

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

**POTENCIAL DE USO DE HERBICIDAS E EFICIÊNCIA
DO CONSÓRCIO ENTRE MILHO E FEIJÃO-GUANDU
NA PRODUÇÃO E QUALIDADE DA SILAGEM**

Autor: Felipe Pereira Cunha
Orientadora: Prof.^a Dr.^a Kátia Cylene Guimarães
Coorientador: Prof. Dr. Adriano Jakelaitis

Rio Verde – GO
Março – 2023

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

**POTENCIAL DE USO DE HERBICIDAS E EFICIÊNCIA
DO CONSÓRCIO ENTRE MILHO E FEIJÃO-GUANDU
NA PRODUÇÃO E QUALIDADE DA SILAGEM**

Autor: Felipe Pereira Cunha
Orientadora: Prof.^a Dr.^a Kátia Cylene Guimarães
Coorientador: Prof. Dr. Adriano Jakelaitis

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde – Área de concentração Zootecnia.

Rio Verde – GO

Março – 2023

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

CC972p Cunha, Felipe Pereira
Potencial de uso de herbicidas e eficiência do consórcio entre milho e feijão guandu na produção e qualidade da silagem / Felipe Pereira Cunha; orientadora Kátia Cylene Guimarães; co-orientador Adriano Jakelaitis. -- Rio Verde, 2023.
55 p.

Dissertação (Mestrado em Zootecnia) -- Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2023.

1. Zea mays. 2. Cajanus cajan. 3. Bromatologia. I. Guimarães, Kátia Cylene, orient. II. Jakelaitis, Adriano, co-orient. III. Título.



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

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

Identificação da Produção Técnico-Científica

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

Nome Completo do Autor: Felipe Pereira Cunha

Matrícula: 2021102310240029

Título do Trabalho: Potencial de uso de herbicidas e eficiência do consórcio entre milho e feijão quando na produção e qualidade da silagem

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 29/05/2023

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

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

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

Rio Verde, 22 maio de 2023.

Felipe Pereira Cunha

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

Katia Cybena Guimarães

Assinatura do(a) orientador(a)



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

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

Potencial de uso de herbicidas e eficiência do consórcio
entre milho e feijão guandu na produção e qualidade da
silagem

Autor: Felipe Pereira Cunha
Orientadora: Kátia Cylene Guimarães

TITULAÇÃO: Mestre em Zootecnia - Área de Concentração em Zootecnia/Recursos
Pesqueiros.

APROVADO em 30 de março de 2023.

Dr. Roniel Geraldo Ávila
Avaliador externo
Simple Agro Corporation

Dr. Francisco Ribeiro de Araujo Neto
Avaliador interno
IF Goiano/RV

Dr. Adriano Jakelaitis
Presidente da banca

IF Goiano/RV

Documento assinado eletronicamente por:

- **Roniel Geraldo Avila, Roniel Geraldo Avila - Professor Avaliador de Banca - Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde (10651417000500)**, em 31/03/2023 10:21:52.
- **Francisco Ribeiro de Araujo Neto, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 31/03/2023 08:35:48.
- **Adriano Jakelaitis, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 30/03/2023 16:20:28.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 27/02/2023. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 470296

Código de Autenticação: a923340070



INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Rio Verde
Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, 01, Zona Rural, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970
(64) 3624-1000

AGRADECIMENTOS

Hoje eu quero agradecer primeiramente a Deus, que permitiu tudo isso acontecer ao longo de minha trajetória, dando forças nos momentos de angústia, sabedoria nos momentos difíceis, permitindo superar os obstáculos.

Em especial à equipe que sempre esteve disponível para me ajudar ao longo desses dois anos de jornada, Kátia Cylene, Adriano Jakelaitis, Roniel, Carlos Henrique, Carlos Eduardo, Vitória Cássia, que estiveram sempre me ajudando de alguma forma, uns em laboratório, outros a campo, e aqueles que me apoiaram e deram forças.

Quero agradecer em especial novamente, a minha orientadora Kátia Cylene Guimarães, uma vez que sem ela não teria conseguido entrar no programa, e ao meu coorientador Adriano Jakelaitis, por confiar neste projeto.

Agradecer também aos membros da banca, por aceitarem fazer parte deste momento.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Campus Rio Verde, pela oportunidade de realizar esse sonho e contribuir para minha qualificação.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás – FAPEG, pela bolsa de pesquisa concedida.

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia e a todos os professores, pelos conhecimentos repassados, ajudando aprimorar o entendimento técnico e a evoluir como profissional.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Felipe Pereira Cunha, filho de Leida Aparecida Borges Pereira e Eriomar dos Santos Cunha, nascido na cidade de Mineiros – GO, no dia 30 de abril de 1998. No início do ano de 2016 ingressou no curso de Bacharelado em Agronomia pelo Centro Universitário de Mineiros – UNIFIMES, e permaneceu até dezembro/2020, concluindo a graduação. Em 2021 ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia do Instituto Federal Goiano, campus Rio Verde – GO, desenvolvendo a pesquisa na área de Manejo, Nutrição e Alimentação Animal.

ÍNDICE GERAL

	Página
ÍNDICE DE TABELAS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES.....	ix
RESUMO.....	15
ABSTRACT.....	17
Introdução.....	19
REFERENCIAL TEÓRICO.....	20
Consórcio.....	20
Plantas Daninhas e Controle Químico.....	21
Herbicidas.....	22
Milho.....	23
Feijão-Guandu.....	23
Ensilagem.....	24
REFERÊNCIAS.....	27
Objetivos.....	30
CAPÍTULO I: Artigo científico: POTENCIAL DE USO DE HERBICIDAS E EFICIÊNCIA DO CONSÓRCIO ENTRE MILHO E FEIJÃO-GUANDU NA	

PRODUÇÃO E QUALIDADE DA SILAGEM.....	31
RESUMO.....	32
ABSTRACT.....	33
Introdução.....	34
Material e Métodos.....	34
Resultados.....	38
Plantas Daninhas.....	38
Milho.....	40
Feijão-Guandu.....	41
Qualidade nutricional da silagem produzida.....	43
Discussão.....	45
Plantas Daninhas.....	45
Milho.....	46
Feijão-Guandu.....	47
Qualidade Nutricional da Silagem Produzida.....	48
Conclusão.....	54
REFERÊNCIAS.....	55

ÍNDICE DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Importância relativa (IR) das espécies de plantas daninhas do consórcio entre milho e feijão-guandu avaliadas aos 40 DAA.....	39
Tabela 2. Análise de variância (ANOVA) para a produtividade de massa seca da parte aérea (g m^{-2}) e a densidade (plantas m^{-2}) das plantas daninhas encontradas nos cultivos de milho solteiro e milho em consórcio com feijão-guandu.....	39
Tabela 3. Comparação de médias considerando os efeitos de tipos de controle para a densidade (plantas m^{-2}) e massa seca (g m^{-2}) das plantas daninhas encontradas nos cultivos de milho solteiro e milho em consórcio com feijão-guandu.....	40
Tabela 4. Análise de variância (ANOVA) para as variáveis de altura de planta, altura de inserção de primeira espiga e diâmetro de colmo do milho em consórcio com feijão-guandu.....	40
Tabela 5. Análise de variância (ANOVA) para as estimativas de produtividade de biomassa fresca e seca, de folhas, caule, palha, sabugo, inflorescência e grãos (kg ha^{-1}) e a população final de plantas (plantas ha^{-1}) do milho em consórcio com feijão-guandu.....	41
Tabela 6. Comparação de médias do diâmetro de caule do milho considerando a interação entre modalidade de aplicação de herbicida e consórcio.....	41
Tabela 7. Análise de variância (ANOVA) para a avaliação visual da fitotoxidez provocada pela aplicação de herbicidas no feijão-guandu aos 7, 14 e 28 DAA.....	42

Tabela 8. Comparação de médias considerando os efeitos dos tipos de controle para a avaliação visual da fitotoxidez no feijão-guandu aos 7 e 14 DAA.....	42
Tabela 9. Análise de variância (ANOVA) para as variáveis de altura de planta, estimativa de produtividade de biomassa fresca e seca total (kg ha^{-1}), de folha e caule (kg ha^{-1}), e a população final de plantas (plantas ha^{-1}) do Guandu cultivado em consórcio com milho.	42
Tabela 10. Análise de variância (ANOVA) e comparação de médias considerando os efeitos de consórcio para as variáveis de MS, MM (%MS), e EE (%MS) da silagem de milho em consórcio ou não com o feijão-guandu.....	43
Tabela 11. Análise de variância (ANOVA) e a comparação de médias considerando os efeitos de consórcio para proteína bruta e as variáveis da fração proteína da silagem de milho em consórcio ou não com o feijão-guandu. Resultados em %MS.....	43
Tabela 12. Análise de variância (ANOVA) e a comparação de médias considerando os efeitos de consórcio para as variáveis de FDN, FDA, Lignina, Celulose e Hemicelulose da silagem de milho em consórcio ou não com o feijão-guandu. Resultados em %MS.	44
Tabela 13. Análise de variância (ANOVA) e a comparação de médias considerando os efeitos de consórcio para a DIVMS e NDT da silagem de milho em consórcio ou não com o feijão-guandu. Resultados em %MS.....	44
Tabela 14. Análise de variância (ANOVA) e a comparação de médias considerando os efeitos de consórcio para as variáveis da fração carboidrato da silagem de milho em consórcio ou não com o feijão-guandu. Resultados em %MS.....	45
Tabela 15. Tabela apresentando o resultado da análise de variância (ANOVA) e a comparação de médias considerando os efeitos de consórcio para os parâmetros fermentativos da silagem de milho em consórcio ou não com o feijão-guandu.....	45

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Precipitação, temperatura e umidade relativa durante o período experimental.	35

ÍNDICE DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

BAL – bactérias ácido lácticas	totais
CEL – celulose	N-NH ₃ – nitrogênio amoniacal
CHOs – carboidratos solúveis	NNP – nitrogênio não proteico
CHOT – carboidratos totais	NT – nitrogênio total
cm – centímetros	PB – proteína bruta
CNF – carboidratos não fibrosos	PBFA – fração A da proteína
CO ₂ – gás carbonico	bruta
CT – capacidade tampão	PBFB1 – fração B1 da proteína
DAA – dias após aplicação	bruta
DIVMS – digestibilidade <i>in vitro</i>	PBFB2 – fração B2 da proteína
da matéria seca	bruta
FDA – fibra em detergente ácido	PBFB3 – fração B3 da proteína
FDN – fibra em detergente neutro	bruta
ha – hectare	PBFC – fração C da proteína
HEM – hemicelulose	bruta
IR – importância relativa	PE – produção de efluentes
kg – quilogramas	PG – perda por gases
LIG – lignina	pH – potencial hidrogeniônico
m ² – metro quadrado	SC – sistemas de cultivo
MM – matéria mineral	SC:TC – interação entre os
mm – milímetros	tratamentos
MS –matéria seca	TC – tipos de controle
NDT – nutrientes digestíveis	

RESUMO

Um dos objetivos com o consórcio entre gramíneas e leguminosas é aumentar o teor de proteína da silagem produzida. Nestes sistemas pode ocorrer possível competição entre as espécies que serão consorciadas, tornando de fundamental importância o correto planejamento do uso de herbicidas. Diante disso, objetivou-se neste trabalho avaliar a seletividade de herbicidas para o feijão-guandu cultivado em consórcio com o milho, e os efeitos do consórcio no desenvolvimento e rendimento das culturas consorciadas, na qualidade nutricional da silagem produzida. O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso com quatro repetições, sendo os tratamentos arranjados em esquema de parcela subdividida, os sistemas de cultivo foram alocados nas parcelas e os tipos de controle de plantas daninhas alocados nas subparcelas. Os sistemas de cultivo foram: monocultivo de milho, milho consorciado com guandu variedade IAC Fava Larga e milho consorciado com guandu variedade Bonamigo 2 Super N. Os tipos de controle utilizados foram: testemunha, parcela capinada; e as misturas de tanque de S-Metolachlor + Flumioxazin; S-Metolachlor + Saflufenacil; e S-Metolachlor + Mesotrione. A aplicação dos herbicidas ocorreu em pré-emergência. No momento da ensilagem as plantas foram colhidas quando o grão de milho apresentou 1/3 do grão na linha de leite, estágio de grão farináceo duro. Então, foram retiradas alíquotas de material para ensilagem em tubos de PVC. Os silos foram vedados e armazenados em área coberta em temperatura ambiente, por 56 dias, quando foram abertos para a avaliação das variáveis bromatológicas. Os herbicidas foram eficientes em controlar as plantas daninhas com exceção das espécies *Acanthospermum hispidum* (ACAHI) e *Alternanthera tenella* (ALTTE). A mistura de S-Metolachlor + Mesotrione foi a que obteve as menores densidade e produção de massa seca de plantas daninhas. Não houve efeito significativo dos sistemas de cultivo nas variáveis de altura de planta, altura de inserção de primeira espiga, produtividade de massa seca e fresca, e da produtividade de grãos do milho. Todas as misturas de herbicidas causaram fitointoxicação no feijão-guandu quando comparadas a testemunha, porém não houve efeito significativo dos tipos de controle sobre as variáveis de altura de planta, população final de plantas e das produtividades de biomassa fresca e seca do feijão-guandu. A presença do feijão-guandu na

silagem elevou os teores de PB, MM, EE, FDA, lignina, pH e N-NH₃ e reduziu os teores de MS, DIVMS, NDT e a perda por gases. Todas as misturas de herbicidas aqui testadas mostraram potencial de uso para o feijão-guando. O cultivo consorciado de milho com feijão-guando não afetou as características de desenvolvimento e rendimento da cultura do milho, porém provocou alterações na qualidade nutricional da silagem produzida.

Palavras-chave: *Zea mays*, *Cajanus cajan*, bromatologia.

ABSTRACT

One of the objectives with the consortium between grasses and legumes is to increase the protein content of the silage produced. In these systems, a possible competition can occur between the species that will be intercropped, making the correct planning of herbicides use of fundamental importance. Therefore, the objective of this work was to evaluate the selectivity of herbicides for pigeon pea intercropped with corn, and the effects of the intercropping on the development and yield of the intercropped crops, and on the nutritional quality of the silage produced. The design used was in randomized blocks with four replications, with the treatments arranged in a split-plot scheme, where the cropping systems were allocated in the plots and the types of weed control allocated in the sub-plots. The cropping systems were: maize monoculture, maize intercropped with pigeon pea variety IAC Fava Larga and maize intercropped with pigeon pea variety Bonamigo 2 Super N. The types of control used were: control, weeded plot; and the tank mixes of S-Metolachlor + Flumioxazin; S-Metolachlor + Saflufenacil; and S-Metolachlor + Mesotrione. The herbicides application took place in pre-emergence. At the time of ensiling, the plants were harvested when the corn grain had 1/3 of the grain in the milk line, the hard mealy grain stage. Then, aliquots of the material were removed for the ensilage in PVC tubes. The silos were sealed and stored in a covered area at room temperature for 56 days, when they were opened to evaluate the silage nutritional quality. The herbicides were effective in controlling weeds except for the species *Acanthospermum hispidum* (ACAHI) and *Alternanthera tenella* (ALTTE). The mixture of S-Metolachlor + Mesotrione was the one that obtained the lowest density and dry mass weeds production. There was no significant effect of cropping systems on the corn variables of plant height, first ear insertion height, dry and fresh mass yield, and grain yield. All herbicide mixtures caused phytointoxication in pigeonpea when compared to the control, but there was no significant effect of the types of control on the variables of plant height, final plant population and productivity of fresh and dry biomass of pigeonpea. The presence of pigeonpea in the silage increased CP, MM,

EE, ADF, lignin, pH and N-NH₃ contents and reduced DM, IVDMD, TDN and gas loss. All herbicide mixtures tested here showed potential use for pigeonpea. The intercropping of maize with pigeonpea did not affect the characteristics of development and yield of the maize crop but caused changes in the nutritional quality of the silage produced.

Key words: *Zea mays*, *Cajanus cajan*, bromatology.

Introdução

A consorciação de gramíneas com leguminosas além de ser boa opção de adubação nitrogenada, proporciona outros benefícios, sendo estes por exemplo a melhoria química, física e biológica dos solos (PRELLWITZ e COELHO, 2015). De acordo com Marques *et al.* (2010), o cultivo de culturas distintas na mesma área reduz os custos do produtor, resultando em renda maior, através da oferta de diferentes produtos no decorrer do ano. Apesar disso, é fundamental conhecer a forma como as espécies a serem utilizadas se desenvolvem neste sistema, o desempenho dessas culturas depende de muitos fatores, sendo o principal, o tipo de cultura e o arranjo espacial (PEREIRA *et al.*, 2017). As competições por água, luz e nutrientes são fatores que podem limitar o êxito da consorciação, podendo afetar o desenvolvimento da cultura, e conseqüente produção, logo estes são fatores que devem ser levados em consideração (PARIZ *et al.*, 2011).

Gramíneas e leguminosas tornou-se uma popular combinação, e um dos objetivos com este tipo de consórcio é aumentar o teor de proteína bruta (PB) da silagem produzida (NERES *et al.*, 2012; MORAES *et al.*, 2019). Na maior parte deste tipo de arranjo, o milho é reconhecido como um componente em comum, e o feijão-guandu é uma das principais leguminosas capazes de proporcionar o aumento no teor de PB da silagem (OLIVEIRA *et al.*, 2011; IJOYAH, 2012; BONETTI *et al.*, 2015).

O milho (*Zea mays*) tornou-se a planta forrageira mais usada para a produção de silagens pois é um alimento que possui alta produção de matéria seca (MS) por hectare, bom teor de carboidratos solúveis (CHOs) na matéria seca e baixo poder tamponante (PIMENTEL *et al.*, 1998). Logo, é considerado como a planta forrageira ideal para que ocorra adequado processo fermentativo (FERNANDES *et al.*, 2016).

O feijão-guandu (*Cajanus cajan*) é uma forrageira leguminosa destacada por seus múltiplos usos. Exerce papel fundamental na ciclagem e disponibilização de nutrientes, com enfoque para o nitrogênio, sendo também utilizado como fonte proteica na alimentação animal (AZEVEDO *et al.*, 2007). Diversos países localizados nos trópicos e subtropicais possuem no feijão-guandu uma fonte proteica essencial, sendo tolerante a condições adversas, tais como a seca e solos com baixa fertilidade (PROVAZI *et al.*, 2007).

Nos sistemas produtivos de consorciação pode ocorrer possível competição entre as espécies que serão utilizadas, além do matocompetição que ocorre de forma natural com as plantas daninhas. É de fundamental importância o correto planejamento do uso de herbicidas na área, para controlar as plantas daninhas e apenas parcialmente suprimir a cultura consorciada, objetivando evitar perdas produtivas (MACEDO, 2009).

Entre as causas de interferência na produtividade da cultura do milho destacam-se as plantas daninhas que competem por recursos de crescimento tornando a cultura vulnerável, sendo necessário ter algumas precauções no manejo destas plantas (SILVA *et al.*, 2004), que são normalmente controladas com aplicação de herbicidas (PHILIPPI *et al.*, 2016). Segundo Zagonel *et al.* (2010) a aplicação irá variar de acordo com a espécie presente, de sua população e do período de convivência, e ainda, entre 20 a 45 dias após a emergência da cultura, é fundamental que a mesma seja mantida livre da presença de plantas daninhas.

Não há herbicidas recomendados para o milho, que também possam ser recomendados para o feijão-guandu. Diante disso, o objetivo com este trabalho foi avaliar a seletividade de herbicidas para o feijão-guandu cultivado em consórcio com o milho, os efeitos do consórcio no desenvolvimento, rendimento das culturas consorciadas e na qualidade nutricional da silagem produzida.

REFERENCIAL TEÓRICO

Consórcio

A prática de cultivo de duas ou mais culturas no mesmo espaço e tempo é denominada consorciação, esta técnica envolve principalmente gramíneas e leguminosas (IJOYAH, 2012). A principal ideia do consórcio é obter melhor produtividade por unidade de área e tempo, e, também criteriosa exploração dos recursos do solo (BELEL *et al.*, 2014). Sistemas de integração quando bem manejados aumentam o conteúdo de matéria orgânica nos solos com intensificação do ciclo de nutrientes e fixação de carbono (MARTIN *et al.*, 2016).

Os sistemas consorciados são conhecidos por fazer um uso mais eficiente dos fatores que envolvem o crescimento e desenvolvimento das plantas. Estes sistemas capturam e fazem melhor uso da energia radiante, água disponível e nutrientes, prevenindo pragas e doenças, inibindo plantas daninhas, além de manter ou até mesmo melhorar a fertilidade do solo (MATUSSO *et al.*, 2012). Porém, Ijoyah e Fanen (2012) relatam que a escolha da combinação de culturas é a chave para o sucesso do consórcio. Fatores de incompatibilidade, tais como densidade de plantio, sistema radicular e competição por nutrientes precisam ser considerados (IJOYAH e JIMBA, 2012).

Flexibilidade, maximização de lucro, minimização de riscos, conservação e melhora na fertilidade do solo são algumas das principais razões para a realização do consórcio entre diferentes culturas (MATUSSO *et al.*, 2012). A introdução de leguminosas nestes sistemas tem sido avaliada, por causa, principalmente, da procura por maior produtividade e melhoria da atividade biológica do solo (PASCOALOTO *et al.*, 2016). Logo, gramíneas e leguminosas tornaram-se popular combinação pela capacidade das leguminosas em combater a erosão e aumentar a fertilidade do

solo (MATUSSO *et al.*, 2012). Sendo o milho reconhecido como componente comum na maior parte dos sistemas de consorciação (IJOYAH, 2012).

Um dos objetivos com este tipo de consórcio é aumentar o teor de proteína bruta (PB) da silagem produzida (NERES *et al.*, 2012; MORAES *et al.*, 2019). O feijão-guandu (*Cajanus cajan*) é uma das principais espécies capazes de aumentar a qualidade nutricional da forragem e a diversidade biológica no sistema de produção (OLIVEIRA *et al.*, 2011; BONETTI *et al.*, 2015). Ferreira *et al.* (2015) avaliando o consórcio de milho com feijão-guandu e *Urochloa brizantha*, demonstraram que a leguminosa não afetou a produtividade do milho, porém aumentou o conteúdo de PB da silagem.

Ligoski *et al.* (2020) trabalhando com silagem da planta de milho consorciada com feijão-guandu e *Urochloa brizantha* relataram maior teor de PB na silagem consorciada quando comparada com a silagem exclusiva de milho. Os autores ainda disseram que ambas as espécies consorciadas podem contribuir para o aumento do teor de PB da forragem, especialmente o feijão-guandu, podendo atingir valores de 27% de PB (AMAEFULE *et al.*, 2011; LIGOSKI *et al.*, 2020).

Portanto, a consorciação com leguminosas permite alterar a relação concentrado/volumoso da dieta, reduzindo os custos pela menor adição de suplementos proteicos (RIBEIRO *et al.*, 2017). Além disso, a profundidade do sistema radicular juntamente com a fixação biológica de nitrogênio, faz com que o consórcio com leguminosas forneça quantidades significativas de nitrogênio ao sistema solo-planta (SEKHON *et al.*, 2018).

Plantas Daninhas e Controle Químico

Um dos fatores que afetam negativamente o rendimento dos vegetais é a interferência de plantas daninhas, que podem competir diretamente com as culturas por nutrientes, água, espaço e luz, e indiretamente quando são hospedeiros alternativos para patógenos e pragas ou quando atrapalham colheita (FARIA *et al.*, 2014). A competição com essas plantas é influenciada pelas espécies, densidade e população das mesmas (ZANINE e SANTOS, 2004). Tal competição pode modificar a morfologia da planta, o acúmulo de biomassa, o crescimento da planta e, sucessivamente, o rendimento das safras de interesse (MARQUARDT *et al.*, 2012). Diante disso, o controle químico destaca-se pela eficácia, rendimento operacional e melhor relação custo/benefício (PHILIPPI *et al.*, 2016).

A eficiência deste controle pode variar, sendo dependente das características físico-químicas do solo, período de aplicação, condições edafoclimáticas e classes de plantas daninhas a serem monitoradas (JUNIOR *et al.*, 1997). Herbicidas de pré-emergência e a maior parte dos métodos mecânicos de controle de plantas daninhas são utilizados com o objetivo de proporcionar à cultura principal um período de crescimento inicial livre de plantas daninhas, uma vez que deve

ser mantida livre da competição com as daninhas entre 20 e 45 dias, após a emergência (SALOMÃO *et al.*, 2020).

Para assegurar a eficácia do controle químico, certa quantidade de herbicida deve atingir o local de ação dentro da planta, enfrentando uma série de obstáculos que atrasam seu movimento, inativam parte das moléculas e degradam outras partes (DEUBER, 1992). Quanto maior a distância entre o locais de aplicação e ação do produto, menor a quantidade de herbicida que chegará ao seu destino, tornando a forma de aplicação e a definição da concentração do produto fundamentais para o sucesso deste controle (SALOMÃO *et al.*, 2020).

Herbicidas

Herbicidas são compostos com fundamental atividade na produção de alimentos (STEPHENSON *et al.*, 2006). Na década de 1940, os herbicidas eram poucos, tornando a escolha entre eles simples: ou era utilizado o 2,4-D para o controle de folhas largas, ou um dos herbicidas não seletivos, como arsenato de chumbo ou sais (MARCHI *et al.*, 2008). Na década de 1970, o desenvolvimento de herbicidas expandiu-se largamente, resultando em grande lista de herbicidas disponíveis no mercado atualmente. Não apenas o número de herbicidas aumentou, mas, também herbicidas com os mesmos ingredientes ativos e diferentes nomes comerciais (LEIN *et al.*, 2004).

Herbicidas inibidores da enzima protoporfirinogênio oxidase (PROTOX) surgiram para mitigar os problemas de ervas daninhas resistentes ao glifosato e outros herbicidas, sendo amplamente usados na agricultura em todo o mundo. Esta é a enzima responsável pela biossíntese de compostos de clorofila e heme, logo, sua inibição pode alterar a produção dessas substâncias (MATZENBACHER *et al.*, 2014). Os inibidores da PROTOX são produtos não sistêmicos que controlam plantas daninhas de folha larga seletivamente. Eles podem ser aplicados tanto em pré-emergência (flumixazin e saflufenacil, por exemplo) como em pós-emergência (fomesafen e lactofen, por exemplo) (FALK *et al.* 2006).

O mesotrione faz parte do grupo químico das tricetonas atuando na inibição da biossíntese de carotenoides, através da interferência na atividade da enzima HPPD (4-hidroxifenil-piruvato-dioxigenase) nos cloroplastos. Estes herbicidas não inibem diretamente a síntese de clorofila. A perda da clorofila acontece através da oxidação pela luz, pela falta de carotenoides que a protege da fotoxidação. A clorofila após sintetizada absorve energia, que em normais condições seria dissipada pelos carotenoides. Logo, quando a síntese dos carotenoides é inibida, essa energia não é dissipada, causando a fotodegradação da clorofila.

O S-metolachlor pertence ao grupo químico cloroacetanilida. Essa molécula possui acentuada ação sobre as monocotiledôneas, e sobre algumas dicotiledôneas. Herbicidas de

acetamidas são aplicados em pré-emergência visando controlar gramíneas anuais e algumas plantas daninhas de folhas largas. O local de ação em gramíneas ocorre na gema terminal, inibindo o crescimento do vegetal. Nas folhas largas, o foco é a raiz. O local de aplicação, assim como a disponibilidade do herbicida são pontos importantes, uma vez que as acetamidas não são prontamente translocadas na planta (MARCHI *et al.*, 2008).

Milho

O milho (*Zea mays*) é um vegetal com origem na América do Norte, pertencente à família Poaceae, (PINHEIRO *et al.*, 2021). Por causa da grande capacidade de adaptação às diversas condições ambientais, ao valor nutritivo e também pela geração de renda, através, principalmente da produção de grãos, é um dos cereais mais cultivados e produzidos no mundo, sendo utilizado na alimentação humana e animal (COSER, 2010). A produção de milho é geralmente maior em altas intensidades solares, baixas temperaturas noturnas e menor incidência de pragas e doenças (ADESOJI *et al.*, 2013).

É uma cultura anual de grande importância, usado como fonte de carboidratos na alimentação de animais em todo o mundo pelo elevado valor nutritivo (UNDIE *et al.*, 2012). É bem aceito como ingrediente de alimentação animal, e 30% da proteína, 60% da energia, e 90% do amido das dietas dos animais provêm do milho. É ainda reconhecido como um componente comum nos sistemas de consorciação, sendo o cereal mais utilizado nesta modalidade e é regularmente combinado com leguminosas (BELEL *et al.*, 2014).

O milho é tradicionalmente a forrageira mais utilizada para ensilagem, uma vez que sua composição bromatológica atende os requisitos para confecção de boa silagem como: teor de MS entre 30% a 35%, 3% de carboidratos solúveis na matéria original, e baixa capacidade tamponante, proporcionando boa fermentação (NUSSIO *et al.*, 2001). Tais características fazem do milho a forrageira padrão ideal para o processo de ensilagem (FERNANDES *et al.*, 2016).

Feijão-Guandu

As leguminosas fazem parte de família Fabaceae, possuem ampla representatividade no Brasil com grande variedade de espécies, sendo divididas em herbáceas e lenhosas, o seu manejo e estabelecimento dependem do objetivo esperado com seu uso (CRUZ *et al.*, 2020). A utilização dessas plantas ocorre, principalmente pelo alto teor de proteína, possuindo em média 20% de PB (TEIXEIRA *et al.*, 2010).

O feijão-guandu (*Cajanus cajan*), dentre as leguminosas forrageiras destaca-se por ser um vegetal multiuso, servindo como fonte proteica na alimentação animal, além de desempenhar papel

fundamental na ciclagem e fornecimento de nutrientes, principalmente nitrogênio (PEREIRA *et al.*, 2017). Tal cultura consiste em importante fonte de proteína em vários países dos trópicos e subtropicais, sendo tolerante a condições adversas, tais como, a seca e solos de baixa fertilidade (PROVAZI *et al.*, 2007). Por possuir elevado valor nutricional, é utilizado na alimentação animal, como gado de leite e corte, aves e suínos (AZEVEDO *ET AL.*, 2007).

É tradicionalmente cultivado como cultura anual, sendo importante leguminosa produzida principalmente na Ásia, África, América Latina e região do Caribe. É uma cultura resistente, amplamente adaptada e tolerante à seca, com ciclo variado até atingir a maturidade (90-300 dias). Tais características permitem seu cultivo em diversos ambientes e sistemas de cultivo (SAXENA, 2008).

Ensilagem

A ensilagem é um método mundial de conservação de forragens e subprodutos com alto teor de umidade, em condições anaeróbicas. O principal objetivo da ensilagem é maximizar a preservação dos nutrientes originais da forragem para posterior alimentação animal. A qualidade da silagem é dependente do material natural colocado no silo. Assim, é necessário colher forragens de bom perfil nutritivo, com boa digestibilidade e que contenham quantidades adequadas de carboidratos fermentáveis (KUNG, 2018).

Uma silagem de alto valor nutricional é obtida com a colheita da cultura no estágio adequado de maturidade, minimizando as atividades de enzimas vegetais e microrganismos indesejáveis, favorecendo o domínio de bactérias ácido lácticas (BAL) (MCDONALD, 1980). O processo de fazer boa silagem inclui a rápida remoção do ar da massa de forragem no silo, uma rápida produção de ácido láctico resultando em rápida queda do pH e exclusão contínua de ar da massa de forragem durante o armazenamento e a fase de alimentação (KUNG, 2018).

Duas características dominantes devem ser consideradas para ensilagem: 1) a cultura e seu estágio de maturidade e 2) o manejo e conhecimento dos procedimentos que envolvem esse processo. Os principais critérios de para a ensilagem de uma cultura são: teor de matéria seca (MS); teor de açúcares; e a capacidade tampão. Nesses aspectos, o milho é a cultura considerada ideal, enquanto a alfafa está no outro extremo e é a cultura mais difícil de se preservar na forma de silagem. As gramíneas, geralmente, possuem maior teor de carboidratos solúveis e menor capacidade tampão do que as leguminosas (BOLSEN *et al.*, 1996).

Ao tomar decisões sobre as técnicas de manejo da silagem, é importante ter bom entendimento dos eventos que ocorrem durante a preservação da silagem. Os principais processos

envolvidos podem ser divididos em quatro fases: 1) aeróbica, 2) fermentação, 3) estabilidade e 4) alimentação. Cada fase possui características distintas que devem ser controladas para manter a qualidade do material ao longo dos períodos de colheita, enchimento do silo, armazenamento da silagem e alimentação (BOLSEN *et al.*, 1996).

Após o corte, a respiração da planta pode continuar por várias horas e as enzimas da planta ficam ativas até que o ar seja consumido e o pH diminua. A rápida remoção do ar evita o crescimento de bactérias aeróbicas indesejadas que podem competir com as BAL por substratos fermentáveis. Se o ar não for removido rapidamente, altas temperaturas e aquecimento prolongado levam a perda de energia e matéria seca (MS) (KUNG, 2018). A densidade deve atingir o mínimo de 705 kg de forragem úmida por m³, para garantir adequada remoção do oxigênio da massa ensilada (HOLMES, 2009).

Uma vez que as condições anaeróbicas são alcançadas no material ensilado, os microrganismos anaeróbicos começam a crescer. As BAL são os microrganismos de maior importância, pois as forragens são preservadas pelo ácido láctico. Microrganismos indesejáveis, principalmente membros da família Enterobacteriaceae, esporos clostridiais, leveduras e bolores, têm impactos negativos na silagem, uma vez que competem com as BAL pelos carboidratos solúveis, e a maioria de seus produtos não possuem ação conservante (BOLSEN *et al.*, 1996).

Durante a fermentação ativa, as BAL utilizam os carboidratos solúveis para produzir ácido láctico, que é o principal responsável por aumentar a acidez e reduzir o pH do material ensilado. A rápida redução no pH da silagem ajuda a limitar a proteólise, inativando as proteases vegetais, inibindo também o crescimento dos microrganismos indesejáveis, que tendem a ser intolerantes ao baixo pH (KUNG, 2018). O período de fermentação ativa dura de 7 a 21 dias. Neste ponto, a fermentação de açúcares pelas BAL cessou, seja porque o baixo pH (abaixo de 4,0-4,2) interrompeu seu crescimento ou houve falta de açúcares para fermentação (BOLSEN *et al.*, 1996).

Se o silo estiver devidamente vedado e o pH for reduzido ao ponto de inibir o crescimento das BAL, ocorrerá pouca atividade biológica nesta fase, fazendo com que o material ensilado entre na fase estável. Logo, a silagem pode ser armazenada anaerobicamente até ser necessária para a alimentação (ROOKE e HATFIELD, 2003). No entanto, podem ocorrer taxas muito lentas de degradação química da hemicelulose, liberando alguns açúcares. Tais açúcares serão utilizados pelas BAL para produção do ácido láctico, caso a fermentação ativa tenha cessado pela falta de substrato (BOLSEN *et al.*, 1996).

Outro fator importante que deve ser considerado, que afeta a qualidade da silagem durante a fase estável, é a permeabilidade do silo ao ar. O oxigênio que entra no silo é utilizado por microrganismos aeróbicos, via respiração microbiana, fazendo com que as populações de leveduras e bolores aumente, levando a perdas de MS da silagem e aquecimento da massa ensilada, reduzindo a qualidade nutricional da silagem.

REFERÊNCIAS

- Adesoji AG, Abubakar IU, Tanimu B e Labe DA** (2013) Influence of Incorporated short duration legume fallow and nitrogen on maize (*Zea mays* L.) growth and development in northern guinea savannah of Nigeria. *Journal of Agricultural e Environmental Sciences* 13:58-67. <https://doi.org/10.5829/idosi.aejaes.2013.13.01.1885>.
- Amaefule K, Ukpanah U e Ibok A** (2011) Performance of Starter Broilers Fed Raw Pigeon Pea [*Cajanus cajan* (L.) Millsp.] SeedMeal Diets Supplemented with Lysine and or Methionine. *International Journal of Poultry Science* 10 205–211. <http://dx.doi.org/10.3923/ijps.2011.205.211>.
- Azevedo RL, Ribeiro GT e Azevedo CLL** 2007. Feijão guandu: uma planta multiuso. *Revista da FAPESE*, v.3, n.2, p.81-86.
- Belel MD, Halim RA, Rafii MY e Saud HM** (2014) Intercropping of Corn With Some Selected Legumes for Improved Forage Production: A Review. *Journal of Agricultural Science* Vol. 6, No. 3. <http://dx.doi.org/10.5539/jas.v6n3p48>.
- Bolsen KK, Ashbell G e Weinberg ZG** 1996. Silage fermentation and silage additives – Review. *AJAS*, vol 9 no.5 483-493. <https://www.animbiosci.org/journal/view.php?doi=10.5713/ajas.1996.483>.
- Bonetti JDA, Paulino HB, de Souza ED, Carneiro MAC e da Silva GN** (2015) Influência do sistema integrado de produção agropecuária no solo e na produtividade de soja e braquiária. *Pesquisa Agropecuária Tropical* 45 104–112. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-40632015v4529625>.
- Coser E** (2010) Avaliação da incidência de pragas e moléstias na cultura do milho (*Zea mays* L.) crioulo e convencional no município. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia)-Universidade Comunitária da Região de Chapecó, Chapecó, 2010.
- Cruz NT, Pires AJV, Santos APS, Ramos BLP, Almeida BT, Santos DC e Fries DD** (2020) Produção de leguminosas para ensilagem: uma revisão. *Revista Científica Rural*, v. 22, nº1. Doi: <https://doi.org/10.30945/rcr-v22i1.3143>.
- Deuber R** (1992) Ciência das plantas daninhas 1: Fundamentos. *Legis Luma Ltda*, Jaboticabal. 438p.
- Falk JS, Al-khatib K e Peterson DE** (2006) Rapid assay evaluation of plant response to protoporphyrinogen oxidase (PROTOX)-inhibiting herbicides. *Weed Techenology*, v. 20, n. 1, p. 104-112. <https://sci-hub.ru/https://doi.org/10.1614/WT-04-302R.1>.
- Fernandes GF, Evangelista AF, Borges LS** (2016) Potencial de espécies forrageiras para produção de silagem: revisão de literatura. *Nutritime* v. 13, n 03.
- FerreiraLG, Cláudio FL, Santos LC, Alves EM e Paim TP** (2015) Produção de silagem em sistemas consorciados de milho (*Zea mays*), guandu (*Cajanus cajan*) e braquiária (*Urochloa brizantha*). In Proceedings of the IV Congresso Estadual de Iniciação Científica do IF Goiano, Goiania, Brasil, 21–24 September, 2015.
- Holmes BJ** (2009) Changing the way density is measured for more consistent porosity. *Forage Focus – Equipment*. <http://www.midwestforage.org/pdf/409.pdf.pdf>.
- Ijoyah MO** (2012) Review of intercropping research on cereal- vegetable based cropping system. *Scientific Journal of crop Science* 1(3) 55-62. <https://doi.org/10.14196/SJCS.V1I3.326>.

- Ijoyah MO e Fanen FT** (2012) Effects of different cropping pattern on performance of maize-soybean mixture in Makurdi, Nigeria. *Scientific Journal of crop Science* 1(2) 39-47. <https://doi.org/10.14196/SJCS.V1I2.229>.
- Ijoyah MO e Jimba J** (2012) Evaluation of yield and yield components of maize (*Zea mays* L.) and okra (*Abelmoschus esculentus*) intercropping system at Makurdi, Nigeria. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences* 2(2), 38-44. <https://doi.org/10.1.1.654.9202>.
- Junior AM, Gliidolin AF, Almeida ML e Haverroth HS** (1997) Aumento da população de plantas e uso de herbicidas no controle de plantas daninhas em milho. *Planta Daninha*, v.15, n.2, p.141-151. <https://sci-hub.se/10.1590/s0100-83581997000200007>.
- Kung L** (2018) Silage fermentation and additives. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. Vol. 26(3-4). http://ojs.alpa.uy/index.php/ojs_files/article/view/2677.
- Lein W, Börnke F, Reindl A, Ehrhardt T, Stitt M e Sonnewald U** (2004) Target-based discovery of novel herbicides. *Current opinion in Plant Biology*, v. 7, n. 2, p. 219-225. <https://sci-hub.ru/10.1016/j.pbi.2004.01.001>.
- Marchi G, Marchi ECS e Guimarães TG** (2008) Herbicidas: mecanismos de ação e uso. *EMRAPA*. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/571939/herbicidas-mecanismos-de-acao-e-uso>.
- Martin G, Moraine M, Ryschawy J, Magne MA, Asai M, Sarthou JP, Duru M e Therond O** (2016) Crop-livestock integration beyond the farm level: A review of prospects and issues. *Agronomy for Sustainable Development* 36 53. <http://dx.doi.org/10.1007/s13593-016-0390-x>.
- Matusso JMM, Mugwe JN e Mucheru-muna M** (2014) Potential role of cereal-legume intercropping systems in integrated soil fertility management in smallholder farming systems of sub-Saharan Africa. *Research Journal of Agriculture and Environmental Management* Vol. 3(3), pp. 162-174. <https://www.researchgate.net/publication/262680110>.
- Matzenbacher FO, Vidal RA, Merotto jr A e Trezzi MM** (2014) Environmental and physiological factors that affect the efficacy of herbicides that inhibit the enzyme protoporphyrinogen oxidase: a literature review. *Planta Daninha*, v. 32, n. 2, p. 457-463. <https://www.scielo.br/j/pd/a/pp4ZQFTnk67rYjDv6H4Bzms/abstract/?lang=en>.
- Mcdonald P** (1980) Silage fermentation. *In: Occ. Symp.* No. 11. Brit Grassl. Soc., Brighton, UK. pp. 161-174.
- Moraes A, Carvalho PCDF, Crusciol CAC, Lang CR, Pariz CM, Deiss L e Sulc RM** (2019) Integrated Crop-Livestock Systems as a Solution Facing the Destruction of Pampa and Cerrado Biomes in South America by Intensive Monoculture Systems. *Agroecosystem Diversity* 257–273. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811050-8.00016-9>.
- Neres MA, Castagnara DD, Silva FB, Oliveira PSR, Mesquita EE, Bernardi T C, Guarianti AJ e Vogt ASL** (2012) Características produtivas, estruturais e bromatológicas dos capins Tifton 85 e Piatã e do feijão-guandu cv. Super N, em cultivo singular ou em associação. *Ciencia Rural* 42 862–869. <https://sci-hub.se/10.1590/s0103-84782012000500017>.
- Oliveira P, Kluthcouski J, Favarin JL e Santos DC** (2011) Consórcio de milho com braquiária e guandu-anão em sistema de dessecação parcial. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.46, p.1184-1192. <https://sci-hub.se/10.1590/s0100-204x2011001000010>.
- Pascoaloto IM, Andreotti M, Cruz SS, Sabbag OJ, Borghi E, Lima GC e Modesto VC** (2017) Economic analysis of sorghum consortia with forages or with dwarf pigeon pea succeeded by

- soybean or corn. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 52 833–840. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2017001000002>.
- Pereira DS, Lana RP, Carmo DL, Sousa CCC e Gomide BA** (2017) Produção de forragens de cana-de-açúcar e feijão-guandu cultivados em monocultivo e consórcio. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)*, v.7, n.4, p.80-87. <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/19781>.
- Philippi E, Ternus RM, Cavalcante JA e Fraga AM** (2016) Desempenho de herbicidas no controle de plantas daninhas em milho silagem. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável* V. 11, Nº 1, p. 01-06. DOI: <http://dx.doi.org/10.18378/rvads.v11i1.4015>.
- Pinheiro LS., Gatti VCM, Oliveira JT, Silva JN, Silva VFA e Silva PA** (2021) Características agro econômicas do milho: uma revisão. *Natural Resources*, v.11, n.2, p.13-21. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2237-9290.2021.002.0003>.
- Provazi M, Camargo LHG e Santos PM** (2007) Descrição botânica de linhagens puras selecionadas de guandu. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, n.2, p.328- 334. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007000200008>.
- Ribeiro MG, Costa KADP, Souza WF, Cruvinel WS, Silva JT e Júnior DRDS** (2017) Silage quality of sorghum and *Urochloa brizantha* cultivars monocropped or intercropped in different planting systems. *Acta Scientiarum. Animal Sciences* 39 243–250. <http://dx.doi.org/10.4025/actascianimsci.v39i3.33455>.
- Rooke AJ e Hatfield RD** (2003) Biochemistry of Ensiling. *Agricultural Research Service*, 1399. <https://digitalcommons.unl.edu/usdaarsfacpub/1399>.
- Salomão PEA, Ferro AMS e Ruas WF** (2020) Herbicidas no Brasil: um breve revisão. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 2, e32921990. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i2.1990>.
- Saxena KB** (2008) Genetic Improvement of Pigeon Pea — A Review. *Tropical Plant Biology* 1:159–178. DOI 10.1007/s12042-008-9014-1.
- Sekhon FS, Singh T e Singh S** (2018) Growth, phenology and yield of pigeon pea (*Cajanus cajan*) as affected by intercropping systems and application of nutrients level to intercrops. *Indian Journal of Agricultural Sciences* 88 509–514. 10.56093/ijas.v88i3.78758.
- Stephenson GR, Ferris IG, Holland PT e Nordberg M** (2006) Glossary of terms relating to pesticides. *Pure and Applied Chemistry*, v. 78, n. 11, p. 2075-2154. <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1351/pac200678112075/html>.
- Teixeira VI, Dubeux JCB, Santos MVF, Lira MA, Lira MA e Silva H MS** (2010) Aspectos agronômicos e bromatológicos de leguminosas forrageiras no nordeste brasileiro. *Archivos de Zootecnia*, v. 59, n.226, p.245-254. <https://scielo.isciii.es/pdf/azoo/v59n226/art10.pdf>.
- Undie UL, Uwah DF e Attoe EE** (2012) Effect of intercropping and crop arrangement on yield and productivity of late season Maize/soybean mixtures in the humid environment of South Southern Nigeria. *Journal of Agricultural Science* 4:37-50. <http://dx.doi.org/10.5539/ijas.v4n4p37>.
- Vidal RA Fleck NG e Merotto Jr** (2005) A. Período anterior ao dano no rendimento econômico: nova abordagem sobre os períodos de interferência entre plantas daninhas e cultivadas. *Planta Daninha*, v.23, n.3, p.387-396. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582005000300001>.

OBJETIVOS

- **Geral:** o objetivo geral com este trabalho foi avaliar a seletividade de herbicidas para o feijão-guandu cultivado em consórcio com o milho, os efeitos do consórcio no desenvolvimento e rendimento das culturas consorciadas e a qualidade nutricional da silagem produzida.

-**Específicos:** avaliar a fitointoxicação sofrida pelo feijão-guandu decorrente da aplicação dos herbicidas, a comunidade infestante de plantas daninhas, mensurar as variáveis agronomicas (altura de planta, altura de inserção de espiga, diametro de colmo, população de plantas), como os parametros produtivos (massa fresca e seca, produtividade de grãos, palha, sabugo, folha, colmo e inflorescência). Avaliar a qualidade bromatológica da silagem produzida (matéria seca, matéria mineral, proteína bruta, extrato etéreo, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e lignina), a digestibilidade *in vitro* da silagem produzida, os parâmetros fermentativos do processo de ensilagem (pH, capacidade tampão, teor de nitrogênio amoniacal) e a as perdas por gases e efluentes.

CAPÍTULO I

Artigo redigido de acordo com as normas da revista científica: The Journal of Agricultural Science

**POTENCIAL DE USO DE HERBICIDAS E EFICIÊNCIA DO CONSÓRCIO ENTRE MILHO
E FEIJÃO-GUANDU NA PRODUÇÃO E QUALIDADE DA SILAGEM**

RESUMO

Objetivou-se neste trabalho avaliar a seletividade de herbicidas para o feijão-guandu cultivado em consórcio com o milho e os efeitos do consórcio no desenvolvimento e rendimento das culturas consorciadas na qualidade nutricional da silagem produzida. O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso com quatro repetições, com os tratamentos arranjados em parcelas subdivididas (3x4), sendo alocados nas parcelas o monocultivo de milho e o consórcio de milho com guandu variedade IAC Fava Larga e milho com guandu variedade Bonamigo 2 Super N. Nas subparcelas foram alocados a testemunha, capinada e as misturas dos herbicidas S-metolachlor+flumioxazin, S-metolachlor+saflufenacil e S-metolachlor+mesotrione, aplicados em pré-emergência. Para ensilagem as plantas foram colhidas quando o milho apresentou 1/3 do grão na linha de leite e aos 56 dias de ensilagem os silos foram abertos para a avaliação bromatológica. A mistura S-metolachlor+mesotrione proporcionaram as menores densidades e produção de massa seca de plantas daninhas. O herbicida que mais injuriou o feijão-guandu foi a mistura de S-metolachlor+mesotrione. Não houve efeito de herbicidas sobre a altura de planta, a população final de plantas e a produtividade de biomassa fresca e seca do feijão-guandu. A presença do feijão-guandu na silagem elevou os teores de proteína bruta, matéria mineral, extrato etéreo, fibra em detergente ácido, lignina, pH e nitrogênio amoniacal e reduziu os teores de matéria seca, digestibilidade *in vitro* da matéria seca, nutrientes digestíveis totais e a perda por gases. Os herbicidas mostraram potencial de uso para os cultivares de feijão-guandu aqui estudados.

Palavras-chave: *Zea mays*, *Cajanus cajan*, bromatologia.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the selectivity of herbicides for pigeonpea grown in an intercrop with maize, and the effects of the intercrop on the development and yield of the intercropped crops, and on the nutritional quality of the silage produced. The design used was randomized blocks with four replications, with the treatments arranged in split-plot (3x4), where the plots were allocated to the monoculture of corn and the intercropping of corn with pigeon pea variety IAC Fava Larga and corn with pigeon pea variety Bonamigo 2 Super N. In the subplots, the control, weeding and the mixtures of the herbicides S-metolachlor+flumioxazin, S-metolachlor+saflufenacil and S-metolachlor+mesotrione, applied in pre-emergence, were allocated. For ensiling, the plants were harvested when the corn had 1/3 of the grain in the milk line and at 56 days of ensiling the silos were opened for bromatological evaluation. The S-metolachlor+mesotrione mixture provided the lowest densities and dry mass production of weeds. The herbicide that most injured pigeonpea was the mixture of S-metolachlor+mesotrione. There was no effect of herbicides on plant height, final plant population and fresh and dry biomass productivity of pigeonpea. The presence of pigeonpea in the silage increased the levels of crude protein, mineral matter, ether extract, acid detergent fiber, lignin, pH and ammoniacal nitrogen and reduced the levels of dry matter, dry matter *in vitro* digestibility, total digestible nutrients and gas loss. The herbicides showed potential use for the pigeonpea cultivars studied here.

Keywords: *Zea mays*, *Cajanus cajan*, feed analysis.

Introdução

A prática de cultivo de duas ou mais culturas no mesmo espaço e tempo é denominada consorciação, e esta técnica envolve, principalmente, gramíneas e leguminosas (Ijoyah, 2012), em virtude da capacidade das leguminosas em combater a erosão e aumentar a fertilidade do solo (Matusso *et al.*, 2012). O milho (*Zea mays*) é reconhecido como um componente comum na maior parte dos sistemas de consorciação. E o feijão-guandu (*Cajanus cajan*) é uma das principais espécies leguminosas capazes de aumentar a qualidade nutricional da forragem e a diversidade biológica no sistema de produção (Oliveira *et al.*, 2011; Bonetti *et al.*, 2015).

A realização do consorcio de milho com feijão-guandu considera que a gramínea, ao ser ensilada, deve ser colhida entre 90-120 dias de ciclo, momento em que o grão estará no estágio farináceo duro. O feijão-guandu, por sua vez, pode produzir de 10-30 t de massa verde durante o período, dependendo de fatores como a associação com bactérias simbióticas para alta produtividade (Costa *et al.*, 2017). Um dos objetivos com este tipo de consórcio é aumentar o teor de PB da silagem produzida (Neres *et al.*, 2012; Moraes *et al.*, 2019).

Nos sistemas produtivos de consorciação pode ocorrer possível competição entre as espécies que serão utilizadas, além de matocompetição que ocorre de forma natural com as plantas daninhas. É de fundamental importância o correto planejamento do uso de herbicidas na área para controlar as plantas daninhas e apenas suprimir parcialmente a cultura consorciada, objetivando evitar perdas produtivas das culturas consorciadas pela competição com as plantas daninhas, e pela possível competição entre as culturas (Macedo, 2009).

Não há herbicidas recomendados para a cultura do milho que sejam recomendados para o feijão-guandu, tornando necessário a prospecção a partir de herbicidas que sejam recomendados para milho e outras leguminosas como soja ou feijão comum. Diante disso, o trabalho foi realizado com objetivo de avaliar a seletividade de herbicidas para o feijão-guandu cultivado em consórcio com o milho, os efeitos do consórcio no desenvolvimento e rendimento das culturas consorciadas, e na qualidade nutricional da silagem produzida.

Material e Métodos

O experimento foi realizado em Rio Verde, Goiás, nas coordenadas 17°48'67" S e 50°54'18" W e elevação de 754 m. O solo da área, classificado como Latossolo Vermelho Distrófico, possui as seguintes propriedades físico-químicas características a 0-20 cm de profundidade: pH (CaCl₂) 5,2; 11 mg dm⁻³ de P; 246 mg dm⁻³ de K; 5,77 cmol_c dm⁻³ de Ca; 1,63 cmol_c dm⁻³ de Mg; 0,03 cmol_c dm⁻³ de Al; V% de 64,6; e granulometria de 46, 10 e 44 dag kg⁻¹ de

argila, silte e areia, respectivamente. Os dados climáticos de temperatura, umidade relativa e precipitação referentes ao período experimental constam na Figura 1.

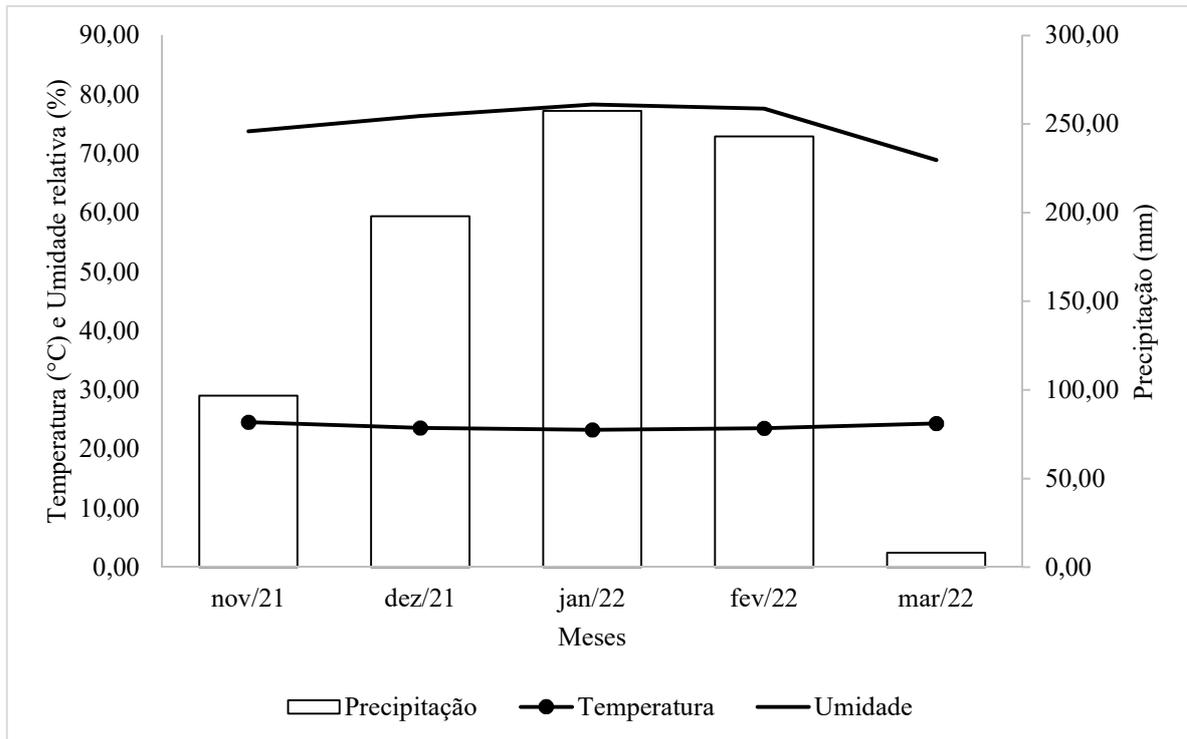


Figura 1. Precipitação, temperatura e umidade relativa durante o período experimental.

Antes do plantio a área foi dessecada quimicamente com herbicida para eliminar plantas daninhas. O herbicida utilizado foi o glifosato na dose de $1,92 \text{ kg i.a. ha}^{-1}$. Vinte dias após a dessecação foi feito o plantio. O plantio do consórcio foi simultâneo, ou seja, feito em operação única entre milho e o feijão-guandu. O espaçamento entre as linhas de milho foi de 90 cm, e entre as linhas de feijão-guandu também foi de 90 cm. O espaçamento entre as linhas de milho e as linhas de feijão-guandu foi de 45 cm. A adubação de plantio foi de 400 kg ha^{-1} do formulado (N-P-K) 4-14-8. E de cobertura, na fase de V4 do milho, foi de 110 kg ha^{-1} de N aplicado na forma de ureia.

O híbrido de milho (*Zea mays*) utilizado foi o FERROZ VIP 3 com 6 sementes por metro linear. As variedades de guandu (*Cajanus cajan*) foram a Bonamigo 2 Super N (16 sementes por metro), de ciclo semiperene, e IAC Fava Larga (20 sementes por metro), de ciclo longo.

O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso com quatro repetições. Os tratamentos foram arranjados em esquema de parcelas subdivididas (3x4), sendo três sistemas de cultivo e quatro tipos de controle de plantas daninhas. Os sistemas de cultivo (SC) foram alocados nas parcelas: monocultivo de milho, milho consorciado com feijão-guandu variedade IAC Fava Larga e milho consorciado com feijão-guandu variedade Bonamigo 2 Super N. Nas subparcelas foram

alocados os tipos de controle (TC): a testemunha, parcela capinada; e as misturas de tanque de S-metolachlor + flumioxazin; S-metolachlor + saflufenacil; e S-metolachlor + mesotrione.

A aplicação dos herbicidas foi em pré-emergência, sendo realizada 1 dia após o plantio do consórcio com pulverizador costal modelo TT11002® pressurizado a CO₂ equipado com barra de alumínio de 2 m e quatro pontas de pulverização, pulverizado a pressão constante de 2,2 bar e volume de calda de 250 L ha⁻¹. No momento da aplicação a umidade relativa do ar era de 49,6%, velocidade do vento de 6,6 km h⁻¹ e a temperatura de 31,5°C.

As doses dos herbicidas aplicadas em mistura de tanque foram de: 1680 g i.a. ha⁻¹ de S Metolachlor (Dual Gold®, 960 g L⁻¹ de metolachlor), 25 g i.a. ha⁻¹ de flumioxazin (Sumyzin 500 SC®, 500 g L⁻¹ de flumioxazin), 35g i.a. ha⁻¹ de saflufenacil (Heat®, 700 g kg⁻¹ de saflufenacil) e 240g i.a. ha⁻¹ de mesotrione (Callisto®, 480 g L⁻¹ de mesotrione). Quanto as parcelas capinadas, foram feitas duas capinas, sendo realizadas aos 15 e 30 dias, após a aplicação dos herbicidas, com intervalos entre elas de 15 dias até os 40 dias após a aplicação.

A avaliação da comunidade infestante de plantas daninhas foi realizada aos 40 dias, após a aplicação (DAA) dos herbicidas. Foram realizadas quatro amostragens por parcela, colocando-se ao acaso um quadrado de 0,25 m² (0,5x0,5m), sendo as plantas dentro do quadrado identificadas, separadas por espécie e quantificadas. As plantas foram então cortadas rente ao solo e a parte aérea foi acondicionada em sacos de papel e levada para secar em estufa de ventilação forçada a 65°C até peso constante, sendo posteriormente pesada. A descrição da comunidade infestante foi realizada pela variável fitossociológica importância relativa (IR) das espécies, que caracteriza uma medida percentual ponderada da frequência, da densidade e do acúmulo de massa seca das espécies infestantes (Concenço *et al.*, 2013).

A avaliação das injúrias provocadas pelos herbicidas foi realizada aos 7, 14 e 28 DAA através de avaliação visual e atribuição de notas que variam de 0 a 100%, em que 0 representa nenhuma injúria e 100% representam morte das plantas, conforme a escala EWRC, modificada por Frans (1972). As alturas de planta e de inserção de espigas de milho foram realizadas através da medição biométrica das alturas tomando como referência a superfície do solo e a inserção da folha bandeira (altura de plantas) e a inserção da primeira espiga em 5 pontos aleatórios de cada parcela. O diâmetro do colmo foi tomado com auxílio de um paquímetro e mensurado a 5cm do solo. As avaliações de altura e diâmetro foram feitas no florescimento da cultura. As alturas das plantas de feijão-guandu foram medidas tomando como referência a superfície do solo e o meristema apical das plantas, realizado na colheita do material para ensilar, em 5 pontos aleatórios de cada parcela.

No momento da ensilagem as plantas foram colhidas utilizando roçadeira costal quando o grão de milho apresentou 1/3 do grão na linha de leite, estágio de grão farináceo-duro. Neste momento foram avaliados a contagem da população de plantas na área útil de cada parcela. Após a colheita o material foi picado em partículas de aproximadamente 10 mm, utilizando uma picadeira estacionária. Determinou-se a massa fresca e a massa seca das partes da planta de milho e de feijão-guandu. Foi retirada alíquotas de material para ensilagem em tubos de PVC.

Os tubos de PVC possuíram dimensões de 10 cm de diâmetro e 50 cm de comprimento. Para coleta do efluente produzido durante ensilagem, foi adicionado no fundo de cada silo 500 g de areia fina e seca, separada da massa vegetal por um tecido TNT branco. Com auxílio de um soquete de madeira a massa vegetal foi compactada até atingir a densidade de 600 kg m⁻³. Os silos foram vedados com tampa e fita adesiva e armazenados em área coberta em temperatura ambiente, por 56 dias, quando foram abertos. E a perda por gases e efluentes foi obtida por diferença de peso.

Uma porção do material fermentado foi usada para a realização das análises dos parâmetros fermentativos: capacidade tampão (CT), segundo Silva e Queiroz (2002); pH, e nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total (N-NH₃/NT), ambas segundo Bolsen *et al.* (1992). Outra porção do material fermentado, 0,5 kg foi pesado e colocado em estufa com ventilação forçada a 55°C por 72 horas. Após percorrido o tempo em estufa o material foi triturado em moinho tipo “Willey”, com peneira de 1 mm. Então o material triturado foi armazenado em recipientes de plástico, para que então as variáveis bromatológicas fossem realizadas.

As análises químico-bromatológicas da silagem, matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e matéria mineral (MM) foram realizadas de acordo com as metodologias propostas pela AOAC (1990). A análise de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram feitas segundo Van Soest *et al.* (1991). A lignina em ácido sulfúrico 13,51 M foi determinada de acordo com Van Soest e Robertson (1985). O teor de nutrientes digestíveis totais foi calculado de acordo com Weiss (1999): $NDT = PBd + CNFd + FDNcpd + (EEd \times 2,25)$, em que PBd, CNFd, FDNcpd e EEd correspondem a proteína bruta digestível, carboidratos não fibrosos digestíveis, fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína digestível e extrato etéreo digestível, respectivamente. Os carboidratos totais (CHOT), carboidratos não fibrosos (CNF) e as frações B2 e C dos carboidratos foram calculados de acordo com fórmulas propostas por Sniffen *et al.* (1992).

A DIVMS (digestibilidade *in vitro* da matéria seca) foi determinada utilizando metodologia proposta por Tilley e Terry (1963), adaptada ao rúmen artificial, criado pela ANKON®, utilizando a ferramenta “Daisy incubator” da Ankon Technology (*in vitro* true digestibility – IVTD).

Os resultados foram submetidos à análise estatística através do programa R versão R-3.1.1 (R Core Team, 2021). As variáveis foram inicialmente submetidas a análise exploratória, de resíduo e homogeneidade da variância, sendo retirados os dados considerados *outliers* e influentes. Os *outliers* foram identificados pela função *outlierTest* do pacote *car* (Fox e Weisberg, 2019). A normalidade dos resíduos foi avaliada pelo teste de Shapiro Wilk usando a função *Shapiro.test*. E a homogeneidade da variância foi feita pelo teste de Levene utilizando a função *leveneTest* também do pacote *car* (Fox e Weisberg, 2019).

A análise de variância foi realizada com a função *aov*, considerando sistemas de cultivo, tipos de controle, a interação entre eles e o bloco como efeitos fixos para todos os dados analisados com exceção do feijão-guandu. O que diferenciou nos sistemas de cultivo do feijão-guandu foram os cultivares, logo foi considerado tipo de cultivar, tipos de controle, a interação entre eles e o bloco como efeitos fixos para o feijão-guandu. Os valores de *p-value* foram determinados pela função *Anova* do pacote *car*. E, as médias foram estimadas pela função *emmeans* do pacote *emmeans* (Lenth *et al.*, 2020), utilizando o teste de Tukey para comparação de médias.

Resultados

Plantas Daninhas

Na avaliação realizada aos 40 DAA dos herbicidas (Tabela 1), observou-se a ocorrência de treze espécies de plantas daninhas distribuídas em dez famílias botânicas. As espécies encontradas foram: *Acanthospermum hispidum* (ACAH), *Bidens pilosa* (BIDPI) pertencentes à família Asteraceae, *Alternanthera tenella* (ALTTE) (Amaranthaceae), *Cenchrus echinatus* (CENEC) (Poaceae), *Commelina benghalensis* (COMBE) (Commelinaceae), *Desmodium tortuosum* (DESTO) e *Senna occidentalis* (SENO) (Fabaceae), *Euphorbia hirta* L. (EUPHI) e *Ricinus communis* (RICCO) (Euphorbiaceae), *Ipomoea sp.* (IPOMO) (Convolvulaceae), *Nicandra physaloides* (NICPH), (Solanaceae), *Portulaca oleracea* (POROL) (Portulacaceae), e *Sida rhombifolia* (SIDRH), pertencente à família Malvaceae.

Os valores mais altos de IR foram observados para ALTTE e ACAHI (Tabela 1), demonstrando que as misturas de herbicidas em tanque e a capina manual não controlaram eficientemente estas plantas daninhas, permitindo a reinfestação da área. Para COMBE e IPOMO, valores intermediários de IR foram observados no tratamento e foram aplicados S-metolachlor + flumioxazin (Tabela 1), mostrando menor eficácia deste tratamento em relação as demais espécies. Considerando os valores de IR para RICCO nota-se que as misturas dos herbicidas S-metolachlor + saflufenacil e S-metolachlor + mesotrione apresentaram menor porcentagem de controle desta espécie comparados aos demais tratamentos (Tabela 1). Martins *et al.* (2018) consideram valores

de IR abaixo de 8% como baixos. Diante disso, as demais espécies nos diferentes tratamentos apresentaram baixos valores de IR (Tabela 1).

Tabela 1. Importância relativa (IR) das espécies de plantas daninhas do consórcio entre milho e feijão-guandu avaliadas aos 40 DAA

Espécies	Tipos de Controle			
	Testemunha - capinada	SM+Flu	SM+Saflu	SM+Meso
ACAHI	11,83	60,50	39,90	31,14
ALTTE	67,02	13,67	39,05	57,10
BIDPI	0,00	2,10	0,52	0,00
CENEC	1,54	0,00	0,00	0,00
COMBE	6,10	8,33	0,86	0,00
DESTO	0,00	0,47	3,13	0,40
EUPIR	0,53	0,00	0,00	0,00
IPOMO	2,11	8,93	4,95	0,00
NICPH	4,11	0,00	0,48	0,00
POROL	1,97	0,52	1,41	0,00
RICCO	4,78	4,65	9,71	10,46
SENMA	0,00	0,00	0,00	0,91
SIDRH	0,00	0,83	0,00	0,00

Valores em %. *Acanthospermum hispidum* (ACAHI), *Alternanthera tenella* (ALTTE), *Bidens pilosa* (BIDPI), *Cenchrus echinatus* (CENEC), *Commelina benghalensis* (COMBE), *Desmodium tortuosum* (DESTO), *Euphorbia irta* L. (EUPIR), *Ipomoea sp.* (IPOMO), *Nicandra physaloides* (NICPH), *Portulaca oleracea* (POROL), *Ricinus communis* (RICCO), *Senna macranthera* (SENMA), *Sida rhombifolia* (SIDRH). **SM** = S- metolachlor; **Flu** = Flumioxazin; **Saflu** = Saflufenacil; **Meso** = Mesotrione.

Houve efeito significativo dos tipos de controle sobre a densidade e a produtividade de massa seca da parte aérea de plantas daninhas (Tabela 2). A mistura de S-metolachlor + saflufenacil apresentou as maiores densidade e acúmulo de massa seca da parte aérea de plantas daninhas (Tabela 3). A mistura S-metolachlor + flumioxazin apresentou a menor densidade de plantas daninhas, porém obteve uma das maiores produtividades de massa seca da parte aérea dessas plantas (Tabela 3). Já a mistura de S-metolachlor + mesotrione apresentou baixos valores de densidade e de acúmulo de massa seca (Tabela 3).

Tabela 2. Análise de variância (ANOVA) para a produtividade de massa seca da parte aérea (g m^{-2}) e a densidade (plantas m^{-2}) das plantas daninhas encontradas no cultivo de milho solteiro e em consórcio com feijão-guandu

Plantas Daninhas	p-value			Bloco	CV	
	SC	TC	SC:TC		SC	TC
Densidade	0.527	0.012*	0.129	0.899	86.98	37.58
Massa seca	0.762	0.001 *	0.311	0.573	81.08	70.92

* - Significativo a 5%; SC – sistemas de cultivo; TC – tipos de controle; CV – coeficiente de variação (%).

Tabela 3. Comparação de médias considerando os efeitos de tipos de controle para a densidade (plantas m⁻²) e massa seca (g m⁻²) das plantas daninhas encontradas no cultivo de milho solteiro e em consórcio com feijão-guandu

Plantas Daninhas	Tipos de controle				EP
	Tes.Cap.	SM+Flu	SM+Saflu	SM+Meso	
Densidade	24.00 a	14.00 b	27.00 a	21.00 ab	3.450
Massa seca	7.83 ab	14.48 a	15.57 a	5.34 b	3.150

Tes.Cap. – testemunha - capinada; SM – S- metolachlor; Flu – Flumioxazin; Saflu – Saflufenacil; Meso – Mesotrione; EP – erro padrão. Médias com letras diferentes na mesma linha foram consideradas diferentes pelo teste de Tukey.

Milho

Para as variáveis de alturas de planta e de inserção de primeira espiga do milho não houve efeito significativo dos tipos de controle, sistemas de cultivo, e nem da interação entre eles (Tabela 4). Houve efeito significativo de sistemas de cultivo para o diâmetro de colmo, assim como para a interação entre sistemas de cultivo e tipos de controle, mas não houve efeito significativo dos tipos de controle (Tabela 4). Dados da interação são encontrados na tabela 6. Não houve efeito significativo de sistemas de cultivo, tipos de controle e nem da interação entre eles para as estimativas de produtividade como para a população de plantas do milho (Tabela 5).

Tabela 4. Análise de variância (ANOVA) para as variáveis de altura de planta, altura de inserção de primeira espiga e diâmetro de colmo do milho cultivado solteiro e em consórcio com feijão-guandu

Variável	p-value				Médias	EP	CV	
	SC	TC	SC:TC	Bloco			SC	TC
Altura (cm)	0.798	0.277	0.731	0.065	202	1.12	3.55	3.07
Inserção (cm)	0.625	0.465	0.922	0.073	122	0.94	5.11	4.34
Diâmetro (mm)	0.047*	0.065	0.008*	0.014*	-	0.29	4.60	4.88

* - significativo a 5%; CV – coeficiente de variação (%); EP – erro padrão; SC – sistemas de cultivo; TC – tipos de controle.

Tabela 5. Análise de variância (ANOVA) para as estimativas de produtividade de biomassa fresca e seca, de folhas, caule, palha, sabugo, inflorescência e grãos (kg ha⁻¹) e a população final de plantas do milho cultivado solteiro e em consórcio com feijão-guandu

Variável	<i>p</i> -value				Médias	EP	CV	
	SC	TC	SC:TC	Bloco			SC	TC
MF	0.745	0.469	0.587	0.338	34391	1303.34	32.30	24.87
MS Folha	0.296	0.480	0.500	0.795	2719	80.40	31.83	18.97
MS Caule	0.705	0.845	0.660	0.499	4195	145.18	42.23	20.95
MS Palha	0.324	0.599	0.332	0.609	1379	52.63	29.85	26.19
MS Sabugo	0.292	0.812	0.279	0.762	1508	53.87	34.24	23.72
MS Inflo	0.562	0.565	0.132	0.820	176	5.90	42.44	20.41
MS Grãos	0.093	0.820	0.736	0.794	4919	222.33	49.20	24.67
MS	0.226	0.746	0.476	0.791	14762	471.13	41.16	17.95
População	0.364	0.977	0.346	0.827	63541	854.03	16.33	8.52

MF – massa fresca; MS – massa seca; **Inflo** – inflorescência; População (plantas ha⁻¹); CV - coeficiente de variação (%); EP – erro padrão; SC – sistemas de cultivo; TC – tipos de controle.

Tabela 6. Comparação de médias do diâmetro de caule (mm) do milho considerando a interação entre modalidade de aplicação de herbicidas e consórcio

Tipos de Controle	Sistemas de Cultivo	
	Consoiciado	Solteiro
Testemunha - Capinada	24.1 Aa	23.7 Ab
SM+Flumioxazin	24.3 Ba	27.3 Aa
SM+Saflufenacil	23.9 Ba	25.9 Aab
SM+Mesotrione	24.3 Aa	24.4 Ab

Comparação em linha, com letras maiúsculas, referente ao desdobramento de sistemas de cultivo dentro de cada nível de tipos de controle. Comparação em coluna, com letras minúsculas, referente ao desdobramento de tipos de controle dentro de cada nível de sistemas de cultivo. Médias com letras minúsculas diferentes na mesma coluna foram consideradas diferentes pelo teste de Tukey. Médias com letras maiúsculas diferentes na mesma linha foram consideradas diferentes pelo teste de Tukey. SM = S- metolachlor.

Feijão-Guandu

Os efeitos de cultivar e da interação entre tipos de controle e cultivar para a avaliação visual da fitotoxidez não foram significativos, porém o efeito isolado dos tipos de controle para esta mesma variável foi significativo (Tabela 7). O tratamento que mais causou injurias no feijão-guandu nas avaliações com 7 e 14 DAA foi o que continha a mistura de S- metolachlor + mesotrione (Tabela 8). As injurias provocadas pelos tratamentos contendo S- metolachlor + flumioxazin e S- metolachlor + saflufenacil foram estatisticamente iguais aos 7 DAA, porém significativas quando comparadas a testemunha - capinada (Tabela 8). Aos 14 DAA observou-se que os efeitos fitotóxicos provocados por esses tratamentos reduziram, sendo eles considerados estatisticamente iguais a testemunha, ou seja, as plantas encontravam-se praticamente, totalmente recuperadas dos efeitos fitotóxicos provocados por estes tratamentos (Tabela 8).

Aos 28 DAA não havia mais efeito fitotóxico, as plantas encontravam-se totalmente recuperadas para todos os tratamentos que tiveram aplicação de herbicidas. Apesar da fitotoxidez provocada pelos herbicidas, ela não refletiu de forma significativa sobre o rendimento de biomassa fresca e seca, altura de planta e nem da população final de plantas do feijão-guandu, não havendo efeito significativo de tipo de controle sobre essas medidas (Tabela 9). Para essas mesmas variáveis, não houve efeito de cultivar e nem da interação entre cultivar e tipos de controle (Tabela 9).

Tabela 7. Análise de variância (ANOVA) para a avaliação visual da fitotoxidez provocada pela aplicação de herbicidas no feijão-guandu aos 7, 14 e 28 DAA

AVF	<i>p-value</i>				CV	
	Cultivar	TC	Cultivar: TC	Bloco	Cultivar	TC
7	0.964	<8e-12*	0.619	0.244	28.7	34.3
14	0.452	<1e-07*	0.891	0.139	37.9	53.5
28	-	-	-	-	-	-

AVF - avaliação visual da fitotoxidez; * - significativo a 5%; CV – coeficiente de variação (%); TC - tipos de controle.

Tabela 8. Comparação de médias considerando os efeitos dos tipos de controle para a avaliação visual da fitotoxidez no feijão-guandu aos 7 e 14 DAA

AVF	Tipos de controle				EP
	Tes.Cap.	SM+Flu	SM+Saflu	SM+Meso	
7	0 c	10 b	10 b	41 a	2.1
14	0 b	5 b	6 b	29 a	2.6

AVF – avaliação visual da fitotoxidez; Tes.Cap. – testemunha - capinada; SM – S- metolachlor; Flu – Flumioxazin; Saflu – Saflufenacil; Meso – Mesotrione; EP – erro padrão. Médias com letras diferentes na mesma linha foram consideradas diferentes pelo teste de Tukey.

Tabela 9. Análise de variância (ANOVA) para as variáveis de altura de planta (cm), estimativa de produtividade de biomassa fresca e seca total (kg ha⁻¹), de folha e caule (kg ha⁻¹), e a população final de plantas (plantas ha⁻¹) do feijão-guandu cultivado em consórcio com milho

Variável	<i>p-value</i>				Média	EP	CV	
	Cultivar	TC	Cultivar: TC	Bloco			Cultivar	TC
Altura	0.100	0.453	0.996	0.509	159	1.95	7.4	6.4
MF	0.855	0.394	0.268	0.276	26622	1005.25	21.9	19.4
MS Folha	0.558	0.558	0.351	0.209	2791	115.92	15.9	24.4
MS Caule	0.864	0.198	0.071	0.349	6225	292.33	26.9	22.7
MS	0.854	0.186	0.112	0.274	9091	416.45	24.0	22.5
População	0.344	0.697	0.527	0.733	149218	4885.43	25.0	18.1

MF – massa fresca; MS – massa seca; População (plantas ha⁻¹); CV – coeficiente de variação (%); EP = erro padrão; TC = tipos de controle.

Qualidade nutricional da silagem produzida

Houve efeito significativo de sistemas de cultivo para as variáveis de MS, MM e EE (Tabela 10). As variáveis de MM e EE apresentaram o mesmo padrão, ambas tiveram maiores médias para os tratamentos cujo sistema de cultivo foi consorciado, enquanto o oposto ocorreu para a variável de MS, que teve menor valor neste sistema de cultivo (Tabela 10).

Tabela 10. Análise de variância (ANOVA) e comparação de médias, considerando os efeitos de sistema de cultivo para as variáveis de MS, MM (%MS), e EE (%MS) das silagens de milho, obtidas dos sistemas de cultivo de milho solteiro e milho consorciado com feijão-guandu

Variável	Médias		EP	p-value			CV		
	Sistemas de Cultivo			SC	TC	SC:TC	Bloco	SC	TC
	Solteiro	Consoiciado							
MS	35.32a	32.81b	0.270	0.003*	0.900	0.437	0.537	2.7	2.4
MM	3.43b	4.55a	0.130	0.003*	0.318	0.976	0.766	10.5	8.8
EE	2.68b	3.27a	0.090	0.009*	0.112	0.127	0.849	10.2	12.4

MS = matéria seca; MM = matéria mineral; EE = extrato etéreo; * = significativo a 5%; Letras diferentes na mesma linha, médias consideradas diferentes pelo teste de Tukey a 5% de significância; CV = coeficiente de variação (%); EP = erro padrão; SC = sistemas de cultivo; TC = tipos de controle.

Para PB e fração A da proteína, apenas os efeitos de sistema de cultivo foram significativos, para as demais frações da proteína nenhum dos tratamentos tiveram efeito significativo (Tabela 11). Observa-se que os teores de PB e da fração A apresentaram o mesmo comportamento, ambos foram maiores na silagem obtida do sistema de cultivo de milho consorciado com feijão-guandu (Tabela 11).

Tabela 11. Análise de variância (ANOVA) e a comparação de médias, considerando os efeitos de sistema de cultivo para proteína bruta e as variáveis da fração proteína das silagens de milho, obtidas dos sistemas de cultivo de milho solteiro e milho consorciado com feijão guandu. Resultados em %MS

Variável	Médias		EP	p-value			CV		
	Sistemas de Cultivo			SC	TC	SC:TC	Bloco	SC	TC
	Solteiro	Consoiciado							
PB	7.56b	9.34a	0.130	0.001*	0.697	0.387	0.690	4.9	3.7
Fração A	4.98b	5.72a	0.120	0.009*	0.956	0.107	0.309	7.3	8.7
Fração B1	0.46	0.53	0.030	0.202	0.755	0.103	0.415	20.6	48.7
Fração B2	0.51	0.28	0.150	0.065	0.082	0.152	0.767	100.1	67.7
Fração B3	0.90	0.83	0.200	0.358	0.120	0.093	0.853	67.9	55.6
Fração C	1.98	2.08	0.050	0.190	0.297	0.972	0.112	8.8	18.4

PB = proteína bruta; * = significativo a 5%; Letras diferentes na mesma linha, médias consideradas diferentes pelo teste de Tukey a 5% de significância; CV = coeficiente de variação (%); EP = erro padrão; SC = sistemas de cultivo; TC = tipos de controle.

Apenas os efeitos de sistema de cultivo foram significativos para as variáveis de FDA, lignina, celulose e hemicelulose, enquanto para os valores de FDN, nenhum dos tratamentos foi significativo (Tabela 12). As variáveis de FDA, lignina e celulose tiveram maiores teores nos tratamentos cujo sistema de cultivo foi consorciado, enquanto o maior valor de hemicelulose foi encontrado no sistema de cultivo solteiro (Tabela 12).

Tabela 12. Análise de variância (ANOVA) e a comparação de médias, considerando os efeitos de sistema de cultivo para as variáveis de FDN, FDA, Lignina, Celulose e Hemicelulose das silagens de milho, obtidas dos sistemas de cultivo de milho solteiro e milho consorciado com feijão-guandu. Resultados em %MS

Variável	Médias		EP	p-value			CV		
	Sistemas de Cultivo			SC	TC	SC:TC	Bloco	SC	TC
	Solteiro	Conсорciado							
FDN	60.51	60.39	0.290	0.726	0.947	0.449	0.005*	1.6	6.5
FDA	23.04b	32.27a	0.480	0.003*	0.849	0.997	0.012*	5.4	11.4
LIG	1.24b	3.68a	0.120	0.002*	0.769	0.926	0.085	14.2	24.3
CEL	21.80b	28.58a	0.370	0.004*	0.785	0.996	0.008*	4.6	11.8
HEM	37.84a	28.13b	0.350	0.001*	0.494	0.331	0.040*	3.7	7.0

FDN = fibra em detergente neutro; **FDA** = fibra em detergente ácido; **LIG** = lignina; **CEL** = celulose; **HEM** = hemicelulose; * = significativo a 5%; Letras diferentes na mesma linha, médias consideradas diferentes pelo teste de Tukey a 5% de significância; **CV** = coeficiente de variação (%); **EP** = erro padrão; **SC** = sistemas de cultivo; **TC** = tipos de controle.

Houve efeito significativo de sistema de cultivo para DIVMS e NDT, assim como para as variáveis que compõem a fração carboidrato (Tabelas 13 e 14). Para DIVMS, NDT, carboidratos totais, carboidratos não fibrosos e fração B2 dos carboidratos o mesmo padrão foi observado, todas elas apresentaram menores teores cujo sistema de cultivo foi consorciado (Tabelas 13 e 14). Já para a fração C dos carboidratos, ocorreu o inverso, foi observado maior valor para esta variável quando sistema de cultivo foi consorciado (Tabela 14).

Tabela 13. Análise de variância (ANOVA) e a comparação de médias, considerando os efeitos de sistema de cultivo para a DIVMS e NDT das silagens de milho, obtidas dos sistemas de cultivo de milho solteiro e milho consorciado com feijão-guandu. Resultados em %MS

Variável	Médias		EP	p-value			CV		
	Sistemas de Cultivo			SC	TC	SC:TC	Bloco	SC	TC
	Solteiro	Conсорciado							
DIVMS	62.87a	54.85b	0.280	0.001*	0.256	0.913	0.005*	1.6	5.8
NDT	62.81a	54.60b	0.280	0.001*	0.197	0.911	0.005*	1.6	5.9

DIVMS = digestibilidade *in vitro* da matéria seca; **NDT** = nutrientes digestíveis totais; * = significativo a 5%; Letras diferentes na mesma linha, médias consideradas diferentes pelo teste de Tukey a 5% de significância; **CV** = coeficiente de variação (%); **EP** = erro padrão; **SC** = sistemas de cultivo; **TC** = tipos de controle.

Tabela 14. Análise de variância (ANOVA) e a comparação de médias, considerando os efeitos de sistema de cultivo para as variáveis da fração carboidrato das silagens de milho, obtidas dos sistemas de cultivo de milho solteiro e milho consorciado com feijão-guandu. Resultados em %MS

Variável	Médias		EP	p-value			CV		
	Sistemas de Cultivo			SC	TC	SC:TC	Bloco	SC	TC
	Solteiro	Consortiado							
CHOT	86.27a	82.13b	0.140	0.001*	0.695	0.824	0.219	0.5	1.1
CNF	30.09a	26.74b	0.390	0.003*	0.950	0.492	0.010*	4.6	14.0
Fração B2	53.22a	47.26b	0.360	0.001*	0.830	0.587	0.029*	2.4	7.2
Fração C	2.97b	8.84a	0.300	0.003*	0.772	0.929	0.086	14.2	24.3

CHOT = carboidratos totais; CNF = carboidratos não fibrosos; * = significativo a 5%; Letras diferentes na mesma linha, médias consideradas diferentes pelo teste de Tukey a 5% de significância; CV = coeficiente de variação (%); EP = erro padrão; SC = sistemas de cultivo; TC = tipos de controle.

Em relação as variáveis dos parâmetros fermentativos, o efeito de sistemas de cultivo não foi significativo apenas para a capacidade tampão e a produção de efluentes, para as demais variáveis o efeito deste tratamento foi significativo (Tabela 15). O mesmo padrão foi observado para N-NH₃ e pH que apresentaram maior valor no sistema de cultivo consorciado, enquanto para a perda por gases o maior valor obtido foi no sistema de cultivo solteiro (Tabela 15).

Tabela 15. Tabela apresentando o resultado da análise de variância (ANOVA) e a comparação de médias, considerando os efeitos de sistema de cultivo para os parâmetros fermentativos das silagens de milho, obtidas dos sistemas de cultivo de milho solteiro e milho consorciado com feijão-guandu

Variável	Médias		EP	p-value			CV		
	Sistemas de Cultivo			SC	TC	SC:TC	Bloco	SC	TC
	Solteiro	Consortiado							
CT	15.25	15.47	0.140	0.205	0.753	0.708	0.059	14.3	12.7
NNH₃	0.17b	0.71a	0.001	0.001*	0.161	0.179	0.422	9.5	19.8
pH	3.82b	4.00a	0.030	0.004*	0.108	0.751	0.505	1.9	2.21
PG	1.17a	1.00b	0.010	0.004*	0.647	0.092	0.014*	3.2	9.5
PE	3.24	2.90	1.230	0.800	0.393	0.233	0.755	130.4	74.1

CT = capacidade tampão; N-NH₃ = nitrogênio amoniacal; PG – perda por gases; PE – produção de efluentes; * = significativo a 5%; Letras diferentes na mesma linha, médias consideradas diferentes pelo teste de Tukey a 5% de significância; CV = coeficiente de variação (%); EP = erro padrão; SC = sistemas de cultivo; TC = tipos de controle.

Discussão

Plantas Daninhas

Como apresentado na tabela 1, as espécies das plantas daninhas mais importantes foram ACAHI e ALTTE. O que pode ter contribuído para a reinfestação da ALTTE é o fato desta planta daninha ser uma das principais espécies dominantes no cerrado brasileiro, e de difícil controle (Timossi *et al.*, 2006; Martins *et al.*, 2018). Naturalmente, apresenta altos valores de IR na agricultura brasileira por sua disseminação e maior densidade de infestação (Canossa *et al.*, 2008;

Martins *et al.*, 2018). Em relação a ACAHI, esta espécie possui sementes relativamente grandes, possuindo maior reserva energética e fluxo germinativo desuniforme, permitindo que germine quando as condições são mais favoráveis para o seu desenvolvimento. Outro fato que pode ter contribuído para a reinfestação é decorrente do banco de sementes no solo da área, que é considerado elevado para as espécies ALTTE e ACAHI.

Com relação as variáveis de densidade e produtividade de massa seca de parte aérea das plantas daninhas, foi visto na tabela 3 que o tipo de controle que proporcionou os maiores valores para essas variáveis foi a mistura de S-metolachlor + saflufenacil. Porém, 78 e 76% respectivamente do total destas variáveis encontrado neste tratamento foram compostos por ACAHI e ALTTE, espécies de maior importância relativa, e todos os tratamentos foram menos eficazes em controlar. Isso foi observado para a mistura S-metolachlor + flumioxazin, que apresentou um dos maiores acúmulos de massa seca de plantas daninhas, porém a ACAHI foi responsável por 86% do total deste acúmulo, espécie que juntamente com a ALTTE, apresentou os maiores valores de IR.

Milho

Conforme Tabelas 4 e 5, nota-se que nenhum dos tratamentos foi significativo para as variáveis analisadas no milho. O que chama atenção é a ausência de significância dos efeitos de sistema de cultivo, uma vez que de acordo com Macedo (2009) pode haver possível competição entre espécies consorciadas. Tal resultado indica que não houve a competição entre milho e feijão-guandu, podendo ser justificado pelo crescimento inicial do feijão-guandu ser lento (Reddy *et al.*, 2016), permitindo que o milho se estabeleça como cultura principal.

Resultados semelhantes aos encontrados no atual estudo foram relatados por Bessa *et al.* (2018) e Gomes *et al.* (2021), e os autores não relataram efeito significativo do consórcio de milho com guandu para as variáveis de altura de planta e de inserção de primeira espiga do milho, como para as estimativas de produtividade e população final de plantas do milho. Sendo que Bessa *et al.* (2018) também atribuíram esses resultados ao lento crescimento inicial do feijão-guandu. Guimarães *et al.* (2017) trabalharam o consórcio de milho com população de feijão-guandu de 200.000 plantas ha⁻¹, também não detectaram diferença significativa na produtividade de massa seca do milho.

Bibi *et al.* (2019), trabalhando do consórcio de milho com diferentes leguminosas sobre os rendimentos do milho e das culturas consorciadas (feijão mungo, sesbania e feijão-de-corda), relataram que a produtividade de milho foi significativamente afetada pelo cultivo consorciado em relação ao cultivo solteiro. Os autores observaram declínio no rendimento de grãos quando se

aumentou a densidade do consórcio com as diferentes leguminosas, e que o rendimento das culturas foi diminuído com o aumento na população de plantas das culturas consorciadas. Segundo Hussain *et al.* (2013), é óbvio que quando apenas uma cultura é semeada o rendimento será maior do que quando é semeada em consórcio, pois há sempre competição pelos recursos disponíveis, que são limitados. Porém, Bibi *et al.* (2019), afirmaram que apesar da produtividade de grãos de milho tenha sido influenciada pelo consórcio, a extensão da redução no rendimento foi muito dependente das espécies que foram consorciadas, e que as plantas de milho, em densidades mais altas, foram suscetíveis à competição com as plantas daninhas e com as espécies consorciadas.

Chieza *et al.* (2017) trabalharam o consórcio de milho com crotalária-júncea. Eles verificaram que a presença desta leguminosa no sistema de cultivo reduziu a produtividade do milho em quase 50%. Isso foi atribuído pelos autores, principalmente, ao fato da crotalária possuir rápido crescimento inicial. Diante disso, é importante salientar que a escolha da combinação de culturas é a principal chave para o sucesso do consórcio (Ijoyah e Fanen, 2012).

Feijão-Guandu

Foi visto nas Tabelas 7 e 8 que houve efeito significativo do tipo de controle na avaliação visual da fitotoxidez e que o tratamento que mais injuriou o feijão-guandu aos 7 e 14 DAA foi a mistura de S- metolachlor + mesotrione. Verzignassi *et al.* (2017), consideram 40% de fitotoxicidade como valor máximo para que o vegetal não tenha desenvolvimento e rendimento comprometidos. Na avaliação de 7 DAA, os efeitos fitotóxicos provocados pelo tratamento contendo S- metolachlor + mesotrione encontraram em média neste limite. Aos 14 DAA, houve a redução nos efeitos fitotóxicos provocados por esse tratamento, porém ainda significativos quando comparados à testemunha – capinada, estando em média um pouco abaixo do limite máximo aceitável para seletividade. As injurias provocadas pelos tratamentos contendo S- metolachlor + flumioxazin e S- metolachlor + saflufenacil, apesar de significativas quando comparadas a testemunha - capinada estavam em média bem abaixo dos 40%.

Apesar dos efeitos fitotóxicos provocados pelos herbicidas, não houve efeito significativo de tipo de controle nas variáveis analisadas no feijão-guandu, como visto na Tabela 9. Singh e Virk (2018), trabalhando com o efeito do manejo integrado de plantas daninhas no crescimento dessas plantas e produtividade do feijão-guandu, observaram que a altura de planta do feijão-guandu variou de 157.4 até 204.5 cm nos diferentes tratamentos. Singh *et al.* (2016) trabalhando a integração de herbicidas de pré e pós-emergência para o manejo de plantas daninhas no feijão-guandu relataram alturas de planta do feijão-guandu de 147.7 a 191.9 cm para os diferentes tratamentos. Os valores de altura de planta aqui encontrados foram em média inferiores aos valores

reportados pelos autores acima. Isso se deve aos diferentes estágios de desenvolvimento em que as plantas se encontravam nos diferentes trabalhos. No presente trabalho as plantas de feijão-guandu encontravam-se ainda em estágio vegetativo, enquanto nos trabalhos dos autores citados acima, as plantas já tinham atingido a maturidade.

Em relação a produtividade de massa seca do feijão-guandu, Singh e Virk (2018) relataram produtividade de até 8418 kg ha⁻¹, e Singh *et al.* (2016) relataram valores que foram de 5650 até 8260 kg ha⁻¹. Os valores aqui encontrados para esta variável foram em média maiores ao reportado pelos autores. Resultados semelhantes foram reportados por Suman *et al.* (2017), que trabalhando com estratégias de manejo de plantas daninhas no feijão-guandu em alfissolo e vertissolo, reportaram produtividades de massa seca de 9247 e 9942 kg ha⁻¹ para o feijão-guandu.

De acordo com Costa *et al.* (2017), o feijão-guandu quando consorciado com milho ou sorgo para a produção de silagem, consegue produzir a cerca de 10000 a 30000 kg ha⁻¹ de matéria fresca. No atual estudo, o feijão-guandu produziu 26622.66 kg ha⁻¹ de matéria fresca, estando dentro do padrão relatado pelos autores. Diante disso, os resultados aqui obtidos com o feijão-guandu, quando comparados com os resultados dos autores acima citados, mostram que o rendimento do feijão-guandu não foi comprometido, apesar da fitotoxicidade provocada pela mistura dos herbicidas, especialmente a mistura de S- metolachlor + mesotrione.

Qualidade Nutricional da Silagem Produzida

Como visto na Tabela 10 os teores de MS foram reduzidos pela presença do feijão-guandu na silagem. Isso pode ser pelo maior estado de desenvolvimento apresentado pelas plantas de milho no momento da colheita, estando as plantas de milho mais secas em relação as plantas de feijão-guandu (Kerguelén *et al.* 2019). Resultados semelhantes foram reportados por Pinedo *et al.* (2012) e Kerguelén *et al.* (2019) que ao trabalharem com inclusão de feijão-guandu nas silagens de sorgo e milho, verificaram que os teores de MS reduziram com a inclusão do guandu na silagem. Apesar da diferença entre os tratamentos, ambas as silagens tiveram teores de MS dentro do padrão descrito por Nussio *et al.* (2001), que consideram valores de MS entre 30% e 35% como ideal para silagens de milho.

Os teores de EE foram aumentados pela inclusão do guandu na silagem de milho conforme tabela 10. Concordando com os resultados aqui encontrados, Gomes *et al.* (2021), Marques *et al.* (2021) e Serbester *et al.* (2015) também relataram maiores teores de EE nas silagens de milho que tiveram a inclusão de guandu e soja. O teor de extrato etéreo em dietas para ruminantes não deve ultrapassar 6% na MS ingerida para evitar influência negativa na degradabilidade da fibra (Medeiros *et al.*, 2015). Uma vez que, altos teores de EE podem causar problemas ruminais

resultantes do poder deletério dos ácidos graxos insaturados (Xin e Yu, 2013). Por outro lado, teores balanceados podem auxiliar na mitigação de metano entérico pelos ruminantes (Morgavi, *et al.*, 2012). Diante disso, os valores de EE encontrados no atual estudo estão dentro do ideal para ambas as silagens.

Conforme apresentado pela tabela 10, a presença de feijão-guandu na silagem elevou os teores de MM. Marques *et al.* (2021) também relataram maior valor de MM para a silagem de milho com a inclusão de leguminosa, soja, em relação a silagem exclusiva de milho. A análise de MM apenas indica o quão rico é o alimento em elementos minerais, sendo várias vezes determinada meramente para se conhecer o extrativo não nitrogenado (ENN) como a matéria orgânica (Silva e Queiroz, 2005).

Com relação aos teores de PB, foi visto que a silagem de milho com feijão-guandu, obtida do sistema de cultivo consorciado, teve maior teor desta variável. De acordo com Ligoski *et al.* (2020) este aumento é proporcionado pelo alto teor de proteína do feijão-guandu, uma vez que esta leguminosa pode atingir valores de até 27% de PB. Apesar da diferença entre os tratamentos para os teores de PB, ambas as silagens foram capazes de proporcionar o mínimo de proteína para uma adequada fermentação ruminal, já que o nível mínimo deste nutriente em dietas de ruminantes deve ser de pelo menos 7% para a ideal fermentação ruminal (Minson, 2012).

Resultados semelhantes foram reportados por Ligoski *et al.* (2020) e Gomes *et al.* (2021). Os autores verificaram que o teor de PB foi maior na silagem com a participação do feijão-guandu em relação a silagem de milho exclusiva. Pereira *et al.* (2019) trabalhando com silagem de cana-de-açúcar com adição de feijão-guandu também notaram que os teores de PB aumentaram com a presença do guandu na silagem. Sendo assim, o consórcio com leguminosas permitiria alterar a relação concentrado/volumoso nas dietas, reduzindo o custo de alimentação pela menor adição de suplementos proteicos (Ribeiro *et al.*, 2017; Ligoski *et al.* 2020).

A silagem de milho com feijão-guandu teve maior teor da fração A da proteína, fração esta que representa o nitrogênio não proteico (NNP). Durante o processo fermentativo boa parte da proteína é convertida em NNP através da proteólise (Pires *et al.*, 2009). O teor de NNP da silagem de milho com feijão-guandu representa 61% da PB, enquanto para silagem de milho exclusiva esse percentual foi de 65%. Isso mostra que a conversão da PB foi maior na silagem de milho exclusiva, indicando que o maior teor de NNP encontrado na silagem de milho com feijão-guandu é proveniente do maior teor de PB encontrado nesta silagem. Contudo, a conversão da proteína em NNP leva a redução do valor nutritivo das silagens (Pereira *et al.*, 2007).

A presença do feijão-guandu na silagem de milho não afetou as demais frações da proteína no presente estudo. Bolson *et al.* (2022) que trabalhando a caracterização das frações proteicas das silagens de milho exclusiva e de milho com soja, também não relataram efeito significativo da inclusão desta leguminosa na silagem nos teores das frações B1, B2, B3 e C da proteína.

A fração B1 da proteína é representada pelos peptídeos e oligopeptídeos. Esta fração é caracterizada por ser toda considerada como degradada no rúmen (Sniffen *et al.*, 1992). A fração B2 representa a proteína verdadeira (Viana *et al.*, 2012). Essa proteína é fundamental para os microrganismos ruminais que fermentam os carboidratos não fibrosos, pois eles utilizam os aminoácidos como fonte de energia e nitrogênio para sua própria manutenção, com ótimo crescimento e desenvolvimento (Ribeiro *et al.*, 2014). A fração B3, apesar de digerível, é a fração proteica ligada à parede celular, apresentando lenta taxa de degradação (Carvalho *et al.*, 2008). E a fração C é mensurada pela quantificação do teor de nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), logo é considerada indigestível (Viana *et al.*, 2012). Ela corresponde à proteína associada à lignina, complexos taninoproteína e produtos oriundos da reação de Maillard, sendo altamente resistentes às enzimas microbianas e conseqüentemente indigestíveis ao longo do trato gastrointestinal (Licitra *et al.*, 1996).

Os teores de FDN não foram afetados pela presença do feijão-guandu na silagem. Bessa *et al.* (2018), Gomes *et al.* (2021) e Bolson *et al.* (2022) também não encontraram diferença significativa nos teores de FDN quando incluíram feijão-guandu e soja na silagem de milho. O FDN é o principal fator limitante para a ingestão de matéria seca pelos animais (Van Soest, 1994). Em ocasiões em que o teor FDN excede 60%, acarretará correlação negativa com o consumo do alimento (Costa *et al.*, 2016). Diante disso, como as concentrações de FDN para ambas as silagens produzidas encontram-se perto dos 60%, podendo afetar o consumo deste alimento pelos animais ruminantes através do enchimento ruminal.

Já o conteúdo de FDA foi significativamente aumentado pela presença do guandu na silagem. Este aumento nos valores de FDA pode ser explicado porque o caule do guandu é fibroso (Pires *et al.*, 2006). Resultados semelhantes para os teores de FDA foram relatados por Kerguelén *et al.* (2019), Ligoski *et al.* (2020) e Pereira *et al.* (2019). Esses autores ao trabalharem a inclusão do feijão-guandu nas silagens de milho e de cana-de-açúcar verificaram elevação dos teores de FDA com a presença da leguminosa nas silagens.

Os teores de lignina também foram aumentados pela presença do guandu na silagem. Este aumento pode ser porque o feijão-guandu possui alto teor de lignina (Pereira *et al.*, 2019). Stella *et al.* (2016), Pereira *et al.* (2019) e Ligoski *et al.* (2020) observaram o mesmo comportamento

aqui observado em relação aos teores de lignina. Esses autores notaram que os teores de lignina aumentaram quando o feijão-guandu foi incluído nas silagens de milho e de cana-de-açúcar. A lignina é importante parâmetro a ser considerado nas silagens, já que é a principal responsável pela limitação da degradação da porção fibrosa das forragens (Ribeiro *et al.*, 2010).

Assim, como aconteceu com FDA e lignina, a presença do feijão-guandu na silagem elevou os teores de celulose. Apesar da diferença entre os tratamentos para o conteúdo de celulose, os valores aqui encontrados estão dentro do padrão descrito por Van Soest (1994), que relata que os teores deste carboidrato variam de 20 a 40%. A celulose é o principal componente dos vegetais, sendo a fonte de energia mais importante para os animais ruminantes (Weimer, 1992). Por outro lado, ela é um dos componentes da fração fibrosa dos vegetais, que é um dos principais limitantes do valor nutritivo das silagens (Krakowsky *et al.*, 2006).

Em relação a hemicelulose, o oposto ocorreu, a silagem de milho com feijão-guandu teve menor teor desta variável como apresentado na Tabela 12. Apesar de também ser um componente da fração fibrosa, maiores teores de hemicelulose podem ser interessante, os ruminantes através de sua flora bacteriana transformam esses componentes em ácidos graxos de cadeia curta, principalmente acético, propiônico e butírico, sendo estes a maior fonte de energia quando esses animais são alimentados a base de forragem (Ferreira *et al.*, 2017).

Como apresentado nos resultados, a silagem de milho com feijão-guandu teve menor DIVMS. Isso pode ser pelo maior teor de FDA encontrado nessa silagem, uma vez que existe correlação negativa desta variável com o FDA, sendo que alimentos com elevados teores de FDA possuem baixo conteúdo energético e baixa digestibilidade (Van Soest, 1994). A DIVMS é uma medida importante, pois reflete a real quantidade de nutrientes disponíveis para a digestão, impactando diretamente no desempenho animal durante todo o período de alimentação (Bolson *et al.*, 2022).

A silagem de milho com feijão-guandu também apresentou menor NDT. Isso pode ser atribuído a menor digestibilidade desta silagem comparada a silagem de milho exclusiva, ocasionado pelos maiores teores de FDA e lignina, o que de acordo com Van Soest (1994), alimentos com alto valores de FDA possuem menor aporte de energia. O NDT é outro fator importante para a adequada nutrição animal, sendo que silagens de boa qualidade nutricional devem apresentar valores de NDT próximo de 64-70 % MS (Van Soest, 1994). Os resultados aqui encontrados estão abaixo do considerado ideal pelo autor para ambas as silagens.

Os carboidratos totais também foram reduzidos pela presença do feijão-guandu na silagem conforme visto na Tabela 14. A importância de determinar e caracterizar os carboidratos baseia-se

na classificação das bactérias ruminais quanto à utilização dos componentes da parede celular vegetal, como os que se encontram no conteúdo celular, sendo instrumento fundamental para a formulação de dietas que visem maximizar o crescimento microbiano ruminal e conseqüentemente o desempenho animal (Alves *et al.*, 2016). Esses carboidratos são fundamentais por serem a principal fonte de substrato para a fermentação microbiana, sendo convertidos em ácidos graxos de cadeia curta (Neumann *et al.*, 2017).

Como apresentado na Tabela 14, o conteúdo de CNF foi reduzido com a presença do feijão-guandu na silagem. Marques *et al.* (2021) relataram menor teor de CNF ao incluírem plantas de soja na silagem de milho, e foi atribuído pelos autores a menor participação de grãos de milho na silagem. Fato este, que pode explicar o menor conteúdo de CNF da silagem de milho com feijão-guandu encontrado no atual estudo. Alimentos com elevados teores de CNF são considerados boas fontes energéticas para aumento da flora microbiana ruminal, como para o sincronismo entre a taxa de digestão das proteínas e dos carboidratos, podendo ter importante influência sobre os produtos da fermentação e produção animal (Viana *et al.*, 2012).

A fração B2 seguiu o mesmo padrão dos carboidratos totais e não fibrosos, ou seja, essa fração foi reduzida pela inclusão do feijão-guandu na silagem, conforme apresentado na Tabela 14. Tal fração corresponde à porção disponível da fibra. O maior valor encontrado para ela, na silagem de milho exclusiva, pode ser explicado porque as gramíneas são os volumosos com os maiores valores dessa fração, decorrente dos maiores teores de FDN (Malafaia *et al.*, 1998). Esta fração é utilizada para indicar a digestão ruminal e digestibilidade intestinal da fibra, e a porção que escapa do rúmen possui 20% de digestibilidade (Alves *et al.*, 2016).

Já a fração C dos carboidratos foi aumentada pela presença do feijão-guandu na silagem. Ela representa a fração indigestível do FDN. O maior teor para esta fração encontrado para a silagem de milho com feijão-guandu pode ser pelo maior teor de lignina encontrado nesta silagem, em decorrência da presença do guandu. Diante disso, a fração C, indigestível, juntamente com a fração B2, por sua baixa degradabilidade, podem afetar o consumo de animais ruminantes através do enchimento ruminal, resultando em menor desempenho dos animais (Mertens, 1987).

A silagem de milho com feijão-guandu teve maior pH. Isso pode ser atribuído porque as leguminosas são caracterizadas pelo baixo conteúdo de carboidratos solúveis, juntamente com o alto poder tampão promovido por aminoácidos residuais e a presença de cátions (K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+}) que neutralizam os compostos orgânicos oriundos da fermentação, impedindo a redução do pH (Evangelista *et al.*, 2005). Apesar da diferença significativa entre as silagens para o pH, os valores aqui obtidos estão dentro do considerado ideal para silagens de boa qualidade, que deve

variar de 3,8 a 4,2 (McDonald, 1981). Pereira *et al.* (2019) e Pinedo *et al.* (2012) trabalhando respectivamente com a inclusão de feijão-guandu nas silagens de cana-de-açúcar e de sorgo notaram aumento nos valores de pH com a inclusão da leguminosa nas silagens. Da mesma forma, Marques *et al.* (2021) relataram maior pH da silagem de milho com soja em relação a silagem de milho exclusiva.

O conteúdo de N-NH₃ também foi maior na silagem de milho com feijão-guandu. Este, juntamente com o pH e os ácidos orgânicos, é outro parâmetro importante na determinação da qualidade das silagens (Evangelista *et al.*, 2005), pois indica a quantidade de proteína degradada durante o processo fermentativo (Pigurina, 1991). Silagens com teores de até 8% de N-NH₃ em relação ao N-Total são consideradas de ótima qualidade (Silveira, 1975). Apesar dos valores de N-NH₃ aqui obtidos serem estatisticamente diferentes, os mesmos podem ser considerados baixos, uma vez que o valor de N-NH₃ da silagem de milho com feijão-guandu representa 6% do nitrogênio total encontrado nesta silagem e o encontrado na silagem de milho exclusiva representa 2% do nitrogênio total da mesma silagem, indicando baixa degradação da PB.

A perda por gases foi menor na silagem de milho com feijão-guandu. Pereira *et al.* (2019) trabalhando com silagem de cana-de-açúcar com adição de feijão-guandu também relataram menor perda por gases. Os autores atribuíram a redução da perda por gases à diminuição do teor de carboidratos solúveis pelo aumento do FDN e FDA. O aumento do teor de fibra reduz o teor de substrato disponível para as leveduras, que são as responsáveis pela fermentação alcoólica que produz CO₂, principal perda gerada no processo de ensilagem, e volatiliza o álcool (Lopes e Evangelista, 2010). Diante disso, o maior teor de FDA da silagem de milho com feijão-guandu pode ter contribuído para a menor perda por gases encontrado nesta silagem.

Conclusão

Todas as misturas de herbicidas aplicadas provocaram injúrias no feijão-guandu, porém, não se refletiu significativamente sobre o rendimento e desenvolvimento do vegetal, e ainda apresentaram bom controle de plantas daninhas, com exceção das espécies *Acanthospermum hispidum* e *Alternanthera tenella*. Sendo assim, nas condições edafoclimáticas e no tipo de solo da área em que o experimento foi cultivado, todos os herbicidas aplicados em mistura com o S-Metolachlor aqui testados apresentaram potencial de uso para as duas cultivares de feijão-guandu aqui estudadas. E o cultivo consorciado de milho com feijão-guandu apesar de não ter influenciado na produtividade e desenvolvimento do milho provocou alterações na qualidade nutricional da silagem produzida.

Referências

- Association of Official Analytical Chemists - AOAC** (1990) Official methods of analysis. 15ed. Virginia. 359p.
- Bessa SV, Backes C, Santos AJM, Rodrigues LM, Teodoro AG, Tomazello DA, Rezende PR, Ribon AA, Leite LLF e Giongo PR** (2018) Maize silage intercropped with grass and pigeon pea subjected to different N rates and pasture development in the offseason. *Semina: Ciências Agrárias*, vol. **39**, no. 6, pp. 2501-2516.
- Bibi S, Khan IA, Hussain Z, Zaheer S e Shah SMA** (2019) Effect of herbicides and intercropping on weeds and yields of maize and the associated intercrops. *Pakistan Journal of Botany*, **51**(3): 1113-1120.
- Bolsen KK, Lin C, Brent BE, Feyerherm AM, Urban JE e Aimutis WR** (1992) Effect of silage additives on the microbial succession and fermentation process of alfalfa and corn silages. *Journal of Dairy Science*, v.**75**, n.11, p.3066-3083.
- Bolson DC, Jacovaci FA, Gritti VC, Bueno AVI, Daniel JLP, Nussio LG e Jobim CC** (2022) Intercropped maize-soybean silage: Effects on forage yield, fermentation pattern and nutritional composition. *Grassland Science*, **68**:3–12.
- Bonetti JDA, Paulino HB, Souza ED, Carneiro MAC e Silva GN** (2015) Influência do sistema integrado de produção agropecuária no solo e na produtividade de soja e braquiária. *Pesquisa Agropecuária Tropical* **45** 104–112.
- Canossa RS, Oliveira JRRS, Constantin J, Braccini AL, Biffe DF, Alonso DG e Blainiski E** (2008) Temperatura e luz na germinação das sementes de apaga-fogo (*Alternanthera tenella*). *Planta Daninha*, v. 26, n. 4, p. 745-750.
- Carvalho GGP, Garcia R, Pires AJV, Pereira OG, Fernandes FEP, Cecon PR e Azevêdo JAG** (2008) Fracionamento de proteínas de silagem de capim-elefante emurchecido ou com farelo de cacau. *Ciência Animal Brasileira*, v.**9**, n.3, p.648-656.
- Chieza ED, Guerra JGM, Araújo ES, Espínola JA, e Fernandes RC** (2017) Produção e aspectos econômicos de milho consorciado com *Crotalaria juncea* L. em diferentes intervalos de semeadura, sob manejo orgânico. *Revista Ceres*, v. **64**, n. 2, p. 189-196.
- Concenção G, Tomazi M, Correia IVT, Santos SA e Galon L** (2013) Phytosociological surveys: tools for weed science? *Planta Daninha*, **31**, 469-482.
- Costa JAA, Neves AP, Silveira LSM, Villafuerte SGE, Guimarães RLS, Prociúncula GC, Junior VRS, Verzignassi JR e Queiroz HP** (2017) Consórcio de guandu com milho ou com sorgo para produção de silagem. *EMBRAPA*.
- Costa NR, Crusciol CAC, Souza DM, Sarto JRW, Costa C e Perino VHT** (2016) Produção e qualidade de silagem de milho/capim-marandu/feijão-guandu em consórcio no sistema de Integração Lavoura-Pecuária. *XXXI Congresso Nacional de Milho e Sorgo*.
- Evangelista AR, Abreu JG, Amaral PNC, Pereira RC, Salvador FM, Lopes J e Soares LQ** (2005) Composição bromatológica de silagens de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) aditivadas com forragem de leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) Dewit). *Ciência e Agrotecnologia*, v. **29**, n. 2, p. 429-435.
- Fernandes GF, Evangelista AF e Borges L** (2016) Potencial de espécies forrageiras para produção de silagem: revisão de literatura. *Revista Eletrônica Nutri Time*, **13**(3), 4652-4656.

- Ferreira EB et al** (2014) ExpDes: an R package for ANOVA and experimental designs. *Applied Mathematics*, 5:2952-2958.
- Ferreira JP, Andreotti M, Pascoaloto IM, Costa NR e Augusto JG** (2017) Qualidade da silagem de milho consorciado com gramíneas tropicais em diferentes espaçamentos. *Boletim de Indústria Animal*, 74(3), 237-245.
- Fox J e Weisberg S** (2019) An {R} Companion to Applied Regression, 3rd ed., Sage: Thousand Oaks, CA, USA. Available online: <https://socialsciences.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion/>.
- Frans RE** (1972) Research methods in weed science. *Southern Weed Science Society*.
- Gomes VC, Meirelles PRL, Costa C, Barros JS, Castilhos AM, Souza DM, Tardivo R e Pariz CM** (2021) Production and quality of corn silage with forage and pigeon peas in a crop-livestock system. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 42, n. 2, p. 861-876.
- Guimarães FS, Ciappina AL, Anjos RAR, Silva A e Pelá A** (2017) Consórcio guandu-milho-braquiária para integração lavoura-pecuária. *Journal of Neotropical Agriculture*, 4(5), 22-27.
- Hussain Z, Marwat KB, Munsif F, Samad A, Hashim S e Bakht T** (2013) Influence of intercropping in maize on performance of weeds and the associated crops. *Pakistan Journal of Botany*, 45(5): 1729-1734.
- Ijoyah MO** (2012) Review of intercropping research on cereal- vegetable based cropping system. *Scientific Journal of crop Science* 1(3) 55-62.
- Ijoyah MO e Fanen FT** (2012) Effects of different cropping pattern on performance of maize-soybean mixture in Makurdi, Nigeria. *Scientific Journal of crop Science* 1(2) 39-47.
- Kerguelén SM, Coronado JJT, Solano LMA e Torres JC** (2019) Production and nutritional quality of sweet sorghum forage in monoculture and intercropped with corn and beans. *Pastos y Forrajes*, Vol. 42, No. 2, 124-132.
- Krakowsky MD, Lee M e Coors JG** (2006) Quantitative trait loci for cell wall components in recombinant inbred lines of maize (*Zea mays* L.) II: leaf sheath tissue. *Theoretical Applied Genetics*, 112, 717-726.
- Lenth R, Singmann H, Love J, Buerkner P e Herve M** (2020) Emmeans: Estimated Marginal Means, Aka Least-Squares Means. *R Package Version 1.4.8*. Available online: <https://CRAN.R-project.org/package=emmeans>.
- Licitra G, Hernandez TM e Van Soest PJ** (1996) Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, v.57, n.4, p.347-358.
- Ligoski B, Gonçalves LF, Claudio FL, Alves EM, Krüger AM, Bizzuti BE, Lima PMT, Abdalla AL e Paim TP** (2020) Silage of Intercropping Corn, Palisade Grass, and Pigeon Pea Increases Protein Content and Reduces In Vitro Methane Production. *Agronomy* 10 1784.
- Lopes J e Evangelista AR** (2010) Características bromatológicas, fermentativas e população de leveduras de silagens de cana-de-açúcar acrescidas de ureia e aditivos absorventes de umidade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39(5), 984-991.
- Macedo MCM** (2009) Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, p.133-146.
- Malafaia PAM, Valadares Filho SC, Vieira RAM, Silva JFC e Pereira JC** (1998) Determinação das frações que constituem os carboidratos totais e da cinética ruminal da fibra em detergente neutro de alguns alimentos para ruminantes. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.27, n.4, p.790-796.

- Marques KO, Jakelaitis A, Guimarães KC e Pereira LS** (2021) Perfil agrônômico, fermentativo e bromatológico da silagem obtida do consórcio entre milho e soja. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 1, e41410111925.
- Martins DA, Tavares CJ, Jakelaitis A, Sousa JB, Maia VMS, Sousa RJ e Araújo ACF** (2018) Management of the consortium between maize and *Urochloa brizantha* with tembotrione subdoses. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* v.13, n.2, e5528.
- Matusso JMM, Mugwe JN e Mucheru-muna M** (2014) Potential role of cereal-legume intercropping systems in integrated soil fertility management in smallholder farming systems of sub-Saharan Africa. *Research Journal of Agriculture and Environmental Management* Vol. 3(3), pp. 162-174.
- Mcdonald P, Henderson AR e Heron SJE** (1991) The biochemistry of silage. Chalcombe publications, Bucks, UK.
- Medeiros SR, Albertini TZ e Marino ct** (2015) Lipídios na nutrição de ruminantes. Nutrição de bovinos de corte Fundamentos e aplicações. Brasília, DF. *EMBRAPA*.
- Mertens DR** (1987) Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *Journal of Animal Science*, v.64, n.5, p.1548-1558.
- Minson D** (2012) Forage in ruminant nutrition (Vol. 1). New York, NY: Academic Press.
- Moraes A, Carvalho PCDF, Crusciol CAC, Lang CR, Pariz CM, Deiss L e Sulc RM** (2019) Integrated Crop-Livestock Systems as a Solution Facing the Destruction of Pampa and Cerrado Biomes in South America by Intensive Monoculture Systems. *Agroecosystem Diversity* 257–273.
- Morgavi DP, Martin C, Jouany JP e Ranilla MJ** (2012) Rumen protozoa and methanogenesis: not a simple cause–effect relationship. *British Journal of Nutrition*, 107, 388-397.
- Neres MA, Castagnara DD, Silva FB, Oliveira PSR, Mesquita EE, Bernardi TC, Guarianti AJ e Vog ASL** (2012) Características produtivas, estruturais e bromatológicas dos capins Tifton 85 e Piatã e do feijão-guandu cv. Super N, em cultivo singular ou em associação. *Ciência Rural* 42 862–869.
- Neumann M, Nornberg JL, Leão GFM, Hortis EH e Figueira DN** (2017) Chemical fractionation of carbohydrate and protein composition of corn silages fertilized with increasing doses of nitrogen. *Ciência Rural*, v.47: 05, e20160270.
- Nussio LG, Campos FP e Dias FN** (2001) Importância da qualidade da porção vegetativa no valor alimentício da silagem de milho. In *Simpósio Sobre Produção e Utilização de Forragens Conservadas* (2001 – Maringá) P. 127-145.
- Oliveira P, Kluthcouski J, Favarin JL e Santos DC** (2011) Consórcio de milho com braquiária e guandu-anão em sistema de dessecação parcial. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.46, p.1184-1192.
- Pereira AC, Silva RR, Gonçalves LC, Borges ALCC, Borges I, Gomes SP, Rodrigues JAS, Saliba EOS, Ferreira JJC e Silva JJ** (2007) Avaliação da silagem do híbrido de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) moench] br 601 com aditivos 1 – ph, nitrogênio amoniacal, matéria seca, proteína bruta e carboidratos solúveis. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.6, n.2, p.211-222.
- Pereira DS, Lana RP, Carmo DL e Costa YKS** (2019) Chemical composition and fermentative losses of mixed sugarcane and pigeon pea silage. *Acta Scientiarum* v. 41, e43709.

- Pigurina F** (1991) Factores que afectan em valor nutritivo y la calidad de fermentacion de ensilajes. In: *Pasturas y producción animal de áreas organaderia intensiva*. Montevideo: Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, p. 77-92.
- Pinedo LA, Campo FC, Peçanha MRC e Abdalla AL** (2012) Avaliação de níveis crescentes de guandu sobre as características bromatológicas e qualidade fermentativas da silagem de sorgo. *PUBVET*, V. 6, N. 22, Ed. 209, Art. 1395.
- Pires AJV, Reis RA, Carvalho GGP, Siqueira GR, Bernardes TF, Ruggieri AC, Almeida EO e Roth MTP** (2006) Degradabilidade ruminal da matéria seca, da fração fibrosa e da proteína bruta de forrageiras. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41(4), 643-648.
- Pires AJV, Carvalho GGP, Garcia R, Junior JNC, Ribeiro LSO e Chags DMT** (2009) Fracionamento de carboidratos e proteínas de silagens de capim-elefante com casca de café, farelo de cacau ou farelo de mandioca. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, n.3, p.422-427.
- R Core Team** (2021) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Reddy AS, Rao PV, Babu JS e Rao YK** (2016) Response of integrated weed management practices on growth and yield of pigeonpea (*Cajanus cajan* (L.) Mill sp.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* v. 5, n. 3, p. 610-616.
- Ribeiro MG, Costa KADP, Souza WF, Cruvinel WS, Silva JT e Júnior DRDS** (2017) Silage quality of sorghum and *Urochloa brizantha* cultivars monocropped or intercropped in different planting systems. *Acta Scientiarum Animal Sciences* 39 243–250.
- Ribeiro PR, Macedo GL e Silva SP** (2014) Aspectos nutricionais da utilização da proteína pelos ruminantes. *Veterinária Notícias* v.20, n. 2, p.1-14.
- Serbester U, Akkaya MR, Yucel C e Gorgulu M** (2015) Comparison of yield, nutritive value, and in vitro digestibility of monocrop and intercropped corn-soybean silages cut at two maturity stages. *Italian Journal of Animal Science*, 14(1), 3636.
- Silva DJ e Queiroz AC** (2002) Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. Viçosa-MG: UFV, p.235.
- Silveira AC** (1975) Técnicas para produção de silagens. In: *SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM*, 2. Piracicaba. Anais... Piracicaba: ESALQ, 1975. p. 156-186.
- Singh G e Virk HK** (2018) Effect of Integrated Weed Management Practices on Weed Growth and Productivity of Pigeonpea (*Cajanus cajan*). *International Journal of Bio-resource and Stress Management* 9(3):445-450.
- Singh G, Kaur H e Khanna V** (2016) Integration of pre- and post-emergence herbicides for weed management in pigeonpea. *Indian Journal of Weed Science* 48(3): 336–338.
- Sniffen CJ, O’connor JD, Van Soest PJ, Fox DG e Russel JB** (1992) A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II – Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science*, v.70, n.12, p.3562-3577.
- Stella LA, Peripolli V, Prates ER e Barcellos JOJ** (2016) Composição química das silagens de milho e sorgo com inclusão de planta inteira de soja. *Boletim de Indústria Animal*, 73(1), 73-79.
- Suman S, Mula MG, Panwar G, Kumar S e Ghosh M** (2017) Weed Management Strategies in Pigeonpea under Alfisol and Vertisol. *International Journal of Pure e Applied Bioscience* 5(6): 138-143.

- Tilley JMA e Terry RA** (1963) A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *Journal of British Grassland Society*, **18** (2):104-111.
- Timossi PC, Durigon JC e Leite GJ** (2006) Efficacy of glyphosate in cover crops. *Planta Daninha*, v. 24, n. 03, p. 475-480.
- Van Soest PJ, Robertson JB e Lewis BA** (1991) Methods for dietary fiber, neutral detergent, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, **v.74**, p.3583- 3597.
- Van Soest PJ** (1994) Nutritional ecology of the ruminant. **2. ed.** New York: Cornell University Press.
- Van Soest PJ e Robertson JB** (1985) Analysis of Forages and Fibrous Foods. Cornell University, Ithaca.
- Verzignassi JR, Pereira FAR, Fernandes CD, Furtado RS, Tozin LRS, Zimmer AH, Kichel AN, Caceres NT, Godoy R, Miranda JCP e Jesus L** (2010) Seletividade de herbicidas pós-emergentes a Guandu BRS Mandarin. *O Biológico*, **v.72**, n.2, p.144.
- Viana PT, Pires AJV, Oliveira LB, Carvalho GGP, Ribeiro LSO, Chagas DMT, Filho CSN e Carvalho AO** (2012) Fracionamento de carboidratos e de proteína das silagens de diferentes forrageiras. *Revista Brasileira Zootecnia*, **v.41**, n.2, p.292-297.
- Weimer PJ** (1992) Cellulose Degradation by Ruminant Microorganisms. *Critical Reviews in Biotechnology*, **12**(3): 189-223.
- Weiss WP** (1999) Energy prediction equations for ruminant feeds. *In: Cornell nutrition conference for feed manufacturers*, **61**. Ithaca. Proceedings... Ithaca: Cornell University, 1999. p.176-185.
- Xin H e Yu P** (2013) Chemical profile, energy values, and protein molecular structure characteristics of biofuel/bio-oil co-products (Carinata Meal) in comparison with canola meal. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **61**, 3926-3933.