

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

LUIZ PAULO MONTENEGRO DE MIRANDA

**SORGO CONSORCIADO COM CAPIM PAIAGUÁS SOB DIFERENTES DENSIDADES
DE SEMEADURA DE GUANDÚ-ANÃO NA PRODUÇÃO DE SILAGEM EM
ROTAÇÃO COM SOJA NO CERRADO SOB SISTEMA PLANTIO DIRETO**

Curso de Pós-Graduação em Agronomia – Especialidade: Sistemas de Produção

LUIZ PAULO MONTENEGRO DE MIRANDA

**SORGO CONSORCIADO COM CAPIM PAIAGUÁS SOB DIFERENTES DENSIDADES
DE SEMEADURA DE GUANDÚ-ANÃO NA PRODUÇÃO DE SILAGEM EM
ROTAÇÃO COM SOJA NO CERRADO SOB SISTEMA PLANTIO DIRETO**

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Agronomia.

Especialidade: Sistemas de Produção

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Andreotti

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

M672s Miranda, Luiz Paulo Montenegro de.
Sorgo consorciado com capim Paiaguás sob diferentes densidades de
semeadura de guandu-anão na produção de silagem em rotação com soja no
cerrado sob sistema plantio direto / Luiz Paulo Montenegro de Miranda. -- Ilha
Solteira: [s.n.], 2021
94 f. : il.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia
de Ilha Solteira. Especialidade: Sistemas de Produção, 2021

Orientador: Marcelo Andreotti

Inclui bibliografia

1. Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPAs). 2. Sorghum
bicolor (Moench.). 3. Cultivo outonal.. 4. Rotação de culturas.

Raiane da Silva Santos
Raiane da Silva Santos

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: Sorgo consorciado com capim Paiaguás sob diferentes densidades de semeadura de quandú-anão na produção de silagem em rotação com soja no cerrado sob sistema plantio

AUTOR: LUIZ PAULO MONTENEGRO DE MIRANDA

ORIENTADOR: MARCELO ANDREOTTI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA, área:
Sistemas de Produção pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. MARCELO ANDREOTTI (Participação Virtual)
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP



Prof. Dr. EDSON LAZARINI (Participação Virtual)
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP



Prof. Dr. MARCELO CARVALHO MINHOTO TEIXEIRA FILHO (Participação Virtual)
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP



Dr. CRISTIANO MAGALHÃES PARIZ (Participação Virtual)
Pariz Consultoria Agropecuária



Dr^a. NÍDIA RAQUEL COSTA (Participação Virtual)
Departamento de Melhoramento e Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu - UNESP

Ilha Solteira, 05 de fevereiro de 2021

DEDICO,

Ao amigo Marcelo Andreotti, professor e orientador, pela inestimável dedicação, ensinamentos e compreensão, pela confiança durante todo processo de desenvolvimento dessa pesquisa, tornando-a uma experiência agradável, como exemplo profissional e pessoal, ao qual sempre levarei comigo.

À Fabiana Oikawa, por todo carinho, apoio e compreensão durante essa caminhada, e por minhas filhas, Alice Midori Oikawa Montenegro e Aline Sayuri Oikawa Montenegro, às quais me despertaram para o verdadeiro amor.

Aos meus pais, Luiz Rodrigues Miranda (*in memoriam*) e Sandra Regina Montenegro de Miranda, pela oportunidade da vida, pelos bons princípios e por permitirem desfrutar, participar e compartilhar de experiências como essa na prática do bem comum.

Ao Deus Sol, origem de toda a energia que sustenta a vida nesse planeta.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Marcelo Andreotti, pelo acolhimento e total apoio durante toda execução e conclusão desse trabalho

Aos Membros da Banca Examinadora Prof Dr. Edson Lazarini, Prof Dr. Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho, Dr. Cristiano Magalhães Pariz e Dr^a Nídia Raquel Costa, pelas valiosas observações e inestimáveis contribuições para com esse trabalho, e, para a boa continuidade de minha caminhada profissional

A minha mãe Sandra Regina Montenegro de Miranda e a meu pai Luiz Rodrigues Miranda (*in memoriam*), à minha companheira Fabiana Oikawa, às minhas filhas Alice Midori Oikawa Montenegro e Aline Sayuri Oikawa Montenegro, ao meu irmão Rodrigo Vicente Montenegro de Miranda e minha sobrinha Lívia Lima Montenegro, pelo apoio em todos os momentos em mais essa caminhada

Ao amigo Hemerson Fernandes Calgaro, pelo inestimável incentivo

Ao Agrônomo e amigo Deyvison de Asevedo Soares, e a todos da Equipe Andreotti, Alan Nakao, Cassia, Izabela Militão, Viviane Modesto, Leonardo Froio pela valiosa ajuda na implantação, condução e avaliação dos experimentos

Aos professores do Curso de Pós-graduação em Agronomia, em especial Alan Panosso, Evandro Prado, Katia Maltoni, Liliane Camargos, Orivaldo Arf, Ronaldo Viana e Rafael Montanari, e aos funcionários da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – FEIS/UNESP

Aos amigos funcionários dos laboratórios, Carlinho, João e Silvia (fertilidade), Marcelo Rinaldi (nutrição), Diego (física do solo) e Sidival Antunes (Bromatologia) pela excelência na execução de seus trabalhos

Ao Juliano e ao César, a quem cumprimento em agradecimento à todos os funcionários da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão – FEPE/UNESP

A todos que contribuíram com sugestões, incentivo, trabalho, ajuda de campo e observações para conclusão desse trabalho

“You never fall
When all is said and done...
...The only scream is here
The Journey never ends, it’s just begun”.

R. Halford/ B. Marlette.

RESUMO

O cultivo de sorgo outonal consorciado com gramíneas e guandu para produção de silagem, e formação de pastagens no período da seca em rotação com soja no verão, pode viabilizar técnica e economicamente a produção de forragem e grãos nas regiões do cerrado. Objetivou-se, avaliar a produtividade de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) consorciado com capim-paiaguás (*Uroclhoa brizantha* cv. Paiaguás), e guandu-anão (*Cajanus cajan*) em diferentes densidades de semeadura para produção de silagem, e o efeito da produção de palhada sobre a produtividade da soja no verão e nas alterações físico-químicas do solo sob esses sistemas de produção. Os experimentos foram realizados nos cultivos de 2016/17 e 2017/18, em Selvíria-MS. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, em fatorial 3 x 5, sendo os tratamentos três cultivares de sorgo, granífero (SG), forrageiro (SF) e duplo aptidão (SDA), semeados com gramínea capim-paiaguás na linha de semeadura e cinco densidade de guandu na entrelinha (0, 6, 12, 18 e 24 sementes m⁻¹) com 4 repetições. Nos consórcios de SG e SF com capim Paiaguás e guandu-anão, houve melhores condições de desenvolvimento do capim-paiaguás. O consórcio de SG com capim e guandu-anão apresenta-se como uma boa opção para confecção de silagem, pela estabilidade de produção em cultivo outonal. O aumento da população de guandu-anão não influenciou os componentes biométricos e morfológicos e nem a produtividade das plantas de sorgo. No entanto, houve aumento nos teores de proteína bruta e produção de silagens de boa qualidade. Na silagem do consórcio de SG observou-se maiores valores de proteína bruta e, menores teores das frações fibrosas e lignificadas, conferindo maior digestibilidade à forragem produzida. Os consórcios de SF e SDA, influenciaram as propriedades físicas com incrementos nos estoques de carbono, redução da densidade, aumentos na macroporosidade e porosidade total do solo. Ocasionalmente, elevação nos teores de M.O., e incrementos de P e S nas profundidades de 0,0-0,10m e 0,10 a 0,20m. Para todos os cultivares em consórcio com forrageiras perenes e guandu-anão em rotação com soja, ocorreu redução nos teores de K, Ca, Mg, SB, CTC e V% e elevação da acidez do solo nos sistemas avaliados.

Palavras-chave: Sistemas integrados de produção agropecuária (SIPAs). *Sorghum bicolor* (Moench.). Cultivo outonal. Rotação de culturas.

ABSTRACT

The cultivation of autumnal sorghum intercropped with grasses and dwarf pigeons pea for silage production and formation of pastures during the dry season in rotation with soybeans in the summer, can technically and economically make forage and grain production in the cerrado regions. The objective of this study was to evaluate the productivity of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) intercropped with paiaguás grass (*Uroclhoa brizantha* cv. Paiaguás), and dwarf pigeon pea (*Cajanus cajan*) at different sowing densities for silage, and the effect of production of straw on soybean productivity in the summer, on soil physico-chemical changes and on the economic performance of production systems. The experiments were carried out on the 2016/17 and 2017/18 crops, in Selvíria-MS. The experimental design used was randomized blocks, in factorial 3 x 5 x 4, with the treatments being three cultivars of sorghum, graniferous (SG), forage (SF) and double aptitude (SDA), sown with grass-paiaguás grass in the row. sowing and five dwarf pigeon pea density between rows (0, 6, 12, 18 and 24 seeds m⁻¹). In the consortia of SG and SF with Paiaguás and Guandu-anão grass, there were better conditions for the development of Paiaguás grass. The SG consortium with grass and dwarf pigeon is a good option for making silage, due to the stability of production in autumn cultivation. The increase in the dwarf pigeon population did not influence the biometric and morphological components or the productivity of the sorghum plants. However, there was an increase in crude protein content and production of good quality silages. In the silage of the SG consortium, higher values of crude protein and lower levels of fibrous and lignified fractions were observed, providing greater digestibility to the forage produced. The SF and SDA consortia influenced the physical properties of the soil, with increases in carbon stocks, reduced density, increases in macroporosity and total porosity. It is also possible to observe an increase in the levels of M.O., and increments of P and S in the depths of 0.0-0.10 m and 0.10 to 0.20 m. For all cultivars intercropped with perennial forage and pigeon pea, there was a reduction in the levels of K, Ca, Mg, SB, CTC and V% and an increase in soil acidity in the evaluated production systems.

Keywords: Integrated agricultural production systems (SIPAs). *Sorghum bicolor* (Moench.). Autumnal cultivation. Crop rotation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Vista aérea da área experimental localizada na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão sob cultivo de sequeiro pertencente à Faculdade de Engenharia – UNESP, Câmpus de Ilha Solteira. Selvíria/MS.....	25
Figura 2	- Dados meteorológicos de precipitação pluvial (mm), umidade relativa do ar (%), e temperaturas (C°) máxima, média e mínima, registrados de março/2016 a março/2017 na estação meteorológica da FEPE/UNESP. Selvíria, MS.....	26
Figura 3	- Dados meteorológicos diários de precipitação pluvial (mm), umidade relativa do ar (%), e temperaturas (C°) máxima, média e mínima, registrados de março/2017 a abril/2018 na estação meteorológica da FEPE/UNESP. Selvíria, MS.....	26
Figura 4	- Croqui da área experimental com a disposição das parcelas e tratamentos.....	29
Figura 5	- Semeadura da cultura do sorgo com capim paiaguás (a), seguida da semeadura do guandu anão (b) nas entrelinhas da cultura em cultivo outonal, consórcio implantado na 2ª Safra 2017/18 (c), Selvíria-MS.....	31
Figura 6	- Emergência de soja cultivada em rotação sob palhada de sorgo consorciado com capim paiaguás e guandu – Safra 2017/2018, Selvíria- MS.....	35
Figura 7	- Coleta de anéis volumétricos para avaliação dos atributos físicos do solo nas camadas de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m, após cultivo de soja na rotação com sorgo consorciado com capim paiaguás e guandu-anão, Selvíria- MS.....	37
Figura 8	- Plantas de sorgo duplo aptidão (SDA) acamadas durante o momento da colheita na área útil das parcelas do consórcio com capim-paiaguás e guandu, 2ª Safra 2017, Selvíria- MS.....	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Caracterização das características químicas do solo antes da implantação dos experimentos nas camadas de 0,00 a 0,20 m. Selvíria/MS.....	27
Tabela 2	- Caracterização das características físicas do solo antes da implantação dos experimentos. Valores médios de macroporosidade (MA), microporosidade (MI), porosidade total (PT) e densidade do solo (DS) nas camadas de 0-0,10m e 0,10-0,20m. Selvíria/MS.....	28
Tabela 3	- Altura de plantas (AP), diâmetro do colmo (DC) e população de plantas (PP) dos cultivares de sorgo consorciado com capim-paiaguás e com diferentes densidades de semeadura de guandu na entrelinha, em cultivos de segunda safra, Selvíria – MS, 2016 e 2017.....	39
Tabela 4	- Desdobramento da interação densidade de semeadura do guandu-anão sobre a altura de plantas (AP) e diâmetro do colmo (DC) dos tipos de sorgo. Selvíria – MS, segunda safra 2016.....	41
Tabela 5	- Massa seca dos componentes morfológicos do sorgo, panícula (PA), colmo + bainha (CO), folhas (FO) e produtividade de matéria seca total do sorgo (PMS Total), em consórcio com capim-paiaguás e guandu-anão em diferentes densidades de semeadura. Selvíria – MS, 2ª safra 2016 e 2017.....	43
Tabela 6	- Desdobramento da interação densidade de semeadura do guandu sobre a matéria seca da panícula (MSPA), colmo (MSCO), folhas (MSFO) e produtividade de matéria seca total (PMS Total) das diferentes cultivares de sorgo. Selvíria – MS, 2ª safra 2016.....	44
Tabela 7	- Matéria seca total do capim-paiaguás (MSTP) e do guandu (MSTG) no consórcio com diferentes variedades de sorgo. Selvíria – MS, 2ª Safra 2016 e 2017.....	47
Tabela 8	- Valores médios para acúmulo de Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e enxofre (S) na matéria seca da silagem de sorgo, com capim e guandu. Safras 2016/17 e 2017/18. Selvíria – MS.....	49
Tabela 9	- Valores médios de Porcentagem de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), carboidratos solúveis (CHOs), celulose (Cel), Hemicelulose (Hem), lignina (Lig), Digestibilidade “ <i>in vitro</i> ” (Dviv) e matéria seca (MS) da silagem de sorgo para as safras outonais em 2016 e 2017. Selvíria – MS.....	52
Tabela 10	- Análise de regressão para o desdobramento significativo da interação entre a densidade de semeadura do guandu-anão e cultivares de sorgo consorciados com capim-paiaguás e guandu, sobre o teor de Proteína Bruta (PB), Carboidratos solúveis (CHo) e Hemicelulose (Hem) na silagem, Selvíria – MS, Safra 2016/2017.....	55
Tabela 11	- População de plantas (PP), Massa de 100 grãos (M100g) e	

	Produtividade (PROD) de soja cultivada em rotação sob palhada de diferentes tipos de sorgo consorciado com capim-paiaguás e guandu na entrelinha. Selvíria – MS, safras 2016/17 e 2017/18.....	58
Tabela 12	- Análise de regressão para o desdobramento da interação entre a densidade de semeadura do guandu sobre a massa de 100 grãos de soja, cultivada sobre a palhada de sorgo consorciado com capim paiaguás e guandu-anão, safra 2016/17. Selvíria – MS.....	60
Tabela 13	- Avaliação dos componentes morfológicos altura de plantas (AP), altura de inserção da primeira vagem (AIPV), número de vagens por planta (NVP) e número de grãos por vagem (NGV) de soja cultivada em rotação sob palhada de diferentes tipos de sorgo consorciado com capim-paiaguás e guandu na entrelinha. Selvíria – MS, safras 2016/17 e 2017/18.....	61
Tabela 14	- Médias de Estoque de carbono (EC), Densidade do solo (DS), Macroporosidade (MA), Microporosidade (MI) e Porosidade total (PT) do solo na camada de 0-0,10 m após soja cultivada em rotação sob palhada da rebrota de sorgo consorciado com capim-paiaguás e guandu anão. Selvíria – MS.....	63
Tabela 15	- Médias de Estoque de carbono (EC), Densidade do solo (DS), Macroporosidade (MA), Microporosidade (MI) e Porosidade total (PT) do solo na camada de 0,10-0,20 m após soja cultivada em rotação sob palhada da rebrota de sorgo consorciado com capim-paiaguás e guandu anão. Selvíria – MS.....	65
Tabela 16	- Análise do desdobramento da interação significativa entre densidade de semeadura do guandu-anão e cultivares de sorgo consorciados com capim-paiaguás e guandu, sobre a Densidade do solo (DS), após cultivo de soja em rotação, Safra 2017/18, na camada de 0,10 – 0,20 m, Selvíria – MS.....	67
Tabela 17	- Atributos químicos do solo após cultivo de soja sob palhada de três cultivares de sorgo (granífero, forrageiro e duplo aptidão) consorciados com capim-paiaguás e guandu anão, na camada 0,0-0,10m. Selvíria – MS, 2017.....	69
Tabela 18	- Análise de regressão para o desdobramento significativo da interação entre a densidade de semeadura do guandu-anão e cultivares de sorgo consorciados com capim-paiaguás e guandu, sobre o potencial hidrogeniônico (pH em CaCl ₂) do solo após cultivo de soja sob palhada de sorgo na profundidade de 0,0-0,10 m, Selvíria-MS, Safra 2016/2017.....	72
Tabela 19	- Atributos químicos do solo após cultivo de soja em rotação sob palhada de três cultivares de sorgo (granífero, forrageiro e duplo aptidão) consorciados com capim-paiaguás e guandu anão, na camada 0,10-0,20m. Selvíria – MS, 2017.....	74
Tabela 20	- Análise de regressão para o desdobramento significativo da interação entre a densidade de semeadura do guandu-anão e cultivares de sorgo consorciados com capim-paiaguás e guandu, sobre o potencial hidrogeniônico (pH), teores de Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) do solo após cultivo de soja sob palhada de sorgo granífero (SG) na profundidade de 0,10-0,20m,	

	Selvíria – MS, Safra 2016/2017.....	76
Tabela 21	- Análise de regressão para o desdobramento significativo da interação entre a densidade de semeadura do guandu-anão e cultivares de sorgo consorciados com capim-paiaguás e guandu, sobre a soma de bases (SB) e a saturação por bases (V%), do solo após cultivo de soja sob palhada de sorgo granífero (SG) na profundidade de 0,10-0,20m, Selvíria – MS, Safra 2016/2017.....	77
Tabela 22	- Atributos químicos do solo após cultivo de soja sob palhada de três cultivares de sorgo (granífero, forrageiro e duplo aptidão) consorciados com capim-paiaguás e guandu anão, na camada 0,0-0,10m. Selvíria – MS, 2018.....	79
Tabela 23	- Atributos químicos do solo após cultivo de soja sob palhada de três cultivares de sorgo (granífero, forrageiro e duplo aptidão) consorciados com capim-paiaguás e guandu anão, na camada 0,10-0,20m. Selvíria – MS, 2018.....	81

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1	SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO NO CERRADO.....	16
2.2	SORGO CONSORCIADO PARA PRODUÇÃO DE SILAGEM.....	17
2.3	MANUTENÇÃO DE PASTAGENS (<i>Urochloa brizantha</i>) EM CONSÓRCIO...	20
2.4	SOJA EM ROTAÇÃO SOBRE PALHADA DE FORRAGEIRAS	23
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	25
3.1	LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	25
3.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	28
3.3	PRODUÇÃO DE SORGO CONSORCIADO COM CAPIM PAIAGUÁS E GUANDU-ANÃO PARA PRODUÇÃO DE SILAGEM.....	30
3.3.1	Descrição das operações e implantação das culturas.....	30
3.3.2	Colheita e avaliação das culturas do consórcio sorgo, capim e guandu- anão consorciados.....	32
3.3.2.1	Determinação da altura, diâmetro do colmo e população final de plantas de sorgo.....	32
3.3.2.2	Determinação das frações botânicas do sorgo, teores de macronutrientes e produtividade das plantas.....	32
3.3.3	Colheita e ensilagem das plantas no consórcio.....	33
3.3.3.1	Análises na silagem.....	33
3.4	CULTIVO DE SOJA SOB PALHADA DE SORGO CONSORCIADO COM CAPIM E GUANDU-ANÃO.....	34
3.4.1	Implantação e caracterização da área experimental.....	34
3.4.2	Análise e avaliação de componentes da produção e produtividade da soja..	35
3.5	ATRIBUTOS DO SOLO.....	36
3.5.1	Análise e avaliação dos atributos químicos do solo.....	36
3.5.2	Análise e avaliação dos atributos físicos do solo.....	36
3.5.3	Análise e avaliação dos estoques de carbono no solo.....	37
3.6	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	38
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
4.1	CONSÓRCIO DE SORGO COM CAPIM PAIAGUÁS E GUANDU-ANÃO.....	39

4.2	QUALIDADE QUÍMICA DA SILAGEM.....	48
4.3	CULTIVO DE SOJA SOB PALHADA DA REBROTA DOS CONSÓRCIOS.....	57
4.4	ATRIBUTOS FÍSICOS E ESTOQUE DE CARBONO DO SOLO.....	63
4.5	ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO	68
5	CONCLUSÕES	83
	REFERÊNCIAS	84

1 INTRODUÇÃO

O consórcio de gramíneas forrageiras como as dos gêneros *Urochloa* e *Megathyrsus* com sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench), intercalados com leguminosas, podem viabilizar a produção de silagem na entressafra para os meses de maior escassez de alimento (estação seca), e, ocasionar melhorias na capacidade produtiva do solo nas áreas de pastagem.

As condições edafoclimáticas para produção de forragem e pastagem na região do Cerrado para o cultivo de sorgo, consorciado com gramíneas e/ou leguminosas contribui para o aumento da produção de matéria seca e melhorias na qualidade da silagem. A cultura do sorgo é uma excelente opção, cultivado tanto na safra de verão, como em segunda safra (safrinha), em rotação após o cultivo da soja. Sua expansão é favorecida em regiões no cerrado podendo ser inserido em sucessão ou rotação com culturas de verão (COELHO et al., 2002), principalmente em situações onde a baixa pluviosidade e fertilidade do solo oferecem maiores riscos para a cultura do milho.

A facilidade de manejo e implantação do sorgo em consórcio é possível devido à sua arquitetura e alta produtividade de matéria seca (COSTA et al., 2014; CRUZ, 2016; NAKAO, 2018; SOARES, 2017; VICENTE, 2016). No entanto, por se tratar de um alimento energético, com baixos índices de proteínas, a introdução de leguminosas, visa corrigir essa deficiência. Dentre essas alternativas está a utilização do feijão guandu (*Cajanus cajan*), sendo excelente opção, pois trata-se de uma espécie vegetal com alto potencial de produção de forragem e utilização em consórcio, associado à adição de N₂ atmosférico aos solos, possuindo ainda, boa palatabilidade e aceitação pelos animais. Esta espécie vem sendo tradicionalmente utilizada como banco de proteína, e também empregada na recuperação de pastagens degradadas, podendo ser estabelecida em monocultivo ou em consórcio com culturas anuais (BALBINO et al., 2011).

Assim, é indispensável o conhecimento de processos e métodos agrônômicos relacionadas à produção das culturas como a implantação de consórcio de sorgo com gramíneas forrageiras e leguminosas para produção de silagem e manutenção das áreas de pasto, atendendo a diferentes sistemas de produção nas propriedades rurais. A adoção dessas práticas pode trazer benefícios para culturas consorciadas e ainda, ocasionar melhorias sobre as propriedades físicas e químicas do solo.

A interação entre as culturas em consórcio, necessita de avaliações quanto ao potencial agrônômico, para que se possa conhecer melhor os fatores que influenciam no desenvolvimento e na produtividade de cada uma das espécies utilizadas para viabilizar sua implantação e continuidade sobre as áreas de cultivo.

Dentro desse propósito, o objetivo da referida pesquisa foi de avaliar, em cultivo de sequeiro em um LATOSSOLO VERMELHO distrófico sob Cerrado, por dois anos consecutivos nas safras 2016/2017 e 2017/2018: a) a produtividade das plantas e a produção de material vegetal para ensilagem de três cultivares de sorgo consorciados com *Uroclhoa brizantha* cv. Paiaguás submetidos a cinco densidades de semeadura de guandu-anão em consórcio; b) o efeito da palhada remanescente dos consórcios sobre a produtividade da soja de verão em sucessão; e, c) as alterações nos atributos químicos e físicos do solo na camada de 0 a 0,20 m.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO NO CERRADO

O Brasil dispõe de elementos tecnológicos capazes de promover de forma sustentável a utilização do solo para produção agropecuária, com a adoção de sistemas integrados de produção agropecuária (SIPA's). De maneira geral, estes sistemas produtivos baseiam-se no consórcio, sucessão e rotação de culturas, que podem ser implantados na mesma área, com o estabelecimento do cultivo de grãos e pastagens para produção de carne e leite (ASSMANN et al., 2004; FONTANELI et al., 2006; NICOLOSO et al., 2006; TRECENTI, OLIVEIRA, HASS, 2008, SALTON, 2005).

Nas condições de Cerrado, entre as gramíneas adotadas estão as forrageiras *Uroclhoa brizantha* (Syn. *Brachiaria spp.*) e *Megathyrsus maximum* (Syn. *Panicum sp.*), devido aos bons resultados de produção em consórcios com culturas de milho e sorgo, que devido a arquitetura dessas plantas, conseguem se sobressair nas fases iniciais, pela maior capacidade de competição para seu estabelecimento em consórcio (VILELA et al., 2011).

A opção pela adoção de sistemas mistos ocorre por serem mais sustentáveis em relação aos sistemas especializados de produção de grãos e fibras, pois, os diferentes componentes dessa integração variam conforme o mercado da região. O foco está na complementação das atividades produtivas, e na harmonização dos sistemas de produção agropecuários, devido à intensificação do uso da terra, com possibilidades do aumento na geração de renda, redução de custos, e retorno do capital investido em recursos financeiros (BALBINO et al., 2011).

A semeadura de lavoura para reforma de pastagens não se trata de uma prática recente, principalmente devido ao objetivo de redução dos custos para a pecuária (PERES et al., 2014). No entanto, os benefícios provenientes dessa integração geram impactos no solo, no ambiente, no desempenho econômico potencial e manejo global da propriedade (VILELA et al., 2011). A rotação pastagem-lavoura proporciona melhorias pela presença de palhada e raízes, responsáveis pela adição e aumento nos teores de carbono, com melhor agregação e aeração do solo (KLUTHCOUSKI et al., 2004; LOSS et al., 2011). Melhorias na fertilidade do solo, redução da temperatura e do fluxo de calor na superfície, permitem o

estabelecimento dos componentes biológicos responsáveis pela ciclagem de nutrientes no ambiente, condições indispensáveis para a manutenção dos cultivos em sucessão (SILVA et al., 2010).

A diversificação de espécies vegetais proporciona aumentos na macrofauna de invertebrados no solo (SILVA et al., 2006), e da diversidade de espécies de fungos micorrízicos arbusculares (MIRANDA et al., 2005), responsáveis pelos processos de mineralização e humificação, disponibilizando nutrientes assimiláveis pelas plantas, além de aumentar, principalmente, a absorção de fósforo, deficiente na maioria dos solos de Cerrado (TRECENZI, OLIVEIRA e HASS, 2008). Esses autores destacam que, para as condições edáficas no cerrado, 88% da capacidade de troca catiônica (CTC) são provenientes da matéria orgânica, e a diversificação de cultivos, é capaz de promover incrementos em quantidade e qualidade, importantes para a manutenção e sustentabilidade dos sistemas de produção agropecuários.

A possibilidade de conversão e reutilização das áreas que se encontram abandonadas ou subutilizadas está diretamente relacionada com o aumento da eficiência produtiva nas propriedades (ANDRADE et al., 2015). Apesar dos potenciais benefícios com a rotação de culturas, o Cerrado brasileiro, com seus, aproximadamente 203,4 milhões de hectares, possui 80% de suas áreas com pastagens em diferentes níveis de degradação (ANDRADE et al., 2015). Podendo facilmente serem inseridas ao processo produtivo pela integração com forragem ou grãos, visando o retorno das pastagens e do seu potencial produtivo.

2.2 SORGO CONSORCIADO PARA PRODUÇÃO DE SILAGEM

O sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench.) é uma gramínea originária do continente africano, muito utilizada no Brasil para produção de alimento animal na forma de silagem, pois possui aspectos singulares para cultivo e apresenta valores nutricionais variando de 85 a 90% em relação ao milho (BORGES, 1995; BORÉM, et al., 2014).

Para as condições de Cerrado, essa cultura tem se apresentado como uma excelente opção, em sucessão ou rotação com culturas de verão (COELHO et al., 2002). Os cultivos outonais estão sujeitos a períodos críticos com a falta de chuvas, tornando-se este, um fator limitante à produção agrícola e à manutenção das atividades biológicas no solo (HUNGRIA et al., 1997).

Nos últimos anos a cultura não apresentou expansão de seus cultivos, sendo na safra 2019/20 registrados o cultivo em área de 736,4 mil hectares, com produção de 2.181,9 mil toneladas de grãos, retratando um leve aumento em 0,6% quando comparado com a safra anterior 2018/19 (CONAB, 2020). Diante das atuais condições climáticas de sucessivos anos agrícolas com estiagem, os produtores estão passando a optar pela produção de silagem ao invés da produção de grãos (CONAB, 2020).

A prática de conservação de alimentos na forma de silagem é muito utilizada na pecuária em pequenas propriedades e unidades de criação intensiva, às quais utilizam tradicionalmente o milho como matéria-prima (COSTA, et al., 2017). E a cultura do sorgo, devido às condições de adaptabilidade e rebrota de seu sistema radicular abundante, viabiliza a reforma das pastagens pela implantação em consórcio com forrageiras. A forragem produzida nestes sistemas serve de alimento em épocas de escassez de pasto, apresentando ainda, alto valor nutritivo (ZAGO, 1991). Tal fato se deve às características bromatológicas da cultura do sorgo, com elevada produtividade de matéria seca, semelhante ao milho, e altas concentrações de carboidratos, favorecendo a produção de silagem devido adequada fermentação láctica durante sua confecção (NEUMANN et al., 2002; von PINHO, et al., 2006; RODRIGUES, 2014). Van Soest (1994) caracterizou que a qualidade de uma silagem pode ser determinada por seu valor nutritivo e composição química, relativo aos teores de matéria seca, pH, conteúdo de ácidos acético, butírico, propiônico e láctico, digestibilidade *in vitro*, teores de nitrogênio e de suas frações fibrosas, por influenciar diretamente no consumo e desempenho animal devido a digestibilidade de seus constituintes.

As diferentes cultivares de sorgo granífero, forrageiro ou de duplo propósito, podem ser utilizados em modalidades de consórcio com plantas do gênero *Urochloa* (Syn. *Brachiaria*) para produção de silagem. Constituindo-se excelente alternativa devido ao teor de matéria seca, ideal na redução de perdas por efluentes, proliferação de clostrídios e enterobactérias, que se desenvolvem em condições de maiores umidades na silagem (IKEDA et al., 2007; SANTOS et al., 2008). Produtividades relatadas por Costa et al. (2015) destacam bons índices de produção de silagem com valores de 32.012 kg ha⁻¹ em sorgo solteiro, quando comparado ao milho solteiro com 32.212 kg ha⁻¹, e, para as condições de consórcio, com

produtividades de 24.112 kg ha⁻¹ e 30.588 kg ha⁻¹, para sorgo e milho, respectivamente.

Cruz (2016) concluiu que a confecção de silagem de sorgo forrageiro consorciado com capins, na formação de pastagens, apresenta viabilidade já no primeiro ano de implantação, tanto em quantidade, como em qualidade bromatológica do alimento, obtendo produtividades de massa verde total de sorgo solteiro e consorciado com *Uroclhoa brizantha* cv. Marandu variando entre 18,9 e 21,7 t ha⁻¹, respectivamente.

Maiores produtividades de matéria seca de plantas de sorgo segundo Soares (2017), foram observadas em cultivo consorciado com capim-paiaguás, em relação ao cultivo solteiro, no entanto, a maior produtividade de matéria seca não implica em uma maior produtividade de grãos pela cultura. Silva et al. (2013) constataram que o sorgo, consorciado na entrelinha com *Uroclhoa ruziziensis* e *brizantha*, não apresentou influências no rendimento de grãos.

O consórcio de sorgo granífero com braquiária em cultivos outonais mostrou-se como técnica eficaz para produção de grãos e forragem na entressafra em condições de cerrado (CRUZ, 2016; SOARES, 2017). Cabe ressaltar que a semeadura em áreas sob SPD, adubação adequada à exigência das culturas e irrigação, podem influenciar significativamente no desenvolvimento das plantas no consórcio (COSTA et al., 2015; SOARES, 2017).

Consortiar a cultura do sorgo com gramíneas tropicais de crescimento mais lento nas fases iniciais, reduz a competição entre as culturas, o que permite a inserção de mais um componente no consórcio, como por exemplo, as leguminosas forrageiras. Essa diversificação nos sistemas agrícolas pode sustentar vários ciclos de produção com pastagens estabelecidas em solos com fertilidade melhorada, elevando os índices para produção na entressafra, com forragem de qualidade. Sendo a consorciação e rotação de culturas capaz de elevar o potencial de produção das áreas no cerrado e reduzir os riscos de degradação, muitas vezes são adotadas para antecipar o estabelecimento de pastagens e melhorar as condições do solo para os cultivos no verão (CRUZ, 2016; VILELA et al., 2011; NAKAO, 2018; KLUTHCOUSKI e AIDAR, 2003).

A utilização de leguminosas nos consórcios tem como propósito aumentar o aporte de N ao solo, através da fixação biológica de N₂ (CECCON, 2013). Esse tipo de prática foi inicialmente adotado na cultura de milho com *Uroclhoa* sp., sendo

denominado de “Sistema Santa Brígida”, homenageando a Fazenda Santa Brígida em Ipameri, GO, à qual lançou essa modalidade de cultivo em 2010. As espécies leguminosas fixam biologicamente o N e possuem concentração elevada de nutrientes na parte aérea, com sistema radicular profundo e ramificado com fácil decomposição (PERIN et al., 2007), contribuindo para o aumento da produção animal, produtividade de grãos por área, além de proporcionar maior longevidade das pastagens (BARCELLOS et al., 1999). Uma vez, que o reservatório de N na matéria orgânica encontra-se limitado no solo, sendo rapidamente esgotado com alguns poucos cultivos (HUNGRIA et al., 1997).

Entre as opções de leguminosas disponíveis, pode-se destacar o feijão guandu (*Cajanus cajan*) e a *Crotalaria spectabilis*. O feijão guandu possui boa adaptação aos solos de cerrado ou mesmo em solos argilosos, sendo espécie tradicionalmente utilizada como banco de proteínas e, na recuperação de pastagens degradadas. Essa cultura pode ser estabelecida tanto em monocultivo ou em consórcio com culturas graníferas (BALBINO et al., 2011; KLUTHCOUSKI e YOKOYAMA, 2003).

O conhecimento da produtividade de cultivares de sorgo, com diferentes portes, consorciado com gramínea e forrageira leguminosa são necessários, para esclarecer aspectos relacionados aos seus componentes de produção, suas características morfológicas e bromatológicas, e sobre a sua viabilidade de implantação, estabelecimento e produção de silagem em consórcio no cultivo outonal, devido à possibilidade de ocasionar inúmeros benefícios provenientes da interação e sinergismo entre essas espécies.

2.3 MANUTENÇÃO DE PASTAGENS (*Urochloa brizantha*) EM CONSÓRCIO

A implantação ou manutenção de pastagens utilizando culturas anuais ocasionam vantagens pelo efeito diretos do cultivo sobre o potencial produtivo da atividade pecuária. Assim, as espécies utilizadas em consórcio ou rotação, podem proporcionar melhorias na fertilidade, teores de matéria orgânica, e quebra do ciclo de pragas, doenças e plantas daninhas (CRUZ, 2016).

Para as condições de Cerrado, a degradação do solo sob pastagens é um fenômeno que compromete a sustentabilidade da produção animal. A falta de iniciativa dos produtores quanto à diversificação na produção de alimentos para os

períodos de seca, ficam evidenciadas por um manejo inadequado e à falta de manutenções e reposição de nutrientes (MACEDO, 2000; MARTHA JÚNIOR e VILELA, 2002).

Essa diversificação das atividades agrícolas traz benefícios à pecuária, por aliar práticas que proporcionam melhorias para as pastagens degradadas ou em processos de degradação. Com a implantação de culturas forrageiras para utilização na suplementação animal, promove-se a melhor utilização da área, permitindo que a forrageira possa atingir seu potencial de produção, o que eleva ganhos individuais de peso animal por área (EUCLIDES et al., 2014). Vale destacar ainda, que as forrageiras possuem boa capacidade de estabelecimento e adaptação aos mais variados tipos de solos, sendo resistentes a estresses abióticos, apresentando elevada produção de massa seca com adequado valor nutritivo para as exigências nutricionais dos animais (BRIGHENTI et al., 2008).

Entre as diversas cultivares disponíveis no mercado para utilização em sistemas de produção integrados está a *Uroclhoa brizantha*, BRS Paiaguás, lançada em 2013 pela Embrapa Gado de Corte. Essa cultivar apresenta vantagens como maior adaptabilidade de produção durante o período seco, capacidade de estabelecimento em sistemas de integração lavoura-pecuária com boa produção de forragem no outono-inverno e de palhada para a cobertura do solo, assumindo importância para a utilização em áreas cultivadas sob SPD (EMBRAPA GADO DE CORTE, 2015).

A utilização dessa cultivar consorciada com culturas anuais para produção de silagem em cultivo outonal contribuem para a cobertura permanente de gramíneas no solo das áreas de cultivo. Gramíneas do gênero *Urochloa* são capazes de acumular elevadas produtividades de massa de forragem, entorno de 20 t ha⁻¹ de massa verde (VILELA et al., 2011), assumindo importância para a suplementação animal no período de maio a setembro.

Rezende et al. (1999) avaliando pastagens de *Urochloa humidicola* demonstraram que, a produção de material vegetal durante um ano situou-se entorno de 21 t ha⁻¹ de C no solo, e chegando a 23 t ha⁻¹ em pasto consorciado com leguminosas. Nas áreas que se mantem produtivas, considerando a capacidade das pastagens de *Urochloa brizantha* acumular C até a profundidade de 0,40m em solos de cerrado, os estoques de C no solo são próximos ou até mesmo superiores aos encontrados sob vegetação nativa. Essas condições foram reportadas em trabalhos

avaliando teores de C nos solos de pastagens e mata nativa, respectivamente, de 84,3 e 70,0 t ha⁻¹ (BRAZ, 2005), e, 38,2 e 34,3 t ha⁻¹ (OLIVEIRA et al., 2005), para solos de cerrado.

Essa capacidade de aporte de material orgânico sobre a superfície do solo evidencia o potencial das pastagens de *Urochloa sp.* em manter altos níveis de matéria orgânica nos ambientes de produção. Entretanto, o acúmulo de C baseado nos mecanismos de estabilização, necessita da interação entre superfícies minerais e orgânicas, fazendo com que essa relação no solo seja finita, o que indica a necessidade de manutenções e aportes constantes de resíduos vegetais (ROSCOE et al., 2001).

Avaliando sistemas de produção integrados com rotação lavoura-pasto em fazendas de produtores de grãos nos estados de Mato Grosso e Maranhão, Cobucci et al., (2007) destacaram ganhos de rendimento de carcaça de 67,5 a 127,5 kg ha⁻¹, confirmando o potencial da adoção das pastagens na entressafra. As espécies do gênero *Urochloa sp.* possuem grande importância na pecuária brasileira, principalmente no cerrado, com aproximadamente 85% das áreas cultivadas com pasto no Brasil (BARBOSA, 2006).

A consorciação e rotação com leguminosas pode ocasionar incrementos significativos para a capacidade produtiva dos solos no Cerrado. Costa et al. (2017) destacam que o sistema de cultivo se torna mais sustentável, pelo aporte de nitrogênio e, por não haver doenças e pragas em comum entre essas espécies, influenciando na resiliência dos sistemas de produção agropecuária. Conforme o manejo empregado nas pastagens, o sistema radicular das gramíneas contribui para a melhoria das propriedades físicas pela agregação e aeração do solo, ocasionando, redução da erosão e poluição de corpos de água (FRANZLUEBBERS, 2007). Aumentos na densidade do solo, ficam limitados às camadas superficiais pela redução ou remoção da cobertura vegetal, e sendo descritas como propriedades temporárias e reversíveis, podem ser alteradas devido ao manejo com culturas em rotação nessas áreas (CORSI et al., 2001; CASSOL, 2003).

A interação de práticas agrícolas com a atividade pecuária, reduz custos e riscos climáticos, contribuindo para a melhoria da qualidade ambiental e proporcionando verticalização da produção agropecuária, por ganhos em produtividade e utilização das mesmas áreas no cultivo de pastagens e grãos. A implantação de sorgo consorciado com capim e guandu-anão, pode viabilizar a

produção de alimentos em quantidade e qualidade para o período seco, e proporcionar melhorias nas condições das pastagens.

2.4 SOJA EM ROTAÇÃO SOBRE PALHADA DE FORRAGEIRAS

A cultura da soja semeada em SPD no verão usualmente faz parte do sistema de rotação com culturas de milho e sorgo, implantadas para produção de grãos ou silagem em segunda safra, para alimentação animal na seca. Para as condições de Cerrado, há pouca formação e persistência da palhada proveniente dos cultivos, onde as culturas não proporcionam cobertura morta adequada para favorecer o armazenamento de umidade e o acúmulo de matéria orgânica, não impedindo o aparecimento de plantas daninhas que competem com a soja (COSTA et al., 2010).

Para Vilela et al. (2011), rotacionar gramíneas com grãos (soja, milho e sorgo) em áreas de pecuária, proporciona a recuperação de pastagens degradadas. As gramíneas instaladas por ocasião do consórcio de culturas são usadas como pastagem e como produtoras de palhada para cobertura e proteção do solo. Kluthcouski e Aidar (2003) ressaltam a importância dessa relação nas propriedades que adotam a rotação lavoura-pasto na intensificação do uso da terra, pelo sinergismo entre as atividades. No entanto, o fator econômico se destaca, com a cultura de grãos capaz de cobrir parte dos custos da implantação da pastagem.

Altas produtividades de massa seca no inverno são obtidas com gramíneas dos gêneros *Urochloa sp.* pela alta quantidade de palhada, favorecendo o cultivo da cultura da soja em SPD. Produtividades de soja variaram de 1.500 a 2.000 kg ha⁻¹ em sistemas de pastagens degradadas, enquanto que, em pastagens bem estabelecidas, com palhadas de *Urochloa sp.* são reportados aumentos na produtividade de grãos, de 3.000 a 4.000 kg ha⁻¹, respectivamente (LAMAS, 2008).

Costa et al. (2010) destacam que, o cultivo de soja na palhada de capins consorciados com milho e sorgo, foram capazes de proporcionar aumento de produtividade de 11 sacas/ha em média, quando comparada ao plantio de sistemas especializados de produção de grãos, sem a introdução de gramíneas em consórcio na segunda safra. Porém, Barbero et al, (2017), não constataram diferenças significativas para o aumento na produção de grãos de soja sobre palhada de milheto, aveia, *Panicum maximum* e *Urochloa ruziziensis*.

Consórcios com soja-pasto foram avaliados e apresentaram resultados inconsistentes, necessitando de mais estudos para reduzir a competição entre a gramínea e a leguminosa, facilitar a colheita da soja e o ajuste quanto ao manejo de herbicidas utilizados em sub doses para controle da gramínea (VILELA et al., 2011; KLUTHCOUSKI e AIDAR, 2003). Mesmo forrageiras de pequeno porte como capim Massai, apresentaram competição mínima com a soja (MACHADO e CECCON, 2010), e, quando comparados a interferência de forrageiras como *Urochloa brizantha* cv. Marandu, foram descritos reduções de até 74% na produção de grãos de soja em relação ao cultivo solteiro (KLUTHCOUSKI e AIDAR, 2003).

Estudos conduzidos por Rossi et al. (2013), em cultivo soja no verão + braquiária, e, soja + sorgo granífero em segunda safra, demonstraram a eficiência da braquiária como planta de cobertura em relação ao sorgo, com maior produção de biomassa seca, quando comparada ao sorgo em regiões no cerrado. No entanto, a gramínea se decompõe mais rapidamente quando comparada à decomposição da palhada de sorgo.

Broch et al. (1997) estudaram a cultura de soja sob SPD no Mato Grosso do Sul e evidenciaram maiores produtividades cv. FT Líder, em palhada de *U. brizantha*, e menor na monocultura da leguminosa, com adubação de 250 kg ha⁻¹ da fórmula 00-25-25. Onde a produtividade de grãos de soja variou entre 2.125 a 3.060 kg ha⁻¹, prejudicada pela falta de inoculação. Pitol et al. (2001) obtiveram produtividades de soja sob palhada de *Urochloa* (*U. decumbens*, *U. brizantha*) em solos cobertos por pastagens degradadas variando 2.404 a 3.468 kg ha⁻¹. O desempenho da soja em área coberta por *Urochloa* pode ser devido, dentre outros fatores, ao melhor enraizamento da planta e a redução de fontes de inóculos de doenças, como o mofo-branco (SALTON, 2000). Kluthcouski et al. (2003) também constataram melhores produtividades de soja sobre palhada de *U. brizantha* comparando palhadas de arroz e *U. brizantha*.

A intensificação no uso de áreas agrícolas na região do cerrado exige a mudanças de sistemas especializados para mistos, adoção de consórcios e rotação, com investimentos em infraestrutura, equipes especializadas e maior capacidade gerencial, para viabilizar os sistemas de produção em razão da complexidade de seus componentes (VILELA et al., 2011; PERES et al., 2014; MACEDO, 2009; KLUTHCOUSK e YOKOYAMA, 2003).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

A pesquisa foi composta por dois experimentos sequenciais, realizados na mesma área, iniciados durante o cultivo outonal e durante as safras de verão, para os anos agrícolas 2016/17 e 2017/18 em área de sequeiro. A área experimental está localizada na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) – Setor de Produção Vegetal, pertencente à Faculdade de Engenharia – UNESP, Câmpus de Ilha Solteira, localizada no Bioma Cerrado, no município de Selvíria, Estado de Mato Grosso do Sul. As coordenadas geográficas de latitude 20°20'36.95" S, longitude 51°24'5.96" W e altitude de 356m (Figura 1).

Figura 1- Vista aérea da área experimental localizada na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão sob cultivo de sequeiro pertencente à Faculdade de Engenharia – UNESP, Câmpus de Ilha Solteira. Selvíria/MS.

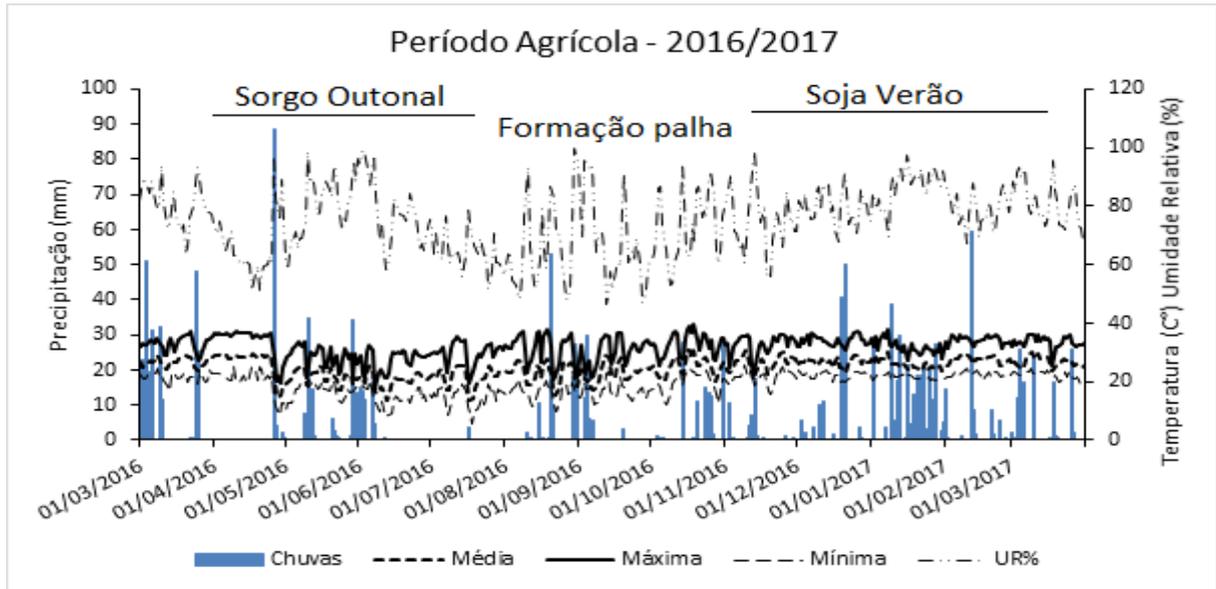


Fonte: Adaptado de Google Earth (2020).

A caracterização climática da região é do tipo AW, segundo Köppen, sendo classificado como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. Durante a condução dos experimentos foram coletados os dados climáticos diários junto à Estação Meteorológica na FEPE, localizada a 500m da área experimental

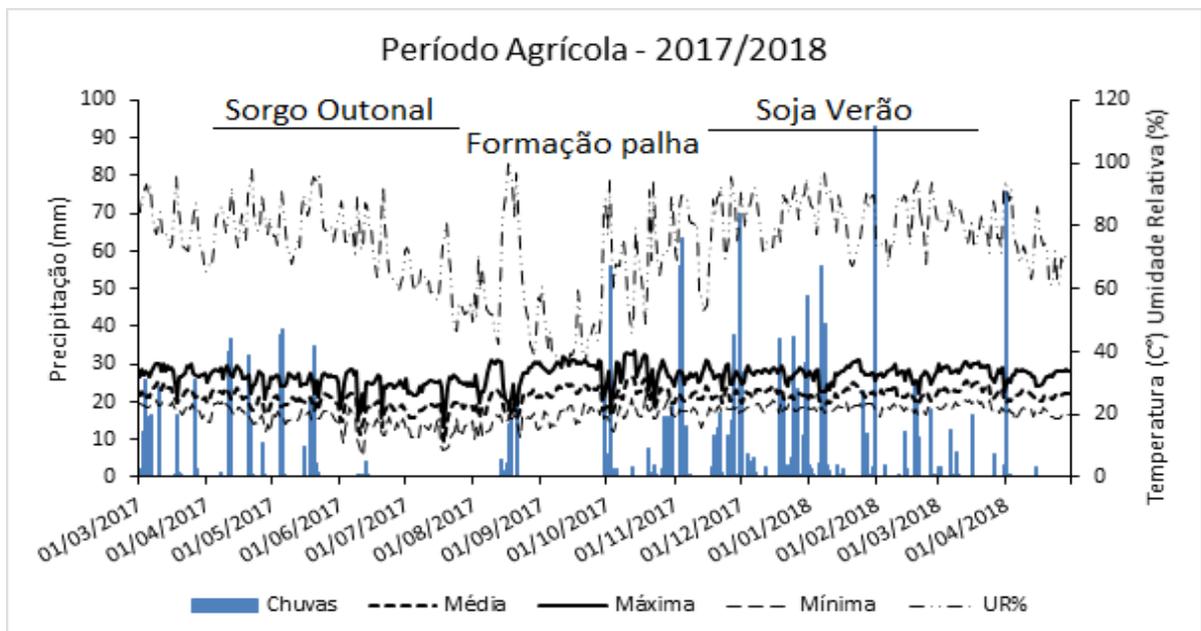
para os períodos agrícolas nos anos de 2016/2017 e 2017/2018, figuras 2 e 3, respectivamente, durante os cultivos experimentais, safra outonal (sorgo) e durante a safra de verão (soja).

Figura 2- Dados meteorológicos de precipitação pluvial (mm), umidade relativa do ar (%), e temperaturas (C°) máxima, média e mínima, registrados de março/2016 a março/2017 na estação meteorológica da FEPE/UNESP. Selvíria, MS.



Fonte: Próprio autor. Dados FEPE/Unesp (2020).

Figura 3- Dados meteorológicos diários de precipitação pluvial (mm), umidade relativa do ar (%), e temperaturas (C°) máxima, média e mínima, registrados de março/2017 a abril/2018 na estação meteorológica da FEPE/UNESP. Selvíria, MS.



Fonte: Próprio autor. Dados FEPE/Unesp (2020).

Na safra 2016/2017, a precipitação anual total no local da pesquisa foi de 1.565 mm, com temperatura anuais média, máxima e mínima, e, umidade do ar de 24,7°C, 31,8°C, 19,2°C e 75,5%, respectivamente. Enquanto que na safra 2017/2018, a precipitação anual total no local da pesquisa foi de 1.719 mm, com médias de temperatura anuais média, máxima, mínima e umidade do ar de 25,4°C, 32,3°C, 20,0°C e 74,3%.

O solo da área experimental está classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, textura argilosa, conforme Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2018), e, encontrava-se cultivado com culturas anuais sob plantio direto há mais de 10 anos, com leguminosa produtora de grãos no verão e gramíneas produtoras de grãos e forragem nos períodos de outono, na sequência soja-milho-pastagem e, soja-sorgo-pastagem.

Foi realizada a aplicação de calcário dolomítico (PRNT 85%) em superfície, sem incorporação, na dose de 2,0 t ha⁻¹, em setembro de 2015. O preparo da área agrícola antes da semeadura das culturas no outono foi realizado com dessecação preliminar da flora daninha com herbicida Glyphosate (1.560 g ha⁻¹ do i.a.), e posterior ceifa utilizando triturador horizontal de resíduos vegetais (Triton).

Para caracterização inicial da fertilidade no primeiro ano de cultivo, antes da semeadura outonal do sorgo consorciado em 2016, coletou-se 20 amostras aleatórias com estrutura deformada, com auxílio de trado de rosca, na profundidade de 0,00 a 0,20 m, sendo os resultados apresentados na Tabela 1.

Tabela 1- Caracterização das características químicas do solo antes da implantação dos experimentos nas camadas de 0,00 a 0,20 m. Selvíria/MS.

Profund	P _{resina} mg dm ⁻³	M.O. g dm ⁻³	pH CaCl ₂	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V %
0,00-0,20	21	21	4,9	4,8	20	11	45	03	35,8	80,1	45

Fonte: Próprio autor.

A caracterização física do solo na área efetuou-se pelo levantamento aleatório de 60 pontos de amostragem para a macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo, também nas profundidades de 0,00 a 0,10m, e 0,10 a 0,20m, sendo os valores médios apresentados na Tabela 2.

Tabela 2- Caracterização das características físicas do solo antes da implantação dos experimentos. Valores médios de macroporosidade (MA), microporosidade (MI), porosidade total (PT) e densidade do solo (DS) nas camadas de 0-0,10m e 0,10-0,20m. Selvíria/MS.

Profundidade (m)	MA	MI	PT	DS
	m ³ m ⁻³			kg dm ⁻³
0,00-0,10	0,095	0,331	0,419	1,42
0,10-0,20	0,059	0,353	0,386	1,54

Fonte: Próprio autor.

3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental utilizado para a avaliação das cultivares de sorgo consorciadas com capim paiaguás e guandu-anão e, para as plantas da cultura da soja, durante os dois anos de condução do experimento, foi o de blocos casualizados em esquema fatorial (3 x 5). Os tratamentos para o consórcio de sorgo outonal foram dados pela interação: cultivares de sorgo + capim X densidades de semeadura do feijão do guandu, com quatro repetições. Para a avaliação da produtividade das plantas da cultura da soja, a leguminosa foi semeada exatamente sobre as parcelas dos tratamentos estabelecidos para as plantas de sorgo consorciado.

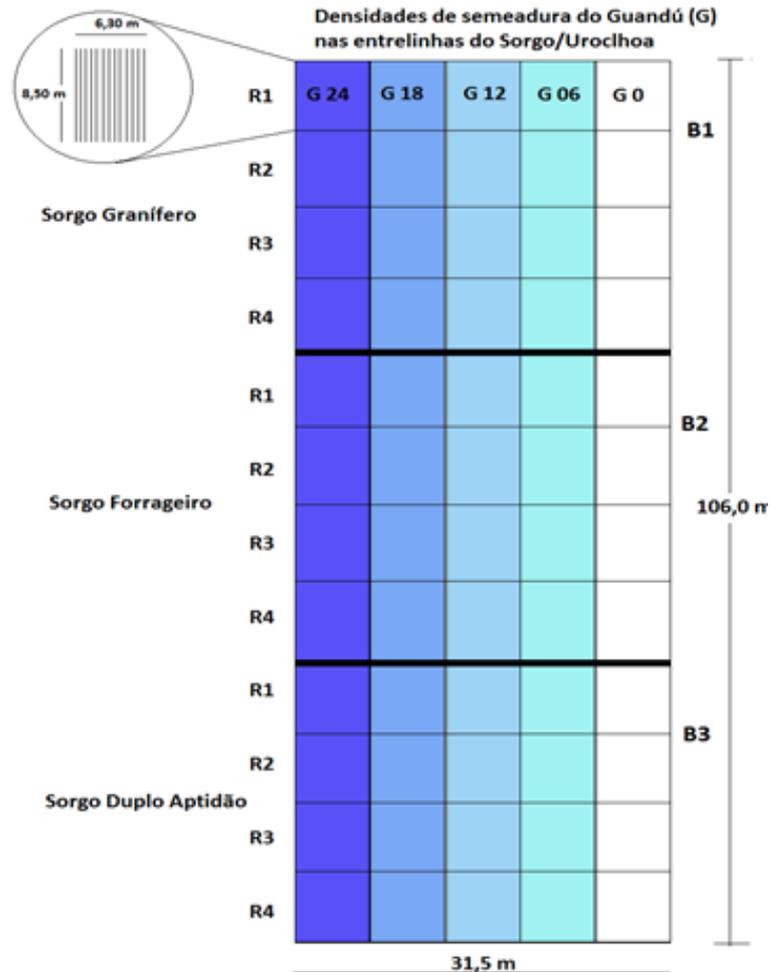
Os blocos foram formados por 03 (três) cultivares de sorgo (granífero, forrageiro e dupla aptidão) todos cultivados com o capim-paiaguás implantado na linha de semeadura da cultura do sorgo juntamente com o adubo e, consorciadas na entrelinha com 05 (cinco) densidades de semeadura de guandu (0, 6, 12, 18 e 24 sementes m⁻¹), totalizando 60 parcelas (Croqui Figura 4). Dessa forma os tratamentos descritos foram:

Tratamento 1 - SG (Bloco 1): Sorgo granífero, cultivar A 9902, com *Urochloa brizantha* cv. Paiaguás na linha de semeadura, consorciado com guandu-anão na entrelinha com cinco densidades (0, 6, 12, 18 e 24 sementes m⁻¹);

Tratamento 2 - SF (Bloco 2): Sorgo forrageiro, cultivar Volumax, com *Urochloa brizantha* cv. Paiaguás na linha de semeadura, consorciado com guandu-anão na entrelinha com cinco densidades (0, 6, 12, 18 e 24 sementes m⁻¹); e,

Tratamento 3 - SDA (Bloco 3): Sorgo duplo aptidão, cultivar Rancheiro, com *Urochloa brizantha* cv. Paiaguás na linha de semeadura, consorciado com guandu-anão na entrelinha com cinco densidades (0, 6, 12, 18 e 24 sementes m^{-1}).

Figura 4- Croqui da área experimental com a disposição das parcelas e tratamentos.



R = repetições; G = Guandú-anão; B = blocos.

As parcelas experimentais no campo foram dispostas em faixas de semeadura. Cada parcela foi formada por 14 linhas de sorgo espaçadas em 0,45 m com capim paiaguás junto na linha de adubação, e guandu-anão nas entrelinhas espaçadas a 0,45m. A dimensão da área de cada parcela foi de 6,30 x 8,50 m, totalizando 53,55 m^2 por parcela.

Cada bloco foi formado por uma cultivar de sorgo (Granífero, Forrageiro e Duplo Propósito), sendo as densidades de semeadura do guandu-anão, dispostas lateralmente na figura 4, (G24, G18, G12, G6 e G 0) constituindo assim, 05 parcelas, formadas pelas densidades de semeadura de guandu na entrelinha, sendo 0, 6, 12,

18 e 24 sementes m⁻¹) com quatro repetições, dispostas de forma contínua (colunas) com as linhas de semeadura (31,5 x 34,0 m). Os blocos formados pelos três cultivares de sorgo estavam espaçados entre si pela distância de 2,0 m entre carregadores. A área total do experimento é de 3.340m² aproximadamente, de dimensões de 31,5m de largura x 106,0m de comprimento.

3.3 PRODUÇÃO DE SORGO CONSORCIADO COM CAPIM PAIAGUÁS E GUANDU PARA PRODUÇÃO DE SILAGEM

3.3.1 Descrição das operações e implantação das culturas

As semeaduras para os cultivos de sorgo consorciado ocorreram em 06 de abril de 2016 e 05 de abril de 2017, respectivamente, para as safras outonais 2017 e 2018. Na adubação de semeadura foram utilizados 350 kg ha⁻¹ da fórmula 08-28-16 (N-P₂O₅- K₂O) sendo que o adubo foi depositado próximo às linhas de sorgo para ambos os anos de cultivo.

A adubação de cobertura foi realizada manualmente próximo a linha de semeadura do sorgo, em 06 de maio de 2016 e 03 de maio de 2017, respectivamente, para ambos os anos, quando as plantas de sorgo apresentavam cerca de 6 folhas totalmente desenvolvidas. Foram aplicados 120 kg ha⁻¹ de N (sulfato de amônio com 20% de N), aproximadamente 30 dias após a semeadura das culturas, conforme recomendações de Cantarella, Raij e Camargo, (1997).

A profundidade de semeadura do sorgo foi de 0,03 m, com uma densidade de semeadura em torno de 6 sementes por metro, por meio de conjunto trator semeadora-adubadora de 7 linhas com mecanismo sulcador tipo haste (facão), em SPD, com espaçamento entre linhas de 0,45m, almejando uma população em torno de 133.000 plantas ha⁻¹, sendo as cultivares descritas, recomendadas para a região.

A semeadura do capim-paiaguás nos dois anos agrícolas, foi realizada simultânea à semeadura da cultura de sorgo, no mesmo implemento. As sementes de *Urochloa brizantha* cv. Paiaguás foram misturadas ao adubo momentos antes da operação, e, acondicionadas no compartimento de fertilizantes da semeadora-adubadora utilizada para o sorgo, sendo depositadas na profundidade de 0,06m, utilizando-se aproximadamente 10 kg ha⁻¹ de sementes puras viáveis.

As sementes do guandu-anão (cultivar Caqui) foram depositadas na profundidade de 0,05 m, logo após a semeadura do sorgo, nas densidades de 0, 6, 12, 18, 24 sementes m^{-1} , e no espaçamento de 0,45m, por outro conjunto trator semeadora-adubadora com mecanismo sulcador tipo disco-duplo desencontrado para SPD, alinhando os dispositivos de semeadura nas entrelinhas da semeadura do sorgo (Figura 5).

Figura 5- Semeadura da cultura do sorgo com capim paiaguás (a), seguida da semeadura do guandu anão (b) nas entrelinhas da cultura em cultivo outonal, consórcio implantado na 2ª Safra 2017/18 (c), Selvíria-MS.



Fonte: Próprio autor (2017).

As sementes do capim localizaram-se abaixo das sementes de sorgo, seguindo as recomendações de Kluthcouski et al., (2000). Assim, foi possível retardar a emergência da gramínea forrageira em relação à cultura produtora de grãos, diminuindo a chance de competição entre as espécies consorciadas no período inicial de desenvolvimento das culturas.

3.3.2 Colheita e avaliação das culturas do consórcio sorgo, capim e guandu-anão consorciados

A colheita e avaliação do sorgo, capim paiaguás e guandu-anão consorciados para ensilagem, em ambos os anos de condução do experimento, foram realizadas em 19 de julho de 2016 e 06 de julho de 2017, respectivamente. Sendo, os atributos de crescimento e produtividade das plantas do consórcio determinados um dia antes do corte para a colheita e confecção da silagem.

3.3.2.1 Determinação da altura, diâmetro do colmo e população final de plantas de sorgo

Avaliou-se a altura de plantas (AP) de sorgo, com auxílio de régua graduada, e diâmetro do colmo (DC) utilizando paquímetro de precisão 0,1mm, sendo que a medição foi realizada no segundo entrenó a partir da base. Estas medições foram realizadas em 10 plantas dispostas na mesma linha na área útil da parcela. A determinação das populações de plantas (PP), foi obtida pela contagem do número de plantas contidas nas três linhas centrais com 3 m de comprimento em cada parcela, convertidas para número de plantas por hectare.

3.3.2.2 Determinação das frações botânicas do sorgo e produtividade de matéria seca das plantas

Todas as plantas do consórcio foram colhidas sendo cortadas na altura de 0,30 m em relação à superfície do solo em três pontos em cada parcela, em área de 1m². Em seguida, nas plantas de sorgo, foram efetuadas a separação botânica, sendo, as frações folhas + bainha, colmo e panículas, separadas com auxílio de uma tesoura de poda, onde foram avaliadas as produções de matéria seca da panícula (PA), do colmo (CO) e das folhas (FO), sendo a produtividade de matéria seca total (PMS) obtida pela soma dessas frações. As amostragens para a determinação de matéria seca do capim paiaguás e do feijão guandu, foram obtidas na mesma área (1,0m²) de coleta das plantas de sorgo nas parcelas. Todas as produtividades de massa seca das espécies no consórcio foram determinadas por meio de pesagem das plantas frescas, e após a secagem do material em estufa de ventilação forçada a 65°C por 72 horas.

3.3.3 Colheita e ensilagem das plantas no consórcio

Os ciclos da cultura do sorgo para confecção de silagem de planta inteira foram de 98 e 87 dias após emergência, quando os grãos na panícula se encontravam no estágio de maturidade fisiológica, com cerca de 70% de matéria seca (MS), para o primeiro e segundo ano, respectivamente. No momento da colheita das plantas em 19/07/2016 e 07/07/2017, efetuou-se a colheita mecânica da massa vegetal para ensilagem, utilizando-se colhedora de forragem modelo JF 1300, sendo o material picado em partículas médias de 2,5 cm, com a altura da plataforma de colheita de aproximadamente 0,30 m em relação à superfície do solo.

Nos dois anos, o material colhido foi armazenado e adequadamente compactado em tubos de PVC, com capacidade para 5 kg de matéria verde, com flanges de silicone adaptados nas tampas. Na prensagem do material vegetal (600 kg m⁻³) utilizou-se prensa hidráulica manual com capacidade de pressão de até 15 toneladas. Os tubos foram fechados hermeticamente com fitas adesivas para evitar a troca de ar com o meio, e abertos 60 dias após a vedação para ambos os anos, sendo desprezadas a camada superficial (0,10 m) de forragem em cada silo e retirada uma sub amostra por silo, de aproximadamente 0,300 kg de silagem, acondicionadas em estufa de circulação forçada de ar para secagem a 65° C por 72 horas. As amostras foram processadas em moinho de faca tipo “Willey”, passando por uma peneira de 1,0 mm, para posterior análise bromatológica.

Durante os dois anos de condução do experimento, após a colheita do sorgo consorciado para silagem (julho de 2016 e 2017), a área experimental foi mantida em pousio, visando à continuidade do SPD, com crescimento da rebrota das plantas em consórcio, para posterior dessecação e cultivo da cultura da soja de verão em sucessão.

3.3.3.1 Análises na silagem

As amostras foram coletadas no material do consorcio a ser ensilado, cortados a 0,30m de altura, sendo secas em estufa de ventilação forçada de ar a 65°C por 72 horas, para determinação dos teores de matéria seca e macronutrientes, segundo metodologia proposta por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). Com base nestes teores, multiplicando pela produtividade de matéria seca

das plantas para ensilagem, calculou-se o acúmulo de macronutrientes exportados da área.

Após a abertura dos silos, determinou-se nas amostras coletadas os teores de matéria seca (MS) proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA), hemicelulose (HEM), celulose (CEL), lignina (LIG), carboidratos solúveis (CHOs) e digestibilidade in vitro (Dviv) da MS, determinados conforme metodologias descritas por Silva e Queiroz (2002) e Campos et al. (2004).

3.4 CULTIVO DE SOJA SOB PALHADA DE SORGO CONSORCIADO COM CAPIM E GUANDU-ANÃO

3.4.1 Implantação e caracterização da área experimental

Antes da implantação da soja, foi realizada a dessecação das plantas rebrotadas dos consórcios, visando a formação de palhada para semeadura em SPD, utilizando-se o herbicida Glyphosate (1560g ha^{-1} i.a.). A semeadura da soja em sucessão foi realizada em 18 de novembro de 2016 e 16 de novembro de 2017, no espaçamento de 0,45 m em ambas as safras. Utilizou-se semeadora-adubadora com mecanismo sulcador tipo disco duplo desencontrado para SPD. A densidade de semeadura foi de 12 sementes por metro, objetivando uma população de plantas em torno de 260.000 plantas ha^{-1} (Figura 6). A semeadura da soja ocorreu aproximadamente aos 120 dias após a colheita do material vegetal para ensilagem, de forma a avaliar o efeito da palhada remanescente sobre os componentes da produção e produtividade de grãos de soja em sistema de rotação.

Para os dois anos do experimento a cultivar utilizada foi a Agroeste 3730 IPRO apresentando uma germinação de aproximadamente 80%, sendo resistente a lagartas em seu estágio inicial de desenvolvimento, com exceção para os gêneros *Helicoverpa* e *Spodoptera*. As sementes foram depositadas na profundidade de aproximadamente 0,03 m, com adubação de semeadura na dose de 300 kg ha^{-1} do formulado 04-30-10, em ambos os anos. Realizou-se o tratamento de sementes com fungicida Vitavax + Thiram na dose de 160 mL para 60 kg de sementes. Em seguida as sementes foram inoculadas com a bactéria diazotrófica *Bradyrhizobium japonicum* fornecida pelo inoculante Total Nitro (600.000 células/g), equivalente a 150 gramas para cada saco de 40 kg de sementes. A inoculação foi realizada com o

auxílio de uma betoneira, momentos antes da semeadura, devido ao inoculante ser na forma de sólido turfoso.

Figura 6- Emergência de soja cultivada em rotação sob palhada de sorgo consorciado com capim paiaguás e guandu – Safra 2017/2018, Selvíria- MS.



Fonte: Próprio autor (2017).

3.4.2 Análise e avaliação de componentes da produção e produtividade da soja

A colheita da cultura ocorreu em 08 de março de 2017 e 12 de março de 2018, quando as plantas de soja encontravam-se em plena maturidade fisiológica. Nesta fase, foram avaliados os componentes da produção e produtividade de grãos da cultura. Foram coletadas as plantas contidas nas 2 linhas centrais com 3 m de comprimento de cada parcela (área útil), sendo determinada a população de plantas (PP), contando-se as plantas e extrapolando os valores obtidos por hectare. Coletou-se dez plantas aleatoriamente por unidade experimental para determinação da altura de plantas (AP), altura de inserção da primeira vagem (AIPV), número total de vagens por planta (NVP), número médio de grãos por vagem (NGV) e a massa de 100 grãos (13% de base úmida). Na determinação da produtividade de grãos, todas as plantas da área útil nas parcelas foram colhidas, trilhadas mecanicamente, pesadas, e posteriormente calculada e extrapolada para kg ha^{-1} , corrigindo-se os valores para o teor de 13% de umidade.

3.5 ATRIBUTOS DO SOLO

3.5.1 Análise e avaliação dos atributos químicos do solo

A coleta de amostras para análise de fertilidade ocorreu um dia após a colheita da soja no final da safra de verão, para os dois anos do experimento, em abril de 2017 e 2018, juntamente com a retirada das amostras para os atributos físicos, sendo coletadas cinco (05) amostras simples para formar uma composta por parcela, para avaliação da fertilidade do solo nas camadas de 0,00-0,10 e 0,10-0,20m. As amostras de solo foram secas ao ar, homogeneizadas, moídas, passadas em peneiras a 100 mesh e analisados quanto aos teores de pH (CaCl_2), fósforo (P), Matéria orgânica (MO), potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), acidez potencial (H+Al), alumínio (Al), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC), enxofre (S) e saturação por bases (V%), seguindo metodologia descrita por Raij et al. (2001).

3.5.2 Análise e avaliação dos atributos físicos do solo

Após a colheita da soja nas safras de verão 2016/17 e 2017/18, foram abertas mini trincheiras e coletados manualmente com auxílio de enxadão cinco (05) amostras indeformadas com anel volumétrico para avaliação de atributos físicos do solo, em cada uma das 60 parcelas, nas profundidades de 0,00-0,10m e 0,10-0,20m (Figura 7).

Foram analisados a densidade do solo (DS) e porosidade total (PT), pelo método do anel volumétrico; microporosidade (MI), pelo método da mesa de tensão com coluna de água de 60 cm; macroporosidade (MA), por diferença entre a PT e a MI. A avaliação para todos os atributos físicos foi realizada conforme metodologia descrita pela Embrapa (1997).

Figura 7- Coleta de anéis volumétricos para avaliação dos atributos físicos do solo nas camadas de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m, após cultivo de soja na rotação com sorgo consorciado com capim paiaguás e guandu-anão, Selvíria- MS.



Fonte: Próprio autor (2018).

3.5.3 Análise e avaliação dos estoques de carbono no solo

Os estoques de C no solo foram calculados a partir dos valores obtidos para o teor de matéria orgânica do solo (carbono orgânico) e dos valores da densidade do solo coletadas nas parcelas, e, calculados em função da profundidade das camadas do solo, conforme a equação ⁽¹⁾ de Bernoux et al., (1998):

$$(1) \quad \text{Equação de BERNOUX et al., (1998): } E = Ds \cdot h \cdot C$$

Em que: E = estoque de carbono do solo ($t \text{ ha}^{-1}$);

Ds = densidade do solo (kg dm^{-3});

h = espessura da camada amostrada (cm); e,

C = teor de carbono do solo (g dm^{-3}).

3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados obtidos para os cultivares de sorgo em consórcios outonais e soja no verão, assim como, para os atributos do solo, foram submetidos à análise de variâncias (ANAVA) pelo teste F ($p < 0,05$). As médias quando significativas, foram comparados pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), de acordo com o modelo estatístico.

$$Y_{ijk} = \mu + B_j + G_i + (B_j * G_i) + \varepsilon_{ijk};$$

Sendo: μ = média geral;

B_j = efeito bloco (variedades de sorgo);

G_i = efeito guandu (densidades de semeadura);

ε_{ijk} = erro aleatório associado a cada observação Y_i .

O efeito das densidades de semeadura do guandu-anão, foram comparados por regressão polinomial. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o software SISVAR[®] versão 5.3 (FERREIRA, 2010).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CONSÓRCIO DE SORGO COM CAPIM PAIAGUÁS E GUANDU-ANÃO

Houve diferenças significativas entre os tratamentos para a população de plantas (PP) e influências da densidade da semeadura de guandu anão no segundo ano de cultivo (Tabela 3).

Tabela 3. Altura de plantas (AP), diâmetro do colmo (DC) e população de plantas (PP) dos cultivares de sorgo consorciado com capim-paiaguás e com diferentes densidades de semeadura de guandu na entrelinha, em cultivos de segunda safra, Selvíria – MS, 2016 e 2017.

Trat.	AP ------(cm)-----		DC ------(mm)-----		PP -----ha ⁻¹ -----	
	2016	2017	2016	2017	2016	2017
SG	118 b	134 c	18,9 a	12,1 a	196.296	147.220 b
SF	187 a	186 b	18,5 a	10,1 b	185.240	169.998 a
SDA	191 a	195 a	15,7 b	10,1 b	201.944	166.109 a
Dens.						
0	167	170	18,5	10,0	205.247	162.961 ⁽¹⁾
6	163	173	17,4	9,9	188.734	157.405
12	164	175	18,1	10,7	188.364	179.164
18	167	173	16,7	11,4	209.876	164.813
24	166	168	18,1	11,8	180.246	141.202
D.M.S	4,57	8,85	1,31	1,54	26568	18856
F.V	Teste F					
Trat.	9,58**	162,97**	20,13**	6,57**	1,20 ^{ns}	4,90*
Dens.	1,32 ^{ns}	0,71 ^{ns}	2,06 ^{ns}	2,23 ^{ns}	1,57 ^{ns}	3,73*
Trat x Dens.	1,78 ^{ns}	1,81 ^{ns}	1,4 ^{ns}	1,26 ^{ns}	0,61 ^{ns}	0,15 ^{ns}
Média	166,0	172,0	17,8	10,8	194.493	161.109
C.V.	3,60	6,72	9,66	18,66	17,77	15,27

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5%. SG: consórcio de sorgo granífero/capim-paiaguás e guandu-anão; SF: consórcio de sorgo forrageiro/capim-paiaguás e guandu-anão; Dens. = densidade de semeadura de guandu-anão; SDA: consórcio de sorgo dupla aptidão/ capim-paiaguás e guandu-anão. F.V.: fontes de variação; Trat.: Tratamento; Dens.: Densidade de semeadura de guandu-anão. **, *, ^{ns}: (P<0,01), (P<0,05) e (P>0,05), respectivamente; $^1y = 158014,29 + 2837,27x - 143,29x^2$ (R² = 66,78%). Fonte: Próprio autor.

Essa redução na PP do primeiro para o segundo ano de cultivo, pode ser atribuída à utilização das mesmas espécies em consórcio por dois anos consecutivos. Outra condição está no fato do consórcio proporcionar maior quantidade de palhada, dificultando a semeadura com mecanismo de haste na semeadora. Segundo Silva et al. (2015), esse efeito pode ser descrito devido a competição com o capim, avaliando consórcios de sorgo com *U. brizantha* cv. Marandu e *U. decumbens*, descrevendo redução no estande de plantas, podendo ainda, influenciar no rendimento de grãos. Mateus et al. (2011) também destacaram a influência do capim na redução do crescimento do sorgo, avaliando consórcios de sorgo com gramíneas para produção de forragem para o período da seca.

Von Pinho et al. (2006) descreveram estande de 127 mil plantas ha⁻¹ para SF e 143 mil plantas ha⁻¹ para SDA, e, superiores para SG com 167 mil plantas ha⁻¹. De modo geral, os valores são inferiores ao do presente trabalho nos tratamentos com SF e SDA. No entanto, Oliveira et al. (2005), relataram valores de PP variando entre 130 a 167 mil plantas ha⁻¹, avaliando o desenvolvimento de cultivares de sorgo consorciados com gramíneas e aplicação de N na cobertura, para produção de silagem.

Não foram observadas diferenças por Soares (2017) no estande de plantas de sorgo consorciado, quando comparadas as informações com relação ao cultivo consorciado com capim Paiaguás e o cultivo solteiro. No entanto, os valores para PP apresentados no presente trabalho estiveram acima do estande almejado na implantação para os dois anos de cultivo. Um ajuste significativo da equação entre a densidade de semeadura do guandu-anão e a PP, estimou que a densidade de 10 sementes m⁻¹ de guandu nas entrelinhas do sorgo seria capaz de favorecer o estabelecimento de maior PP.

As cultivares de SF e SDA apresentaram AP superiores ao sorgo granífero SG. Para Borém et al. (2014), avaliando cultivares comerciais, verificaram que a AP de sorgo pode variar entre 120 cm para SG e, pode chegar até 400 cm para espécies voltadas a produção de forragem (sacarino). Essas diferenças ocorrem devido à morfologia das plantas utilizadas no experimento, e são atribuídas às características das cultivares de sorgo, em produzir grãos, comparada à planta especializada em produzir mais massa vegetal, sendo esses resultados esperados, devido ao sorgo com características de produção de grãos apresentar menor porte.

Avaliando o desenvolvimento do consórcio de sorgo com gramíneas forrageiras, Miranda e Pereira (2001), relataram altura de plantas como no máximo 170 cm para SG, com variações de altura entre 200 a 220 cm para SDA e, acima de 270 cm para SF. Na presente pesquisa, independente da cultivar avaliada, os valores nesse trabalho foram menores quando comparados aos dos autores supracitados, provavelmente os resultados são atribuídos devido ao cultivo em segunda safra (outono), onde observa-se que o SF foi semelhante ao SDA para o primeiro ano, e se destacou significativamente no segundo ano de cultivo (Tabela 3).

Observa-se um comportamento inverso para a altura e o diâmetro do colmo (DC), onde a cultivar de SG, com porte mais baixo apresentou maiores valores de DC (Tabelas 3 e 4). No desdobramento da interação densidade de semeadura sobre os componentes AP e DC das plantas de sorgo, pode-se observar que não houve ajuste entre as densidades de semeadura do guandu, sendo observadas diferenças somente entre as cultivares de sorgo (Tabela 4).

Tabela 4. Desdobramento da interação densidade de semeadura do guandu-anão sobre a altura de plantas (AP) e diâmetro do colmo (DC) dos tipos de sorgo. Selvíria – MS, segunda safra 2016.

Dens.	Trat.			D.M.S
	SG	SF	SDA	
Altura de Plantas (cm)				
0	121 B ^{ns}	193 A ^{ns}	187 A ^{ns}	11,22
6	114 B	182 A	191 A	
12	117 B	185 A	190 A	
18	117 B	187 A	196 A	
24	118 B	187 A	192 A	
Diâmetro do Colmo (mm)				
0	21,3 A ^{ns}	19,4 A ^{ns}	14,9 B ^{ns}	2,94
6	18,2 AB	18,4 A	15,4 B	
12	18,7 A	19,9 A	15,7 B	
18	16,8 A	17,4 A	15,9 B	
24	19,5 A	17,8 A	16,9 B	

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5%. SG: consórcio de sorgo granífero/capim-paiaguás e guandu-anão; SF: consórcio de sorgo forrageiro/capim-paiaguás e guandu-anão; SDA: consórcio de sorgo dupla aptidão/capim-paiaguás e guandu-anão. Trat.: Tratamento; Dens.: Densidade de semeadura se guandu-anão. ^{ns}: (P>0,05), D.M.S.: diferença mínima significativa. Fonte: Próprio autor.

Os valores apresentados para AP e DC foram maiores no primeiro ano em relação às plantas cultivadas no segundo ano (Tabela 3), embora nesse estudo, as semeaduras para as duas safras outonais ocorressem quase que na mesma data, 06/04 e 05/04, respectivamente, para 2016 e 2017. Mesmo o SF sendo o mais alto entre os três cultivares, seu crescimento manteve a mesma altura nos dois cultivos, possivelmente não tendo expressado todo o seu potencial devido ao cultivo em 2ª safra (efeito de fotoperíodo). Assim, o incremento em DC para esse cultivar pode ser uma estratégia para compensar a menor altura.

As características das plantas de sorgo variam com as condições climáticas, solo e temperatura, e o fato de estar em condições de consórcio triplo pode haver um agravante relacionado com a possível competição entre as espécies consorciadas, desde que a implantação das culturas não seja feita de forma adequada. Sendo observado que, a redução hídrica no segundo ano de cultivo (2017) ocorrida durante a etapa de crescimento 2, entre 30 a 60 dias após a germinação (Figuras 1 e 2) parece ter afetado mais o DC em todas os cultivares avaliados. Esse período coincide com o da aplicação de N em cobertura, e a disponibilidade de água assume extrema importância.

Maiores produtividades de matéria seca da PA foram observadas para o SG, sendo esse efeito esperado devido às características da planta especializada em produzir grãos, quando comparado aos cultivares especializados na produção de massa vegetal, ficando mais evidente ao observar os valores obtidos no segundo ano, onde os valores para a massa da PA e do CO, foram maiores. Em virtude da alta produtividade de matéria seca da PA para o segundo ano de cultivo (2017), constatando-se uma diferença de $2,9 \text{ t ha}^{-1}$ entre os anos de cultivo (Tabela 5).

Verificou-se diferenças significativas na produtividade de matéria seca das FO, com os maiores valores para SG e SDA no segundo ano. Em pesquisa desenvolvida por Nakao (2018), avaliando a produtividade de matéria seca total, e das frações FO e CO, houve maiores produtividades do SG comparado ao SDA em condições de consórcio no segundo ano de cultivo, não sendo observadas diferenças para a PA, também em cultivo outonal.

A produtividade de matéria seca total (PMS Total), para o SG e o SF na safra outonal 2016, foram, respectivamente, de 20.428 e de $18.210 \text{ kg ha}^{-1}$, ambas superiores ao SDA (Tabela 5).

Tabela 5. Massa seca dos componentes morfológicos do sorgo, panícula (PA), colmo + bainha (CO), folhas (FO) e produtividade de matéria seca total do sorgo (PMS Total), em consórcio com capim-paiaguás e guandu-anão em diferentes densidades de semeadura. Selvíria – MS, 2ª safra 2016 e 2017.

Trat.	PA		CO		FO		PMS total	
	----- kg ha ⁻¹ -----							
	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017
SG	4704 a	7691 a	10184	8416 c	5539 a	3855 ab	20428 a	19963 b
SF	2916 b	3447 b	10784	11073 b	4509 b	3197 b	18210 a	17717 b
SDA	3164 b	4319 b	8533	16518 a	2699 c	4550 a	14398 b	25388 a
Dens.								
0	3585 ⁽¹⁾	3954	11455	11971	5539 ⁽²⁾	3650	20175 ⁽³⁾	19576
6	4094	5403	9176	10215	5134	3284	17488	18903
12	4103	5495	9593	12226	4217	3825	17670	21547
18	3291	5582	11437	12652	3974	4076	19028	22310
24	2901	5327	7506	12946	3622	4504	14030	22777
D.M.S	1711	1790	2430	2527	943	817	3509	4282
F.V Teste F								
Trat.	18,93**	18,44**	2,71 ^{ns}	31,4**	27,41**	8,04**	8,92**	9,97**
Dens.	3,27**	1,00 ^{ns}	3,33 ^{ns}	1,25 ^{ns}	2,50*	2,21 ^{ns}	3,07**	1,11 ^{ns}
Trat x Dens.	2,33*	0,69 ^{ns}	1,85 ^{ns}	0,69 ^{ns}	2,20*	0,82 ^{ns}	2,26*	0,58 ^{ns}
Média	3.595	5.152	9.834	12.002	4.249	3.868	17.678	21.023
C.V.	27,7	45,3	16,5	27,4	14,8	27,6	37,3	26,6

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5%. SG: consórcio de sorgo granífero/capim-paiaguás e guandu-anão; SF: consórcio de sorgo forrageiro/capim-paiaguás e guandu-anão; Dens. = densidade de semeadura de guandu-anão; SDA: consórcio de sorgo dupla aptidão/ capim-paiaguás e guandu-anão. F.V.: fontes de variação; Trat.: Tratamento; Dens.: Densidade de semeadura se guandu-anão. *, **, ns: (P<0,01), (P<0,05) e (P>0,05), respectivamente; ¹y = 3655,31 + 88,535x – 5,1962x² (R² = 88,89%); ²y = 4838,33 – 49,05x (R² = 68,95%); ³y = 19828,86 – 179,16x. Fonte: Próprio autor.

No segundo ano, o SG apresentou valores próximos ao cultivo da safra anterior (19.963 kg ha⁻¹), diferindo com relação ao SDA quanto a PMS Total e sendo superior aos demais cultivares. Esse resultado deve-se ao aumento na produtividade da fração colmo desse cultivar, elevando os índices de produtividade para o segundo ano com cerca de 16.518 kg ha⁻¹. Conforme descrito por Molina et al. (2000), aumentos de produtividade de massa seca do sorgo estão relacionados com o crescimento em altura dos cultivares, portanto, o potencial de produção de massa seca aumenta com a altura das plantas. Nakao (2018) descreveu maiores PMS Total

de plantas de SG em relação ao SDA no segundo ano de cultivo, atribuindo esse efeito a maior precipitação pluvial nesse período.

Na análise do desdobramento da produção de matéria seca da PA, FO e PMS Total do sorgo no primeiro ano de cultivo, não houve ajustes das densidades de guandu-anão sobre os atributos morfológicos das plantas, somente diferenças entre os cultivares, com maiores valores desses atributos observados para o SG (Tabela 6).

Tabela 6. Desdobramento da interação densidade de semeadura do guandu sobre a matéria seca da panícula (MSPA), colmo (MSCO), folhas (MSFO) e produtividade de matéria seca total (PMS Total) das diferentes cultivares de sorgo. Selvíria – MS, 2ª safra 2016.

Dens.	Tratamentos			D.M.S
	SG	SF	SDA	
Matéria seca da panícula (kg ha⁻¹)				
0	5.892 A ^{ns}	2.220 B ^{ns}	2.644 B ^{ns}	1711
6	5.036 A	2.962 B	4.284 AB	
12	4.266 A	4.238 A	3.806 A	
18	4.499 A	2.885 AB	2.488 B	
24	3.829 A	2.274 A	2.600 A	
Matéria seca das folhas (kg ha⁻¹)				
0	6.759 A ^{ns}	5.846 A ^{ns}	2.799 B ^{ns}	2109
6	5.818 A	3.892 AB	2.942 B	
12	3.839 AB	5.279 A	2.803 B	
18	6.610 A	3.805 B	2.492 B	
24	4.669 A	3.725 AB	2.472 B	
Matéria seca total das plantas de Sorgo (kg ha⁻¹)				
0	24.869 A ^{ns}	21163 AB ^{ns}	14.494 B ^{ns}	7848
6	21.940 A	15647 B	14.877 B	
12	14.903 B	22595 A	15.514 B	
18	24.284 A	19287 AB	14.513 B	
24	16.142 A	12350 B	13.591 A	

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5%. SG: consórcio de sorgo granífero/capim-paiaguás e guandu-anão; SF: consórcio de sorgo forrageiro/capim-paiaguás e guandu-anão; SDA: consórcio de sorgo dupla aptidão/capim-paiaguás e guandu-anão. Trat.: Tratamento; Dens.: Densidade de semeadura se guandu-anão. ^{ns}: (P>0,05), D.M.S.: diferença mínima significativa. Fonte: Próprio autor.

Os fatores ambientais e o teor de N no solo são capazes de influenciar as taxas de divisão e alongamento celular, acelerando o crescimento das plantas e a capacidade fotossintética nas folhas, assim, o efeito do estresse hídrico sobre o rendimento de plantas, tamanho e peso de colmos são marcantes nessa época (VON PINHO, FIORINO, SANTOS, 2014). Portanto, ao analisar os resultados na safra 2017, a redução da disponibilidade hídrica associada à competição no consórcio, pode ter estimulado uma maior AP e reduções no DC em todos os cultivares, mais destacados nos de características para produção de matéria vegetal, como é o caso do SF e SDA, com aumento significativo no SDA com relação à produção de colmos (Tabela 5). Segundo Mateus et. al, (2011), o crescimento pode afetar a capacidade translocação de água e tornam as plantas mais susceptíveis ao acamamento, sendo a condição de acamamento verificado a campo em cerca de 60% das plantas (Figura 8).

Figura 8- Plantas de sorgo duplo aptidão (SDA) acamadas durante o momento da colheita na área útil das parcelas do consórcio com capim-paiaguás e guandu, 2ª Safra 2017, Selvíria- MS.



Fonte: Próprio autor (2017).

Mateus et al. (2011) também destacaram maiores DC em plantas de sorgo consorciadas com capins Mombaça e Marandu, comparado ao cultivo solteiro, porém essas condições ocorreram devido a maior disponibilidade hídrica na primavera e verão. Em condições desfavoráveis, houve tendência de maior crescimento em altura para garantir a competição e o estabelecimento em condições de consórcio (efeito de estiolamento). Menores DC em relação ao cultivo solteiro foram descritos por Nakao (2018) em plantas de sorgo, em cultivo outonal, nas

condições de consórcio com capim Paiaguás, atribuindo esse efeito à competição entre as espécies.

Porém, diante de condições desfavoráveis para maior absorção de nutrientes, parece haver maior crescimento em altura, e acúmulo de fotoassimilados somente nos colmos, com redução na quantidade de folhas, ocasionando incrementos em altura para o cultivar de SDA, uma vez que esse apresenta características intermediárias às destinadas à produção de grãos e silagem, e o crescimento parece ser o efeito mais favorável para garantir seu estabelecimento diante das condições no consórcio.

A produtividade de matéria seca do capim-paiaguás foi maior quando consorciado com o SG para os dois anos de cultivo (Tabela 7). Provavelmente esse comportamento ocorreu devido a menor competição do SG em relação ao sombreamento ocorrido sobre a gramínea, devido a sua menor altura. Contudo, os valores de produtividade do capim-paiaguás obtidos no consórcio com SG, na safra outonal 2016, foi de com 2.268 kg ha⁻¹ e na safra outonal 2017 de 2.502 kg ha⁻¹, respectivamente.

Silva et al. (2013) obtiveram valores variando entre 1.250 e 1.540 kg ha⁻¹ em cultivos de *Urochloa brizantha* consorciada com sorgo granífero. Enquanto que Oliveira et al. (2011) relataram valores de matéria seca de capim em torno de 1.550 kg ha⁻¹, em consórcio com milho na produção de silagem, quantificados logo após a colheita, sendo que, após 60 dias foram alcançaram 12.577 kg ha⁻¹ de matéria verde. Crusciol et al. (2009) destacaram produtividades acima de 5.000 kg ha⁻¹, avaliando capim-marandu consorciado com sorgo granífero, obtidas logo após o consórcio, mesmo com condições restritas de desenvolvimento, onde o baixo porte do sorgo granífero permitiu que a gramínea apresentasse melhor desenvolvimento dentro das condições estudadas (primavera/verão).

As densidades de semeadura do guandu-anão tiveram efeitos significativos sobre a produtividade de matéria seca total do capim Paiaguás, nas duas safras, ocasionando reduções no desenvolvimento do capim com o aumento da densidade de semeadura da leguminosa (Tabela 7). Observa-se ainda, maior interferência no segundo ano de cultivo do consórcio (Safrá 2017), onde as reduções na produtividade podem estar relacionadas com o aumento na AP de sorgo associado ao aumento nas populações de guandu-anão.

Não foram observadas diferenças significativas para a massa seca total do guandu-anão entre os tratamentos no consórcio para ambas as safras. No entanto, foram observados maiores valores na modalidade de consórcio com o SG, em função dos anos de cultivo, sendo que de modo geral, os valores relatados para todos os tratamentos, no segundo ano, superaram aos obtidos para o primeiro ano de cultivo (Tabela 7).

Tabela 7. Matéria seca total do capim-paiaguás (MSTP) e matéria seca total do guandu (MSTG) no consórcio com diferentes variedades de sorgo. Selvíria – MS, 2ª Safra 2016 e 2017.

Trat.	MSTPaiaguás		MSTGuandu	
	----- kg ha ⁻¹ -----		-----	
	2016	2017	2016	2017
SG	2.268 a	2.502 a	685	1.323
SF	1.895 ab	2.274 a	250	1.279
SDA	1.151 b	354 b	401	1.039
	Dens.			
0	3.135 ⁽¹⁾	2.778 ⁽²⁾	0 ⁽³⁾	0 ⁽⁴⁾
6	3.395	1.841	0	1.561
12	3.910	1.726	150	1.545
18	1.356	1.066	603	1.983
24	578	1.138	1476	979
D.M.S	2.132	1.012	545	893
F.V	Teste F			
Trat.	4,20*	15,97**	1,93 ^{ns}	0,34 ^{ns}
Dens.	15,58**	3,26*	9,35**	5,19**
Trat x Dens.	0,89 ^{ns}	1,52 ^{ns}	0,97 ^{ns}	1,91 ^{ns}
Média	1.771	1.710	446	1.214
C.V.	25,8	77,2	85,9	95,9

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5%. SG: consórcio de sorgo granífero/capim-paiaguás e guandu-anão; SF: consórcio de sorgo forrageiro/capim-paiaguás e guandu-anão; Dens. = densidade de sementeira do guandu-anão; SDA: consórcio de sorgo dupla aptidão/ capim-paiaguás e guandu-anão. F.V.: fontes de variação; Trat.: Tratamento; Dens.: Densidade de sementeira de feijão guandu-anão. **, *, ns: (P<0,01), (P<0,05) e (P>0,05), respectivamente: ¹y = 3202,15 – 199,21x (R² = 63,98%); ²**y = 2520,92 – 67,54x (R² = 86,55%); ³y = -265,26+59,2795x; ⁴y = 69,66 + 262,44x – 9,28x² (R² = 90,56%). Fonte: Próprio autor.

A maior altura e população de plantas pode estar associado ao espaçamento de sementeira de 0,45 m, que podem ter reduzido as produtividades do capim e do

guandu, havendo um agravante para essa situação quando considerados a maior quantidade de folhas produzidas pelo SDA para 2017, podendo esse sombreamento ser responsável pelos menores valores relacionados à quantidade de matéria seca total do capim-paiaguás (354 kg ha^{-1}), sendo que seu acamamento próximo ao período de colheita permitiu um maior desenvolvimento do guandu-anão (1.039 kg ha^{-1}), em relação ao cultivo na safra outonal anterior 2016 (401 kg ha^{-1}).

Considerando teores desejáveis de leguminosas na massa de consórcios para silagens, Quintino et al. (2013) citam que participação da leguminosa variou entre 1,1% a 27%, onde o principal fator está no espaçamento utilizado para semeadura do sorgo, com 0,90 m entrelinhas, enquanto que, no presente estudo foi utilizado espaçamento de 0,45 m entrelinhas, para ambas culturas no consórcio. Assim, o percentual de guandu-anão na silagem dos consórcios obtidos com SG, SF e SDA, nesse trabalho foram, respectivamente, de 2,9%, 1,2% e 2,5% na safra 2016, e, 7,5%, 8,6% e 6,3% na safra 2017 (Tabela 7). Portanto, no segundo ano, os percentuais de guandu nos consórcios com SG e SF apresentaram-se mais próximos das condições de proporcionar incrementos satisfatórios de proteína bruta na silagem, o que melhoraria a taxa de conversão do alimento e proporcionaria maiores ganhos de peso animal.

No entanto, as produtividades do capim-paiaguás e do guandu-anão em consórcio com os cultivares de sorgo, apresentaram redução de seu potencial produtivo dentro das condições observadas nesse estudo. Os aspectos relacionados à arquitetura e altura das plantas de sorgo no consórcio torna-se um fator significativo na competição para garantir seu estabelecimento na área, frente às demais culturas, associado ainda, a uma maior limitação hídrica e de fotoperíodo, ocasionado pela sazonalidade devido ao cultivo em segunda safra (outonal).

4.2 QUALIDADE QUÍMICA DA SILAGEM

Os teores médios para os macronutrientes no material vegetal a ser ensilado, advindo dos consórcios de sorgo com capim-paiaguás e guandu-anão (média de 2 anos) são apresentados na Tabela 8. Nos tratamentos com SG e SDA foram observados respectivamente, os maiores acúmulos para N (374 e 321 kg ha^{-1}), P ($53,8$ e $54,9 \text{ kg ha}^{-1}$), K ($296,4$ e $336,4 \text{ kg ha}^{-1}$) e Ca ($85,3$ e $91,3 \text{ kg ha}^{-1}$).

Tabela 8. Valores médios para acúmulo de Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e enxofre (S) na matéria seca da silagem de sorgo, com capim e guandu. Safras 2016/17 e 2017/18. Selvíria – MS.

	N	P	K	Ca	Mg	S
Trat.	----- kg ha⁻¹ -----					
SG	374 a	53,8 a	296,4 ab	85,3 a	116,7 a	48,7 a
SF	244 b	32,8 b	257,8 b	66,2 b	115,7 a	28,1 c
SDA	321 a	54,9 a	336,4 a	91,3 a	87,7 b	37,3 b
	Dens.					
0	341,3	49,2	332,7 ⁽¹⁾	82,6	112,2	41,3
6	330,7	50,3	321,2	75,8	104,8	40,4
12	333,1	50,6	322,7	83,9	111,7	39,4
18	261,3	44,0	252,4	77,2	109,2	33,8
24	301,2	41,8	255,4	85,1	95,8	34,4
D.M.S	64,6	12,7	71,4	16,1	20,5	7,6
F.V.	Teste F					
Trat.	11,98**	11,24**	3,55*	7,85**	7,59**	21,6**
Dens.	1,82 ^{ns}	0,69 ^{ns}	2,15*	0,47 ^{ns}	0,77 ^{ns}	1,30 ^{ns}
Trat x Dens.	0,43 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,55 ^{ns}	1,26 ^{ns}	0,94 ^{ns}	0,36 ^{ns}
Média	313	47,2	296	80,9	106,7	38,0
C.V.	26,9	35,1	31,4	25,9	25,0	26,1

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5%. SG: consórcio de sorgo granífero/capim-paiaguás e feijão guandu-anão; SF: consórcio de sorgo forrageiro/capim-paiaguás e feijão guandu; Dens. = densidade de semeadura do guandú-anão; SDA: consórcio de sorgo dupla aptidão/capim-paiaguás e feijão guandu-anão. Trat.: Tratamento; Dens.: Densidade de semeadura de feijão guandu-anão. **, *, ^{ns}: (P<0,01), (P<0,05) e (P>0,05), respectivamente. (1) *y = 34156 – 372,42x (R² = 79,92%). Fonte: Próprio autor.

Para os teores de Mg foram observadas diferenças com maiores valores nas silagens de SG e SF, respectivamente, de 116,7 e 115,7 kg ha⁻¹, enquanto que o maior valor para S foi observado no tratamento com SG (48,7 kg ha⁻¹), diferindo dos demais cultivares avaliados. De modo geral, o consórcio com SG foi responsável pela maior extração de macronutrientes do solo nas áreas avaliadas.

Comparando os valores de macronutrientes acumulados e exportados na Tabela 8 com os dados obtidos na Tabela 5, observa-se uma redução no segundo ano de cultivo das frações de folhas e colmos para as plantas do consórcio com SG e maior produção de grãos. Dentro dessa observação, Borges et al. (2016) destacaram reduções no acúmulo de nutrientes no colmo e nas folhas do sorgo, translocados para as estruturas reprodutivas, sendo a folha a principal fonte de redistribuição principalmente para N e P. Mesmo inserido em ambientes com baixa disponibilidade hídrica, limitando a produtividade, cultivares de sorgo granífero tem mostrado elevado potencial de produtividade de grãos, mesmo sob condições marginais de cultivo (ALBUQUERQUE et al., 2011), o que implica numa maior demanda nutricional frente aos cultivares forrageiros, demonstrada pelas maiores taxas de acúmulo de matéria seca.

Não houve ajustes significativos para as densidades de semeadura do guandu-anão sobre o acúmulo de N, P, Ca, Mg e S, e nem, interações significativas entre os tratamentos dos consórcios com sorgo e capim-paiaguás com as densidades de semeadura do guandu-anão (Tabela 8). Em exceção, para os acúmulos de K, houve reduções com o aumento da densidade de semeadura do guandu-anão nas entrelinhas dos consórcios estudados.

Segundo Borges et al. (2016), o K é o nutriente que mais é acumulado pelo sorgo, com a maior parte alocada nos colmos (40%) e folhas (34%), relatando que em sorgo granífero foram descritos valores de 301,84 kg ha⁻¹ como alta exigência, principalmente em cultivares para produção de grãos. Esse resultado foi observado na presente pesquisa, conforme apresentado para os componentes morfológicos das plantas de sorgo na Tabela 5, principalmente com relação ao SG e SDA para a safra 2017.

A redistribuição de Ca pela cultura de sorgo é baixa, mesmo com alta quantidade absorvida e pouca translocação para os grãos, o que ocorre devido ao seu papel estar relacionado à estrutura das plantas. Mesmo com um maior acúmulo de Ca e maior crescimento das plantas no consórcio de SDA, esse macronutriente

não foi capaz de manter e sustentar a estrutura morfológica na posição adequada, não evitando o acamamento (Figura 8). A importância do requerimento nutricional estimado pelas taxas de exportação é de grande valia para cultivos de grãos ou forragem, principalmente em sistemas integrados de produção, onde os cultivos envolvidos devem se complementar para a manutenção da produção e longevidade do sistema adotado, sendo esse o grande objetivo em estabelecer consórcios e rotações. Dessa forma, tanto o valor nutricional, a produtividade e os resultados econômicos devem ser levados em consideração para a escolha das culturas que serão utilizadas na produção de alimentos por meio da adoção de sistemas integrados de produção agrícola (CRUSCIOL et al., 2018).

As necessidades nutricionais do sorgo são determinadas pelas quantidades totais de nutrientes absorvidos, onde o conhecimento desses valores permite que sejam estimadas as taxas de exportações por meio da colheita, seja para produção de grãos ou mesmo para produção de silagem na suplementação animal para períodos de seca. Dessa forma, a quantificação desses teores permite saber o quanto de nutrientes podem ser restituídos ao solo por meio dos restos de culturas utilizadas na sucessão em rotação, em função da quantidade produzida e do tempo de cultivo a campo (BULL e CANTARELLA, 1993).

As iniciativas devem ocorrer principalmente, com a possibilidade de cultivos consorciados entre gramíneas forrageiras com culturas como o sorgo, capaz de se estabelecer no outono/inverno no Cerrado, e ser uma cultura conveniente em atender as exigências nutricionais e aos fatores econômicos devido ao seu baixo custo de implantação (ANDRIGUETTO et al., 2002). Como as condições edafoclimáticas na região do cerrado trazem restrições para produção de alimentos para o gado em quantidade e qualidade, essa produção de alimentos utilizando o cultivo de sorgo pode ser associada à reforma das pastagens como forma de viabilizar e trazer sinergismos aos sistemas produtivos.

Tabela 9. Valores médios de Porcentagem de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), carboidratos solúveis (CHOs), celulose (Cel), Hemicelulose (Hem), lignina (Lig), Digestibilidade “*in vitro*” (Dviv) e matéria seca (MS) da silagem de sorgo para as safras outonais em 2016 e 2017. Selvíria – MS.

	PB	FDN	FDA	CHOs	Cel.	Hem.	Lig.	Dviv	MS
Trat.	-----% MS-----								
SG	11,3 a	54,4 b	31,4 c	1,3 b	25,7 c	22,9 b	3,9 b	65,6 a	30,3 a
SF	8,3 b	63,4 a	38,4 a	1,5 a	31,4 a	25,1 a	5,5 a	62,2 b	30,3 a
SDA	8,9 b	60,6 a	36,3 b	1,3 b	29,6 b	24,4 a	5,1 a	61,6 b	31,4 a
Dens.									
0	9,61	61,40	36,85	1,49 ⁽¹⁾	29,99	24,55	5,03	62,60	31,19
6	9,84	57,88	34,04	1,32	27,70	23,84	4,86	63,64	31,03
12	9,37	59,32	35,12	1,31	28,87	24,20	4,65	63,99	30,05
18	8,79	60,37	35,66	1,31	29,49	24,70	4,59	62,70	30,99
24	9,83	58,60	35,15	1,36	28,57	23,44	5,02	62,99	31,08
D.M.S	0,73	2,94	2,06	0,09	1,73	1,04	0,58	2,78	0,39
F.V	Teste F								
Trat.	55,13**	29,2**	34,8**	12,7**	32,3**	12,6**	20,7**	7,26**	0,47 ^{ns}
Dens.	2,46 ^{ns}	1,58 ^{ns}	1,71 ^{ns}	4,10**	1,81 ^{ns}	1,71 ^{ns}	0,86 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,26 ^{ns}
trat.*dens.	2,74*	2,01 ^{ns}	1,56 ^{ns}	2,94**	1,56 ^{ns}	2,95**	1,67 ^{ns}	1,58 ^{ns}	0,71 ^{ns}
Média	9,5	59,5	35,4	1,4	28,942	24,2	4,8	63,2	31,1
C.V.	10,1	6,5	7,6	9,4	7,8	5,6	15,7	5,7	0,6

Médias seguidas de mesma letra na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5%. SG: consórcio de sorgo granífero/capim-paiaguás e feijão guandu-anão; SF: consórcio de sorgo forrageiro/capim-paiaguás e feijão guandu; SDA: consórcio de sorgo dupla aptidão/capim-paiaguás e feijão guandu-anão. Trat.: Tratamento; Dens.: Densidade de semeadura de feijão guandu-anão. *, **, ns: (P<0,01), (P<0,05) e (P>0,05), respectivamente. (1)** y = 1,4765-0,0253x+0,00088x² (R² = 90,61%). Fonte: Próprio autor.

Para os teores de PB, FDN, FDA, CHOs, Cel., Hem., Lignina (Lig.) e Dviv, houve diferenças significativas entre os tratamentos dos consórcios de sorgo com capim-paiaguás e guandu-anão, com exceção para os teores de MS nas silagens (Tabela 9). Pinedo et al. (2012) reportam acréscimos de 0,57% de MS, avaliando silagens de sorgo em consórcio com guandu-anão. Resultados descritos por Evangelista et al. (2005), adicionando leucena em silagens de sorgo, destacaram que os teores ideais de MS devem estar entre 28% a 38%.

No entanto, os teores de MS apresentados nesse trabalho variaram entre 30,3 e 31,4 % entre as silagens dos consórcios e encontram-se dentro dos limites recomendados por Van Soest (1994), indicando que a inserção da leguminosa, independente da densidade de semeadura, não foi capaz de alterar esse atributo. Baixos teores de MS na silagem não favorecem a fermentação láctica e geram grandes quantidades de efluentes, reduzindo o consumo pela menor palatabilidade da silagem, enquanto que teores acima de 40% favorecem o aparecimento de fungos (VAN SOEST, 1994).

Os teores de PB foram maiores no tratamento com SG (11,3%), sendo significativamente superiores aos demais tratamentos (Tabela 9). No entanto, esses valores descritos para o consórcio com SG são inferiores aos apresentados por Pinedo et al. (2012) de 18,6% e Godoy (2007) de 14,6%, em silagens de sorgo consorciado. Não foram observadas influências isoladas das densidades de guandu-anão sobre os teores de PB nas silagens. Na análise de desdobramento houve diferenças significativas entre os tratamentos, sendo os teores de PB maiores na silagem de SG e menores na silagem dos consórcios de SF e SDA (Tabela 10). Houve ajuste significativo para as densidades de semeadura do guandu-anão elevando os teores de PB na silagem com SG e, comportamento inverso, dado pela redução do teor de PB na silagem com SDA. Provavelmente, esse efeito pode ser ocasionado devido a constituição de compostos mais lignificados dos cultivares com características para produção de material vegetal (colmos), como é o caso dos tratamentos com SF e SDA (Tabela 9), associado à produtividade de massa dos componentes morfológicos das plantas de sorgo, principalmente com relação à produtividade de folhas e da panícula (grãos) na constituição do material a ser ensilado do SG (Tabela 5).

Nakao (2018) verificou maiores valores de PB, com concentração de 11,5 %, no primeiro ano de cultivo de sorgo consorciado com guandu-anão em relação ao segundo ano de cultivo, evidenciando maior conteúdo energético no suprimento das

necessidades nutricionais dos ruminantes. Esse autor evidenciou que a maior participação da panícula (grãos) para o sorgo granífero foi responsável pela elevação nos teores de PB. Silva et al. (1999) também verificaram que incrementos na PB ocorreram com maior participação da panícula na massa ensilada, sendo superiores aos teores observados para as frações colmo + folhas juntas.

Analisando os teores de CHOs (Tabela 9), observa-se valores superiores para a silagem no consórcio com SF (1,5 % MS), diferindo significativamente das demais silagens (SG e SDA). Com relação ao efeito das densidades de guandu-anão, nota-se que o incremento na silagem, para todos os consórcios avaliados, proporciona redução nos teores de CHOs, e essa fração de carboidratos mais prontamente digestível representa a principal fonte de energia produzida pelos componentes dos alimentos.

Na análise de regressão para o desdobramento da densidade de semeadura do guandu-anão e cultivares de sorgo sobre os teores de CHOs na silagem, mesmo com valores mais elevados para a silagem do consórcio com SF, foram constatadas também que, o aumento na densidade de semeadura do guandu-anão foi capaz de reduzir os teores de CHOs na silagem dos consórcios de SF e SG (Tabela 10). Magalhães et al. (2014) também observaram reduções nos teores de carboidratos solúveis com a adição de leguminosas em silagem de sorgo utilizando feijão caupi, atribuindo o melhor valor nutricional com aumento de PB e menores teores de lignina quando adicionados níveis entorno de 15% da leguminosa na silagem. Porém, essa condição entorno de 15% de adição de leguminosas na silagem não ocorreu para esse trabalho, pois os teores estimados chegaram a no máximo 8,6% (Tabela 7).

Na silagem do consórcio com SG foram observados menores teores de Cel., Hem. e Lig., apresentando 25,7, 22,9 e 3,9% MS, respectivamente (Tabela 9). Enquanto que, os maiores teores dessas frações lignificadas foram obtidas nos consórcios forrageiros, sendo observadas na silagem de SF teores de Cel., de 31,4 % MS, e para a silagem dos consórcios de SF e SDA com maiores teores de Hem. (31,4 e 29,6 % MS) e Lig. (5,5 e 5,1% MS), respectivamente. As frações mais fibrosas variam em função de diferentes idades de corte e modalidade de cultivo, dessa forma, os valores de Lig e Hem nesse trabalho podem ser considerados baixos, indicando um material de maior digestibilidade (Van SOEST, 1994). Baixos valores de Lig observados na silagem de SG não são capazes de limitar a digestão dessa silagem pelos animais, uma vez que teores elevados desse constituinte oferecem restrições à ação de bactérias no rúmen reduzindo a digestibilidade. Os teores de Hem na matéria

seca da silagem dos consórcios com SF e SDA foram maiores em relação aos valores observados na silagem de SG (Tabela 9). Esse efeito é observado para as menores densidade de semeadura do guandu-anão (0 e 6 sementes por metro linear), na análise de regressão apresentada nos desdobramentos dados pela interação entre a densidade de semeadura e cultivares de sorgo consorciados com capim (Tabela 10).

Tabela 10- Análise de regressão para o desdobramento significativo da interação entre a densidade de semeadura do guandu-anão e cultivares de sorgo consorciados com capim-paiaguás e guandu, sobre o teor de Proteína Bruta (PB), Carboidratos solúveis (CHO) e Hemicelulose (Hem) na silagem, Selvíria – MS, Safra 2016/2017.

Dens.	Tratamentos			D.M.S
	SG	SF	SDA	
		PB (%MS)		
0	10,4 A ¹	8,3 B ^{ns}	10,0 A ²	1,6
6	11,2 A	8,3 B	9,9 AB	
12	11,0 A	8,5 B	8,4 B	
18	11,6 A	7,3 B	7,3 B	
24	12,0 A	8,6 B	8,8 B	
		CHOs (%MS)		
0	1,36 B ³	1,77 A ⁴	1,34 B ^{ns}	0,21
6	1,30 A	1,32 A	1,32 A	
12	1,20 B	1,43 A	1,32 AB	
18	1,21 B	1,51 A	1,23 B	
24	1,37 A	1,35 A	1,36 A	
		Hem. (%MS)		
0	22,3 B ⁵	25,8 A ⁶	25,4 A ^{ns}	2,3
6	21,9 B	26,2 A	23,3 B	
12	24,3 A	24,6 A	23,5 A	
18	24,3 A	24,2 A	25,6 A	
24	21,7 B	24,4 A	24,0 AB	

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5%. SG: consórcio de sorgo granífero/capim-paiaguás e guandu-anão; SF: consórcio de sorgo forrageiro/capim-paiaguás e guandu-anão; SDA: consórcio de sorgo dupla aptidão/capim-paiaguás e guandu-anão. Trat.: Tratamento; Dens.: Densidade de semeadura se guandu-anão. **, *, ns: (P<0,01), (P<0,05) e (P>0,05), D.M.S.: diferença mínima significativa. ¹y = 10,574 + 0,05995x (R² = 88,5%); ²y = 9,922 - 0,08262x (R² = 51,5%); ³y = 1,3820 - 0,0271x + 0,00109x² (R² = 83,6%); ⁴y = 1,6891 - 0,0373x + 0,001106x² (R² = 50,5%); ⁵y = 21,776 + 0,3379x - 0,0132x² (R² = 51,4%); ⁶y = 26,056 - 0,0802x (R² = 70,8%). Fonte: Próprio autor.

Houve redução nos teores de Hem com o aumento da densidade de guandu-anão nas silagens dos consórcios, principalmente para o SF (Tabela 10). No entanto, essa redução no teor de Hem pode ser atribuída a competição do SF com o guandu-anão em consórcio, pelo crescimento do sorgo como forma de sobressair no consórcio, sombreando e reduzindo a produtividade de matéria seca do capim-paiaguás na silagem (Tabela 7). Teores de Hem foram descritos por Almeida (2010) devido à presença de capim em consórcio, com valores de 25,7 % em silagem de sorgo com capim na entrelinha de plantio, ocorrendo aumentos nos valores para 26,3 % para silagens de sorgo com capim na linha de semeadura e na entrelinha do consórcio. Porém, esse autor relata não haver influências do consórcio sobre os teores de Hem nas silagens. No entanto, para esse trabalho, a redução da produtividade de matéria seca do capim-paiaguás no consórcio diante da competição com o sorgo, foi capaz de reduzir os teores de Hemicelulose na silagem, sendo observado pelo ajuste significativo entre densidades de guandu-anão e os cultivares de sorgo avaliados (Tabela 10).

Os valores para as frações fibrosas FDN e FDA diferiram significativamente entre os tratamentos com maiores valores na silagem com SF, apresentando 63,4 e 38,4 % MS, respectivamente (Tabela 9). Não foram observados efeitos da adição de guandu-anão sobre essas frações fibrosas na silagem. Em pesquisa realizada por Pinedo et al. (2012), esses autores constataram valores de FDN e FDA de 67,8 e 36,0%, respectivamente, em silagens sem a participação de guandu-anão, onde adições crescentes desta leguminosa em silagens de sorgo ocasionaram redução de 51,9 e 31,7 % MS para essas frações, recomendando no máximo adição de até 50% de guandu nas silagens com sorgo.

Reduções nos teores de FDN contribuem para o aumento do consumo de matéria seca, e segundo Van Soest (1994) valores elevados de FDN, acima de 60%, e de 35% para FDA, apresentam correlação negativa com o consumo do alimento, por interferirem diretamente na digestibilidade da matéria seca. Dessa forma, a silagem de SG apresentou-se como boa opção frente a essas relações entre as frações fibrosas e a digestibilidade de seus componentes. Talvez alterações no espaçamento de semeadura para a implantação dos consórcios com SG e capim Paiaguás e guandu-anão possam trazer benefícios como a melhoria nesses índices, e possibilitando maior desenvolvimento e produtividade das plantas com maior participação do guandu na massa a ser ensilada.

O valor da Dviv para a silagem no consórcio com SG (65,6% MS) diferiu significativamente, sendo superior aos apresentados para as silagens dos consórcios de SF e SDA (Tabela 9). A silagem de SG pode ser classificada como de muito boa qualidade, por estar dentro dos parâmetros de classificação para esse componente, a partir de 65%. Entretanto, as silagens de SF e DAS, em função de menores teores (62,2 e 61,6 % MS, respectivamente), podem ser considerados como de boa qualidade (BORGES, 1995). Valores próximos foram descritos por Silva (1997), avaliando cultivares de sorgo granífero, duplo propósito e forrageiro, respectivamente, com 62,5%; 57,8% e 59,3%, de Dviv. No entanto, a silagem de sorgo granífero possui maiores valores de digestibilidade, comparados aos cultivares com características forrageiras, resultados também reportados nos trabalhos de Borges (1995) e Ibrahim (2007).

Cruz (2016) relatou valores de Dviv para silagens de sorgo consorciado com capim-marandu e guandu-anão variando entre 62,5 e 71,7%, no segundo ano de cultivo, o que representa redução para as frações fibrosas com maximização do consumo na matéria seca da silagem e maior rendimento animal, com maiores valores para o cultivo nos períodos de verão e outono. Porém, para as condições realizadas nessa pesquisa, em que as semeaduras ocorreram no outono, sendo a colheita para confecção da silagem realizadas no início do período de inverno, verificou-se bons índices para esse parâmetro. Os conteúdos de digestibilidade “*in vitro*” (Dviv) são parâmetros rotineiramente avaliados na determinação da qualidade das silagens, onde o consumo e a digestibilidade correlacionam-se com seu valor energético (ALVARENGA, 1994).

4.3 CULTIVO DE SOJA SOB PALHADA DA REBROTA DOS CONSÓRCIOS

O estabelecimento da cultura da soja mostrou maiores PP no primeiro ano de cultivo em relação ao segundo, sobre a palhada dos consórcios nas áreas de todos os tratamentos, com valores próximos a 200.000 plantas ha⁻¹ (Tabela 11).

Houve redução mais acentuada no segundo ano de cultivo. Entretanto, para as duas safras os valores para a PP foram inferiores à almejada inicialmente de 280.000 plantas ha⁻¹. Com o aumento das densidades de semeadura do guandu-anão na área das parcelas, foram observadas tendências de redução da PP de soja para o primeiro ano de avaliação.

A redução da PP para todas as áreas no segundo ano, Safra 2017/18, foi menor para a soja estabelecida sobre a palhada de SDA, se destacando em relação às demais áreas estatisticamente, apresentando população de 184.815 plantas ha⁻¹.

Tabela 11. População de plantas (PP), Massa de 100 grãos (M100g) e Produtividade (PROD) de soja cultivada em rotação sob palhada de diferentes tipos de sorgo consorciado com capim-paiaguás e guandu na entrelinha. Selvíria – MS, safras 2016/17 e 2017/18.

Tratamentos	PP ha ⁻¹		M100g gr sem ⁻¹		PROD kg ha ⁻¹	
	Saфра		Saфра		Saфра	
	2016/17	2017/18	2016/17	2017/18	2016/17	2017/18
SG	198.889 a	154.444 b	13,8 a	14,9 a	4.736 a	3.500 a
SF	206.852 a	159.259 b	13,8 a	14,8 a	5.005 a	3.444 a
SDA	205.741 a	184.815 a	14,0 a	15,1 a	4.430 a	3.623 a
Dens.						
0	215.741 ⁽¹⁾	173.765	13,8	14,8	5.036	3.571
6	196.913	158.641	14,3	14,6	4.282	3.574
12	187.654	177.160	13,8	14,8	5.486	3.512
18	215.740	155.555	14,0	15,2	4.051	3.278
24	203.086	165.740	13,3	15,5	4.764	3.676
D.M.S	17.329	18.789	0,66	0,83	1.070,0	399,3
F.V	Teste F					
Trat.	0,72 ^{ns}	8,87 ^{**}	0,60 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,84 ^{ns}	0,61 ^{ns}
Dens.	3,48 [*]	1,73 ^{ns}	2,00 ^{ns}	1,35 ^{ns}	2,04 ^{ns}	0,98 ^{ns}
Trat.x Dens.	1,44 ^{ns}	0,56 ^{ns}	2,71 [*]	1,87 ^{ns}	0,24 ^{ns}	1,03 ^{ns}
Média	203.827	166.172	13,8	14,9	4.724	3.522
C.V.	11,1	14,7	6,2	7,3	29,6	14,8

*Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5%. Dens.= densidade de semeadura do guandu-anão; PPS: população de plantas de sorgo; AI: altura de inserção da panícula; DC: diâmetro do colmo; SG: consórcio de sorgo granífero/capim-paiaguás e feijão guandu-anão; SF: consórcio de sorgo forrageiro/capim-paiaguás e feijão guandu; SDA: consórcio de sorgo dupla aptidão/ capim-paiaguás e feijão guandu-anão. F.V.: fontes de variação; Trat.: Tratamento; Dens.: Densidade de semeadura de feijão guandu-anão. **, *, ns: (P<0,01), (P<0,05) e (P>0,05), respectivamente; $^1y = 212.222,2 - 2.474x + 98.593x^2$ ($R^2 = 30,41\%$). Fonte: Próprio autor.

Essas reduções na PP de plantas de soja cultivadas sobre a palhada de SDA em consórcio com capim-paiaguás também foram observadas por Nakao (2018), atribuindo esse efeito devido a maior quantidade de palhada residual sobre o solo da

área de cultivo, podendo ter interferido tanto na implantação da cultura da soja, quanto sobre sua emergência. Tal fato pode ser observado no presente trabalho (Figura 6), e cabe destacar que a PP de soja também pode ser favorecida pela palhada de culturas antecessoras.

Não houve diferenças para a produtividade de grãos da cultura de soja sobre as palhadas dos tratamentos antecessores, e nem influências quando observados os efeitos das densidades de semeadura do guandu-anão (Tabela 11). Reduções em produtividade do primeiro para o segundo ano no presente trabalho ocorreram devido reduções da PP de soja, devido ao efeito da palhada dos consórcios antecessores durante as fases iniciais de estabelecimento da cultura. Porém, ao contrário do observado nesse estudo, incrementos na produtividade da soja sobre a palhada da rebrota de sorgo foram descritos por Nakao (2018), sendo significativamente maiores para o segundo ano de cultivo. Também Costa et al. (2010) relataram resultados diferentes dos apresentados nessa pesquisa, destacando que, mesmo com altas produtividade de palhada, em média 8.764 kg ha^{-1} , não foram observadas influências na produtividade da soja, ocasionando ainda, incrementos de 11 sacas ha^{-1} em soja cultivada sobre palhadas de capim Marandu em consórcio com milho.

Segundo Crusciol et al. (2018), nas condições de sequeiro, produtividades da cultura da soja podem variar entre 2.900 a 4.000 kg ha^{-1} para a região de cerrado de alta altitude. Por outro lado, para as condições de cerrado de baixa altitude, o cultivo simultâneo de espécies forrageiras e graníferas para produção de silagem e produção de palhada sobre a superfície do solo tem sido uma tecnologia capaz de viabilizar o cultivo e altas produtividades da cultura da soja.

Não foram observadas diferenças significativas para a M100 grãos na soja cultivada sobre a palhada dos tratamentos de sorgo consorciado com capim e guandu-anão, assim como, não foram descritas influências das densidades de semeadura do guandu-anão (Tabela 11). Entretanto, pode-se observar que houve aumento na massa dos grãos para o segundo ano em relação ao primeiro ano de cultivo. Provavelmente esse efeito pode ser atribuído à redução na PP na área para o segundo ano de avaliação da cultura. Tal fato demonstra a capacidade de compensação da cultura frente a diminuição no número de plantas, sendo também descritos nos trabalhos de Costa et al. (2010); Nakao (2018) e Pereira (2018), que obtiveram resultados semelhantes aos obtidos na presente pesquisa.

No entanto, a análise de regressão foi significativa para o desdobramento da interação entre a densidade de semeadura do guandu-anão e cultivares de sorgo sobre a M100 grãos de soja (Tabela 12). Na análise do desdobramento, pode-se observar que houve redução para a M100 da soja cultivada sobre palhada dos consórcios de SF e SDA. Em relação aos resultados para a M100 da soja cultivada sobre palhada do consórcio com SG, os dados demonstram aumento até 14 sementes de guandu m⁻¹ (Tabela 12).

Não foram observadas diferenças significativas com relação a avaliação dos tratamentos isolados e, nem mesmo influências das densidades de semeadura do guandu-anão sobre os componentes morfológicos e de produção da cultura da soja para a AIPV e do NVP para os dois anos de cultivo (Tabela 13).

Tabela 12- Análise de regressão para o desdobramento da interação entre a densidade de semeadura do guandu sobre a massa de 100 grãos de soja, cultivada sobre a palhada de sorgo consorciado com capim paiaguás e guandu-anão, safra 2016/17. Selvíria – MS.

Dens.	Tratamentos			D.M.S
	SG	SF	SDA	
	Massa de 100 grãos (g)			
0	12,5 B ¹	14,2 A ²	14,8 A ³	1,47
6	14 A	14,6 A	14,2 A	
12	14,2 A	13,3 A	13,8 A	
18	14,4 A	14 A	13,6 A	
24	13,5 A	12,7 A	13,6 A	

*Médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5%. Dens.= densidade de semeadura do guandu-anão; DMS = diferença mínima significativa; SG: consórcio de sorgo granífero/capim-paiaguás e feijão guandu-anão; SF: consórcio de sorgo forrageiro/capim-paiaguás e feijão guandu; SDA: consórcio de sorgo dupla aptidão/ capim-paiaguás e feijão guandu-anão. F.V.: fontes de variação; Trat.: Tratamento; Dens.: Densidade de semeadura de feijão guandu-anão. **, *, ns: (P<0,01), (P<0,05) e (P>0,05), respectivamente; ¹y= -0,0093x² + 0,2655x + 12,529 (R²=0,97); ²y= -0,06x+14,48(R² = 0,56); ³y= -0,0467x + 14,54 (R² = 0,88). Fonte: Próprio autor.

De modo geral, entre os tratamentos avaliados, para os atributos AP, AIPV, NVP e NGV, nas plantas de soja observou-se aumento para os valores no segundo ano de cultivo (safra 2017/18), em relação ao primeiro ano. Nesse trabalho, o efeito da palhada dos capins antecessores não influenciou na produtividade de grãos. No entanto, o aumento nos valores observados para os atributos está mais relacionado à redução na

PP na área (Tabela 11), podendo ser uma resposta da cultura da soja como forma de compensar a redução na densidade de plantas. Pereira (2018) avaliando a produtividade da soja sobre palhadas de sorgo consorciado com capins observou esse mesmo efeito, como uma resposta das plantas pela redução da densidade de plantas e, inclusive, citando o aumento no número de grãos por vagem (NGV).

Tabela 13. Avaliação dos componentes morfológicos altura de plantas (AP), altura de inserção da primeira vagem (AIPV), número de vagens por planta (NVP) e número de grãos por vagem (NGV) de soja cultivada em rotação sob palhada de diferentes tipos de sorgo consorciado com capim-paiaguás e guandu na entrelinha. Selvíria – MS, safras 2016/17 e 2017/18.

Tratamentos	AP ------(cm)-----		AIPV		NVP vagens planta ⁻¹		NGV grãos vagem ⁻¹	
	2016/17	2017/18	2016/17	2017/18	2016/17	2017/18	2016/17	2017/18
SG	99,8 b	104,3 a	19,3 a	20,3 a	44,4 a	49,2 a	2,3 a	2,45 a
SF	104,5 a	105,0 a	18,8 a	21,5 a	45,2 a	52,8 a	2,3 ab	2,46 a
SDA	101,6 ab	107,6 a	18,2 a	19,9 a	47,5 a	49,0 a	2,20 b	2,46 a
Dens.								
0	96,5 ⁽¹⁾	108,6	19,08	20,04	47,5	50,2	2,23	2,40 ⁽²⁾
6	101,2	107,5	19,83	20,75	45,6	56,5	2,26	2,55
12	100,3	104,9	18,66	20,60	48,2	46,9	2,27	2,44
18	104,0	102,2	18,08	19,98	44,5	51,1	2,27	2,50
24	107,7	105,0	18,16	22,57	42,6	47,0	2,25	2,41
D.M.S	4,33	5,32	1,43	3,18	4,50	12,20	0,08	0,07
F.V	Teste F							
Trat.	3,50*	1,23 ^{ns}	1,73 ^{ns}	0,85 ^{ns}	1,45 ^{ns}	0,36 ^{ns}	4,74*	0,05 ^{ns}
Dens.	6,54**	1,59 ^{ns}	1,78 ^{ns}	1,19 ^{ns}	1,80 ^{ns}	0,73 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,26**
Trat. X Dens	0,81 ^{ns}	0,99 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,89 ^{ns}	1,25 ^{ns}	0,98 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,78 ^{ns}
Média	101,9	105,6	18,7	20,6	45,7	50,4	2,3	2,5
C.V.	5,6	6,6	9,9	20,1	12,8	31,	4,9	4,0

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5%. Dens. = densidade de semeadura de guandu-anão; PPS: população de plantas de sorgo; AI: altura de inserção da panícula; DC: diâmetro do colmo; SG: consórcio de sorgo granífero/capim-paiaguás e feijão guandu-anão; SF: consórcio de sorgo forrageiro/capim-paiaguás e feijão guandu; SDA: consórcio de sorgo dupla aptidão/ capim-paiaguás e feijão guandu-anão. F.V.: fontes de variação; Trat.: Tratamento; Dens.: Densidade de semeadura de feijão guandu-anão. **, *, ns: (P<0,01), (P<0,05) e (P>0,05), respectivamente; ¹y= 96,966 + 0,4181x (R² = 90,21%); ²y = 2,424 + 2,0143x – 0,00061x² (R² = 46,28%). Fonte: Próprio autor.

A AP de soja foi significativamente maior para as plantas cultivadas sobre a palhada do consórcio com SF somente para o primeiro ano de cultivo (Tabela 13). Sendo ainda observado que, as densidades de semeadura do guandu-anão exercem influências proporcionando maior altura de plantas de soja para o primeiro ano nas maiores densidades. Embora o aumento na AP deve-se à capacidade das plantas de soja compensarem menores PP, os resultados não incrementaram a produtividade da cultura (Tabela 11).

De certo modo, a presença da palhada de forrageiras torna o ambiente mais favorável para o desenvolvimento da cultura da soja, onde a alta produtividade de palhada do capim-paiaguás (Tabela 7) no consórcio aliada com a palhada de sorgo do consórcio de SF (Tabela 5) contribuíram para esse efeito. Ainda mais, quando as palhadas de SF apresentam, além da alta produtividade em safra outonal, características de ser mais estáveis devido à composição de suas frações fibrosas e lignificadas (Tabela 9), permanecendo por maior tempo sobre a superfície do solo nessas áreas. Os resultados descritos por Nakao (2018) também foram de maiores AP e AIPV para o primeiro ano de cultivo da soja, mesmo em estandes com maiores PP, no entanto, esse efeito foi descrito para as condições de cultivo de soja sobre a palhada de SG consorciado com capim Paiaguás, sem o guandu-anão no consórcio.

Maiores valores para o NGV foram observados para a soja cultivada sobre palhada de SG, no primeiro ano de cultivo (Tabela 13). Embora nesse trabalho não foram reportados aumentos na produtividade de grãos de soja para as condições avaliadas, em outros trabalhos, como de Costa et al. (2010), houve efeito da palhada do consórcio antecessor, utilizando milho com capins consorciados sobre o desenvolvimento de grãos e de plantas, com maiores produtividades para a soja na maior densidade de cobertura vegetal morta sobre a superfície, cerca de 7.100 kg ha⁻¹. Também Borgui et al. (2013) e Costa et al. (2016) destacam resultados positivos para os cultivos de grãos em rotação com consórcio de gramíneas forrageiras com sorgo ou milho, devido a melhorias nas características físico-químicas do solo, principalmente na região do cerrado.

4.4 ATRIBUTOS FÍSICOS E ESTOQUE DE CARBONO DO SOLO

A utilização de rotação de culturas pelo cultivo de soja sobre palhada de consórcios dos tratamentos com sorgo, capim-paiaguás e guandu-anão antecessores, ocasionaram alterações nos atributos físicos e nos estoques de carbono no solo na camada de 0,00-0,10 m (Tabela 14).

Tabela 14. Médias de Estoque de carbono (EC), Densidade do solo (DS), Macroporosidade (MA), Microporosidade (MI) e Porosidade total (PT) do solo na camada de 0-0,10 m após soja cultivada em rotação sob palhada da rebrota de sorgo consorciado com capim-paiaguás e guandu anão. Selvíria – MS.

Trat.	EC t ha ⁻¹		DS kg dm ⁻³		MA -----m ⁻³ m ⁻³ -----		MI -----m ⁻³ m ⁻³ -----		PT	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018
SG	43,9 a	37,3 a	1,57 a	1,55 a	0,061 a	0,068 b	0,238 b	0,247 a	0,300 b	0,316 b
SF	32,9 b	36,9 a	1,50 b	1,50 a	0,077 a	0,103 a	0,251ab	0,220 b	0,328 a	0,323 ab
SDA	29,2 b	31,4 b	1,46 b	1,42 b	0,058 a	0,107 a	0,263 a	0,235 ab	0,321a	0,342 a
Dens.										
0	33,9	35,2	1,51	1,46	0,063	0,090	0,254	0,227	0,317	0,326
6	35,1	33,5	1,51	1,48	0,058	0,101	0,256	0,229	0,314	0,330
12	36,2	35,3	1,52	1,50	0,060	0,099	0,258	0,240	0,319	0,340
18	35,7	36,2	1,47	1,51	0,076	0,086	0,243	0,233	0,319	0,320
24	35,7	35,9	1,54	1,52	0,070	0,078	0,243	0,241	0,314	0,319
D.M.S	4,49	4,16	0,06	0,07	0,022	0,027	0,016	0,019	0,012	0,023
F.V Teste F										
Trat.	33,7**	7,16**	10,1**	9,45**	2,39 ^{ns}	6,48**	6,81**	5,71**	18,03**	3,91*
Dens.	0,27 ^{ns}	0,47 ^{ns}	1,25 ^{ns}	0,61 ^{ns}	0,81 ^{ns}	0,92 ^{ns}	1,35 ^{ns}	0,72 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,99 ^{ns}
Trat*dens	0,32 ^{ns}	0,59 ^{ns}	0,93 ^{ns}	1,35 ^{ns}	0,35 ^{ns}	1,17 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,51 ^{ns}	1,08 ^{ns}	0,98 ^{ns}
Média	35,4	35,2	1,5	1,5	0,065	0,092	25,1	23,4	31,7	32,7
C.V.	16,6	15,4	5,2	6,6	44,0	38,5	8,6	11,1	5,0	9,2

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5%. EC: estoque de carbono; Dens: densidade; Ptotal: porosidade total; SG: consórcio de sorgo granífero/capim-paiaguás e feijão guandu-anão; SF: consórcio de sorgo forrageiro/capim-paiaguás e feijão guandu; SDA: consórcio de sorgo dupla aptidão/ capim-paiaguás e feijão guandu-anão. D.M.S.: diferença mínima significativa; F.V.: fontes de variação; Trat.: Tratamento; Dens.: Densidade de semeadura de feijão guandu-anão. **, *, ^{ns}: (P<0,01), (P<0,05) e (P>0,05), respectivamente. Fonte: Próprio autor.

Não foram verificados efeitos significativos das densidades de semeadura do guandu-anão e nem houve interações entre as densidades de semeadura do guandu e cultivares de sorgo sobre as propriedades físicas avaliadas nessa camada de solo.

Maiores valores para o EC em superfície foram observados nas áreas do consórcio com SG, no primeiro ano, e nos consórcios de SG e SF no segundo ano de cultivo. Com relação ao tratamento no consórcio com SG, houve redução dos EC do primeiro para o segundo ano de 43,9 para 37,3 t ha⁻¹, respectivamente. Em contrapartida, no tratamento com SF houve aumento nos EC do primeiro para o segundo ano, de 32,9 para 36,9 t ha⁻¹, respectivamente. Com relação aos valores de DS, esses foram menores na área do tratamento com SDA para os dois anos, sendo constatada redução no segundo ano de cultivo no tratamento SG para esse atributo.

Os dados da presente pesquisa se assemelham aos obtidos por Nakao (2018) que também verificou maiores valores de DS e EC no primeiro ano do consórcio de sorgo com capim-paiaguás no tratamento com SG, e reduções na DS e EC, principalmente, nos tratamentos utilizando SDA, atribuindo essa redução à maior exportação de material vegetal (silagem) por esse cultivar nas áreas. Cruz (2016) e Nakao (2018) atribuem essas alterações aos índices pluviométricos ocorridos no período experimental e ao intenso tráfego de máquinas sobre o solo. Nesse trabalho, observou-se comportamento inverso, sendo que para os tratamentos com SF e DAS, com características para produção de forragem, ocorreu incrementos quanto ao EC nessa camada para o segundo ano de cultivo, respectivamente, de 36,9 e 31,4 t ha⁻¹, e, reduções nos valores de DS em SDA (1,46 para 1,42 kg dm⁻³).

Nos tratamentos com SF e DAS, os valores de MA aumentaram reduzindo a MI no segundo ano de avaliação desses atributos. Esse resultado pode ser atribuído ao volume de raízes das gramíneas, que deixam poros contínuos após morte do sistema radicular e incrementam também os teores de M.O. adicionada, reduzindo efeitos da compactação superficial, conforme observado nos trabalhos desenvolvidos por Costa et al. (2015) e Mello (2001). Essas alterações ocasionaram, inclusive, aumento da PT do solo devido ao desenvolvimento das plantas no consórcio para todos os tratamentos avaliados, no entanto, diferindo significativamente nos tratamentos com SF e SDA (Tabela 14).

Observou-se maior EC no solo sob o tratamento com SG para o primeiro ano, e para o tratamento com SF no segundo ano de avaliação dos atributos físicos do solo na camada de 0,10-0,20 m (Tabela 15). Não houve efeito sobre o EC na camada de 0,10-

0,20 m provenientes das densidades de semeadura de guandu-anão e nem para a interação entre densidade de semeadura e os cultivares de sorgo.

Tabela 15. Médias de Estoque de carbono (EC), Densidade do solo (DS), Macroporosidade (MA), Microporosidade (MI) e Porosidade total (PT) do solo na camada de 0,10-0,20 m após soja cultivada em rotação sob palhada da rebrota de sorgo consorciado com capim-paiaguás e guandu anão. Selvíria – MS.

Tratamentos	EC		DS		MA		MI		PT	
	t ha ⁻¹		kg dm ⁻³		-----m ⁻³ m ⁻³ -----					
	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018
SG	29,3 a	25,2 b	1,64 a	1,65 a	0,048 a	0,053 b	0,233 b	0,237 a	0,282 c	0,290 a
SF	25,4 b	29,7 a	1,54 b	1,60 b	0,056 a	0,061ab	0,256 a	0,244 a	0,313 a	0,305 a
SDA	24,5 b	26,6 b	1,51 b	1,53 c	0,048 a	0,072 a	0,255 a	0,235 a	0,303 b	0,307 a
Dens.										
0	26,2	25,7	1,59 ⁽¹⁾	1,55 ⁽²⁾	0,046	0,071	0,247	0,240	0,293 ⁽³⁾	0,312
6	26,7	27,1	1,58	1,56	0,046	0,064	0,250	0,234	0,297	0,299
12	26,9	28,2	1,58	1,62	0,049	0,054	0,247	0,232	0,296	0,287
18	26,2	28,5	1,53	1,62	0,062	0,057	0,243	0,262	0,306	0,319
24	25,8	26,4	1,54	1,60	0,050	0,062	0,253	0,225	0,304	0,287
D.M.S	1,94	2,54	0,04	0,04	0,012	0,017	0,012	0,037	0,091	0,048
F.V	Teste F									
Trat.	19,0**	9,66**	26,2**	28,14**	1,92 ^{ns}	3,36*	12,58**	0,16 ^{ns}	34,7**	0,42 ^{ns}
Dens.	0,35 ^{ns}	1,54 ^{ns}	2,62*	5,04**	2,14 ^{ns}	1,04 ^{ns}	0,60 ^{ns}	1,01 ^{ns}	2,68*	0,63 ^{ns}
Trat. x Dens	0,14 ^{ns}	0,77 ^{ns}	0,18 ^{ns}	2,55*	0,77 ^{ns}	1,33 ^{ns}	0,77 ^{ns}	0,97 ^{ns}	0,35 ^{ns}	1,10 ^{ns}
Média	26,4	27,2	1,56	1,59	0,051	0,062	0,248	0,239	0,299	0,301
C.V.	9,6	12,2	3,5	3,3	31,4	36,5	6,5	20,3	3,9	20,8

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5%. EC: estoque de carbono; Dens: densidade; Ptotal: porosidade total; SG: consórcio de sorgo granífero/capim-paiaguás e feijão guandu-anão; SF: consórcio de sorgo forrageiro/capim-paiaguás e feijão guandu; SDA: consórcio de sorgo dupla aptidão/ capim-paiaguás e feijão guandu-anão. F.V.: fontes de variação; Trat.: Tratamento; Dens.: Densidade de semeadura de guandu-anão; D.M.S.: diferença mínima significativa. **: *; ^{ns}: (P<0,01), (P<0,05) e (P>0,05), respectivamente. ¹y = 1,5978 - 0,0023x (R² = 74,69%); ²y = 1,544 + 0,0082x - 0,00022x² (R² = 84,09%); ³y = 29,33 + 0,0523x (R² = 77,13%). Fonte: Próprio autor.

De modo geral, os tratamentos com cultivares de sorgo forrageiros elevaram os EC no solo para o segundo ano de cultivo, enquanto que para o tratamento do consórcio com SG ocorreu reduções nesse atributo, semelhante à condição observada

em superfície, na camada de 0,0 a 0,10 m (Tabela 13). Como o EC é calculado considerando o teor de matéria orgânica (M.O.), provavelmente essa redução no solo observada no tratamento com SG, está associada a alta exportação de material vegetal nessas áreas devido a colheita do material para ensilagem. Essa condição ressalta a importância de práticas conservacionistas e sistemas de cultivo que permitam um maior aporte de biomassa sobre a superfície do solo (CRUZ, 2016; NAKAO, 2018).

Reduções no EC e aumentos na DS foram observadas somente para o tratamento SG ($1,65 \text{ kg dm}^{-3}$) e menores com SDA ($1,52 \text{ kg dm}^{-3}$) no segundo ano de avaliação, enquanto que nos cultivares com características para produção de forragem foram observados incrementos no EC e reduções significativas de DS. Cruz (2016) também destacou reduções nos estoques de carbono no solo em área de consórcio sorgo com capins e guandu, registrados durante dois anos de avaliação tanto na superfície como em profundidade.

As áreas em rotação com SF e SDA proporcionaram os menores valores de DS, com diferença significativa para o tratamento com SDA, nos dois anos (2017 e 2018), respectivamente, de $1,51$ e $1,52 \text{ kg dm}^{-3}$. Pode-se destacar ainda que, houve ajuste significativo para a densidade de semeadura do guandu-anão sobre a DS nas parcelas cultivadas no consórcio de SG com capim-paiaguás, com aumento desse atributo no solo (Tabela 15). No entanto, para as cultivares com características de produção de forragem, não foram observados ajustes significativos do aumento da densidade de semeadura do guandu-anão nos tratamentos dos consórcios de SF e SDA.

Observou-se diferenças significativas na análise do desdobramento da interação entre a densidade de semeadura do guandu-anão e cultivares de sorgo consorciados com capim-paiaguás (Tabela 16). No tratamento com SG observou-se maiores valores de DS em relação aos demais tratamentos, sendo ainda, a DS influenciada pelo aumento da densidade de semeadura do guandu-anão.

Esses valores em profundidade podem estar mais associados às operações de cultivo na área, uma vez que a intensidade de revolvimento nessa camada foi menor. Costa et al. (2015b), Secretti (2017) e Nakao (2018) também relataram aumentos na densidade do solo e reduções no EC para as camadas de 0-0,10 e 0,10-0,20 m em sistemas de produção de milho e sorgo consorciados com capins. Esses autores atribuem o resultado ao efeito de mecanização na colheita do material para ensilagem, principalmente quando cultivados em segunda safra, deixando mais evidente a redução

do aporte de material vegetal em superfície e o efeito do tráfego de máquinas sobre o solo nesse período.

As forrageiras assumem importância em consórcios para rotação de sistemas de produção de grãos e silagem. A quantidade de massa produzida no outono para o período da seca, adiciona quantidades significativas de material vegetal na superfície do solo para as regiões de cerrado. Outro efeito importante a ser considerado, está no grande volume de raízes das culturas consorciadas, destacando que, tanto o sorgo consorciado com o capim-paiaguás e o guandu-anão, podem ser caracterizados como descompactadores biológico do solo.

Tabela 16. Análise do desdobramento da interação significativa entre densidade de semeadura do guandu-anão e cultivares de sorgo consorciados com capim-paiaguás e guandu, sobre a Densidade do solo (DS), após cultivo de soja em rotação, Safra 2017/18, na camada de 0,10 – 0,20 m, Selvíria – MS.

Dens. Plantas m ⁻¹	Tratamentos			D.M.S
	SG	SF	SDA	
	Densidade do solo (kg dm ⁻³) - 2018			
0	1,56 AB ¹	1,60 A ^{ns}	1,50 B ^{ns}	0,08
6	1,66 A	1,56 B	1,46 C	
12	1,64 AB	1,66 A	1,56 B	
18	1,69 A	1,59 B	1,59 B	
24	1,69 A	1,62 A	1,51 B	

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5%. SG: consórcio de sorgo granífero/capim-paiaguás e guandu-anão; SF: consórcio de sorgo forrageiro/capim-paiaguás e guandu-anão; SDA: consórcio de sorgo dupla aptidão/capim-paiaguás e guandu-anão. Trat.: Tratamento; Dens.: Densidade de semeadura se guandu-anão. **, *, ns: (P<0,01), (P<0,05) e (P>0,05), D.M.S.: diferença mínima significativa. ¹y = 1,590 + 0,0050x (R² = 74,46%). Fonte: Próprio autor.

Menores DS e aumentos no EC refletiram sobre a MA elevando os valores nos tratamentos com SDA e SF (Tabela 15). Embora tenham ocorrido melhorias na MA e MI do solo sob SF e SDA, nesses tratamentos também foram observados maiores valores para a PT, com destaque para o tratamento com SF diferindo significativamente dos demais no primeiro ano de avaliação (Tabela 15). O efeito das alterações nos atributos físicos é mais evidente na avaliação do solo no cultivo da soja sob palhada de SDA, por ocasionar redução na DS, elevação nos valores de MA e, conseqüentemente elevando a PT nessas áreas. A MA apresentou incremento em relação aos valores obtidos para o diagnóstico inicial da área (0,095 cm⁻³ cm⁻³) no tratamento com SDA.

Os maiores valores para a MA do solo em 2018 foram de 0,061 e 0,072 m³ m⁻³, respectivamente, para SF e SDA (Tabela 15). Segundo Kiehl (1979) a MA ideal para o adequado crescimento radicular deve estar acima de 0,100 m³ m⁻³, com PT em condições ideais apresentando 0,500 m³ m⁻³. Com relação aos valores apresentados para a DS, valores superiores a 1,55 kg dm⁻³ são considerados críticos para solos franco argilosos. As condições das propriedades físicas MA e PT apresentadas nesse trabalho, descrevem valores considerados restritivos para o bom desenvolvimento do sistema radicular das culturas utilizadas no consórcio, provavelmente, esse fato pode ser devido à intensa condição de tráfego de máquinas nas áreas de cultivo. Considerando que os valores estão abaixo do limite crítico de 0,100 m³ m⁻³, isso pode indicar compactação do solo. A produção de silagem na área exige um intenso tráfego de máquinas, que vai desde a implantação até o processo de colheita do material vegetal, contribuindo para esse aumento da DS e reduções na MA.

Observando a relação C/N da palhada da cultura da soja colocada em rotação, essa apresenta uma rápida decomposição gerando dificuldade no acúmulo de matéria orgânica na superfície do solo (PARIZ et al., 2010; SECRETI, 2017). Tal condição é reduzida, com o consórcio de sorgo com capim sendo capaz de proporcionar cobertura morta com maior tempo de permanência, ocasionando benefícios aos atributos físicos do solo dentro das condições avaliadas nesse estudo.

Assim, a sucessão de cultivos em consórcio e rotação podem estar sendo responsáveis por manter o adequado desenvolvimento do sistema radicular das culturas nas diferentes modalidades de consórcio, mesmo com restrições na DS e PT do solo. Isso provavelmente tem ocorrido devido aos incrementos nos teores de carbono, além da formação de canais no solo (poros resultantes da decomposição de raízes), onde várias culturas rotacionadas explorando diferentes profundidades no solo, podem ser capazes de ocasionar benefícios tanto para as propriedades físicas, quanto para as propriedades químicas do solo nessas.

4.5 ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

Há diferenças significativas nos tratamentos para quase todos os atributos químicos na camada de 0,00 a 0,10 m, exceto para Al e S, não sendo influenciados pelas densidades do guandu-anão e nem pela interação entre os fatores (Tabela 17).

Tabela 17. Atributos químicos do solo após cultivo de soja sob palhada de três cultivares de sorgo (granífero, forrageiro e duplo aptidão) consorciados com capim-paiaguás e guandu anão, na camada 0,0-0,10m. Selvíria – MS, 2017.

Tratamentos	pH	P	MO	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	S	V
	(CaCl ₂)	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	-----mmolc.dm ⁻³ -----								mg dm ⁻³
SG	5,2 a	24,8	27,9 a	2,1 a	31,6 a	33,2 a	30,7 b	1,29	66,8 a	97,6 a	4,9	65,5 a
SF	4,9 b	31,8	21,7 b	1,3 b	23,4 b	25,7 ab	34,5 b	1,62	50,4 b	84,9 b	8,6	57,3 ab
SDA	4,7 b	21,6	20,0 b	1,7 ab	17,9 b	20,8 b	40,4 a	1,84	40,5 b	80,8 b	5,5	49,3 b
Dens.												
0	5,4 ⁽¹⁾	44,2 ⁽²⁾	22,25	1,86	36,9 ⁽³⁾	41,3 ⁽⁴⁾	27,5 ⁽⁵⁾	2,00	80,1 ⁽⁶⁾	107,0 ⁽⁷⁾	4,83	70,1 ⁽⁸⁾
6	4,9	23,5	23,0	1,82	22,5	24,4	36,8	1,51	48,7	85,5	4,66	54,9
12	4,8	24,0	23,7	2,10	20,4	21,5	38,6	1,40	44,0	82,7	6,00	52,3
18	4,9	19,0	24,0	1,31	21,5	23,6	33,5	1,69	46,4	79,9	10,75	57,8
24	4,7	19,5	23,0	1,36	20,2	22,0	39,4	1,33	43,6	83,0	5,25	51,6
D.M.S	0,28	14,0	2,54	0,65	7,26	8,00	5,1	0,70	15,3	11,8	6,06	8,29
F.V	Teste F											
Trat.	10,9**	1,63 ^{ns}	31,16**	4,9*	10,5**	7,10**	10,8**	1,78 ^{ns}	8,92**	6,39**	1,29 ^{ns}	11,3**
Dens.	6,89**	3,85**	0,51 ^{ns}	1,87 ^{ns}	6,73**	7,62**	6,38**	1,02 ^{ns}	7,25**	6,45**	1,23 ^{ns}	5,84**
Trat.x Dens.	2,24*	1,42 ^{ns}	0,31 ^{ns}	1,14 ^{ns}	1,74 ^{ns}	1,96 ^{ns}	2,47*	0,94 ^{ns}	1,95 ^{ns}	1,59 ^{ns}	1,15 ^{ns}	1,77 ^{ns}
Média	5,0	26,1	23,2	1,69	24,3	26,6	35,2	1,58	52,6	87,8	6,30	57,4
C.V.	7,38	70,2	14,32	50,3	38,9	39,3	18,8	58,1	37,9	17,54	125,6	18,9

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5%. SG: consórcio de sorgo granífero/capim-paiaguás e feijão guandu-anão; SF: consórcio de sorgo forrageiro/capim-paiaguás e feijão guandu; SDA: consórcio de sorgo dupla aptidão/capim-paiaguás e feijão guandu-anão. D.M.S.: diferença mínima significativa; F.V.: fontes de variação; Trat.: Tratamento; Dens.: Densidade de semeadura de feijão guandu-anão. **, *, ^{ns}: (P<0,01), (P<0,05) e (P>0,05), respectivamente. * $1y = 5,394 - 0,0658x + 0,0018x^2$ (R² = 78,06%); ** $2y = 36,85 - 0,8958x^2$ (R² = 66,88%); ** $3y = 31,183 - 0,5722x$ (R² = 58,43%); $4y = 39,542 - 2,343x + 0,07x^2$ (R² = 88,51%); * $5y = 29,181 - 0,989x + 0,027x^2$ (R² = 58,57%); ** $6y = 76,812 - 4,304x + 0,127x^2$ (R² = 89,29%); ** $7y = 105,99 - 3,315x + 0,0999x^2$ (R² = 94,68%); * $8y = 67,9126 - 1,8079x + 0,0516x^2$ (R² = 72,26%). Fonte: Próprio autor.

Foram observados os maiores valores para pH, M.O., K, Ca, Mg, SB, CTC e V%, na avaliação da fertilidade para o primeiro ano, em superfície no solo das áreas sob o tratamento com SG. Com relação ao P, seus teores apresentam valores adequados para o bom desenvolvimento das plantas de sorgo no consórcio, estando acima de $15,9 \text{ mg dm}^{-3}$ (ALVAREZ et al., 1999). Porém, houve reduções nos teores de P com o aumento da densidade de semeadura do guandu, com efeito significativo na camada de 0,00 a 0,10 m de profundidade para o primeiro ano de avaliação, em 2017 (Tabela 17).

Essa redução com o aumento da densidade de guandu deve-se à morfologia e arquitetura do sistema radicular dessa cultura nas condições de consórcio, por explorar diferentes camadas no solo. Com relação ao guandu-anão, o crescimento das raízes torna maior a área de contato entre as raízes e o solo, e a absorção de íons pouco móveis, como o fosfato, possuem uma relação direta com comprimento do sistema radicular (BUCHER et. al., 2018).

Foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos para os teores de M.O., devido a maiores quantidades de matéria vegetal proporcionados pelo consórcio com SG, verificados após a colheita da soja no primeiro ano, apresentando valores de $27,9 \text{ g dm}^{-3}$ (Tabela 17). A competição por luminosidade, devido ao menor porte no consórcio com SG, pode ter proporcionado maior desenvolvimento do capim-paiaguás e do guandu-anão, ocasionado os maiores incrementos de matéria orgânica no solo, o que refletiu diretamente nas diferenças significativas quanto a disponibilização para os demais nutrientes do solo nessa camada.

Os maiores valores para K foram observados no tratamento sob palhada de SG seguido pelo tratamento com SDA, $2,1$ e $1,7 \text{ mmolc dm}^{-3}$, respectivamente (Tabela 17). No entanto, ocorreu redução acentuada nos teores de K no solo para todos os tratamentos em relação aos valores observados para a caracterização inicial no solo da área ($4,8 \text{ mmolc dm}^{-3}$). Como o K não se encontra ligado diretamente nos tecidos vegetais, esse elemento possui uma taxa de liberação inicial muito elevada, sendo que mais de 50% do K contido na palhada é liberado nos primeiros 15 a 30 dias após a deposição do material vegetal sobre a superfície do solo, e o processo de mineralização pelos microrganismos no solo não é um pré-requisito para sua liberação (COSTA, GAMA-RODRIGUES e CUNHA, 2005). No entanto, vale destacar que, a coleta de solo para análise da fertilidade do solo

ocorreu no dia subsequente à colheita da cultura da soja. Dessa forma, não ocorreu tempo hábil para a liberação de K no solo das áreas provenientes da palhada da soja, ficando os teores limitados apenas ao material residual do consórcio proveniente do cultivo no ano anterior, mas com pequeno residual de K pela alta exportação via silagem.

Na semeadura da soja para ambos os anos de implantação, ocorrida nos meses de novembro sobre a palhada do cultivo anterior, essa característica de liberação rápida do potássio pode ter um caráter positivo. No entanto, segundo Assmann et al. (2018), sistemas que utilizam pousio pós pastejo ou manejo da cobertura residual em superfície, aumentam os riscos de perdas desse nutriente, principalmente das frações lábeis no solo. Esse efeito pode ter ocorrido nesse estudo, uma vez que entre a colheita do consórcio para ensilagem e a semeadura da cultura da soja transcorreram 120 dias aproximadamente, período esse muito superior ao tempo de meia vida estimado para liberação de K pela palhada.

Maiores valores para Ca, Mg, SB, CTC e V%, foram observados no tratamento com SG (Tabela 17). Para as condições observadas houve manutenção e até incrementos nos teores de Ca e Mg, e nos valores para a SB, CTC e V% no solo em todos os tratamentos, devido ao efeito residual da calagem feita em superfície antes da implantação do experimento em relação à caracterização inicial (Tabela 1). Esses resultados também foram verificados e descritos por Soratto e Crusciol (2011), Nakao (2018), Cruz (2016) e Costa (2014) em sistemas de plantio direto observando efeitos sobre a correção da acidez do solo e elevação nos teores de Ca e Mg, principalmente nas camadas superficiais, com a adição de corretivos em cultivos antecessores para a produção de silagem de sorgo e milho rotacionado com soja no verão.

Porém, o efeito do aumento das densidades de semeadura do guandu-anão ocasionou redução significativa nos teores de Ca, Mg, SB, CTC e V%, e aumento na H+Al influenciando os valores de pH do solo para a camada de 0,00 a 0,10 m, entretanto, nos modelos quadráticos os ajustes foram similares para uso de 18 sementes m⁻¹. Os cultivos para produção de silagem têm elevada exportação de nutrientes nas áreas de cultivo, o que leva a alteração na quantidade de nutrientes no solo, dessa forma, alterações nos valores de pH, Al, SB, CTC e V%, evidenciam esse efeito. A redução do pH pela exportação de nutrientes e bases do solo ocasiona a elevação nos teores de Al e da H+Al, mesmo após um único ano

agrícola, além do mais a decomposição da palhada também gera ácidos orgânicos que contribuem para aumento da acidez do solo.

Na análise de regressão do desdobramento significativo da interação entre a densidade de semeadura do guandu-anão e cultivares de sorgo consorciados com capim-paiaguás, sobre o pH do solo, observa-se que, houve redução significativa devido ao aumento da densidade de semeadura do guandu nas áreas dos tratamentos nos consórcios com SG e SF (Tabela 18). A H+Al apresentou aumento em seus teores nos tratamentos com SG e SF, devido ao seu comportamento inverso em relação ao efeito da elevação da acidez no solo.

Tabela 18. Análise de regressão para o desdobramento significativo da interação entre a densidade de semeadura do guandu-anão e cultivares de sorgo consorciados com capim-paiaguás e guandu, sobre o potencial hidrogeniônico (pH em CaCl₂) do solo após cultivo de soja sob palhada de sorgo na profundidade de 0,0-0,10 m, Selvíria-MS, Safra 2016/2017.

Dens.	Tratamentos			D.M.S
	SG	SF	SDA	
		pH (CaCl ₂)		
0	6,0 A ¹	5,4 AB ²	4,9 B ^{ns}	0,6
6	5,5 A	4,8 B	4,4 B	
12	5,0 A	5,0 A	4,5 A	
18	4,8 A	5,0 A	4,9 A	
24	4,9 A	4,6 A	4,7 A	
		H+Al (mmol _c .dm ⁻³)		
0	20,2 B ³	27,0 AB ⁴	35,5 A ^{ns}	
6	26,2 B	37,3 AB	47,0 A	11,3
12	35,2 AB	34,3 B	46,5 A	
18	36,0 A	32,0 A	32,5 A	
24	35,7 A	42,0 A	40,5 A	

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5%. SG: consórcio de sorgo granífero/capim-paiaguás e guandu-anão; SF: consórcio de sorgo forrageiro/capim-paiaguás e guandu-anão; SDA: consórcio de sorgo dupla aptidão/capim-paiaguás e guandu-anão. Trat.: Tratamento; Dens.: Densidade de semeadura de guandu-anão. **, *, ns: (P<0,01), (P<0,05) e (P>0,05), D.M.S.: diferença mínima significativa. ¹y = 5,820 - 0,0458x (R² = 81,27%); ²y = 5,255 - 0,0225x (R² = 50,17%); ³y = 22,550 + 0,6791x (R² = 81,7%); ⁴y = 29,550 + 0,4125x (R² = 48,47%). Fonte: Próprio autor.

Nakao (2018) e Costa et al. (2015b) também atribuíram essas variações na fertilidade do solo devido à retirada de nutrientes (ensilagem) e mineralização do material orgânico (resíduos vegetais em superfície), podendo ainda, esses efeitos serem acentuados quando associadas ao manejo da adubação nitrogenada sobre essas áreas. De modo geral, o cultivo de soja em rotação com sistemas de produção de silagem no inverno proporcionou melhorias na fertilidade do solo em superfície para o primeiro ano de cultivo e detrimento no segundo ano.

A dinâmica nesse sistema de cultivo fez com que a maior parte da matéria seca que retornou ao solo durante o período de rebrota (pousio), antes da semeadura da soja para os dois anos de cultivo, foi proveniente do capim-paiaguás, pois, as plantas de sorgo foram colhidas uma altura aproximada de 0,30 m no inverno para a confecção da silagem. Segundo Assmann et al. (2018), Borghi, Ceccon e Crusciol (2013), nos cultivos em sistemas integrados de produção, com adoção do plantio direto, ocorrem incrementos de resíduos vegetais pela diversidade de palhada por parte das culturas antecessoras envolvidas nos consórcios, sendo as gramíneas responsáveis por incrementos de nutrientes tanto da parte aérea como de seu sistema radicular.

Os teores de P e K não apresentaram diferenças para a interação e nem para os fatores isolados das densidades de semeadura do guandu-anão para camada de 0,10 a 0,20 m (Tabela 19). No entanto, os sistemas de cultivo em rotação com soja sobre a palhada dos rebrotes dos consórcios, foram capazes de elevar os teores de P nessa camada principalmente nos tratamentos de SG e SDA. Segundo Bucher et al. (2018), a exsudação de ácidos orgânicos é um mecanismo que as plantas desenvolvem para crescer em solos ácidos. Assim, esses ácidos orgânicos mobilizam fósforo por troca iônica com íons metálicos no solo (Al^{3+} , Fe^{3+} e Ca^{2+}), liberando o P inorgânico ligado a esses íons nas camadas mais superficiais no solo, criando "sítios" ricos em P em pontos localizados no solo, sendo mais frequentes próximos a superfície.

Tabela 19. Atributos químicos do solo após cultivo de soja em rotação sob palhada de três cultivares de sorgo (granífero, forrageiro e duplo aptidão) consorciados com capim-paiaguás e guandu anão, na camada 0,10-0,20m. Selvíria – MS, 2017.

Tratament os	pH (CaCl ₂)	P mg dm ⁻³	MO g dm ⁻³	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	S	V	
												-----mmolc.dm ⁻³ -----	
												mg dm ⁻³	%
SG	4,7 a	29,0 a	17,8 a	0,76 a	18,2 a	18,3 a	35,9 b	2,1 a	37,2 a	73,1 a	10,2 a	45,3 a	
SF	4,5 ab	27,3 a	16,4 b	0,55 a	12,7 a	14,6 a	41,3 ab	2,5 a	27,9 a	69,2 a	13,3 a	38,8 ab	
SDA	4,3 b	28,4 a	16,2 b	0,90 a	10,8 a	12,4 a	48,2 a	2,8 a	24,1 a	72,3 a	9,9 a	33,6 b	
Dens.													
0	5,0 ⁽¹⁾	31,0	16,4	0,75	25,0 ⁽²⁾	27,1 ⁽³⁾	34,8 ⁽⁴⁾	2,43	52,9 ⁽⁵⁾	87,7 ⁽⁶⁾	8,33 ⁽⁷⁾	52,3 ⁽⁸⁾	
6	4,3	33,7	16,8	0,86	10,3	10,9	49,0	2,72	22,1	71,1	7,33	31,8	
12	4,7	32,7	17,0	0,93	10,8	11,6	44,4	2,63	23,3	67,8	13,16	35,2	
18	4,6	22,3	17,1	0,48	12,5	13,8	39,5	2,81	26,8	66,4	16,41	40,0	
24	4,4	21,4	16,7	0,66	10,7	12,0	41,3	2,28	23,4	64,6	10,25	36,8	
D.M.S	0,33	12,1	1,03	0,36	7,64	7,96	7,27	0,71	15,59	12,9	5,20	9,88	
F.V													
Teste F													
Trat.	4,31*	0,06 ^{ns}	8,42**	2,85 ^{ns}	2,94 ^{ns}	1,59 ^{ns}	8,39**	0,83 ^{ns}	2,19 ^{ns}	0,30 ^{ns}	1,51 ^{ns}	4,16*	
Dens.	5,75**	1,68 ^{ns}	0,46 ^{ns}	1,63 ^{ns}	4,74**	5,19**	3,75*	0,63 ^{ns}	4,96**	3,72*	3,58*	4,47**	
Trat x Dens.	2,54*	1,54 ^{ns}	0,18 ^{ns}	1,65 ^{ns}	1,99**	2,31*	2,02	1,05 ^{ns}	2,11*	1,75 ^{ns}	1,24 ^{ns}	2,37*	
Média	4,5	28,5	16,8	0,7	13,8	15,1	41,8	2,6	29,7	71,5	11,1	39,3	
C.V.	9,7	55,9	8,1	63,9	71,8	68,7	22,6	36,1	68,4	23,5	61,2	32,9	

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5%. SG: consórcio de sorgo granífero/capim-paiaguás e feijão guandu-anão; SF: consórcio de sorgo forrageiro/capim-paiaguás e feijão guandu; SDA: consórcio de sorgo dupla aptidão/capim-paiaguás e feijão guandu-anão. D.M.S.: diferença mínima significativa; F.V.: fontes de variação; Trat.: Tratamento; Dens.: Densidade de semeadura de feijão guandu-anão. **, *, ns: (P<0,01), (P<0,05) e (P>0,05), respectivamente. **¹y = 4,941-0,0777x+0,0025x² (R² = 58,21%); **²y = 19,150-0,438x (R² = 44,11%); *³y = 24,928-1,905x+0,060x² (R² = 75,6%); *⁴y = 37,526 + 0,1259x - 0,0500x² (R² = 41,54%); *⁵y = 48,731 - 3,621x + 0,113x² (R² = 77,01%); **⁶y = 81,715-0,848x (R² = 73,78%); *⁷y = 8,516 + 0,215x (R² = 30,28%); *⁸y = 48,925-2,09xx+0,071x² (R² = 57,93%). Fonte: Próprio autor.

O valor de pH (4,7 CaCl₂) do solo e o teor de M.O. (17,8 kg dm⁻³) foram maiores no solo do tratamento com SG, diferindo significativamente dos demais tratamentos na camada de 0,10 a 0,20 m de profundidade (Tabela 19). Houve ajuste significativo para as densidades de semeadura do guandu-anão e interação entre os tratamentos avaliados para o pH. Nos tratamentos com SF e SDA menores valores de pH estão associados à maior extração de bases no solo, conforme se observa para SB, CTC e V% (Tabela 19).

O baixo valor para a saturação por bases no solo (V%) reflete diretamente os teores de Ca, Mg e K no solo. Assim, os valores apresentados nesse trabalho encontram-se abaixo do recomendado para a cultura do sorgo, pois, conforme Alvarenga (2007), o valor da saturação por bases (V%) recomendada para a cultura do sorgo é de 60%.

Pode-se observar nesse trabalho, que o cultivo de espécies forrageiras na entressafra é capaz de ocasionar a redução de nutrientes no solo devido a elevada extração para suprir a demanda das culturas em consórcio triplo e a alta exportação para produção de silagem, sendo necessário a reposição de bases no solo antes da semeadura dos cultivos para a safra de verão. Por outro lado, conforme Pariz et al. (2011) e Torres et al. (2005), há benefícios quando da utilização de diferentes culturas na entressafra para produção de palhada, principalmente com decomposição mais lenta, assumindo importância para a proteção e manutenção da cobertura do solo e ciclagem de nutrientes, favorecendo a produção agrícola com sustentabilidade.

Na análise de regressão para o desdobramento da interação entre a densidade de semeadura do guandu-anão e ao cultivares de sorgo consorciado, houve diferenças significativas entre os tratamentos na condição de ausência do guandu, com maiores valores de pH, Ca e Mg no consórcio com SG (Tabela 20). Houve ajuste significativo entre as densidades de semeadura do guandu-anão no tratamento com SG reduzindo os valores do pH, Ca e Mg no solo até a população de 17 sementes por metro.

Tabela 20- Análise de regressão para o desdobramento significativo da interação entre a densidade de semeadura do guandu e cultivares de sorgo consorciados com capim-paiaguás e guandu, sobre o potencial hidrogeniônico (pH), teores de Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) no solo, camada de 0,10-0,20m, Selvíria –2017.

Dens.	Tratamentos			D.M.S
	SG	SF	SDA	
		pH (CaCl ₂)		
0	5,8 A ¹	5,0 B ^{ns}	4,4 B ^{ns}	0,7
6	4,6 A	4,3 A	4,0 A	
12	4,5 A	4,5 A	4,2 A	
18	4,4 A	4,7 A	4,7 A	
24	4,5 A	4,3 A	4,5 A	
		Ca (mmol _c .dm ⁻³)		
0	42,0 A ²	22,5 B ^{ns}	10,5 B ^{ns}	17,1
6	14,0 A	9,5 A	7,5 A	
12	12,3 A	10,5 A	9,7 A	
18	10,7 A	12,7 A	14,0 A	
24	11,7 A	8,5 A	12,0 A	
		Mg (mmol _c .dm ⁻³)		
0	45,0 A ³	23,5 B ^{ns}	13,0 B ^{ns}	17,8
6	13,5 A	10,7 A	8,5 A	
12	11,7 A	12,7 A	10,3 A	
18	9,5 A	15,7 A	16,3 A	
24	11,5 A	10,3 A	14,2 A	

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5%. SG: consórcio de sorgo granífero/capim-paiaguás e guandu-anão; SF: consórcio de sorgo forrageiro/capim-paiaguás e guandu-anão; SDA: consórcio de sorgo dupla aptidão/capim-paiaguás e guandu-anão. Trat.: Tratamento; Dens.: Densidade de semeadura se guandu-anão. **, *, ns: (P<0,01), (P<0,05) e (P>0,05), D.M.S.: diferença mínima significativa. ¹y = 5,2178 - 0,1713X + 0,0051X² (R² = 95,23%); ²y = 39,2214 - 3,8363x + 0,1155X² (R² = 90,5%); ³y = 41,95 - 4,350x + 0,13194x² (R² = 90,86%). Fonte: Próprio autor.

Para o desdobramento da interação entre os cultivares de sorgo e densidade de semeadura de guandu-anão, houve ajustes significativos com redução dos valores de SB e V%, com o incremento da densidade de semeadura do guandu-anão nas entrelinhas do consórcio de sorgo com capim paiaguás (Tabela 21). Ainda no desdobramento, pode-se observar que aumentos na densidade de semeadura de

guandu, até 18 sementes por metro, reduziram os valores da SB e da V% no solo somente no consórcio com SG.

Tabela 21- Análise de regressão para o desdobramento significativo da interação entre a densidade de semeadura do guandu-anão e cultivares de sorgo consorciados com capim-paiaguás e guandu, sobre a soma de bases (SB) e a saturação por bases (V%), do solo após cultivo de soja sob palhada de sorgo granífero (SG) na profundidade de 0,10-0,20m, Selvíria – MS, Safra 2016/2017.

Dens.	SG	Tratamentos			D.M.S
		SF	SDA	SB (mmol _c .dm ⁻³)	
0	87,6 A ¹	46,5 B ^{ns}	24,7 B ^{ns}	34,8	
6	28,1 A	20,9 A	17,3 A		
12	25,4 A	23,9 A	20,7 A		
18	20,8 A	28,8 A	30,7 A		
24	23,8 A	19,4 A	27,0 A		
		V (%)			
0	71,5 A ²	52,0 AB ^{ns}	33,4 B ^{ns}	22,1	
6	42,4 A	30,2 A	22,7 A		
12	42,8 A	35,0 A	27,9 A		
18	32,5 A	43,3 A	44,2 A		
24	37,3 A	33,7 A	39,5 A		

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5%. SG: consórcio de sorgo granífero/capim-paiaguás e guandu-anão; SF: consórcio de sorgo forrageiro/capim-paiaguás e guandu-anão; SDA: consórcio de sorgo dupla aptidão/capim-paiaguás e guandu-anão. Trat.: Tratamento; Dens.: Densidade de semeadura se guandu-anão. **, *, ns: (P<0,01), (P<0,05) e (P>0,05), D.M.S.: diferença mínima significativa. ¹y= 81,7085 – 8,1070x + 0,2441X² (R² = 90,39%); ²y = 69,1400 – 4,0235x + 0,1132x² (R² = 91,02%). Fonte: Próprio autor.

De modo geral, a diversidade de raízes com a implantação do consórcio triplo explorando diferentes profundidades no solo, a rotação foi capaz de reduzir as bases no solo, resultando em efeitos sobre a SB, CTC e V% do solo. As densidades de semeadura do guandu-anão na entrelinha do consórcio de sorgo com capim-paiaguás exercem efeitos significativos sobre a maior parte dos atributos químicos avaliados no solo para esse trabalho.

Ocorreram aumentos para o segundo ano de cultivo na superfície (camada de 0,0 a 0,10 m), para os teores de M.O. do solo, sendo significativamente maiores nos tratamentos com SF e SDA, com 26,4 e 25,9 g dm⁻³, respectivamente, (Tabela 22).

Esse aumento nos teores de M.O., para os tratamentos com SF e SDA podem ser atribuídos à maior produção de colmos para esses cultivares no segundo ano de cultivo (Tabela 5), ocasionado pela competição do sorgo com o capim e o guandunhão no consórcio triplo. Segundo Machado e Silva (2001), a utilização de sistemas integrados de produção proporciona incrementos para os teores de matéria orgânica nas camadas mais superficiais devido a diversificação de cultivos no solo.

Para os tratamentos nos consórcios com SF e SDA também foram observadas diferenças significativas para os teores de K, Mg e para a CTC do solo na camada de 0,00 a 0,10 m, sendo superiores em relação ao tratamento com SG (Tabela 22). No consórcio com SDA, observa-se maiores teores de K ($1,9 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), Mg ($20,4 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e CTC ($85,9 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), devido à grande quantidade de material adicionado à superfície. Esse efeito da mineralização da palhada no tratamento com SDA em consórcio antecessor à soja, pode ter proporcionado a manutenção nos teores de K e Mg, o que refletiu na CTC para o segundo ano de cultivo. No entanto, Rosolem et al. (2003) destacam que a disponibilidade, tanto de material orgânico, como de nutrientes pode ser rápida conforme os índices de pluviosidade e a espécie utilizada na rotação, existindo ainda, influências de vários fatores como, a quantidade de palha, os níveis de revolvimento do solo, as aplicações de fertilizantes no momento das instalações das culturas, assim como as condições do clima da região.

Em contrapartida, a redução na disponibilidade de bases no solo em relação aos teores de Ca e Mg e conseqüentemente da CTC sob os tratamentos com SG e SF (Tabela 22), pode estar associada à maior extração de nutrientes pelo capim-paiaguás, devido ao seu maior desenvolvimento no consórcio frente a esses cultivares (Tabela 7). Esses efeitos também foram observados nos trabalhos de Costa et al. (2015) e Cruz (2016), avaliando culturas em sistemas de rotação com alta exportação, como é o caso na produção de silagem.

Tabela 22. Atributos químicos do solo após cultivo de soja sob palhada de três cultivares de sorgo (granífero, forrageiro e duplo aptidão) consorciados com capim-paiaguás e guandu anão, na camada 0,0-0,10m. Selvíria – MS, 2018.

Tratamentos	pH	P	MO	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	S	V
	(CaCl ₂)	mg dm ⁻³	g dm ⁻³		-----mmol.c.dm ⁻³ -----						mg dm ⁻³	%
SG	4,5 a	34,0 a	20,3 b	1,4 b	15,5 a	15,0 b	43,5 a	2,3 a	31,8 a	75,4 b	10,3 a	41,6 a
SF	4,5 a	30,0 a	26,4 a	1,6 ab	15,7 a	17,1 ab	49,2 a	4,0 a	34,4 a	83,6 ab	8,3 a	41,1 a
SDA	4,7 a	26,4 a	25,9 a	1,9 a	17,8 a	20,4 a	45,7 a	4,3 a	40,2 a	85,9 a	6,7 a	46,5 a
Dens.												
0	4,5	31,0	24,0	1,62	15,6	17,1	46,5	3,75	34,3	80,9	12,0	42,4
6	4,9	27,1	22,8	1,23	20,1	21,7	37,1	1,33	43,1	80,3	6,3	52,5
12	4,5	25,3	23,5	1,55	14,2	15,5	49,7	4,50	31,3	81,0	7,3	38,3
18	4,4	41,8	24,0	1,90	15,3	16,0	50,1	4,50	33,2	83,4	7,6	39,4
24	4,6	25,3	23,6	1,88	16,3	17,2	47,0	3,41	35,4	82,5	8,7	42,9
D.M.S	0,23	16,24	2,47	0,49	4,30	4,20	7,47	2,22	8,51	5,99	4,51	8,97
F.V	Teste F											
Trat.	2,57 ^{ns}	0,63 ^{ns}	16,6 ^{**}	4,63 ^{**}	1,03 ^{ns}	5,01 [*]	1,71 ^{ns}	2,82 ^{ns}	2,97 ^{ns}	9,95 ^{**}	1,92 ^{ns}	1,27 ^{ns}
Dens.	3,94 ^{ns}	1,28 ^{ns}	0,26 ^{ns}	2,21 ^{ns}	1,96 ^{ns}	2,44 ^{ns}	3,49 ^{ns}	2,41 ^{ns}	2,00 ^{ns}	0,31 ^{ns}	1,64 ^{ns}	2,76 ^{ns}
Trat x Dens	1,49 ^{ns}	0,84 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,89 ^{ns}	1,44 ^{ns}	1,47 ^{ns}	0,75 ^{ns}	0,92 ^{ns}	1,35 ^{ns}	1,00 ^{ns}	0,36 ^{ns}	1,26 ^{ns}
Média	4,6	30,1	23,6	1,6	16,3	17,5	46,1	3,5	35,5	81,6	8,4	43,1
C.V.	6,6	70,3	13,6	39,1	34,4	31,3	21,1	82,8	31,3	9,6	69,9	27,2

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5%. SG: consórcio de sorgo granífero/capim-paiaguás e feijão guandu-anão; SF: consórcio de sorgo forrageiro/capim-paiaguás e feijão guandu; Dens. = densidade de semeadura do guandu-anão; SDA: consórcio de sorgo dupla aptidão/ capim-paiaguás e feijão guandu-anão. D.M.S.: diferença mínima significativa; F.V.: fontes de variação; Trat.: Tratamento; Dens.: Densidade de semeadura de feijão guandu-anão. **, *, ns: (P<0,01), (P<0,05) e (P>0,05), respectivamente. Fonte: Próprio autor.

Não foram observadas diferenças significativas para os demais atributos químicos avaliados no solo para a camada de 0,0 a 0,10 m, assim como, não ocorreu influências das densidades de semeadura do guandu-anão sobre os atributos químicos nessa camada (Tabela 22).

Os teores de M.O. para o segundo ano de avaliação na camada de 0,10 a 0,20 m foram maiores, diferindo significativamente para os tratamentos com SF e SDA (Tabela 23). Esses valores em profundidade apresentaram o mesmo comportamento para os tratamentos de SF e SDA em superfície. Embora ocorra redução de M.O. com a profundidade, nesses tratamentos pode-se destacar que houve incrementos no segundo ano em relação ao primeiro ano de avaliação em 2017 (Tabela 19). Entretanto, não foram observadas influências significativas para a interação entre os tratamentos avaliados e nem das densidades de semeadura do guandu-anão sobre os teores de M.O.

No segundo ano de avaliação, para os consórcios com SF e SDA foram observadas diferenças significativas quanto aos maiores valores para H+Al e para a CTC do solo na camada de 0,10 a 0,20 m (Tabela 23). Foram apresentados aumentos da acidez potencial (H+Al) e redução da CTC no solo desses tratamentos em relação ao primeiro ano de avaliação. Cruz (2016) descreveu efeito contrário ao relatado nesse trabalho, citando aumentos de bases responsáveis pela CTC e reduções para H+Al, após dois anos de realização da calagem, atribuindo o efeito a decomposição de raízes e liberação de ácidos orgânicos capazes de conduzir as bases do solo em profundidade. No entanto, considerando a dinâmica dos sistemas de produção, a redução da CTC e elevação da H+Al no segundo ano podem ser atribuídas pela alta exportação de nutrientes na produção de silagem. Para isso, a correção da acidez do solo e dos teores de Ca e Mg são o primeiro passo para a obtenção de elevadas produtividades não somente para o sorgo, como para as gramíneas e para a leguminosa em consórcio.

Tabela 23. Atributos químicos do solo após cultivo de soja sob palhada de três cultivares de sorgo (granífero, forrageiro e duplo aptidão) consorciados com capim-paiaguás e guandu anão, na camada 0,10-0,20m. Selvíria – MS, 2018.

Tratamentos	pH	P	MO	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	S	V
	(CaCl ₂)	mg dm ⁻³	g dm ⁻³		-----mmolc.dm ⁻³ -----						mg dm ⁻³	%
SG	4,3 a	27,5 a	15,3 b	0,84 a	8,9 a	8,9 a	46,0 b	8,2 a	18,6 a	64,6 b	15,8 a	28,7 a
SF	4,2 a	35,0 a	18,5 a	0,96 a	10,3 a	10,5 a	54,8 a	7,5 a	21,8 a	76,6 a	10,5 b	28,8 a
SDA	4,3 a	46,2 a	17,4 a	0,87 a	9,5 a	9,9 a	55,6 a	7,0 a	20,3 a	75,9 a	10,2 b	26,9 a
Dens.												
0	4,2	25,4	16,5	0,85	8,0	8,16	53,0	8,4	17,0	70,1	16,08	24,7
6	4,5	36,5	17,4	0,70	12,2	13,0	46,0	5,0	25,9	71,9	16,25	35,6
12	4,2	40,0	17,4	0,88	9,0	9,08	52,9	8,4	18,9	71,8	12,83	26,1
18	4,1	47,6	17,5	1,05	9,1	9,33	55,3	8,6	19,4	74,8	13,58	25,8
24	4,3	31,6	16,5	0,98	9,6	9,33	53,4	7,1	19,9	73,4	11,83	28,7
D.M.S	0,17	22,5	1,64	0,39	2,47	2,76	7,35	2,52	5,24	6,72	5,68	6,48
F.V	Teste F											
Trat.	0,42 ^{ns}	2,03 ^{ns}	11,9 ^{**}	0,29 ^{ns}	1,01 ^{ns}	0,93 ^{ns}	6,20 ^{**}	0,61 ^{ns}	1,04 ^{ns}	11,69 ^{**}	3,61 [*]	0,31 ^{ns}
Dens.	4,14 ^{ns}	0,98 ^{ns}	0,69 ^{ns}	0,80 ^{ns}	2,94 ^{ns}	3,19 ^{ns}	1,66 ^{ns}	2,58 ^{ns}	2,89 ^{ns}	0,48 ^{ns}	2,88 ^{ns}	3,24 ^{ns}
Trat. x Dens.	2,03 ^{ns}	0,75 ^{ns}	0,62 ^{ns}	0,51 ^{ns}	1,19 ^{ns}	0,89 ^{ns}	1,69 ^{ns}	2,23 ^{ns}	0,99 ^{ns}	0,80 ^{ns}	2,09 ^{ns}	1,85 ^{ns}
Média	4,3	36,3	17,1	0,9	9,6	9,8	52,2	7,5	20,3	72,4	12,1	28,2
C.V.	5,2	81,1	12,5	57,9	33,6	36,9	18,4	43,8	33,7	12,1	61,2	29,9

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5%. SG: consórcio de sorgo granífero/capim-paiaguás e feijão guandu-anão; SF: consórcio de sorgo forrageiro/capim-paiaguás e feijão guandu; Dens. = densidade de semeadura do guandu-anão; SDA: consórcio de sorgo dupla aptidão/ capim-paiaguás e feijão guandu-anão. D.M.S.: diferença mínima significativa; F.V.: fontes de variação; Trat.: Tratamento; Dens.: Densidade de semeadura de feijão guandu-anão. **, *, ns: (P<0,01), (P<0,05) e (P>0,05), respectivamente. Fonte: Próprio autor.

Foram observados menores teores de S nos consórcios com os cultivares forrageiros (SF e SDA, respectivamente, 10,5 e 10,2 mg dm⁻³), na camada de 0,10 a 0,20 m, no segundo ano, diferindo significativamente em relação ao teor de S no tratamento com SG (15,8 mmol_c dm⁻³) (Tabela 23). A maior capacidade de extração é verificada principalmente sobre as cultivares forrageiras, devido a quantidade de matéria vegetal produzido (Tabela 5), sendo requerida em maiores quantidades pelos cereais e gramíneas, seguido pelas espécies leguminosas (VITTI et al., 2008). Essa elevada extração nos tratamentos com SF e SDA, com características para produção de forragem, ocorreu para as condições estudadas nessa pesquisa, com a implantação de consórcios com gramíneas forrageiras e leguminosa, em rotação com soja no verão.

Vergütz e Novais (2014) citam que em solos deficientes em nutrientes, como os de cerrado, a aplicação de 30 kg ha⁻¹ de S são recomendadas para suprir as necessidades da cultura de sorgo. Embora 95% da matéria orgânica esteja ligada à M.O. no solo, para os dois anos de cultivo do consórcio, foram aplicados em cobertura 120 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio. Considerando o teor de S de 24%, os valores podem ter sido adequados para o desenvolvimento das plantas, no entanto, não foram capazes de ocasionar incrementos no solo sob esses tratamentos, pela alta exportação de material vegetal para ensilagem. Não foram observados influências e ajustes para as densidades de semeadura do guandu-anão e nem interação dos tratamentos para todos os demais atributos químicos do solo avaliados na camada de 0,10-0,20 m para o segundo ano de avaliação (Tabela 23).

Cultivos consorciados de plantas produtoras de grãos com forrageiras tropicais em SPD tem aumentado significativamente a produção das áreas em regiões caracterizadas com inverno seco. Os resultados obtidos nesse trabalho demonstram o potencial das espécies utilizadas na produção de silagem e como plantas de cobertura para a região do cerrado, principalmente para os períodos de seca na entressafra, sendo capazes de produzir altas quantidades de palhada sobre o solo, e promover a ciclagem de parte dos nutrientes e sua liberação para os cultivos posteriores, principalmente os cultivados nas safras de verão, em sequência na rotação de culturas.

5 CONCLUSÕES

O consórcio de sorgo granífero com capim Paiaguás e guandu-anão apresenta-se como uma boa opção para produção de silagem, devido a estabilidade de produção em cultivo outonal.

Os consórcios de sorgo granífero e sorgo forrageiro com capim-paiaguás e guandu-anão, proporcionaram melhores condições de desenvolvimento do capim-paiaguás após a colheita de material vegetal para ensilagem, favorecendo o estabelecimento da pastagem.

O aumento da densidade de semeadura do guandu-anão não influenciou os componentes biométricos e morfológicos e nem a produtividade das plantas de sorgo. No entanto, ocasionam elevação nos teores de proteína bruta para produção de silagens de boa qualidade.

A silagem do consórcio de sorgo granífero com capim-paiaguás e guandu-anão proporcionou a melhor qualidade de silagem com maiores teores de proteína bruta, menores teores das frações fibrosas e lignificadas, e maior digestibilidade da forragem.

Os consórcios de sorgo forrageiro e sorgo duplo aptidão incrementaram os estoques de carbono, com redução da densidade, aumentos na macroporosidade e elevação da porosidade total do solo.

Os consórcios triplos com sorgo forrageiro e sorgo de dupla aptidão elevaram os teores de matéria orgânica, ocasionando incrementos nos teores de P e S no solo, nas camadas de 0,0-0,10m e 0,10 a 0,20 m.

Os cultivares de sorgo consorciados com capim Paiaguás e guandu-anão reduziram os teores de K, Ca e Mg, SB, CTC e V% e elevaram a acidez do solo sob esses sistemas de produção, pela elevada exportação de material vegetal para ensilagem, por dois anos consecutivos.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, C. J. B. et al. Espaçamento e densidade de semeadura para cultivares de sorgo granífero no semiárido. **Bragantia**, Campinas, v.70, n.2, p. 278-285, 2011.
- ALMEIDA, R.G.; MACEDO, M.C.M.; ZIMMER, A.H. et al. Capim-piatã e sorgo de corte e pastejo no outono-inverno, em integração lavoura-pecuária. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA Salvador, 47, 2010, Salvador, **Anais...** UFBA, 2010.
- ALVARENGA, C. R. et al. **Sistema de integração lavoura pecuária: o modelo implantado na Embrapa Milho e Sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007.
- ALVARENGA, M.C.V. **Consumo e digestibilidade aparente de silagens de sorgo (*Sorghum vulgare Pers*) em três momentos de corte e dois tamanhos de partículas, em carneiros**. 1994. 82f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1994.
- ALVAREZ, V. H.; DIAS, L. E.; RIBEIRO, A. C.; SOUZA, R. B. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. (Ed) **Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – CFSEMG, 1999. 359 p.
- ANDRADE, R. G.; TEIXEIRA, A. H. C.; LEIVAS, J. F.; SILVA, G. B. S.; NOGUEIRA, S. F.; VICTORIA, D. C.; VICENTE, L. E.; BOLFE, E. L. Indicativo de pastagens plantadas em processo de degradação no bioma Cerrado. In: XVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO – SBSR, 17., 2015, João Pessoa. **Anais [...]** João Pessoa: INPE, 2015,
- ANDRIGUETTO, J. M et al. **Nutrição animal**. São Paulo: Nobel, 2002. v. 1, 395 p.
- ASSMANN, T. S.; MARTINICHEM, D.; LIMA, R. C.; HUF, F. L.; ASSMANN, A. L.; MORAES, A.; ALVES, S. J. Adubação de sistemas e ciclagem de nutrientes em sistemas integrados de produção agropecuária. In: SOUZA, E. D.; SILVA, F. D.; ASSMANN, T. S.; CARNEIRO, M. A. C.; CARVALHO, P. C. F.; PAULINO, H. B. **Sistemas integrados de Produção Agropecuária no Brasil**. [S. l.: s. n.], 2018. 692 p.
- ASSMANN, A.L.; PELISSARI, A.; MORAES, A.; ASSMANN, T.S.; OLIVEIRA, E.B.; SANDINI, I. Produção de gado de corte e acúmulo de matéria seca em sistema de integração lavoura-pecuária em presença e ausência de trevo branco e nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 33, n. 1, p. 37-44, 2004.
- BALBINO, L.C.; CORDEIRO, L.A.M.; SILVA, V.P.D.; MORAES, A.; MARTÍNEZ, G.B.; ALVARENGA, R.C.; KICHEL, A.N.; FONTANELI, R.S.; SANTOS, H.P.; FRANCHINI, J.C.; GALERAN, P.R. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 10, p. 1-12, 2011.

BARBERO, L. M.; CECATO, U.; SICHIERI, F. R.; BASSO, K. C.; IGARASI, M. S. Produção de soja e de forragem em sistema de integração agricultura e pecuária. **Bol. Ind. Animal**, Nova Odessa, v.74, n.2, p.229-236, 2017.

BARBOSA, R. A. **Morte de pastos de braquiárias**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2006. 206 p.

BARCELLOS, A. de O.; VIANNA FILHO, A.; BALBINO, L.C.; OLIVEIRA, I.P. de; YOKOYAMA, L.P. **Restabelecimento da capacidade produtiva e desempenho animal em pastagens renovadas na região do Cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999. 4 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado técnico, 22).

BORÉM, A.; PIMENTEL, L.D.; PARRELLA, R.A.C. (Eds). **Sorgo: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2014. 58-88p.

BERNOUX, M. et al. Modeling vertical distribution carbon in Oxisols of the Western Brazilian Amazon (Rondônia). **Soil Science**, Baltimore, v. 163, n. 12, p. 941-951, 1998.

BORGUI, E.; CECCON, G.; CRUSCIOL, C. A. C. Manejo de espécies forrageiras em consórcio com milho safrinha. In: SEMINÁRIO MILHO SAFRINHA, 12., 2013. Dourados. **Anais...** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2013. p. 1-14.

BORGES, A. L. C. C. **Qualidade de silagens de genótipos de sorgo de porte alto, com diferentes teores de tanino e de umidade no colmo, e seus padrões de fermentação**. 1995. 104 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1995.

BORGES, I. D.; FRANCO, A. A. N.; KONDO, M. K.; MARTINS, D. C.; TEIXEIRA, E. C.; MOREIRA, S. G. Acúmulo de nutrientes na cultura do sorgo granífero na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 15, n.2, p. 294-304, 2016.

BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C.; MATEUS, G. P.; NASCENTE, A. S.; MARTINS, P.O. Intercropping time of corn and palisadegrass or guineagrass effecting grain yield and forrage production. **Crop Science**, Madison, v. 53, p. 629-636, 2013.

BRAZ, S. P. Produtividade de pastagens de *Brachiaria* nas regiões sudeste e centro-Oeste do Brasil e o estoque de carbono e nitrogênio no solo. 2005. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais & subtropicais**. 2. ed. rev. e atual. Porto Alegre: Metrópole, 2008. 654 p.

BRIGHENTI, A. M.; SOBRINHO, F. S.; COSTA, T. R.; ROCHA, W. S. D.; MARTIN C. E.; FERREIRA, L.H.C. **Integração Lavoura-Pecuária: a cultura do girassol consorciada com *Brachiaria ruziziensis***. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2008. 10 p.(Circular Técnica, 96).

BROCH, D.L.; PITOL, C.; BORGES, E.P. Integração agricultura-pecuária: plantio direto de soja na integração agropecuária. Maracajú: Fundação MS, 1997. 24p. (Informativo Técnico).

BUCHER, C. A.; BUCHER, C. P. C.; ARAÚJO, A. P.; SPERANDIO, M. V. L. In: FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R.; SANTOS, L. A. **Nutrição Mineral de Plantas**. 2. ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2018.

BULL, L. T.; CANTARELLA, H. **Cultura do milho**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFÓS, 1993. 301 p.

CAMPOS, F. P.; NUSSIO, C. M. B.; NUSSIO, L. G. **Métodos de análises de alimentos**. Piracicaba: FEALQ, 2004. 135 p.

CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van; CAMARGO, C.E.O. Cereais. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (ed.). **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. p.43-71. (Boletim Técnico, 100)

CASSOL, L.C. Relações solo-planta-animal num sistema de integração lavoura-pecuária em semeadura direta com calcário na superfície. 2003. In: VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G.B.; MACEDO, M.C.M.; MARCHÃO, R.L.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; PULROLNIK, K.; MACIEL, G.A. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n.10, p.1127-1138, 2011.

CECCON, G. **Consórcio Milho-braquiária** – Brasília/DF: Embrapa Agropecuária Oeste, 2013. 175 p.

COBUCCI, T.; WRUCK, F.J.; KLUTHCOUSKI, J.; MUNIZ, L.C.; MARTHA JUNIOR, G.B.; CARNEVALLI, R.A.; TEIXEIRA, S.R.; MACHADO, A.A.; TEIXEIRA NETO, M.L. Opções de integração lavoura-pecuária e alguns de seus aspectos econômicos. **Informe Agropecuário**, [s. l.], v. 28, p.64-79, 2007.

COELHO, A.M.; WAQUIL, A.M.; KARAM, D.; CASELA, R.C.; RIBAS, P.M. Seja o doutor do seu sorgo. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n. 100, p. 1-24, 2002. (Arquivo do agrônomo, 14).

CONAB, COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**: v.7, safra 2019/20, n.6, Sexto levantamento. março 2020.

CORSI, M.; MARTHA JUNIOR, G.B.; PAGOTTO, D.S. Sistema radicular: dinâmica e resposta a regimes de desfolha. 2001. In: VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G.B.; MACEDO, M.C.M.; MARCHÃO, R.L.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; PULROLNIK, K.; MACIEL, G.A. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.46, n.10, p.1127-1138, 2011.

COSTA, G. S.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; CUNHA, G. M. Decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira foliar em povoamentos de *Eucalyptus grandis* no norte fluminense. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 563-570, 2005.

- COSTA, N.R.; ANDREOTTI, M.; FERNANDES, J.C.; CAVASANO, F.A.; ULIAN, N.A.; PARIZ, C.M.; SANTOS, F.G. Acúmulo de nutrientes e decomposição da palhada de braquiárias em função do manejo de corte e produção do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 9, p. 166 - 73, 2014.
- COSTA, G. S.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; CUNHA, G. M. Decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira foliar em povoamentos de *Eucalyptus grandis* no norte fluminense. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 4, p. 563-570, 2005.
- COSTA, J. A. A.; KICHEL, A. N.; ALMEIDA R. G.; ZIMMER, A. H. Produtividade de soja semeada em palhada de capins cultivados em consórcio com milho na safrinha. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28., 2010, Goiânia. **Anais [...]** Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2010. 1 CD-ROM.
- COSTA, J. A. A.; NEVES, A. P.; SILVEIRA, L. S. M.; VILLAFUERTE, S. G. E.; GUIMARÃES, R. L. S.; PROCIÚNCULLA, G. C.; SOUZA JUNIOR, V. R.; VERZIGNASSI, J. R.; QUEIROZ, H. P. **Consórcio de guandu com milho ou com sorgo para a produção de silagem**. Embrapa Gado de Corte, 2017. 17p. (Embrapa Gado de Corte. Comunicado técnico, 143). Brasília-DF, dez/2017.
- COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; LOPES, K. S. M.; YOKOBATAKE, K. L.; FERREIRA, J. P.; PARIZ, C. M.; BONINI, C. S. B.; LONGHINI, V. Z. Atributos do solo e acúmulo de carbono na integração lavoura-pecuária em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 39, n. 3, p. 852-863, 2015.
- CRUSCIOL, C. A. C.; MATEUS, G. P.; PARIZ, C. M.; BORGHI, E.; COSTA, C.; SILVEIRA, J. P. F. Nutrição e produtividade de híbridos de sorgo granífero de ciclos contrastantes consorciados com capim-marandu. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.46, n.10, p.1234-1240, out. 2011
- CRUSCIOL, C.A.C., SORATTO, R.P., BORGHI, E. & Mateus, G.P. (2009) **Integração Lavoura-pecuária: Benefícios das gramíneas perenes nos sistemas de produção**. Campinas, Informações Agronômicas. 15p.
- CRUZ, S. S. **Produção e qualidade de silagens de sorgo em sistema de integração lavoura-pecuária no cerrado de baixa altitude**. 2016. 161f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2016.
- EMBRAPA GADO DE CORTE. **BRS Paiaguás, uma nova força para a pecuária**. Disponível em: <<http://www.unipasto.com.br/produtos/brs-paiaguas.pdf>>. Acesso em janeiro de 2015.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa dos Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPS, 2013. 353 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPSo, 1997. 212 p.

EUCLIDES, V.P.B.; MONTAGNER, D.B.; BARBOSA, R.A.; NANTES, N.N. Manejo do pastejo de cultivares de *Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf e de *Panicum maximum* Jacq. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 61, Suplemento, p. 808-818, 2014.

EVANGELISTA, A. R.; ABREU, J. G.; AMARAL, P. N. C.; PEREIRA, R. C.; SALVADOR, F. M.; LOPES, J.; SOARES, L. Q. Composição bromatológica de silagens de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) aditivadas com forragem de leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) Dewit). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 2, p. 429-435, 2005.

FERREIRA, D. F. **SISVAR**: Sistema de análise de variâncias. Lavras: UFLA/DEX, Versão 5.3, 2010.

FONTANELI, R.S.; SANTOS, H.P.; MORI, C. Lucratividade e risco de produção de grãos com pastagens, sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 1, p. 51-57, 2006.

FRANZLUEBBERS, A.J. Integrated crop-livestock systems in the Southeastern USA. **Agronomy Journal**, v.99, p.361-372, 2007. In: CRUSCIOL, C. A. C.; MATEUS, G. P.; PARIZ, C. M.; BORGHI, E.; COSTA, C.; SILVEIRA, J. P. F. Nutrição e produtividade de híbridos de sorgo granífero de ciclos contrastantes consorciados com capim-marandu. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.46, n.10, p.1234-1240, out. 2011.

GODOY, P. B. Aspectos nutricionais de compostos fenólicos em ovinos alimentados com leguminosas forrageiras. 2007. 90 f. In: PINEDO, L. A.; CAMPO, F. C.; PEÇANHA, M. R.; ABDALLA, A. L. Avaliação de níveis crescentes de guandu sobre as características bromatológicas e qualidade fermentativas da silagem de sorgo. **PUBVET**, Londrina, v.6, n.22, ed.209, art. 1395, 2012.

HUNGRIA, M.; VARGAS, A. T.; CAMPO, R. J. **A inoculação da soja**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo. 1997. 28p. (EMBRAPA-CNPSo. Circular Técnica-17).

IBRAHIM, G. H. F. **Perfil fermentativo das silagens de seis genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. (Moench))**. 2007. 41 f. (Dissertação de Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

IKEDA, F. S.; MITJA, D.; VILELA, L.; CARMONA, R. Banco de sementes no solo em sistemas de cultivo lavoura-pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, n. 11, p. 1545-1551, 2007.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia**: relação solo-água-plantas. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 262 p.

Kluthcouski, J., & Aidar, H. (2003) Implantação, condução e resultados obtidos com o sistema Santa Fé. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (ed.),

Integração Lavoura Pecuária Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. p. 407-442.

KLUTHCOUSKI, J.; COBUCCI, T.; AIDAR, H.; YOKOYAMA, L.P.; OLIVEIRA, I.P. de. COSTA, J.L. da S.; SILVA, J.G. da; VILELA, L.; BACELLOS, A. de O.; MAGNABOSCO, C. de U. **Sistema Santa Fé: tecnologia Embrapa: integração lavoura-pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas plantio direto e convencional.** Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. 28p. (Circular técnica, 38).

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. (Eds.). **Integração lavoura-pecuária.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p.514-518. cap.18.

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H.; COBUCCI, T. Integração lavoura - pecuária e o manejo de plantas daninhas. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 106, p. 1-20, 2004. Encarte Técnico.

KLUTHCOUSKI, J.; YOKOYAMA, L. P. Opções de integração lavoura-pecuária. In: KLUTHCOUSKI, J. et al. **Integração lavoura-pecuária.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 131-141.

LAMAS, F.M. **Alternativas de cobertura do solo para a cultura do algodoeiro em Sistema Plantio Direto.** 2008. In: COSTA, J. A. A.; KICHEL, A. N.; ALMEIDA R. G.; ZIMMER, A. H. Produtividade de soja semeada em palhada de capins cultivados em consórcio com milho na safrinha. XXVIII Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 2010, Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo. CD-ROM.

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**, Brasília, DF, v. 46, n. 10, p. 1269-1276, out. 2011.

MACEDO, M.C.M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [s. l.], v. 38, s/n, p.133-146, 2009.

MACEDO, M. C. M.. Sistemas de produção animal em pasto nas Savanas Tropicais da América: Limitações à Sustentabilidade, 2000. In: MACEDO, M. C. M.; ZIMMER, A. H. **Sistemas integrados de lavoura-pecuária na região dos cerrados do Brasil.** Simpósio Internacional em Integração Lavoura-Pecuária, Curitiba, 13 a 15 de Agosto de 2007.

MACHADO, L.A.Z.; CECCON, G. Sistemas integrados de agricultura e pecuária. In: PIRES, A.V. (ed.). **Bovinocultura de corte.** Piracicaba: FEALQ, 2010. v.2, p.1401-1462.

MACHADO, P.L.O.A.; SILVA, C.A. Soil management under no-tillage systems in the tropics with special reference to Brazil. Nutrients Cycling in Agroecosystems, v.61, p.119-130, 2001. In: GARCIA, C. M. P.; ANDREOTTI, M.; TEIXEIRA FILHO, M. C.; LOPES, K. S. M.; BUZETTI, S. Decomposição da palhada de forrageiras em função

da adubação nitrogenada após o consórcio com milho e produtividade da soja em sucessão. **Bragantia**, Campinas, v. 73, n. 2, p.143-152, 2014.

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.B.; FREITAS, R.S. Exigências edafoclimáticas e fisiologia da produção. In: BORÉM, A.; PIMENTEL, L.D.; PARRELLA, R.A.C. (Eds). **Sorgo: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2014. 58-88p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.

MATEUS, G. P.; BORGHI, E.; CASTRO, G. S. A.; GARCIA, R. A.; CRUSCIOL, C. A. C. Produção de fitomassa e acúmulo de nutrientes na parte aérea do sorgo de Guiné gigante. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 4, p. 1000-1008, 2011.

MARTHA JUNIOR, G.; VILELA, L. **Pastagens no Cerrado: Baixa Produtividade pelo Uso Limitado de Fertilizantes**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. 32 p. (Documentos, 50).

MELLO, L. M. M. Integração agricultura-pecuária em plantio direto: atributos físicos e cobertura residual do solo, produção de forragem e desempenho econômico. 2001. In: CRUZ, S. S. **Produção e qualidade de silagens de sorgo em sistema de integração lavoura-pecuária no cerrado de baixa altitude**. 2016. 161f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira-SP.

MIRANDA, J.C.C. de; VILELA, L.; MIRANDA, L.N. de. Dinâmica e contribuição da micorriza arbuscular em sistemas de produção com rotação de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 40, p.1005-1014, 2005.

MOLINA, L. R.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUEZ, N. M.; RODRIGUES, J. A. S.; FERREIRA, J. J.; FERREIRA, V. C. P. Avaliação agrônômica de seis híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 52, p. 385-390. 2000.

NAKAO, A. H. **Consortiação de sorgo granífero ou de dupla aptidão com capim-paiaguás em função da inoculação com *Azospirillum brasilense* para produção de silagem**. 2018. 139 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira/SP.

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; ALVES FILHO, D.C.; BERNARDES, R.A.C.; ARBOITE, M.Z.; CERDOTESE, L.; PEIXOTO, L.A.O. Avaliação de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) quanto aos componentes da planta e silagens produzidas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [s. l.], v.31, n.1, p.302-312, 2002.

NICOLOSO, R. S.; LANZANOVA, M. E.; LOVATO, T. Manejo das pastagens de inverno e potencial produtivo de sistemas de integração lavoura-pecuária no Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, p. 1799-1805, 2006.

OLIVEIRA, R. P. et al., Características agronômicas de cultivares de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) sob três doses de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 35. N. 1, p. 45-53, 2005.

OLIVEIRA, P.; KLUTHCOUSKI, J.; FAVARIN, J. L.; SANTOS, D. C. Consórcio de milho com braquiária e guandu-anão em sistema de dessecação parcial. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1184-1192, out. 2011.

OLIVEIRA, R. P. et al., Características agronômicas de cultivares de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) sob três doses de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 35. N. 1, p. 45-53, 2005.

PEREIRA, R. R. **Soja em sucessão ao consórcio de milho com capim-marandu e/ou guandu-anão em sistema integrado de produção agropecuária**. 2018. 36 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2018.

PERES, R. M.; CHABARIBERY, D.; JUSTO, C. L.; COUTINHO FILHO, J. L. V.; MENDES, E. E. B.; OLIVEIRA, M. D. M. Estudo econômico de implantação de sistemas de integração lavoura-pecuária na recria de bovinos de corte, São José do Rio Preto, Estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 44, n. 1, jan./fev. 2014.

PARIZ, C.M.; FERREIRA, R.L.; SÁ, M.E. de; ANDREOTTI, M.; CHIODEROLI, C.A.; RIBEIRO, A.P. Qualidade fisiológica de sementes de *Brachiaria* e avaliação da produtividade de massa seca, em diferentes sistemas de integração lavoura-pecuária sob irrigação. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiania, v. 40, p.330-340, 2010.

PARIZ, C.M.; ANDREOTTI, M.; BUZETTI, S.; BERGAMASCHINE, A.F.; ULIAN, N.A.; FURLAN, L.C.; MEIRELLES, P.R.L.; CAVASANO, F.A. Straw decomposition of nitrogen-fertilized grasses intercropped with irrigated maize in an integrated crop-livestock system. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 35, p.2029-2037, 2011.

PERIN, A.; BERNARDO, J.T.; SANTOS, J.T.; SILVA, S.R.H.; FREITAS, G.B. Desempenho Agronômico de milho consorciado com feijão-de-porco em duas épocas de cultivo no sistema orgânico de produção. **Ciência e Agrotecnologia**, [s. l.], v. 31, n.3, p.903-908, 2007.

PINEDO, L. A.; CAMPO, F. C.; PEÇANHA, M. R.; ABDALLA, A. L. Avaliação de níveis crescentes de guandu sobre as características bromatológicas e qualidade fermentativas da silagem de sorgo. **PUBVET**, Londrina, v. 6, n. 22, 209, art. 1395, 2012.

PITOL, C.; GOMES, E.L.; ERBES, E.I. Avaliação de cultivares de soja em plantio direto sobre *Brachiaria*. In: FUNDAÇÃO MS. **Resultados de pesquisa e experimentação**: safra 2000/2001. Maracajú, 2001. p. 40-48.

- QUINTINO, A.C.; ABREU, J.G.; ALMEIDA, R.G.; MACEDO, M.C.M.; CABRAL, L.S.; GALATI, R.L. Production and nutritive value of *piatã* grass and hybrid sorghum at different cutting ages. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 35, n. 3, p. 243-249, 2013.
- RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (ed.). **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 2001. 285p.
- REZENDE, C. P.; CANTARUTTI, R. B.; BRAGA, M. J.; GOMIDE, J. A.; PEREIRA, J. M.; FERREIRA, E.; TARRÉ, R. M.; MACEDO, R.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; CADISCH, G.; GILLER, K.; BODDEY, R. M.; *Little* decomposition and disappearance in *Brachiaria* pasture in the atlantic forest of the South of Bahia, Brazil. 1999. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais & subtropicais**. 2. ed. rev. e atual. – Porto Alegre: Metrópole, 2008. 654 p.
- RODRIGUES, J. A. S. **Primeiras chuvas favorecem o plantio de sorgo para silagem**. Transferência de Tecnologia. Embrapa. Notícias. Transferência de Tecnologia, 2014.
- ROSCOE, R.; BUURMAN, P.; VELTHORST, E. J.; VASCONCELLOS, C. A. Soil organic matter dynamics in density and particles size fractions as revealed by the ¹³C/¹²C isotopic ratio in a Cerrado's Oxisol. 2001. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais & subtropicais**. 2. ed. rev. e atual. – Porto Alegre: Metrópole, 2008. 654p.
- ROSOLEM, C.A.; CALONEGO, J.C.; FOLONI, J.S.S. Lixiviação de potássio da palha de espécies de cobertura de solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, p.355-362, 2003.
- ROSSI, C. Q.; PEREIRA, M. G.; GIÁCOMO, S. G.; BETTA, M.; POLIDORO, J. C. Decomposição e liberação de nutrientes da palhada de braquiária, sorgo e soja em áreas de plantio direto no cerrado goiano. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 4, p. 1523-1534, jul./ago. 2013.
- SALTON, J.C. **Matéria orgânica e agregação do solo na rotação lavoura-pastagem em ambiente tropical**. 2005. 158 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.
- SALTON, J.C. Opções de safrinha para agregação de renda nos cerrados. *In: ENCONTRO REGIONAL DE PLANTIO DIRETO NO CERRADO*, 4, 2000, Uberlândia, **Encontro** [...] Uberlândia: UFU, 1999. v. 1. p. 189-200.
- SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais & subtropicais**. 2. ed. rev. e atual. – Porto Alegre: Metrópole, 2008. 654 p.
- SECRETI, M. L. **Aporte de carbono ao solo por sistemas de monocultura, sucessão e rotação de culturas**. 2017. 74 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados, 2017.

SILVA, A. C. da; FREITAS, F.C.; FERREIRA, L.R.; FREITAS, R.S. Dessecação pré-colheita de soja e *Brachiaria brizantha* consorciadas com doses reduzidas de gramínicida. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, p.37-42, 2006.

SILVA, H.P.; GAMA, J.C.M.; NEVES, J.M.G., BRANDÃO JUNIOR, D.S., KARAM, D. Levantamento das plantas espontâneas na cultura do girassol. **Revista Verde**, v. 5, n.1, p.162-167, 2010.

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

SILVA, F. F. da; GONCALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; CORREA, C. E. S.; RODRIGUEZ, N. M.; BRITO, A. F.; MOURAO, 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**, Viçosa, MG, v. 28, p. 14-20, 1999.

SILVA, M.A. da; NÓBREGA, J.C.A.; CURI, N.; SIQUEIRA, J.O.; MARQUES, J.J.G. de M.; MOTTA, P.E.F. Frações de fósforo em Latossolos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.38, p.1197-1207, 2003.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2002. 235 p.

SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S. Matéria orgânica do solo. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. **Biologia dos solos dos Cerrados**. Embrapa Cerrados, 1997. p.467-524.

SOARES, D. A. **Manejo da adubação nitrogenada e inoculação em sorgo granífero outonal consorciado ou não com capim-paiaguás**. 2017. 61 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2017.

TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G; ANDRIOLI, I.; POLIDORO, J.C.; FABIAN, A.J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.29, p.609-618, 2005.

TRECENTI, R.; OLIVEIRA, M. C.; HASS, G. **Integração lavoura-pecuária-silvicultura**. Brasília: MAPA/SDC, 2008. 54 p. (Boletim técnico).

VAN SOEST, P. J. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476 p. In: PINEDO, L. A.; CAMPO, F. C.; PEÇANHA, M. R.; ABDALLA, A. L. Avaliação de níveis crescentes de guandu sobre as características bromatológicas e qualidade fermentativas da silagem de sorgo. **PUBVET**, Londrina, v.6, n.22, ed.209, art. 1395, 2012.

VERGÜTZ, L.; NOVAIS, R. F. Adubação. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. (ed) **Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5. aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – CFSEMG, 1999. 359 p.

VICENTE, E. R. J. S. **Produtividade do sorgo consorciado com feijão guandu e capim marandú em dois espaçamentos e composição bromatológica antes e após a ensilagem**. 2016. 72 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE, Presidente Prudente.

VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G.B.; MACEDO, M.C.M.; MARCHÃO, R.L.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; PULROLNIK, K.; MACIEL, G.A. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 10, p.1127-1138, 2011.

VITTI, G. C.; LUZ, P. H. C.; ALFONSI, A. L. A. Dinâmica e absorção de nutrientes e novas tendências da nutrição de plantas. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n.122, p. 1-4, 2008.

VON PINHO, R.G; VASCONCELOS, R.C; BORGES, I.D; REZENDE, A.V. Influência da altura de corte das plantas nas características agrônomicas e valor nutritivo das silagens de milho e de diferentes tipos de sorgo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 2, p. 266- 279, 2006.

ZAGO, C. P. Cultura de sorgo para produção de silagem de alto valor nutritivo. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4., 1991, Piracicaba. **Anais [...]** Piracicaba: FEALQ/ESALQ, 1991. p. 169-217.