaire, 2014). Assim, várias pesquisas têm evidenciado as potencialidades das forrageiras tropicais neste sistema para a diversificação das pastagens (Carvalho et al., 2018; Guarnieri et al., 2019; Oliveira et al., 2020).

Entre as forrageiras utilizadas para os sistemas de consorciação de culturas na região dos Cerrados, destacam-se as gramíneas do gênero *Brachiaria*. Quando inserida nos sistemas integrados e em razão de suas características, esse gênero proporciona melhoria da estrutura do solo, dado seu abundante sistema radicular (Moraes et al., 2016), que favorece a agregação do solo (Flávio Neto et al., 2015), a infiltração de água e a melhoria da aeração (Merten et al., 2015). Possibilita ainda redução da utilização de agroquímicos (Loss et al., 2011), melhoria do controle de plantas daninhas (Matias et al., 2019), acúmulo de nutrientes na cobertura vegetal (Dias et al., 2020) e produção de forragem de qualidade na época de escassez de alimento (período da seca), capaz de suprir as necessidades dos ruminantes (Costa et al., 2016).

Levando em consideração o histórico de cultivo das forrageiras no Brasil, na década de 70, a *Brachiaria ruziziensis* foi lançada no mercado. Em 1984, a cultivar Marandu foi a que teve maior destaque, sendo considerada a espécie mais cultivada no país (Pedreira et al., 2019). Após esse período, com longo processo de melhoramento genético das forrageiras, foi lançado em 2004 a cultivar Xaraés, e pouco tempo depois as cultivares BRS Piatã (2007) e BRS Paiaguás (2013) e recentemente o híbrido Ipyporã (2017).

Ao mesmo tempo têm surgido culturas anuais alternativas para utilização em sistemas integrados. Entre essas culturas, destaca-se o cultivo de sorgo granífero na segunda safra na região Centro-Oeste do Brasil (Buffara et al., 2018). Esta cultura se destaca pela menor exigência em fertilidade do solo, capacidade de rebrota após a colheita dos grãos e maior tolerância a déficit hídrico. Estas características permitem maior amplitude de época de semeadura, o que confere uma das maiores vantagens em relação à cultura do milho (Mateus et al., 2016). Com isso, principalmente no estado de Goiás, a cultura do sorgo está se expandindo cada vez mais no Brasil para produção de grãos (Silva et al., 2017), forragem (Ribeiro et al., 2017) e silagem (Oliveira et al., 2020). No entanto, pouco se conhece sobre o potencial de novas forrageiras do gênero *Brachiaria* consorciadas com sorgo.

Sendo assim, pela necessidade de gerar mais informações a respeito dos sistemas integrados, objetivou-se avaliar o desempenho do sorgo granífero (características agronômicas), bem como as características produtivas e nutritivas de forrageiras do gênero *Brachiaria* em sistema integrado de produção agropecuária, na segunda safra.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

Descrição da área experimental

O experimento foi conduzido a campo em área experimental do Instituto Federal Goiano, localizado no município de Rio Verde-Goiás, em um Latossolo Vermelho Acriférico típico (Santos et al., 2018). O relevo desta região é suavemente ondulado, o que ajuda a explicar o avanço da agricultura mecanizada e intensiva (Severiano et al., 2013).

Foram coletadas amostras do solo antes da implantação do experimento para determinação das características físicas e químicas do solo da área experimental na camada de 0-20 cm, que apresentaram 382; 97 e 521 g kg⁻¹ de argila, silte e areia, respectivamente; pH em CaCl₂:5,0; Ca: 1,7; Mg: 1,1; Al: 0,0; Al + H: 3,6; K₂O: 0,38; CTC: 6,78 em cmol_c dm⁻³; V: 47% e P (mehlich): 4,0; Cu: 2,8; Zn: 0,5; Fe: 16,0 em mg dm⁻³; M.O.: 33,0 g kg⁻¹.

A área experimental tem histórico de sistema de integração lavoura-pecuária, porém permanecia sem atividades agrícolas nos últimos quatro anos, com grande quantidade de plantas daninhas. O preparo da área foi feito com a dessecação da cultura anterior, com aplicação do herbicida Transorb 3.5 L ha, na dose de 2.058 g i.a. ha¹, com volume de calda de 150 L ha¹. Trinta dias após a dessecação, foi feita a gradagem, com grade aradora a 0,20 m de profundidade, para eliminação das plantas daninhas não controladas pelo herbicida, seguida de uma operação de subsolagem e de grade niveladora.

Os dados de precipitação e temperaturas mínima, média e máxima mensal durante a condução do experimento estão apresentados na Figura 1.

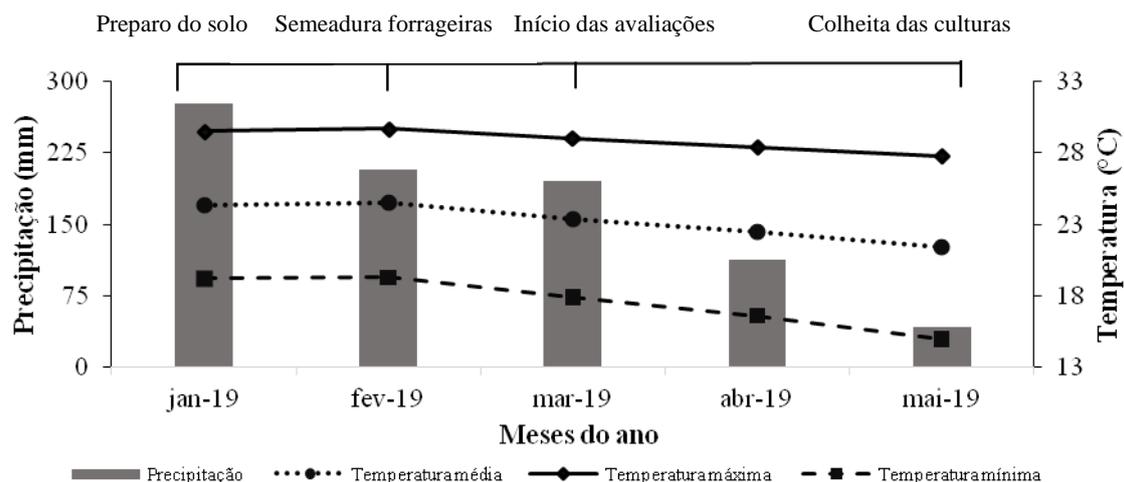


Figura 1. Valores de precipitação (mm), temperatura máxima (°C), temperatura mínima (°C) e temperatura média (°C) em Rio Verde, Goiás, Brasil, no período de janeiro a maio de 2019.

Delineamento estatístico, tratamentos e implantação das culturas

O experimento foi conduzido no delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos do consórcio do sorgo com seis forrageiras do gênero *Brachiaria*, *Brachiaria ruziziensis*, *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés, *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã, *Brachiaria brizantha* cv. BRS Paiaguás, *Brachiaria* cv. BRS Ipyporã, além de um tratamento adicional referente ao sorgo em monocultivo. O híbrido granífero utilizado foi o Buster, caracterizado como super precoce, porte baixo e de coloração vermelha dos grãos e sem tanino.

Uma semana antes da sementeira, foi aplicada uma tonelada de calcário filler a lance e incorporado ao solo para elevar a saturação por base para 60%. A sementeira dos sistemas forrageiros foi feita de forma manual em 04 de fevereiro de 2019, com aplicação no sulco de plantio de 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 20 kg ha⁻¹ de FTE BR 12 ((9% Zn; 1,8% B; 0,8% Cu; 2% Mn; 3,5% Fe and 0,1% Mo), com uso das fontes de superfosfato simples e fritas, respectivamente.

No monocultivo e no consórcio, o sorgo foi semeado a 2 cm e as forrageiras do gênero *Brachiaria*, a 6 cm de profundidade, na mesma linha de sementeira. Cada parcela foi constituída por seis linhas de 3,0 m de comprimento espaçadas de 0,50 m. A área útil foi obtida considerando apenas as três linhas centrais, eliminado 0,5 m de cada extremidade.

A densidade de semeadura do sorgo foi determinada para uma população média de 240.000 plantas ha⁻¹. Para as *Brachiaria*, foi utilizado o equivalente a 5,0 kg de sementes puras viáveis por hectare para todas as forrageiras. Quando as plantas do sorgo estavam em estágio de três e seis folhas completamente desenvolvidas, foram feitas duas adubações de cobertura a lanço, aplicando no total 120 e 80 kg ha⁻¹ de nitrogênio e K₂O nas fontes de ureia e cloreto de potássio, respectivamente.

Para o controle das plantas daninhas em pós-emergência, foram feitas capinas manuais semanalmente até 50 dias após semeadura (DAS). Foram feitos controles para lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*) com duas aplicações de 150 ml ha⁻¹ de inseticida lambda-cialotrina + clorantraniliprole, 7,5 e 15 g i.a. ha⁻¹, respectivamente, aos 18 e 24 DAS.

Avaliação das características agronômicas do sorgo

As características agronômicas avaliadas na cultura do sorgo granífero durante o desenvolvimento foram: altura de planta (medida do solo até a extremidade da última folha completamente expandida ou da panícula) e diâmetro de colmo aos 30 DAS (Estágio de crescimento 1: da germinação à diferenciação da panícula), aos 60 DAS (Estágio de crescimento 2: da diferenciação floral à floração), aos 90 DAS (Estágio de crescimento 3: da floração à maturidade fisiológica dos grãos) e na colheita. Todas as avaliações foram feitas em dez plantas escolhidas aleatoriamente na área útil das parcelas.

A colheita do sorgo ocorreu no dia 20 de maio de 2019 aos 120 dias após a semeadura, sendo avaliados ainda o comprimento de panícula (medição do comprimento de dez panículas), seu diâmetro (medição da parte mediana da panícula), número de grãos por panícula (debulha dos grãos e posterior contagem), massa de mil grãos (pesagem de mil grãos escolhidos aleatoriamente após a debulha, com correção da umidade para 13%) e produtividade de grãos (debulha e pesagem dos grãos, com correção da umidade para 13%, convertendo os dados para kg ha⁻¹).

Avaliação das produtivas e nutritivas das forrageiras

As avaliações das características produtivas das forrageiras foram feitas aos 30, 60 e 90 DAS com determinação da altura do dossel (medição da base da planta ao receptáculo em dez plantas escolhidas aleatoriamente) e número de perfilho (contagem do número de perfilhos por m²). Após a colheita do sorgo, foram avaliados ainda a

altura do dossel, o número de perfilhos, a relação lâmina foliar:colmo e a produção de massa seca por meio do corte simulando pastejo.

Para determinação da produção de massa seca, foram coletadas três amostras de 1 m linear por parcela, direcionando o quadrado aleatório dentro de cada parcela, cortando os capins Marandu, Xaraés, Piatã e Paiaguás a 20 cm do solo e os capins Ruziziensis e Ipyporã ao 15 cm do solo, contidos no interior do quadrado. O material coletado no campo foi acondicionado em sacos plásticos e enviado ao laboratório e pesado. Em seguida, foi retirada uma amostra representativa de cada parcela e colocada em estufa de circulação forçada de ar a 55°C até atingir peso constante. Posteriormente, as amostras foram moídas com peneira de 1 mm e armazenadas para serem analisadas.

Foram feitas análises bromatológicas para determinação da matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e lignina de acordo com as metodologias descritas pela AOAC (1990); e fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), pelo método descrito por Mertens (2002). A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foi feita pela técnica descrita por Tilley e Terry (1963), adaptada ao rúmen artificial, desenvolvido pela ANKON®, usando o instrumento “Daisy incubator” da Ankom Technology (*in vitro true digestibility- IVTD*).

As variáveis foram submetidas à análise de variância pelo programa R versão R-3.1.1 (2014), utilizando o pacote ExpDes (Ferreira et al., 2014). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

4.3 RESULTADOS

Cultura do Sorgo

Os resultados da análise de variância permitiram constatar efeitos significativos ($p < 0,05$) entre os sistemas de cultivo para altura de plantas avaliada aos 30 e 60 DAS. No entanto, para a mesma variável aos 90 DAS e diâmetro do colmo aos 30, 60 e 90 DAS não houve influência ($p > 0,05$) dos sistemas de cultivo, cujos resultados foram semelhantes entre os tratamentos (Tabela 1).

Os consórcios com os capins Marandu, Xaraés, Piatã e Paiaguás resultaram em maior desenvolvimento da cultura refletindo em maiores alturas de plantas do sorgo aos 30 e 60 DAS, diferenciando-se do monocultivo, que apresentou menor altura (Tabela 1). Porém ausência de diferenças ($p > 0,05$) foram constatadas aos 90 DAS - fase de maturação

de grãos (EC3) como também entre as médias dos tratamentos para o diâmetro de colmo, independente da época de avaliação.

Tabela 1. Altura de plantas e diâmetro de colmo de acordo com a fase vegetativa (EC1) aos 30 DAS, fase reprodutiva (EC2) aos 60 DAS e fase de maturação de grãos (EC3) aos 90 DAS do sorgo em monocultivo e consorciado com forrageiras do gênero *Brachiaria*.

Sistemas de cultivos	EC1	EC2	EC3
Altura de plantas (cm)			
Sorgo em monocultivo	50,81 b	91,81 b	100,91 a
Sorgo x capim-ruziziensis	53,71 ab	95,30 ab	100,50 a
Sorgo x capim-marandu	57,07 a	96,25 a	102,50 a
Sorgo x capim-xaraés	58,23 a	97,24 a	105,60 a
Sorgo x capim-piatã	56,70 a	96,15 a	104,33 a
Sorgo x capim-paiaguás	57,83 a	96,41 a	101,73 a
Sorgo x capim-ipyporã	53,09 ab	95,05 ab	101,90 a
Erro padrão da média	1,08	0,800	2,50
Diâmetro de colmo (mm)			
Sorgo em monocultivo	12,47 a	15,85 a	19,41 a
Sorgo x capim-ruziziensis	14,05 a	18,37 a	20,71 a
Sorgo x capim-marandu	14,17 a	18,46 a	20,45 a
Sorgo x capim-xaraés	13,92 a	17,69 a	20,67 a
Sorgo x capim-piatã	13,89 a	17,29 a	19,83 a
Sorgo x capim-paiaguás	14,32 a	16,73 a	21,07 a
Sorgo x capim-ipyporã	13,91 a	17,04 a	19,60 a
Erro padrão da média	0,751	1,27	0,855

Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na colheita, a altura de planta final não foi influenciada ($p > 0,05$) pelos sistemas de cultivo (Tabela 2). No entanto, para o diâmetro do colmo final e diâmetro e comprimento de panícula apenas o consórcio com o capim-xaraés diferiu ($p < 0,05$) dos demais sistemas, sendo o de menor valor. E para o número de grãos por panícula o sorgo em monocultivo e consorciado com os capins ruziziensis e ipyporã, apresentaram os maiores valores.

Tabela 2. Altura de plantas final, diâmetro do colmo final, diâmetro de panícula, comprimento de panícula, número de grãos por panícula, massa de mil grãos e produtividade de grãos do sorgo consorciados com forrageiras do gênero *Brachiaria*.

Sistemas de cultivo	Altura plantas final (cm)	Diâmetro colmo final (mm)	Diâmetro panícula (mm)
Sorgo em monocultivo	103,58 a	21,41 a	57,56 a
Sorgo x capim-ruziziensis	107,93 a	21,71 a	58,46 a
Sorgo x capim-marandu	104,66 a	21,11 a	56,66 a
Sorgo x capim-xaraés	108,36 a	19,01 b	49,36 b
Sorgo x capim-piatã	107,60 a	21,17 a	57,86 a
Sorgo x capim-paiaguás	106,80 a	21,74 a	56,20 a
Sorgo x capim-ipyporã	104,66 a	21,27 ab	57,76 a
Erro padrão da média	1,69	0,501	1,45
	Comprimento panícula (cm)	N. grãos/panícula	
Sorgo em monocultivo	26,56 a	251,96 a	
Sorgo x capim-ruziziensis	26,56 a	260,86 a	
Sorgo x capim-marandu	25,70 a	229,20 b	
Sorgo x capim-xaraés	22,73 b	222,43 b	
Sorgo x capim-piatã	26,86 a	234,16 ab	
Sorgo x capim-paiaguás	26,16 a	239,90 ab	
Sorgo x capim-ipyporã	26,83 a	254,33 a	
Erro padrão da média	0,847	10,10	
	Massa de mil grãos (g)	Produtividade (kg ha⁻¹)	
Sorgo em monocultivo	27,28 a	6129,33 a	
Sorgo x capim-ruziziensis	26,77 a	5935,00 a	
Sorgo x capim-marandu	21,19 b	5598,66 ab	
Sorgo x capim-xaraés	19,45 b	4918,00 b	
Sorgo x capim-piatã	26,30 a	6121,00 a	
Sorgo x capim-paiaguás	26,29 a	6175,00 a	
Sorgo x capim-ipyporã	27,60 a	5946,00 a	
Erro padrão da média	1,16	200	

Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Já para massa de mil grãos o consórcio com os capins Xaraés e Marandu proporcionaram menores valores, sendo que para produtividade de grãos, isso foi constatado somente para o primeiro capim. Neste caso, além do valor ser inferior em relação aos obtidos no consórcio com os capins Ruziziensis, Piatã, Paiaguás e Ipyporã, a produtividade de grãos obtidas no consórcio com o capim-xaraés foi também inferior ao monocultivo.

Cultura das Brachiarias

Houve efeito significativo ($p < 0,05$) dos sistemas de cultivo para as características produtivas (altura do dossel, número de perfilhos, produção de massa seca e relação lâmina foliar: colmo) das forrageiras (Tabela 3). A presença do sorgo no sistema reduziu o crescimento dos capins Ruziziensis e Ipyporã, refletindo em menores altura do dossel e no número de perfilhos aos 30, 60 e 90 DAS. Para estas variáveis, os capins Xaraés, Piatã e Paiaguás apresentaram maior perfilhamento, diferenciando dos capins Ruziziensis e Ipyporã.

Para altura do dossel das forrageiras avaliada na colheita dos grãos e a produção de massa seca, o capim-xaraés, seguidos dos capins Marandu, Piatã e Paiaguás apresentaram os maiores valores, diferindo-se ($p < 0,05$) dos capins Ruziziensis e Ipyporã, que tiveram menor desenvolvimento quando consorciado (Tabela 4).

Os capins Piatã e Paiaguás apresentaram maior relação lâmina foliar:colmo, com aumento de 34,21% quando comparado com a média dos capins Ruziziensis, Marandu, Xaraés e Ipyporã. E para o número de perfilhos, houve interferência do consórcio do sorgo com as forrageiras, onde proporcionou menores valores para os capins Ruziziensis, Marandu e Ipyporã (Tabela 4).

Tabela 3. Altura do dossel e número de perfilhos das forrageiras do gênero *Brachiaria* consorciadas com sorgo granífero, avaliados aos 30, 60 e 90 dias após a semeadura.

Sistemas de cultivo	30 DAS	60 DAS	90 DAS
Altura do dossel (cm)			
Capim-ruziziensis	36,26 c	81,80 c	95,46 c
Capim-marandu	46,43 ab	96,33 ab	105,90 ab
Capim-xaraés	55,50 a	108,43 a	115,50 a
Capim-piatã	42,10 b	91,26 b	100,73 b
Capim-paiaguás	43,80 b	92,06 b	101,53 b
Capim-ipyporã	35,10 c	74,66 c	93,53 c
Erro padrão da média	1,97	2,74	5,13
Pvalor	<0,001	0,012	0,004
Número de perfilhos (m²)			
Capim-ruziziensis	69,33 b	99,66 b	204,66 b
Capim-marandu	71,00 b	107,33 b	207,00 b
Capim-xaraés	86,00 a	115,00 a	240,00 a
Capim-piatã	81,66 a	113,00 a	235,00 a
Capim-paiaguás	83,33 a	116,76 a	234,66 a
Capim-ipyporã	66,66 b	102,00 b	209,66 b
Erro padrão da média	6,64	4,54	15,37

Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Houve efeito significativo ($p < 0,05$) dos sistemas de cultivo para a qualidade da forragem (PB, FDN, FDA, lignina e DIVMS) (Tabela 5). Os capins Piatã, Paiaguás e Ipyporã apresentaram maiores teores de proteína bruta, diferenciando ($p < 0,05$) das outras forrageiras que obtiveram valores semelhantes (Tabela 5).

Tabela 4. Altura do dossel, produção de massa seca, lâmina foliar:colmo e número de perfilhos das forrageiras do gênero *Brachiaria* consorciadas com sorgo granífero, avaliados na colheita.

Sistemas de cultivo	Altura do dossel (cm)	Produção de MS (kg ha¹)	Lâmina foliar: colmo	Número de perfilhos (m²)
Capim-ruziziensis	103,33 c	3860 c	1,80 b	264,66 b
Capim-marandu	132,00 ab	4160 b	1,95 b	260,00 b
Capim-xaraés	143,33 a	6270 a	1,79 b	306,66 a
Capim-piatã	133,00 ab	4600 ab	2,46 a	288,00 a
Capim-paiaguás	137,33 ab	5230 ab	2,64 a	305,33 a
Capim-ipyporã	109,66 c	4040 c	2,08 b	256,66 b
Erro padrão da média	4,53	0,215	0,128	11,07

Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 5. Teores de PB, FDN, FDA, lignina e DIVMS (g kg⁻¹ MS) das forrageiras do gênero *Brachiaria* consorciadas com sorgo granífero, avaliados na colheita.

Sistemas de cultivo	PB	FDN	FDA	Lignina	DIVMS
Capim-ruziziensis	91,9 b	723,6 b	422,0 b	275,3 b	550,4 b
Capim-marandu	108,8 b	729,0 b	428,5 b	282,6 b	571,0 b
Capim-xaraés	107,7 b	735,8 a	440,5 a	373,3 a	583,5 ab
Capim-piatã	123,0 a	717,4 b	418,8 b	247,0 b	603,5 a
Capim-paiaguás	125,1 a	713,5 b	418,7 b	248,6 b	604,4 a
Capim-ipyporã	121,6 a	718,7 b	420,8 b	268,0 b	603,7 a
Erro padrão da média	0,717	0,613	0,563	0,252	1,47

Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

PB: proteína bruta, FDN: fibra em detergente neutro, FDA: fibra em detergente ácido; DIVMS: digestibilidade *in vitro* na matéria seca.

Para os teores de FDN, FDA e lignina, os maiores valores dessas frações fibrosas foi obtido com o capim-xaraés, diferenciando-se das demais forrageiras. Já para a DIVMS, os capins Piatã, Paiaguás e Ipyporã se destacam com os maiores valores de digestibilidade (Tabela 5).

4.4 DISCUSSÃO

Cultura do Sorgo

As maiores alturas de plantas do sorgo consorciado com os capins Marandu, Xaraés, Piatã e Paiaguás se deve ao maior estiolamento da cultura. Isto é atribuído a maior competição por luz e espaço físico, resultando em maior alongamento dos colmos nas duas primeiras avaliações (EC 1 e EC 2). Nestes estádios, principalmente no segundo, as plantas caracterizam-se por apresentar intenso desenvolvimento vegetativo (Fornasieri Filho e Fornasieri, 2009). Este fato demonstra a capacidade de adaptação à radiação solar incidente sobre as folhas da cultura (Dan et al., 2010).

A maior competição do sorgo constatada com capins Marandu, Xaraés, Piatã e Paiaguás é atribuída também às suas características morfológicas. Por apresentarem crescimento ereto e cespitoso, além de porte alto (Moreira et al., 2015), essas forrageiras ocasionam maior competição na fase inicial de desenvolvimento das plantas de sorgo. Entretanto, aos 90 DAS as plantas do sorgo superou as interferências ocasionadas pelo consórcio, justificado pela não significância para altura de plantas. Resultados semelhantes foram obtidos nos estudos de Horvanathy Neto et al. (2012, 2014); Silva et al. (2015) e Santos et al. (2020), do consórcio com os capins Xaraés, Marandu, Piatã, Decumbens, Ruziziensis e Paiaguás.

Os menores valores constatados do diâmetro do colmo final, além do diâmetro e comprimento de panícula consorciado com o capim-xaraés é justificado pelas características morfológicas da espécie forrageira, sendo o de maior porte, chegando a ultrapassar a altura de plantas do sorgo. Essa forrageira também apresenta folhas largas, maior quantidade de touceira, sistema radicular profundo, sendo mais agressivas em busca de água e nutrientes para o seu desenvolvimento (Moreira et al., 2015). Associado a implantação de ambas espécies na mesma linha de semeadura, esses fatos ocasionaram maior competição, reduzindo assim o diâmetro de colmo final como verificado por Ribeiro et al. (2015) com a mesma forrageira. Ressalta-se que o diâmetro de colmo é uma das principais estruturas morfológicas de armazenamento de substâncias de reservas nas plantas. Quanto maior for seu diâmetro, maior será sua capacidade de armazenamento de fotossimilados, que contribui para a formação de grãos (Gimenes et al., 2008).

Por outro lado, o consórcio com os capins Ruziziensis e Ipyporã não influenciaram no número de grãos por panícula em relação ao monocultivo,

apresentando resultados semelhantes. Esses resultados podem estar relacionados com menor porte dessas forrageiras em questão, o que contribuiu para diminuição da competição entre as culturas. Sabe-se que o comprimento e o número de grãos por panícula influenciam diretamente na produtividade de grãos (Macedo et al., 2012), sendo que comprimento e peso da panícula maiores, ou seja com maior número de grãos, auxiliam na obtenção de maiores produtividades (Silva et al., 2015). O fato do sorgo apresentar panículas mais compridas auxiliou na obtenção de maior número e massa de mil grãos, como destacado por Ribeiro et al. (2015). Isto leva a crer em menores efeitos destas forrageiras com o sorgo no estágio de maturação.

A redução da massa de mil grãos e da produtividade do sorgo quando consorciado com os capins Marandu e Xaraés também pode ser explicado pelo maior porte dessas forrageiras em relação aos capins Ruziziensis, Piatã, Paiaguás e Ipyorã. Uma das premissas dos sistemas integrados é a complementação da produção de ambas as culturas, sem afetar a produtividade. Sendo assim, a presença do capim-xaraés indica que houve competição a ponto de diminuir a produtividade, mostrando não ser a forrageira mais indicada para os sistemas integrados com a cultura do sorgo granífero.

Por outro lado, a associação do sorgo com os capins Ruziziensis, Piatã, Paiaguás e Ipyorã pode ser uma técnica viável para cultivo em consórcio, porque não resultou em diminuição no rendimento de grãos, podendo ser utilizado a mesma área com intuito de produção de grão e forragem. Além desse benefício do sistema, tem-se a melhoria dos atributos biológicos, químicos (Silva et al., 2014) e físicos do solo (Flávio Neto et al., 2015), da eficiência de utilização da ciclagem de nutrientes (Dias et al., 2020), redução dos custos (Ryschawy et al., 2012), diversificação, manutenção da renda dentro da propriedade (Ambus et al., 2018) e utilização da mesma área agricultável, com maior rendimento em relação ao sistema convencional (Guarnieri et al., 2019).

Devido às diferenças das regiões de estudo e de genética além da época de implantação do sistema, produtividades de grãos desse estudo foram inferiores (Silva et al., 2020), superiores (Silva et al., 2015; 2017; Borges et al., 2016) e semelhantes (Silva et al., 2017) com o consórcio de sorgo granífero com espécies de *Brachiarias* na safrinha para a produção de grãos e biomassa.

Desta forma, o consórcio com gramíneas forrageiras configura-se em alternativa promissora de cultivo. Além da produção de grãos da cultura, ainda é possível obter o aproveitamento das forrageiras para a alimentação de animais na

entressafra. Posteriormente, tem-se a produção de biomassa para cobertura do solo para o sistema de plantio direto da próxima safra.

Cultura das *Brachiarias*

As maiores alturas do dossel aos 30, 60 e 90 DAS do capim-xaraés, seguido do capim-marandu, é decorrente da morfologia destas forrageiras, devido ao maior porte (Véras et al., 2020), menor competição (Moreira et al., 2015), quando comparadas com as mesmas espécies dos capins Piatã, Paiaguás (Epifanio et al., 2020), Ruziziensis e Ipyporã.

Por outro lado, a presença do sorgo no sistema reduziu o crescimento dos capins Ruziziensis e Ipyporã, refletindo em menores altura do dossel e no número de perfilhos. O sombreamento do sorgo na fase inicial de desenvolvimento dessas forrageiras afetou o desenvolvimento das gemas laterais, responsáveis pela formação dos perfilhos. O menor porte também está associado ao crescimento estolonífero, sendo mais sensível à competição por luz por ser mais rapidamente sombreada pela cultura do sorgo granífero.

O sorgo tem crescimento inicial mais rápido quando comparado com as forrageiras do gênero *Brachiaria*, que pode demorar até 15 dias a mais para efetuar o processo de germinação. Desta forma, no consórcio, o sorgo exerce o efeito de sombreamento nas plantas forrageiras. Isto ocasiona o estiolamento, o que pode afetar a produção de massa seca. Sabe-se que a competição por luz promove o alongamento do colmo, estimulando o crescimento das folhas para captação de luz na parte superior do dossel (Echeverria et al., 2016). Assim, a alteração da estrutura da planta forrageira pode acarretar a redução do acúmulo de folhas, diminuindo a relação lâmina foliar:colmo. Isto pode influenciar negativamente o valor nutricional da forrageira. Variações da altura do dossel das forrageiras quando consorciadas com sorgo na segunda safra para produção de grãos e biomassa também foi relatado por Silva et al. (2017).

O maior número de perfilhos obtidos nos capins Xaraés, Piatã e Paiaguás aos 30, 60 e 90 DAS deve-se ao melhor desenvolvimento dessas forrageiras no consórcio. Isto demonstra que o consórcio não interferiu no aparecimento de novas folhas, contribuindo também para obtenção de maiores altura de planta na colheita do sorgo e produção de massa seca.

Avaliando o milheto consorciado com capim-paiaguás em diferentes formas de semeadura, Costa et al. (2016) verificaram que o milheto não prejudicou o

desenvolvimento do capim-paiaguás na linha e entrelinha, uma vez que não ocorreu competição por recursos. O mesmo foi obtido nos estudos de Fietz et al. (2019) do consórcio milho com capim-ruziziensis. Resultados estes confirmados no presente estudo para os capins Marandu, Xaraés, Piatã e Paiaguás.

Entretanto, os capins Ruziziensis e Ipyporã foram mais sensíveis à competição. Como visto anteriormente, isto é atribuído à morfologia dessas forrageiras, com touceiras de porte baixo, de alto perfilamento basal, baixa emissão de estolões, colmo delgado e curtos (Valle et al., 2017; Euclides et al., 2018).

Apesar do maior efeito do consórcio nos capins Ruziziensis e Ipyporã, todas as forrageiras atingiram produção de massa seca satisfatória, variando de 3860 a 6270 kg ha⁻¹ (capins-ruziziensis e xaraés, respectivamente). Esse resultado é relevante, porque a produção de forragem na entressafra é de suma importância, pois nesse período, tem-se baixa disponibilidade de forragem, afetando o desempenho animal.

Estes resultados foram semelhantes ao observado por Costa et al. (2016) e Guarnieri et al. (2019) que avaliando o consórcio do milheto e milho com capim-paiaguás na segunda safra, verificaram produção de forragem acima de 5000 kg ha⁻¹. Esses autores relataram que o consórcio se mostrou como técnica de cultivo promissora para produção de grãos e após a colheita tem disponibilidade de forragem com bom valor nutritivo para ser utilizada na entressafra.

A produção de forragem em consórcio foi mais expressiva no capim-xaraés. Maiores produção de forragem no capim-xaraés também foram obtidas nos estudos de Gobbi et al. (2018) quando comparado aos capins Ruziziensis e Marandu e Cruvinel et al. (2017) em relação ao capim-piatã.

Sendo assim, pode-se constatar que o consórcio se mostrou como técnica de cultivo promissora para produção de grãos e forragem a ser utilizada entressafra. A vantagem da utilização do sistema integrado para estes fins é que após a realização da colheita da cultura de grãos, pode-se utilizar a área como pastejo para os animais na entressafra. A pastagem de melhor qualidade em época do ano, na qual a disponibilidade de forragem é normalmente baixa, permite através dos sistemas integrados maior exploração da atividade pecuária no período da entressafra (Carvalho et al., 2019).

A intensificação do uso da área e a diversificação de culturas merece destaque, pois é possível manter a área produzindo o ano todo. Isto é possível com o cultivo de soja na primeira safra (verão), seguido da implantação do milho ou sorgo consorciado

com forrageiras para produção de grãos (segunda safra). Após a colheita do cereal, é possível a produção de forragem pelas espécies forrageiras para alimentação animal na estação seca do ano (Melotto et al., 2017).

Os benefícios das gramíneas perenes na integração lavoura-pecuária são relatados na literatura. Ao longo dos anos de cultivo, as forrageiras promovem modificações positivas nos atributos químicos e físicos do solo (Carvalho et al., 2018b). Adicionalmente, a dupla aptidão que as espécies forrageiras assumem no cultivo consorciado, permite não só produzir forragem de qualidade e quantidade durante o período de outono-inverno como também fornecer cobertura morta para a sustentabilidade do sistema de plantio direto (Carvalho et al., 2019). Esta modalidade de cultivo possibilitou a inclusão de novas espécies forrageiras adaptadas ao cultivo consorciado, assim como a possibilidade de ampliação desse sistema de cultivo com outras culturas.

No que diz respeito a qualidade de forragem, a maior relação lâmina foliar:colmo dos capins Piatã e Paiaguás está associado a morfologia dessas forrageiras, que apresenta colmos finos com grande proporção de folhas (Epifanio et al., 2019). Isto permitiu a obtenção de maiores teores de proteína bruta, sendo uma das grandes vantagens dessas forrageiras.

A média dos teores de proteína bruta dos capins Piatã, Paiaguás e Ipyporã foi de 124,0 g kg⁻¹ MS, sendo 19,87% superior a médias dos capins Ruziziensis, Marandu e Xaraés. Esses resultados são relevantes na escolha adequada da forrageira com intuito de proporcionar melhor qualidade da forragem na entressafra.

De modo geral, as forrageiras apresentaram teores de proteína bruta acima de 70 g kg⁻¹ MS, atendendo as exigências proteicas e não limitando o crescimento microbiano das bactérias celulolíticas ruminais (Van Soest, 1994). Destaque deve ser dado para os capins Piatã, Paiaguás e Ipyporã, que são importantes alternativas de forrageiras para os sistemas de produção animal, em decorrência da qualidade de forragem (Echeverria et al., 2016; Valle et al., 2017 e Epifanio et al., 2020). Os teores de proteína bruta obtidos nesse estudo foram semelhantes aos encontrados por Maia et al. (2014) com os capins Marandu, Xaraés, Piatã, MG-4, Decumbens e Ruziziensis, e por Machado e Valle (2011) para os capins Marandu, Piatã e Xaraés.

Os maiores teores de FDN, FDA e lignina no capim-xaraés são justificados pela maior quantidade de colmos e touceiras (frações fibrosas) que essa forrageira apresenta (Moreira et al., 2015). Os teores de FDN variaram de 718,7 a 735,8 g kg⁻¹ de

MS (capins Ipyporã e Xaraés, respectivamente), assemelhando com os valores de outros estudos de consórcio de culturas anuais com forrageiras tropicais (Maia et al., 2014). Já os teores de FDA foram semelhantes aos obtidos por Guarnieri et al. (2019) com uso do capim paiaguás em sistema integrado com o milho. Devido a maior proporção de frações fibrosas, principalmente de colmos, o capim-xaraés apresentou maior teor de lignina ($37,33 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$), na qual é a fração não digestível da planta.

Em relação à DIVMS, os maiores valores dos capins Piatã, Paiaguás e Ipyporã estão relacionados a maior relação lâmina foliar:colmo, maiores teores de proteína bruta e menores frações fibrosas. Isto tornaria os carboidratos facilmente digeríveis para os microorganismos do rúmen (Melo et al., 2016), refletindo em melhor digestibilidade. Maiores teores de FDN e FDA ocasionam menor consumo e digestibilidade da forragem, prejudicando assim o desempenho animal (Garcia et al., 2016). Resultados semelhantes foram obtidos por Cruvinel et al. (2017) com cultivares de *Brachiaria brizantha* (Marandu, Piatã e Xaraés), o que comprova que o capim-xaraés foi o que apresentou os menores teores de proteína bruta e digestibilidade dentre as forrageiras avaliadas.

Diante disso, pode-se observar a importância dos sistemas integrados para fornecimento de forragem de qualidade no período de entressafra, época em que há baixa qualidade da forragem em decorrência da sazonalidade da produção (Carvalho et al., 2018b). Normalmente nessa época é fornecido suplementação proteica para os animais, em decorrência da baixa qualidade da forragem. Entretanto, quando se utiliza sistemas integrados, após a colheita da cultura anual, fica o pasto disponível para os animais, com oferta de forragem de qualidade, não necessitando assim de suplementação nesse período. Vale ressaltar que isso é possível em pastos formados de primeiro ano na integração lavoura-pecuária.

4.5 CONCLUSÃO

O consórcio de sorgo com os capins Marandu e Xaraés ocasionaram redução da produtividade de grãos.

Os capins Xaraés, Piatã e Paiaguás proporcionaram maior produção de forragem em consórcio. Entretanto, os capins Paiaguás, Piatã e Ipyporã melhor valor nutritivo,

podendo ser mais recomendadas em sistema integrado com o sorgo, sendo alternativa promissora para a produção de grão e forragem na entressafra.

A escolha da forrageira associada ao sorgo em sistema integrado pode intensificar a produção agropecuária, otimizando o uso da área com maior sustentabilidade.

4.6 REFERÊNCIAS

AMBUS, J.V.; REICHERT, J.M; GUBIANI, P.I.; CARVALHO, P.C.F. Changes in composition and functional soil properties in long-term no-till integrated crop-livestock system. **Geoderma**. v. 330, p. 232 – 243, 2018.

ANDRADE, R. G.; BOLFE, E. L.; VICTORIA, D. C.; NOGUEIRA, S. F. Geotecnologia – Recuperação de pastagens no Cerrado. **Agroanalysis**, v. 36, p.30–33, 2016. Retrieved from <http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/agroanalysis/article/viewFile/63501/61592>

AOAC. **Official Methods of Analysis**, 15th edn. Association Official Analytical Chemists, Arlington, VA, 1990.

BORGES, L. P.; SILVA, A. G.; GOULART, M. M.; TEIXEIRA, I. R.; SIMON, G. A.; COSTA, K. A. P. Seeding density of *Brachiaria ruziziensis* intercropped with grain sorghum and effects on soybean in succession. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 43, p. 4343-4353, 2016.

BUFFARA, M. A.; SILVA, A. G.; TEIXEIRA, I. R.; COSTA, K. A. P.; SIMON, G. A.; GOULART, M. M. P. Seeding system and density for winter *Urochloa ruziziensis* intercropped with sorghum between soybean crops. **Comunicata Scientiae**, v.9, n.3, p.340-350, 2018.

CARVALHO, P.; DOMICIANO, L. F.; MOMBACH, M. A.; NASCIMENTO, H. L. B.; CABRAL, L. S.; SOLLENBERGER, L. Produção de forragem e animais em pastagens de capim braquiária que crescem em monocultura ou como componente de sistemas

integrados de lavoura, pecuária e silvicultura. **Grass and Forage Science**, v. 1, p. 1-11, 2019.

CARVALHO, P. C. F.; BARRO, R. S.; BARTH NETO, A.; NUNES, P. A. A.; MORAES, A. D.; ANGHINONI, I.; BREDEMEIER, C.; BAYER, C.; MARTINS, A. P.; KUNRATH, T. R.; SANTOS, D. T.; CARMONA, F. C.; BARROS, T.; SOUZA FILHO, W.; ALMEIDA, G. M.; CAETANO, L. A. M.; CECAGNO, D.; ARNUTI, F.; DENARDIN, L. G. O.; BONETTI, J. A.; TONI, C. A. G.; BORIN, J. B. M. Integrating the pastoral component in agricultural systems. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 47, 2018a.

CARVALHO, P. C. F.; PETERSON, C. A.; NUNES, P. A. A.; MARTINS, A. P.; SOUZA FILHO, W.; BERTOLAZI, V. T.; KUNRATH, T. R.; MORAES, A.; ANGHINONI, I. Produção animal e características do solo a partir de sistemas integrados de criação e pecuária: rumo à intensificação sustentável. **Journal of Animal Science**, v. 96, p. 3513-3525, 2018b.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Monitoring of the Brazilian grain harvest in Brazil**: Grãos: safra 2019/2020: Levantamento. 2019. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em maio de 2020.

COSTA, R. R. G. F.; COSTA, K. A. P.; SANTOS, C. B.; SEVERIANO, E. C.; EPIFANIO, P. S.; SILVA, J. T.; TEIXEIRA, D. A. A.; SILVA, V. R. Production and nutritional characteristics of pearl millet and Paiaguas palisadegrass under different forage systems and sowing periods in the offseason. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, v19, p. 1712-1723, 2016.

CRUVINEL, W. S.; COSTA, K. A. P.; SILVA, A. G.; SEVERIANO, E. C.; RIBEIRO, M. G. Consórcio do girassol com cultivares de *Brachiaria brizantha* em duas épocas de semeadura na safrinha. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, n. 5, p. 3173-3192, 2017.

DIAS, M.B.C.; COSTA, K.A.P.; SEVERIANO, E.C.; BILEGO, U.O.; FURTINE NETO, A.E.; ALMEIDA, D.P.; BRAND, S.C.; VILELA, L. *Brachiaria* and *Panicum*

maximum in an integrated crop–livestock system and a second-crop maize system in succession with soybean. **The Journal of Agricultural Science**, p.1-12, 2020.

DAN, H. A.; CARRIJO, M. S.; CARNEIRO, D. F.; COSTA, K. A. P.; SILVA, A. G. Desempenho de plantas sorgo granífero sob condições de sombreamento. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 32, n. 4, p. 675- 679, 2010.

ECHEVERRIA, J. R.; EUCLIDES, V. P. B.; SBRISSIA, A. F.; MONTAGNER, D. B.; BARBOSA, R. A.; NANTES, N. N. Acúmulo de forragem e valor nutritivo do híbrido de *Urochloa* 'BRS RB331 Ipyporã' sob pastejo intermitente. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 7, p. 880-889, 2016.

EUCLIDES, V. P. B.; MONTAGNER, D. B.; MACEDO, M. C. M.; DE ARAÚJO, A. R.; DIFANTE, G. S.; BARBOSA, R. A. Grazing intensity affects forage accumulation and persistence of Marandu palisadegrass in the Brazilian savannah. **Grass Forage Science**, v.74, n.3, p.450-462, 2019.

EPIFANIO, P. S.; COSTA, K. A. P.; SEVERIANO, E.C.; SOUZA, W.F., TEIXEIRA, D.A.A.; SILVA, J. T.; AQUINO, M. M. Productive and nutritional characteristics of *Brachiaria brizantha* cultivars intercropped with *Stylosanthes* cv. Campo Grande in different forage systems. **Crop & Pasture Science**, v.70, p.718-729, 2019.

EUCLIDES, V. P. B.; NANTES, N. N.; MONTAGNER, D. B.; ARAÚJO, A. R.; BARBOSA, R. A.; ZIMMER, A. Z.; VALLE, C. B. Beef cattle performance in response to Ipyporã and Marandu *Brachiaria* grass cultivars under rotational stocking management. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 47, n. 8, 2018.

FERNANDES, L. S.; DIFANTE, G. S.; COSTA, M.G.; EMERENCIANO NETO, J. V.; ARAÚJO, I. M. M.; DANTAS, J. L. S.; GURGEL, A. L. C. Pasture structure and sheep performance supplemented on different tropical grasses in the dry season. **Revista Mexicana de Ciências Pecuarias**, v.11, p.89-101, 2020.

FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. ExpDes: An R Package for ANOVA and Experimental Designs. **Applied Mathematics**, v.5, p.2952-2958, 2014.

FIETZ, C. R.; COMUNELLO, E.; GARCIA, R. A.; FLUMIGNAN, D. L.; CECCON, G. Demanda hídrica e coeficientes de cultivo de milho safrinha consorciado com braquiária. **Revista da Sociedade Brasileira de Agrometeorologia**, v. 27, n. 2, p. 325-330, 2019.

FLÁVIO NETO, J.; SEVERIANO, E. C.; COSTA, K. A. P.; GUIMARÃES JUNNYOR, W. S.; GONÇALVES, W. G.; ANDRADE, R. Biological soil loosening by grasses from genus *Brachiaria* in crop-livestock integration. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 37, n. 3, p. 375-383, 2015.

FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J. L. Manual da cultura do sorgo. Jaboticabal: FUNEP, 2009. 202 p.

FREITAS, F. F.; SOUZA, S. S.; FERREIRA, L. R. A.; OTTO, R. B.; ALESSIO, F. J.; SOUZA, S. N. M.; VENTURINI, O. J.; ANDO JUNIOR, O. H. The Brazilian market of distributed biogas generation: Overview, technological development and case study. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 101, p. 146-157, 2019.

GARRETT, R.; NILES, M. T.; GIL, J. D. B.; GAUDIN, A.; CHAPLIN-KRAMER, R. A.; ASSMANN, T. S.; BREWER, K.; CARVALHO, P. C. F.; CORTNER, O. Social and ecological analysis of integrated crop livestock systems: current knowledge and remaining uncertainty. **Agricultural Systems**, v.155, p. 136–146, 2017.

GARCIA, C. A.; CIDRÃO, K.; SPERS, R. C.; COLOMBO, D.; TREVIZAN, B. A. Produção de cordeiros em regime de pasto, com suplementação mineral e proteica em cochos privativos. **Unimar Ciências**, v. 25, n.1-2, p. 57-67, 2016.

GIMENES, M.J.; VICTORIA FILHO, R.; PRADO, E.P.; POGETTO, M.H.F.A. D.; CHRISTOVAM, R.S. Interferência de espécies forrageiras em consórcio com a cultura do milho. **Revista da FZVA**, v. 15, n. 2, p. 61-76. 2008.

GOBBI, K. F.; LUGÃO, S. M. B.; BETT, V.; ABRAHÃO, J. J. S.; TACALAMA, A. A. K. Massa de forragem e características morfológicas de gramíneas do gênero *Brachiaria* na Região do Arenito Caiuá-PR. **Bulletion of Animal Husbandry**, v. 75, p. 1-8, 2018

GUARNIERI, A.; COSTA, K. A. P.; SEVERIANO, E. C.; SILVA, A. G.; OLIVEIRA, S. S.; SANTOS, C. B. Características agronômicas e produtivas do milho e capim paiguás em sistemas integrados de produção. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 40, n. 3, p. 1185-1198, 2019.

HORVATHY NETO, A.; SILVA, A. G.; TEIXEIRA, I. R.; COSTA, K. A. P.; ASSIS R. L. Consórcio de sorgo granífero e braquiária na safrinha para produção de grãos e forragem. **Caatinga**, v. 27, n. 3, p. 132-141, 2014.

HORVATHY NETO, A.; SILVA, A. G.; TEIXEIRA, I. R.; SIMON, G. A.; ASSIS, R. L.; ROCHA, V. S. Consórcio sorgo e braquiária para produção de grãos e palhada na entressafra. **Agrária**, v. 7, p. 743-749, 2012.

LOSS, A.; PEREIRA, M.G; GIÁCOMO, S.G.; PERIN, A.; ANJOS, L.H.C. dos. Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.1269-1276, 2011.

MACEDO, C. H. O.; SANTOS, E. M.; DA SILVA, T. C.; DE ANDRADE, A. P.; DA SILVA, D. S.; DA SILCA, A. P. G.; DE OLIVEIRA, J. S. Produção e composição bromatológica do sorgo cultivado sob doses de nitrogênio. **Archivos de Zootecnia**, v. 61, n. 234, p. 209-216, 2012.

MACHADO, L. A. Z.; VALLE, C. B. Desempenho agronômico de genótipos de capim braquiária em sucessão à soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.11, p.1454-1462, 2011.

MAIA, G. A.; COSTA, K. A. P.; SEVERIANO, E. C.; EPIFANIO, P. S.; FLÁVIO NETO, J.; RIBEIRO, M. G.; FERNANDES, P. B.; SILVA, J. F. G.; GONÇALVES, W. G. Yield and chemical composition of *Brachiaria* forage grasses in the offseason after corn harvest. **American Journal of Plant Sciences**, n. 5, p. 933-941, 2014.

MATEUS, G. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; PARIZ, C. M.; BORGHI, E.; COSTA, C.; MARTELLO, J. M.; FRANZLUEBBERS, A. J.; CASTILHOS, A. M. Sidedress nitrogen application rates to sorghum intercropped with tropical perennial grasses. **Agronomy Journal**, v. 108, p. 433-447, 2016.

MATIAS, M. L.; GONÇALVES, V. O.; BRAZ, G. B. P.; ANDRADE, C. L. L.; SILVA, A. G.; BARROSO, A. L. L. Uso de subdoses de glyphosate na supressão de espécies forrageiras consorciadas com milho. **Científica**, v. 47, n. 4, p. 380-387, 2019.

MELO, J. C.; ALEXANDRINO, E.; PAULA NETO, J. J.; REZENDE, J. M.; SILVA, A. A. M.; SILVA, D. V.; OLIVEIRA, A. K. R. Comportamento ingestivo de bovinos em capim piatã sob lotação intermitente em resposta a distintas alturas de entrada. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 17, n.3, p. 385-400, 2016.

MELOTTO, A. M.; LOURENÇÃO, A. L. F.; GRIGOLLI, J. F. J.; GITTI, D. C. Implantação do consórcio milho e capins em Mato Grosso do Sul: principais aspectos. In: LOURENÇÃO, A. L. F.; GRIGOLLI, J. F. J.; MELOTTO, A. M.; GITTI, D. C. (Ed.) **Tecnologia e produção**. Milho safrinha 2016. Maracaju: Fundação MS, p. 148, 2017.

MERTENS, D.R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beaker or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v.85, p.1217-1240, 2002.

MERTEN, G. H.; ARAÚJO, A. G.; BISCAIA, R. C. M.; BARBOSA, G. M. C.; CONTE, O. No-till surface runoff and soil losses in southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, v. 152, p. 85–93, 2015.

MILHORANCE, C.; SABOURIN, E.; MENDES, P.; LE-COQ, J. Adaptation to climate change and policy interactions in Brazil's semiarid region. 4th International Conference on Public, 2019.

MORAES, M. T.; DEBIASI, H.; CARLESSO, R.; FRANCHINI, J. C.; SILVA, V. R.; LUZ, F. B. Soil physical quality on tillage and cropping systems after two decades in the subtropical region of Brazil. **Soil & Tillage Research**, v.155, p.351-362, 2013.

MOREIRA, J. F. M.; COSTA, k. A. P.; SEVERIANO, E. C.; SIMOM, G. A.; EPIFANIO, P. S.; CRUVINEL, W. S.; BENTO, J. C. Production and bromatological composition of cultivars of *Brachiaria brizantha* and Campo Grande stylo monocropped and intercropped under different planting methods. **African Journal of Agricultural Research**, v.10, p. 317-327, 2015.

OLIVEIRA, T. E.; FREITAS, D. S.; GIANEZINI, M.; RUVIARO, C. F.; ZAGO, D.; MÉRCIO, T. Z.; DIAS, E. A.; LAMPERT, V. N.; BARCELLOS, J. O. J. Agricultural land use change in the Brazilian Pampa biome: the reduction of natural grasslands. **Land Use Policy**, v. 63, p. 394–400, 2017.

OLIVEIRA, I. P.; COSTA, K. A. P.; ASSIS, R. L.; SEVERIANO, E. C.; DIAS, M. B. C.; SANTOS, C. B. Agronomic characteristics of soybean under the production and decomposition of sunflower and Paiaguas palisadegrass biomass in different integrated production systems. **Australian Journal of Crop Science**, v. 14, n.5, p.788-794, 2020.

OLIVEIRA, S. S., COSTA, K. A. P., SOUZA, W. F., SANTOS, C. B., TEIXEIRA, D. A. A., SILVA, V. C. Production and quality of the silage of sorghum intercropped with Paiaguas palisadegrass in different forage systems and at different maturity stages. **Animal Production Science**, v. 60, n.4, p.1-11, 2020.

RIBEIRO, M. G.; COSTA, K. A. P.; SILVA, A. G.; SEVERIANO, E. C.; SIMON, G. A.; CRUVINEL, W. S.; SILVA, V. R.; SILVA, J. T. Grain sorghum intercropping with *Brachiaria brizantha* cultivars in two sowing systems as a double crop. **African Journal of Agricultural Research**, v.10, n.39, p. 3759-3766, 2015.

RIBEIRO, M. G.; COSTA, K. A. P.; SOUZA, W. F.; CRUVINEL, W. S.; SILVA, J. T.; SANTOS JÚNIOR, D. R. Silage quality of sorghum and *Urochloa brizantha* cultivars monocropped or intercropped in different planting systems. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 39, n. 3, p. 243-250, 2017.

RYSCHAWY, J.; CHOISIS, N.; CHOISIS, J. P. et al. Mixed crop-livestock systems: An economic and environmental-friendly way of farming. **Animal**, v. 6, p. 1722-1730, 2012.

SALTON, J. C.; MERCANTE, F. M.; TOMAZI, M.; ZANATTA, J. A.; CONCENÇO, G.; SILVA, W. M.; RETORE, M. Integrated crop-livestock system in tropical Brazil: toward a sustainable production system. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 190, p. 70-79, 2014.

SANTOS, C. B.; COSTA, K. A. P.; SOUZA, W. F.; SILVA, A. G.; SILVA, V. C.; OLIVEIRA, I. R.; BRANDSTETTER, E. V. Intercropping of sorghum with Paiaguas palisadegrass in a crop-livestock integration system for pasture recovery. **Australian Journal of Crop Science**, v. 14, n. 7, p. 1072-1080, 2020.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. **Sistema de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa solos, 2018.

SEVERIANO, E. C.; OLIVEIRA, G. C.; DIAS JUNIOR, M. S.; CURI, N.; COSTA, K. A. P.; CARDUCCI, C. E. Preconsolidation pressure, soil water retention characteristics, and texture of Latosols in the Brazilian Cerrado. **Soil Research**, v. 51, p. 193-202, 2013.

SILVA, A. G.; ANDRADE, C. L. L.; GOULART, M. M. P.; TEIXEIRA, I. R.; SIMON, G. A.; MOURA, I. C. S. Consórcio de sorgo granífero com braquiárias na safrinha para produção de grãos e biomassa. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.16, n.3, p. 495-508, 2017.

SILVA, A. G.; HORVATHY NETO, A.; TEIXEIRA, I. R.; COSTA, K. A. P.; BRACCINI, A. L. Seleção de cultivares de sorgo e braquiária em consórcio para produção de grãos e palhada. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 5, p. 2951-2964, 2015.

SILVA, J. F. G.; SEVERIANO, E. C.; COSTA, K. A. P.; BENITES, V. M.; GUIMARÃES JÚNNYOR, W. S.; BENTO, J. C. Chemical and physiscal-hydric characterisation of a red Latosol after five years of management during the summer between-crop season. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 1576-1586, 2014.

SILVA, M. F.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; ALVES, D. D.; ASPIUZÚ, I.; OLIVIERA, R. M.; SILVA, K. M. J.; SILVA, J. F. Consórcio do sorgo granífero e capim braquiária sob diferentes doses de atrazina. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 31647-31659, 2020.

SOARES, D. S.; RAMOS, M. L. G.; MARCHÃO, R. L.; MACIEL, G. A.; OLIVEIRA, A. D.; MALAQUIAS, J. V.; CARVALHO, A. M. How diversity of crop residues in long-term no-tillage systems affect chemical and microbiological soil properties. **Soil and Tillage Research**, v. 194, p. 104316, 2019.

SOUSSANA, J. F.; G. LEMAIRE. Coupling carbon and nitrogen cycles for environmentally sustainable intensification of grasslands and crop-livestock systems. **Agriculture Ecosystems & Environment**, v. 190, p. 9–17, 2014.

TILLEY, J. M. A.; TERRY, R. A. A two stage technique for *in vitro* digestion of forages crops. **Journal of the British Grassland Society**, v.18, p.104-111, 1963.

VALLE, C. B.; EUCLIDES, V. B. P.; MONTAGNER, D. B.; VALÉRIO, J. R.; MENDES BONATO, A. B.; VERZIGNASSI, J. R.; TORRES, F. Z. V.; MACEDO, M. C. M.; FERNANDES, C. D.; BARRIOS, S. C. L.; DIAS FILHO, M. B.; MACHADO, L. A. Z.; ZIMMER, A. H. BRS Ipyporã (“belo começo” em guarani): híbrido de Brachiaria da Embrapa. **Embrapa Gado de Corte**, Comunicado Técnico, n. 137, p. 17, 2017.

VAN SOEST, P. J. Nutritional ecology of the ruminant. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press. 476p, 1994.

VÉRAS, E. L. L.; DIFANTE, G. S.; GUGEL, A. L. C.; COSTA, C. M.; EMERENCIANO NETO, J. V.; RODRIGUES, J. G.; COSTA, A. B. G.; PEREIRA, M. G.; ÍTAVO, L. C. V. Tillering capacity of *Brachiaria* cultivars in the Brazilian Semi-Arid Region during the dry season. **Tropical Animal Science Journal**, v. 43, n. 2, p. 133-140, 2020.

VINCENT-CABOUD, L.; CASAGRANDE, M.; DAVID, C.; RYAN, M. R.; SILVA, E. M.; PEIGNE, J. Using mulch from cover crops to facilitate organic no-till soybean and maize production. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 39, n. 45, 2019.

5. CONCLUSÃO GERAL

O consócio de sorgo com os capins Marandu e Xaraés ocasionou redução da produtividade de grãos.

Os capins Xaraés, Piatã e Paiaguás proporcionaram maior produção de forragem em consócio, enquanto os capins Paiaguás, Piatã e Ipyorã, melhor valor nutritivo, podendo ser mais recomendados em sistema integrado com sorgo, sendo alternativa promissora para produção de grão e de forragem na entressafra.

A escolha da forrageira associada ao sorgo em sistema integrado pode intensificar a produção agropecuária, otimizando o uso da área, com maior sustentabilidade.