

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

Rosana Marzari Thomasi

**RELAÇÕES LINEARES ENTRE VARIÁVEIS NO CONTROLE DE
BUVA EM SOJA COM DIFERENTES MANEJOS HIBERNAIS**

Santa Maria, RS
2022

Rosana Marzari Thomasi

**RELAÇÕES LINEARES ENTRE VARIÁVEIS NO CONTROLE DE BUVA EM SOJA
COM DIFERENTES MANEJOS HIBERNAIS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestra em Agronomia**.

Orientador: Prof. Dr. Alessandro Dal'Col Lúcio

Santa Maria, RS
2022

Thomasi, Rosana
Relações lineares entre variáveis no controle de buva
em soja com diferentes manejos hibernais / Rosana
Thomasi.- 2022.
95 p.; 30 cm

Orientador: Alessandro Dal'Col Lúcio
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós
Graduação em Agronomia, RS, 2022

1. Controle cultural 2. Controle químico 3. Buva 4.
Análise multivariada I. Dal'Col Lúcio, Alessandro II.
Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

Declaro, ROSANA THOMASI, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Dissertação) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

Rosana Marzari Thomasi

**RELAÇÕES LINEARES ENTRE VARIÁVEIS NO CONTROLE DE BUVA EM SOJA
COM DIFERENTES MANEJOS HIBERNAIS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestra em Agronomia**.

Aprovada em 27 de maio de 2022:

Alessandro Dal'Col Lúcio, Dr. (UFSM)

André da Rosa Ulguim, Dr. (UFSM)

Mário Antônio Bianchi, Dr. (CCGL) – Videoconferência

Santa Maria, RS
2022

Aos meus pais, Valdecir Thomasi e Odete Marzari Thomasi, e ao meu irmão,
Anderson Marzari Thomasi, por me proporcionarem crescer em uma família com os
mais genuínos valores e sentimentos, além do apoio indescritível em minha vida
acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Santo Anjo da Guarda, que sempre me guarda, me governa e me ilumina, pelas bênçãos que já me concedeu.

Agradeço aos meus pais, Valdecir Thomasi e Odete Marzari Thomasi, pela vida, amor, dedicação e exemplo, pelo conforto que me foi dado, permitindo que sempre me dedicasse aos estudos.

Agradeço ao meu irmão, Anderson Marzari Thomasi, pelo apoio e companheirismo, por ser bem mais que um irmão, um amigo fiel.

Agradeço à minha cunhada, Daniela Viero Dornel Thomasi, pelo incentivo e apoio, principalmente na etapa final, permitindo que eu me dedicasse na finalização da dissertação.

Aos meus sobrinhos, Amanda e André Viero Thomasi, que preenchem meu coração com amor e alegria.

Agradeço ao meu noivo, Junior Cesar Somavilla, pelo amor, companheirismo e dedicação, principalmente nessa etapa final. Com seu apoio, tudo ficou mais leve.

Agradeço ao meu orientador de mestrado, Alessandro Dal'Col Lúcio, pela sua disponibilidade, compreensão, apoio e por ter aceitado esse desafio de associar as análises multivariadas à ciência das plantas daninhas.

Agradeço ao meu orientador, André da Rosa Ulguim, pelos ensinamentos, compreensão, apoio, oportunidades e por contribuir na minha construção profissional ao longo dos anos de convívio, uma vez que muito do que sou nesse âmbito, me baseio em seus exemplos.

Agradeço aos meus colegas de pós-graduação, e grandes amigos, André Luiz Tischler, Anelise Lencina da Silva, Jaíne Rubert, Maria Inês Diel e Roberto Costa Ávila Neto pelas trocas de informação, momentos de descontração e auxílio nas atividades relacionadas ao mestrado.

Agradeço aos colegas do Grupo de Herbologia: Alessandra Wesz, Aline Sielo Holkem, Cassiano Salin Pigatto, Cleisson Batista Vaz dos Reis, Cristiano Rodrigues Fortuna, Eduard Mroginski Leitchweis, Eduardo Streck Bortolin, Geovana Facco Barbieri, Glauco Pacheco Leães, Igor Ilmar Honnef, Isabel Schlegel Werle, Iuri Paulo Somavilla e Mariana Macedo. Esse documento só foi possível porque pude contar com o apoio de vocês.

Agradeço às minhas amigas Amanda Veridiana Krug, Cíntia Gabriela Garlet, Nariane de Andrade e Regina Sonete Stacke, que tenho a honra de conviver desde a graduação, pela amizade e carinho. Ter pessoas como vocês do lado, é saber que sempre temos com quem contar.

Agradeço à minha colega de apartamento, Marisa Ana Strahl, pelos momentos de descontração e parceria durante essa etapa.

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de estudo concedida durante 21 meses.

Agradeço ao professor Alencar Junior Zanon pela área experimental onde o experimento foi realizado, além de todo suporte durante esse período.

Agradeço ao Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria pelo suporte nas semeaduras dos tratamentos durante os três anos agrícolas.

Agradeço ao Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, na pessoa do senhor João Colpo, pelo suporte nas atividades tratorizadas do ensaio.

Agradeço à Universidade Federal de Santa Maria pelos sete anos em que tive a honra de construir minha formação profissional e onde vivi os melhores anos de minha vida.

“— Quem estará nas trincheiras ao teu lado?

— E isso importa?

— Mais que a própria guerra.”

(Ernest Hemingway)

RESUMO

RELAÇÕES LINEARES ENTRE VARIÁVEIS NO CONTROLE DE BUVA EM SOJA COM DIFERENTES MANEJOS HIBERNAIS

AUTORA: Rosana Marzari Thomasi
ORIENTADOR: Alessandro Dal'Col Lúcio

Descata-se o Brasil como maior produtor mundial de grãos de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). Devido à sua importância, o controle de plantas daninhas, como a buva (*Conyza* spp.) deve ser priorizado, uma vez que os casos de resistência ao herbicida glifosato tornam o seu controle mais difícil, exigindo que novas ferramentas sejam implementadas, como o controle cultural associado ao químico durante a entressafra. Essas relações ainda não foram estudadas a partir das relações lineares. Por isso, objetivou-se avaliar os efeitos da integração dos métodos de controle cultural e químico sobre a população de buva e seus efeitos na produtividade de soja pelo uso de relações lineares. O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Santa Maria com quatro repetições, durante três anos agrícolas: 2018/19, 2019/20 e 2020/21. Utilizou-se dos fatores cultura de cobertura (aveia branca, aveia ucraniana, azevém, centeio e pousio) e herbicidas (2,4-D, metsulfuron-methyl, metribuzin, saflufenacil e testemunha) como tratamentos. Quantificou-se as seguintes variáveis: população de buva no estádio Z24 e Z29 das culturas de cobertura, na pré-semeadura e nos estádios V4 e R5 da soja, massa seca de buva, massa seca de cultura de cobertura, fitotoxicidade dos herbicidas sobre as culturas de cobertura, controle visual de buva, número de plantas de soja, altura de planta de soja, peso de mil grãos e produtividade de grãos de soja. Os dados foram submetidos à análise de correlação linear de Pearson, análise de causa e efeito, ao teste de Scott-Knott ($p < 0,05$) e à análise de correlação canônica. A população de buva é correlacionada negativamente com a massa seca de cultura de cobertura e com a produtividade de grãos de soja. A população de buva no estádio V4 e a massa seca de buva foram as variáveis que contribuíram para associação das demais sobre a produtividade de grãos de soja, enquanto a população de buva no estádio R5 contribuiu tanto indiretamente quanto diretamente. A população de buva na pré-semeadura da soja e controle aos 28 dias após a aplicação dos herbicidas contribuíram para os efeitos indiretos sobre a população de buva no estádio R5 da soja, enquanto a massa seca de cultura de cobertura apresentou efeitos diretos, evidenciando o controle cultural. De modo geral, destaca-se os efeitos proporcionados pelo manejo integrado sobre a produtividade de grãos de soja, visto que as culturas de cobertura associadas ou não aos herbicidas foram eficientes no controle da população de buva, igualando-se ao pousio apenas quando utilizado o herbicida saflufenacil. O herbicida metsulfuron-methyl apresentou falhas de controle sobre buva. Essas associações foram confirmadas pela relação existente entre os grupos relacionadas ao manejo de buva e à cultura da soja. Concluiu-se que o momento ideal de controle dessa planta daninha é na entressafra e que a manutenção de culturas de cobertura torna-se imprescindível no manejo dessa planta daninha, uma vez que culturas gramíneas ainda possibilitam a utilização de herbicidas que proporcionam incrementos no controle.

Palavras-chave: Controle cultural. Controle químico. Buva. Análise multivariada.

ABSTRACT

LINEAR RELATIONSHIPS BETWEEN HAIRY FLEABANE CONTROL VARIABLES IN SOYBEAN WITH DIFFERENT WINTER MANAGEMENT

AUTHOR: Rosana Marzari Thomasi

ADVISOR: Alessandro Dal'Col Lúcio

Brazil is considered the world largest producer of soybeans (*Glycine max* (L.) Merrill). Due to its importance, weed control, such as hairy fleabane (*Conyza* spp.) should be prioritized, once cases of resistance to the herbicide glyphosate make its control more difficult, requiring new tools to be implemented, such as control cultural associated with the chemical during the off-season. These relationships have not yet been studied from the linear relationships. Therefore, the objective of this study was to evaluate the effects of the integration of cultural and chemical control methods on the hairy fleabane population and its effects on soybean yield using linear relationships. The experiment was conducted at the Federal University of Santa Maria with four replications, during three soybeans crop season: 2018/19, 2019/20 and 2020/21. Cover crop factors (white oat, Ukrainian oat, ryegrass, rye and fallow) and herbicides (2,4-D, metsulfuron-methyl, metribuzin, saflufenacil and control) were used as treatments. The following variables were quantified: hairy fleabane population at stage Z24 and Z29 of cover crops, pre-sowing and soybean V4 and R5 stages, hairy fleabane dry mass, cover crop dry mass, phytotoxicity of herbicides on cover crops, visual control of hairy fleabane, number of soybean plants, soybean plant height, thousand grain weight and soybean yield. Data were submitted to Pearson's linear correlation analysis, cause and effect analysis, Scott-Knott test ($p < 0.05$) and canonical correlation analysis. Hairy fleabane population is negatively correlated with cover crop dry mass and soybean yield. Hairy fleabane population at stage V4 and hairy fleabane dry mass were the variables that contributed to the association of the others on soybean yield, while hairy fleabane population at stage R5 contributed both indirectly and directly. The hairy fleabane population at soybean pre-sowing and control at 28 days after herbicide application contributed to the indirect effects on the hairy fleabane population at soybean R5 stage, while the cover crop dry mass showed direct effects, evidencing the cultural control. In general, the effects provided by integrated management on soybean yield are highlighted, once cover crops associated or not with herbicides were efficient in controlling the hairy fleabane population, equaling fallow only when using the saflufenacil herbicide. The metsulfuron-methyl herbicide showed control failures on hairy fleabane. These associations were confirmed by the existing relationship between the groups related to the management of hairy fleabane and the soybean crop. We concluded that the ideal time to control this weed during the off season and that the maintenance of cover crops becomes essential in the management of this weed, because grass cultures allow the use of herbicides that provide increments in hairy fleabane control.

Keywords: Cultural control. Chemical control. Hairy fleabane. Multivariate analysis.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I: ANÁLISE MULTIVARIADA DO MANEJO DE CONYZA SPP. EM SOJA USANDO CULTURAS DE COBERTURA E HERBICIDAS NA ENTRESSAFRA

- FIGURA 1 - Dados meteorológicos médios mensal de precipitação (mm) e temperatura (°C) nos anos 2018/19, 2019/20 e 2020/21.....9
- FIGURA 2 - Correlação de Pearson entre as variáveis população de buva (*Conyza* spp.) em experimento testando culturas de cobertura e aplicação de herbicidas na entressafra nas safras de 2018/19 (a), 2019/20 (b) e 2020/21 (c).....14
- FIGURA 3 - Análise de causa e efeito para variável dependente produtividade de grão de soja (PROD) nos anos 2018/19 (a), 2019/20 (b) e 2020/21 (c).....19
- FIGURA 4 - Análise de causa e efeito para variável dependente produtividade de grão de soja (PROD) nos anos 2018/19 (a), 2019/20 (b) e 2020/21 (c).....22

CAPÍTULO II: INTEGRAÇÃO DOS MÉTODOS CULTURAL E QUÍMICO PARA CONTROLE DE BUVA EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO COM SOJA

- FIGURA 1 - Precipitação total mensal em milímetros (mm) e temperatura média mensal em graus Celsius (°C) entre abril de 2018 e abril de 2021.....43
- FIGURA 2 - População de plantas de buva por metro quadrado (pl m⁻²) no estádio Z29 das culturas de cobertura (a e b), na pré-semeadura (c e d), no estádio V4 (e e f) e R2 (g e h) da soja em função dos efeitos principais diferentes culturas de cobertura e herbicidas aplicados na entressafra em 2018/2019. Santa Maria, RS.....48
- FIGURA 3 - Massa seca de plantas de buva em gramas por metro quadrado (g m⁻²) em função dos efeitos principais de diferentes herbicidas em 2018/2019 (a) e diferentes culturas de cobertura e herbicidas aplicados na entressafra em 2019/2020 (b) e 2020/2021 (c). Santa Maria, RS.....49

- FIGURA 4 - Massa seca de cultura de cobertura em gramas por metro quadrado (g m^{-2}) em função dos efeitos principais de diferentes culturas de cobertura e herbicidas aplicados na entressafra em 2018/19 (a e b), 2019/2020 (c e d) e 2020/2021 (e e f). Santa Maria, RS.....51
- FIGURA 5 - Estatura de planta de soja em centímetros (cm) em função dos efeitos principais de diferentes herbicidas aplicados na entressafra em 2018/2019 (a) e de culturas de coberturas e herbicidas aplicados na entressafra em 2020/2021 (b). Santa Maria, RS.....52
- FIGURA 6 - Peso de mil grãos de soja em função de diferentes culturas de cobertura e herbicidas aplicados na entressafra em 2018/2019 (a) e efeitos principais de diferentes culturas de cobertura em 2020/2021 (b). Santa Maria, RS.....54
- FIGURA 7 - População de plantas de buva por metro quadrado (pl m^{-2}) no estádio Z29 das culturas de cobertura (a), na pré-semeadura (b) e no estádio R2 (c) da soja em função dos efeitos principais de diferentes herbicidas aplicados na entressafra em 2019/2020. Santa Maria, RS.....57
- FIGURA 8 - Controle de buva aos 7 (a), 14 (b e c) e 21 (d e e) dias após a aplicação dos herbicidas (DAA) em função dos efeitos principais de diferentes herbicidas aplicados na entressafra e culturas de cobertura, e da interação dos fatores aos 28 DAA (f) em 2019/2020. Santa Maria, RS..59
- FIGURA 9 - Fitotoxicidade de herbicidas aos 7 (a), 14 (b), 21 (c) e 28 (d) dias após a aplicação dos herbicidas em função do efeito principal de diferentes herbicidas aplicados na entressafra em 2019/2020. Santa Maria, RS...60
- FIGURA 10 - População de plantas de buva por metro quadrado (pl m^{-2}) no estádio Z24 das culturas de cobertura em função de diferentes culturas de cobertura em 2020/2021. Santa Maria, RS.....62
- FIGURA 11 - População de plantas de buva por metro quadrado (pl m^{-2}) no estádio Z29 das culturas de cobertura (a), na pré-semeadura (b), no estádio V4 (c) e R2 (d) da soja em função de diferentes culturas de cobertura e herbicidas aplicados na entressafra em 2020/2021. Santa Maria, RS.64

FIGURA 12 - Controle de buva aos 7 (a), 14 (b), 21 (c) e 28 (d) dias após a aplicação dos herbicidas em função de diferentes culturas de cobertura e herbicidas aplicados na entressafra em 2020/2021. Santa Maria, RS.66

FIGURA 13 - Fitotoxicidade de herbicidas aos 7 (a), 14 (b), 21 (c) e 28 (d) dias após a aplicação sobre as culturas de cobertura em função dos efeitos principais de diferentes herbicidas (a, c e d) e diferentes culturas de cobertura e herbicidas aplicados na entressafra (b) em 2020/2021. Santa Maria, RS.....67

FIGURA 14 - Produtividade de grãos de soja em quilogramas por hectare (kg ha⁻¹) em função de diferentes culturas de cobertura e herbicidas aplicados na entressafra em 2020/2021. Santa Maria, RS.....69

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I: ANÁLISE MULTIVARIADA DO MANEJO DE CONYZA SPP. EM SOJA USANDO CULTURAS DE COBERTURA E HERBICIDAS NA ENTRESSAFRA

TABELA 1 - Datas de operações de campo em 2018/19, 2019/20 e 2020/21.....22

CAPÍTULO II: INTEGRAÇÃO DOS MÉTODOS CULTURAL E QUÍMICO PARA CONTROLE DE BUVA EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO COM SOJA

TABELA 1 - Grupos canônicos formados para os anos de 2018/19, 2019/20 e 2020/21.....46

TABELA 2 - Cargas cruzadas canônicas para os grupos de variáveis de população de buva, massa seca e soja. Santa Maria, RS, 2018/19.....55

TABELA 3 - Cargas cruzadas canônicas para os grupos de variáveis de população de buva, massa seca e controle. Santa Maria, RS, 2019/2020.....61

TABELA 4 - Cargas cruzadas canônicas para os grupos de variáveis de população de buva, massa seca, controle e soja. Santa Maria, RS, 2020/2021.....71

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	CAPÍTULO I: ANÁLISE MULTIVARIADA DO MANEJO DE CONYZA SPP. EM SOJA USANDO CULTURAS DE COBERTURA E HERBICIDAS NA ENTRESSAFRA	17
2.1	INTRODUÇÃO	19
2.2	MATERIAL E MÉTODOS	21
2.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
2.3.1	Correlação linear de Pearson	24
2.3.2	Relação de causa e efeito	28
2.4	CONCLUSÃO	36
	REFERÊNCIAS	36
3	CAPÍTULO II: INTEGRAÇÃO DOS MÉTODOS CULTURAL E QUÍMICO PARA CONTROLE DE BUVA EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO COM SOJA	40
3.1	INTRODUÇÃO	42
3.2	MATERIAL E MÉTODOS	44
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
3.3.1	Ano agrícola 2018/19	48
3.3.2	Ano agrícola 2019/20	57
3.3.3	Ano agrícola 2020/21	63
3.4	CONCLUSÃO	73
	REFERÊNCIAS	73
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	79
	REFERÊNCIAS	82
	APÊNDICE A – NOTAS DE FITOTOXICIDADE E CONTROLE PARA A SAFRA 2019/20 E 2020/21	85
	APÊNDICE B – PRESSUPOSTOS PARA MULTICOLINEARIDADE DO CAPÍTULO II	88
	APÊNDICE C – SCRIPTS UTILIZADOS PARA ANÁLISES ESTATÍSTICAS NO SOFTWARE R	90

1 INTRODUÇÃO

O interesse econômico na principal *commodity* mundial, a soja (*Glycine max* (L.) Merrill.), exige investimentos em pesquisa e novas tecnologias, uma vez que o Brasil é o maior produtor e exportador mundial do grão, com 135 milhões de toneladas produzidas e 84 milhões de toneladas exportadas (CONAB, 2021). A principal tecnologia que promoveu a expansão da soja foi a introdução de organismos geneticamente modificados que possuem resistência ao herbicida glifosato, visto que o baixo custo de produção associado ao amplo espectro de controle, foram fatores principais na adoção dessa tecnologia pelos agricultores, o que promoveu a consolidação do sistema plantio direto (ADEGAS et al., 2022).

Assim, o uso do herbicida glifosato tornou-se a única ferramenta utilizada pelos agricultores para controle de plantas daninhas. Como consequência, os casos de resistência ao herbicida começaram a ser reportados rapidamente, uma vez que, legalmente, as cultivares de soja resistentes ao glifosato foram aprovadas para uso no Brasil em 2005, mas já havia cultivos ilegais desde 1998, portanto, justifica-se a rápida seleção de biótipos resistentes, como as espécies do gênero *Conyza*, popularmente conhecidas como buva (ADEGAS et al., 2022).

A buva possui características ideais de plantas daninhas (BAJWA et al., 2016), como germinação descontínua, requerimentos germinativos em diversos ambientes, alta produção de sementes, alta capacidade de dispersão, reprodução majoritariamente por autogamia e diferentes habilidades para completar o ciclo, tal como permanecer em roseta (RADOSEVICH et al., 2007). Sua germinação descontínua ocorre em fluxos que variam do outono até a primavera (TREZZI et al., 2014), ocorrendo em maior porcentagem no outono, o que confere uma vantagem competitiva, visto que durante a estação hiberna permanecem em estágio de roseta e desenvolvem sistema radicular vigoroso, que fornece reservas suficientes para um crescimento rápido durante a primavera (WU et al., 2007), resultando em maior produção de sementes na primavera-verão (TOZZI; ACKER, 2014).

Considerada a planta daninha de maior importância em soja no Rio Grande do Sul, a evolução da resistência de buva ao herbicida glifosato é classificada como a principal justificativa para sua dificuldade de controle, o que exige a integração de diferentes ferramentas dentro do manejo, como o controle cultural no outono-inverno

e rotação de herbicidas (HOLKEM et al., 2022). O azevém (*Lolium multiflorum* Lam.), aveia branca (*Avena sativa* L.), aveia ucraniana (*Avena strigosa* Schreb.) e centeio (*Secale cereale* L.) são poáceas, anuais de inverno e podem ser utilizadas como forrageiras, graníferas e plantas de cobertura em sistemas conservacionistas.

Culturas de cobertura são eficientes na redução da população e biomassa de buva (SCHRAMSKI et al., 2021), devido à característica de fotoblastimo das sementes da planta daninha (WU et al., 2007). Uma vez que a radiação solar não atinge à superfície do solo, pois existe uma barreira física proporcionada pelas culturas de cobertura, assim a germinação e o desenvolvimento da planta daninha são afetados (LAMEGO et al., 2013). Contudo, 61% dos agricultores ainda não utilizam culturas de cobertura no outono-inverno (OLIVEIRA et al., 2021), permitindo altas infestação de buva em áreas mantidas sob pousio (PAULA et al., 2011).

É possível rotacionar herbicidas no outono-inverno aliado ao controle cultural das culturas de cobertura, uma vez que culturas poáceas permitem o uso de determinados herbicidas, pois conseguem metabolizar, transformando-os em formas não-tóxicas que proporcionam baixa fitotoxicidade (POWLES; YIU, 2010). Herbicidas como metsulfuron-methyl, 2,4-D e saflufenacil possuem potencial de controle de buva, sem causar injúrias significativas de acordo com a cultura de cobertura utilizada (DALAZEN et al., 2015). A associação desses métodos de controle deve ser implementada quando se objetiva controlar populações de buva resistentes ao glifosato na cultura da soja.

Dentro das ciências das plantas daninhas, alguns estudos já utilizaram análises multivariadas, gerando informações a cerca de um grande número de variáveis e suas relações, para analisar e relacionar parâmetros fisiológicos e morfológicos de soja sob competição com *Conyza canadensis* (SILVA et al., 2014) e aspectos relacionados às culturas de cobertura e supressão de buva (CHOLETTE et al., 2018). A correlação linear de Pearson mensura a magnitude da associação entre duas variáveis, onde os valores dos coeficientes variam de -1 a 1, e quanto mais próximo de 0, menos relação existente há entre as variáveis (CRUZ et al., 2014).

No entanto, nem sempre as correlações lineares simples explicam adequadamente o grau de associação entre duas variáveis, pois uma correlação forte ou fraca pode estar sendo influenciada por algum efeito indireto de outra variável. Por isso, a análise de causa e efeito, também conhecida como análise de trilha, proposta por Wright (1921), consiste em desdobrar o coeficiente de correlação linear de

Pearson e estudar os efeitos diretos e indiretos de uma variável explicativa sobre uma variável principal, as quais são previamente padronizadas para obtenção de estimativas através de equações de regressão (CRUZ et al., 2012). Geralmente, a variável principal é a variável de maior interesse agrônômico, como a produtividade de determinada cultura (CRUZ et al., 2012), como observado para arroz sob interferência de plantas daninhas (DE VIDA et al., 2006) e para soja e seus componentes de produtividade (ZUFFO et al., 2018).

Ainda assim, a análise de causa e efeito pode ser complementada, visto que desdobra apenas a influência de uma única variável sobre a variável principal e não considera um grupo de variáveis inter-relacionadas. Para tal, a análise de correlação canônica pode ser considerada, pois permite a análise simultânea de respostas existentes entre grupos de variáveis semelhantes (HAIR et al., 2009), como já observada relação existente entre variáveis de fitotoxicidade de herbicidas sob cereais de inverno e índices de vegetação (THOMASI et al., 2021) e entre características agrônômicas e fisiológica de sementes de soja (PEREIRA et al., 2017).

Há muitos relatos de agricultores do estado do Rio Grande do Sul com problemas no manejo de buva resistente ao herbicida glifosato em lavouras de soja. Contudo, há relatos de que as áreas agrícolas permanecem em pousio durante o inverno e, assim, condicionam ambiente favorável para o estabelecimento de plantas de buva. Em função de sua dificuldade de controle, estudos com essa planta daninha são pertinentes e exigem novas alternativas de controle.

De acordo com as características da buva, os efeitos de supressão de culturas de cobertura são alternativas eficientes que justificam a adoção de controle cultural, que integrado ao controle químico, proporcionam resultados satisfatórios. Portanto, avaliar a evolução da população de plantas de buva ao longo de safras consecutivas, com diferentes condições climáticas, são informações relevantes para compreender os impactos desses métodos através das estações de cultivo, procedendo-se de monocultivo de soja, que é frequente no sul do Brasil.

Para melhor compreensão das relações existentes entre variáveis de manejo de buva, identificar as relações lineares é interessante, visto que podem evidenciar os fatores relacionados ao manejo de buva que mais interferem na produtividade de grãos da cultura de maior interesse comercial: a soja, por isso objetivou-se avaliar os efeitos da integração dos métodos de controle cultural e químico sobre a população de buva e seus efeitos na produtividade de soja pelo uso de relações lineares.

2 CAPÍTULO I: ANÁLISE MULTIVARIADA DO MANEJO DE CONYZA SPP. EM SOJA USANDO CULTURAS DE COBERTURA E HERBICIDAS NA ENTRESSAFRA

RESUMO

O manejo de plantas daninhas de difícil controle como a buva requer a associação de métodos de controle, como controle cultural e controle químico, principalmente quando se objetiva proporcionar as melhores condições de crescimento e estabelecimento das culturas, como a soja. As análises multivariadas, por permitirem a análise simultânea de variáveis, tornam-se interessantes para compreender as associações existentes entre o manejo de buva e produtividade de grãos de soja. Por isso, objetivou-se identificar a relação entre as variáveis de manejo de buva com a produtividade de grãos de soja e com a população de plantas de buva que efetivamente competiram com a cultura durante todo o ciclo. O experimento foi conduzido em área experimental da Universidade Federal de Santa Maria, no delineamento blocos ao acaso com quatro repetições, nos anos agrícolas 2018/19, 2019/20, 2020/21. Os tratamentos constaram de cinco culturas de cobertura: aveia branca, aveia ucraniana, azevém, centeio e pousio (sem cobertura), associados a cinco herbicidas: 2,4-D, metsulfuron-methyl, metribuzin, saflufenacil, além de testemunha (sem aplicação). As variáveis quantificadas foram: população de buva nos estádios Z24 (POP1) e Z29 das culturas de cobertura (POP2), em pré-semeadura de soja (POP3) e nos estádios V4 (POP4) e R2 da cultura da soja (POP5), massa seca de cultura de cobertura (MSCC), massa seca de buva (MSB), número de plantas de soja por metro (NP), estatura de planta de soja (EST), peso de mil grãos (PMG) e produtividade de grãos de soja (PROD). A análise de correlação linear de Pearson foi realizada entre todas as variáveis, enquanto foram realizadas duas análises de causa e efeito, contendo PROD e POP5 como variáveis principais e as demais explicativas. A Correlação Linear de Pearson evidenciou os efeitos da integração dos métodos de controle, uma vez que correlação de alta magnitude e mesmo sentido foi observada entre MSCC e PROD e variáveis de controle e PROD. Além da correlação inversa entre as variáveis de população de plantas de buva, principalmente POP5, com MSCC e também com as variáveis de controle. Já na análise de causa e efeito, observou-se a necessidade de permitir o estabelecimento da cultura livre de competição com buva, pois as variáveis POP4, POP5 e MSB interferiram indiretamente sobre PROD, enquanto somente POP5 interferiu diretamente em 2019/20. Enquanto que as variáveis POP3 e C28 interferiram indiretamente sobre POP5, e somente MSCC interferiu diretamente em 2018/20. Logo, conclui-se que a integração dos métodos de controle analisada a partir das análises de correlação linear de Pearson e causa e efeito, é eficaz no controle de buva, permitindo condições adequadas de estabelecimento e desenvolvimento de soja.

Palavras-chave: *Conyza*. Soja. Correlação linear de Pearson. Análise de causa e efeito.

MULTIVARIATE ANALYSIS OF *CONYZA* SPP. MANAGEMENT IN SOYBEAN USING COVER CROPS AND HERBICIDES IN THE OFF-SEASON

ABSTRACT

The management of weeds that are difficult to control, such as hairy fleabane, requires the combination of control methods, such as cultural control and chemical control, especially when the objective is to provide the best conditions for the growth and establishment of crops, such as soybeans. The multivariate analyzes allow the simultaneous analysis of variables, they are interesting to understand the existing associations between the management of hairy fleabane and soybean grain yield. Therefore, the aim of this study was to identify the relationship between hairy fleabane management variables with soybean grain yield and the population of hairy fleabane plants that effectively competed with the crop throughout the cycle. The experiment was carried out at an experimental area of the Federal University of Santa Maria, in a randomized block design with four replications, during the 2018/19, 2019/20, 2020/21 crop season years. The treatments consisted of five cover crops: white oat, Ukrainian oat, ryegrass, rye, and fallow (no cover), associated with five herbicides: 2,4-D, metsulfuron-methyl, metribuzin, saflufenacil, and control (without application). The variables quantified were: hairy fleabane population at stages Z24 (POP1) and Z29 of cover crops (POP2), at pre-sowing of soybean (POP3), and at stages V4 (POP4) and R2 of the crop of soybean (POP5), cover crop dry mass (MSCC), hairy fleabane dry mass (MSB), number of soybean plants per meter (NP), soybean plant height (EST), thousand-grain weight (PMG) and soybean grain yield (PROD). Pearson's linear correlation analysis was performed between all variables, while two cause and effect analyzes were performed, containing PROD and POP5 as main variables and the other explanatory variables. Pearson's Linear Correlation evidenced the effects of the integration of control methods. A high magnitude and same direction correlation were observed between MSCC and PROD and control variables and PROD. In addition to the inverse correlation between the hairy fleabane plant population variables, mainly POP5, with MSCC and also with the control variables. In the cause and effect analysis, there was a need to allow the establishment of a competition-free culture with hairy fleabane, as the variables POP4, POP5, and MSB indirectly interfered PROD variable, while only POP5 interfered directly in 2019/20. While the POP3 and C28 variables interfered indirectly on POP5, only MSCC interfered directly in 2018/20. Therefore, it is concluded that the integration of control methods analyzed from Pearson's linear correlation and cause and effect analysis is effective in controlling hairy fleabane, allowing adequate conditions for the establishment and development of soybean.

Keywords: *Conyza*. Soybean. Pearson's linear correlation. Cause and effect analysis.

2.1 INTRODUÇÃO

Nativa da América, a buva (*Conyza* spp.) é uma planta herbácea, ereta, de ciclo anual que se reproduz via sementes, as quais possuem uma estrutura de dispersão chamada *papus* que permite seu deslocamento com o vento (anemocoria) (KISSMANN; GROTH, 1999). A alta capacidade de dispersão associada com a alta produção de sementes, que pode chegar até mais de 800 mil cipselas por planta em biótipos resistentes a glifosato (KASPARY et al., 2017), são as principais características que resultam no sucesso da buva como planta daninha. O gênero *Conyza* é cosmopolita e é representado, no Brasil, principalmente, pelas espécies daninhas *Conyza bonariensis* (L.), *Conyza canadensis* (L.) Cronq. e *Conyza sumatrensis* (Retz.) E. Walker nas regiões sul, sudeste e centro-oeste (KISSMANN; GROTH, 1999).

O lançamento da tecnologia Roundup Ready® na soja (*Glycine max* (L.) Merrill) trouxe avanços indiscutíveis para a agricultura, contudo o uso massivo do herbicida glifosato selecionou biótipos de plantas daninhas resistentes, como a buva, elevando as dificuldades de controle (VARGAS et al., 2007). No Brasil, os primeiros registros da ocorrência de resistência a glifosato foram em 2005 para as espécies *C. bonariensis* e *C. canadensis* e em 2010 para *C. sumatrensis* (HEAP, 2021). Além de resistência à EPSPs, *C. sumatrensis* apresenta resistência múltipla há outros cinco mecanismos de ação, inibidores da acetolactato sintase (ALS), inibidores de fotossistema I e II, inibidores da protoporfirinogênio oxidase (PPO) e aos mimetizadores de auxina (HEAP, 2021). Logo, a alta população dessa planta daninha está associada à resistência ao glifosato e à baixa cobertura vegetal durante a estação hiberna, fazendo-se necessárias outras táticas de controle integradas ao químico (TREZZI et al., 2013).

A utilização de culturas de cobertura integrada à aplicação de herbicidas em pré-plantio, resulta em baixa população de buva no ciclo da cultura da soja, evidenciando a importância da integração de métodos de controle nos sistemas de cultivo (WALLACE et al., 2019). Existem opções de controle químico para plantas daninhas eudicotiledôneas, como a buva, dentro do sistema de plantas gramíneas em cobertura. Portanto, é possível rotacionar mecanismos de ação a fim de evitar a pressão de seleção de biótipos resistentes, desde que os efeitos fitotóxicos à cobertura não sejam tão evidenciados (DALAZEN et al., 2015). Assim, avaliar a

população de buva entre diferentes safras agrícolas, conforme o uso de diferentes métodos de controle ao longo de diferentes safras, é importante para compreender os resultados proporcionados pela integração desses métodos.

O controle cultural aliado ao controle químico é uma ferramenta no manejo, pois a presença de cobertura do solo proporciona um efeito supressor às plantas daninhas (LAMEGO et al., 2013). Além disso, a utilização de plantas de cobertura afeta o banco de sementes pela redução da penetração de luz que chega ao solo, além de suprimir o crescimento e o desenvolvimento das plantas daninhas pela competição interespecífica e pelos efeitos alelopáticos já registrados em algumas espécies, como *Secale cereale* L. (BURGOS et al., 2004) e *Avena* spp. (JACOBI; FLECK, 2000). Culturas de cobertura, como aveia e centeio, associadas ao manejo de adubação nitrogenada, reduzem, em média, 56 a 82% a população de buva (WALLACE et al., 2019).

Devido à importância econômica da soja no cenário agropecuário brasileiro e mundial, compreender as relações referentes ao controle de buva que afetam o seu desempenho é importante. As análises multivariadas permitem compreender a associação de várias variáveis simultaneamente. Dentre elas, estão as relações lineares que investigam as associações existentes entre variáveis e, para tal, utiliza-se coeficientes de correlação linear, como o coeficiente de correlação linear de Pearson que mensura a magnitude da associação entre duas variáveis (CRUZ et al., 2012). No entanto, mesmo que mensurem de modo efetivo a magnitude de associação, não expressam os efeitos diretos e indiretos de variáveis explicativas sobre uma variável principal, fazendo-se necessário o desdobramento dessas correlações, em efeitos diretos e indiretos, pela análise de causa e efeito (CRUZ et al., 2012), a fim de compreender quais variáveis estão contribuindo indiretamente para essa associação. A maioria dos estudos na ciência das plantas daninhas não aborda a complexidade dessas associações, baseando-se apenas em correlações simples, sendo necessária essa abordagem para definição de critérios para melhoria do manejo (DE VIDA et al., 2006).

Estudos tem investigado esses efeitos sobre a produtividade de grãos em soja (MAHBUB et al., 2015; TEODORO et al., 2015; ZUFFO et al., 2018). Entretanto, as relações da produtividade de grãos de soja com variáveis agronômicas de controle de plantas daninhas ainda não foram investigadas. O objetivo desse estudo foi identificar a relação entre as variáveis de manejo de buva com a produtividade de grãos de soja

e com a população de plantas de buva que efetivamente competiram com a cultura durante todo o ciclo.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em área experimental da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) (29°43'31"S 53°43'41"O), no delineamento blocos ao acaso com quatro repetições nos anos agrícolas 2018/19, 2019/20 e 2020/21. O clima da região é classificado como CFA subtropical úmido com verões quentes e sem estação definida, com tipo de solo Argissolo Vermelho distrófico arênico (EMBRAPA, 2018). Em 2018/19, o experimento foi implantado em abril, após a aplicação do herbicida paraquat (400 g i.a. ha⁻¹) em área total para o manejo da população de buva já estabelecida, considerando-se que as avaliações subsequentes decorrem dos fluxos de emergência da espécie relacionado aos tratamentos experimentais. Durante os três anos de estudo, a estrutura experimental manteve-se a mesma, pois os tratamentos foram alocados sempre na mesma unidade experimental. As unidades experimentais constaram de parcelas de dimensões 5 x 2,50 m, ocupando uma área experimental de 12.50 m².

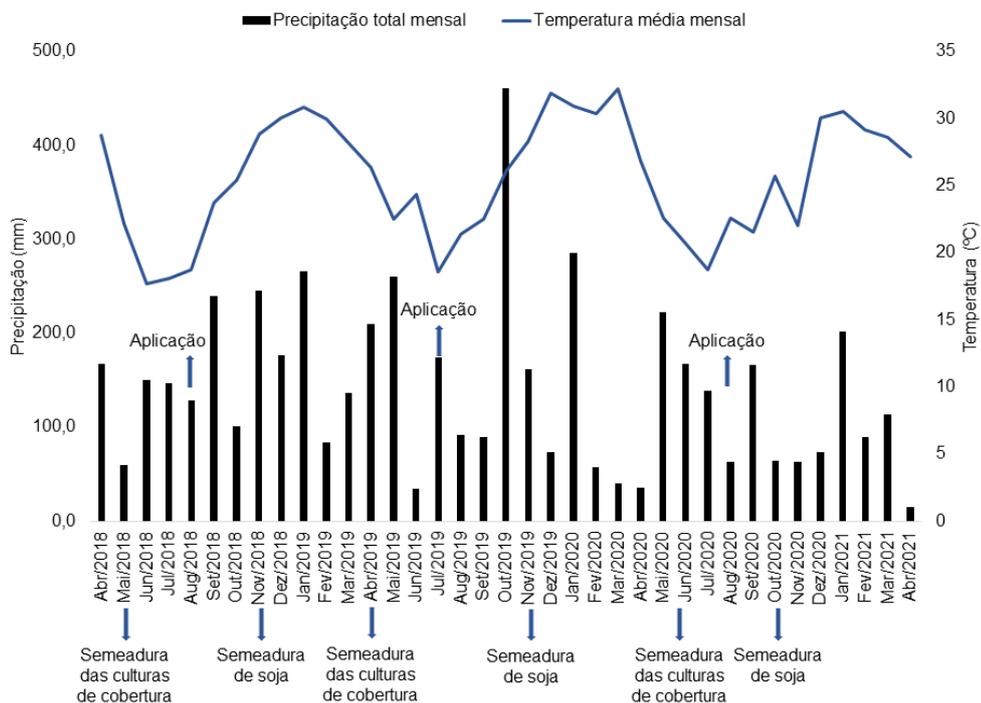
Os tratamentos foram combinações de dois fatores, culturas de cobertura e herbicidas, constituindo um bifatorial 5x5. Os níveis do fator culturas de cobertura em suas respectivas densidades de semeadura foram: aveia branca, cultivar URS Brava, (*Avena sativa* L. – 90 kg ha⁻¹), aveia ucraniana, cultivar comum, (*Avena strigosa* Schreb. – 80 kg ha⁻¹), azevém, cultivar comum, (*Lolium multiflorum* L. – 25 kg ha⁻¹), centeio, cultivar BRS Serrano, (*Secale cereale* L. – 40 kg ha⁻¹) e pousio (sem cobertura). Os níveis dos herbicidas em suas respectivas doses foram: 2,4-D, nome comercial U46-BR, (670 g e.a. ha⁻¹), metribuzin, nome comercial Sêncor[®] 480 (336 g i.a. ha⁻¹), metsulfuron-methyl, nome comercial Zartan, (2,4 g i.a. ha⁻¹), saflufenacil, nome comercial Heat[®], (35 g i.a. ha⁻¹), além da testemunha (sem aplicação). Para o controle de plantas de azevém provenientes de ressemeadura natural dentro das parcelas do tratamento pousio, realizou-se a aplicação de cletodim (120 g i.a. ha⁻¹) em jato dirigido.

As datas de semeadura das culturas de cobertura e soja, aplicação dos herbicidas e colheita foram realizadas de acordo com o ajuste de safra de cada ano

(Tabela 1). Os dados climáticos de temperatura média mensal em graus Celsius (°C) e precipitação média mensal em milímetros (mm) estão descritos na Figura 1.

A aplicação dos herbicidas foi realizada quando as plantas se encontravam no estágio Z27, que corresponde a sete perfilhos no colmo principal (ZADOKS et al. 1974) (Tabela 1). Para aplicação dos tratamentos herbicidas foi utilizado um pulverizador costal pressurizado à CO₂ e pontas do tipo leque 110.015 espaçadas em 50 cm, calibrado com pressão de aplicação de 304,6 psi e taxa de aplicação de 150 L ha⁻¹. No momento da aplicação, as plantas de buva encontravam-se com no máximo 10 cm e 10 folhas. Devido ao histórico da área com presença de plantas de buva remanescentes, supõe-se que a população existente seja resistente aos herbicidas inibidores da EPSPs e ALS.

Figura 1 — Dados meteorológicos médios mensais de precipitação (mm) e temperatura (°C) nos anos 2018/19, 2019/20 e 2020/21.



Fonte: Adaptado de Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (2022).

Tabela 1 — Datas de operações de campo em 2018/19, 2019/20 e 2020/21.

Atividades	2018/19	2019/20	2020/21
Semeadura das culturas de cobertura	23/05/18	02/05/19	02/06/20
Aplicação dos herbicidas	01/08/18	17/07/19	19/08/20
Semeadura de soja	28/11/18	15/11/19	07/10/20
Colheita de soja	15/04/19	31/03/20	10/03/21

Fonte: THOMASI (2022).

Para a semeadura da soja, as culturas de cobertura, incluindo o tratamento pousio, foram dessecadas mediante aplicação com glifosato ($1.620 \text{ g e.a. ha}^{-1}$) quando estavam no estágio Z68 que corresponde à antese completa (ZADOKS et al., 1974). A semeadura da soja foi realizada com adubação de base de 12,5, 75 e $37,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de NPK. As cultivares utilizadas no estudo foram NS 6209RR, NA 5909RG e NS 5258RR em 2018/19, 2019/20 e 2020/21, respectivamente. Justifica-se a variação das cultivares de soja em função da disponibilidade do mercado nas diferentes safras. Para todas as safras, durante o ciclo de desenvolvimento da soja foi realizada uma única aplicação de glifosato ($1.620 \text{ g e.a. ha}^{-1}$) em pós-emergência, no estágio V4, no qual encontram-se três folhas completamente desenvolvidas (Fehr e Caviness, 1977).

As variáveis quantificadas no agrícola 2018/19 foram: população de buva em número de plantas por metro quadrado (pl m^{-2}) nos estádios Z24 (antes da aplicação dos herbicidas) (POP1) e Z29 das culturas de cobertura (28 DAT) (POP2), que se referem a presença de quatro e nove ou mais perfilhos, respectivamente (conforme escala fenológica de Zadoks et al. (1974), pré-semeadura de soja (POP3) e nos estádios V4 (POP4) e R2 da cultura da soja (POP5), onde o último refere-se ao florescimento pleno (conforme a escala fenológica de Fehr e Caviness (1977)). No estágio Z29 das culturas de cobertura (ZADOKS et al. 1974) foram avaliados a massa seca de buva (MSB) e das culturas de cobertura (MSCC) em área de $0,25 \text{ m}^2$ e expressas em g m^{-2} . Após a coleta das amostras, as mesmas foram alocadas em estufa a $65 \text{ }^\circ\text{C}$ durante seis dias até obtenção de massa constante, quando foram pesadas. Para a cultura da soja, foram avaliados estatura de plantas de soja (EST), número de plantas de soja por metro (m^{-1}) (NP), massa de mil grãos (PMG) e produtividade de grãos de soja (PROD). A EST foi mensurada no estágio R9, com auxílio de régua milimetrada em dez plantas por parcela, tomando-se a medida da

base do solo até a inserção do último legume, expressa em cm. O NP foi avaliado através da contagem direta em duas amostragens por parcela, enquanto que a PMG foi quantificada através de oito contagens de 100 grãos e realizada a média, estimado para mil grãos em g. A PROD foi quantificada pela colheita de 4,05m² da área útil da parcela, expressa em kg ha⁻¹, com umidade corrigida para 13%.

Já no ano agrícola 2019/20, as variáveis quantificadas foram: POP2, POP3, POP5, controle de buva (%) aos 7 (C7), 14 (C14), 21 (C21) e 28 (C28) dias após a aplicação (DAA) dos herbicidas nas culturas de coberturas, MSB, MSCC e PROD. O controle foi avaliado visualmente com notas entre 0 e 100%, sendo 0 a ausência e 100 a totalidade de controle. Já em 2020/21 foram: POP1, POP2, POP3, POP4, POP5, MSB, MSCC, C7, C14, C21, C28, EST, NP, PMG e PROD.

Os dados foram analisados através da correlação linear de Pearson entre todas as variáveis quantificadas dentro de cada ano e a significância do coeficiente de correlação (r) foi testada pelo teste t de Student a 5% de probabilidade de erro.

Para cada ano agrícola foram realizadas duas diferentes análises de causa e efeito, considerando em uma a PROD e em outra a POP5 como variável dependente, visto que ambas variáveis expressam os resultados do manejo utilizado, uma vez que a produtividade de grãos é a variável de interesse econômico, sendo POP5 a população de buva que conviveu durante todo ciclo de cultivo da soja. A multicolinearidade foi testada pelo número de condição (NC) e fator de inflação da variância (FIV) para cada variável independente. Nos casos em que NC <100 e FIV <10, a multicolinearidade é classificada como fraca e, quando a multicolinearidade for superior a esses valores, a mesma é classificada como moderada a elevada, logo algumas variáveis independentes com alta relação entre si foram desconsideradas na análise. Para representar os efeitos indiretos no diagrama de causa e efeito, utilizou-se somente da principal variável de maior contribuição.

As análises estatísticas e gráficas foram realizadas com o Microsoft Excel e pelos pacotes Hmisc (HARRELL JR, 2021), ggcorrplot (KASSAMBARA et al., 2019) e biotools (SILVA, 2021) do software R (R CORE TEAM, 2021).

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 Correlação linear de Pearson

A correlação linear de Pearson em 2018/19 não apresentou significância para pares formados entre PROD e demais variáveis correlacionadas (Figura 2a). Dessa forma, pode-se inferir que a população de buva resistente ao glifosato foi controlada com a aplicação prévia de paraquat e com os herbicidas e culturas de coberturas utilizados nos tratamentos. Logo não houve relação entre as populações de buva (POP1, POP2, POP3, POP4 e POP5) com PROD, devido aos efeitos ainda pouco expressivos do manejo, haja vistas que as parcelas que apresentaram maior incidência de buva foram aquelas consideradas pousio sem aplicação de herbicidas, no entanto, os fatores experimentais não apresentaram interação em si (dados não apresentados).

Em 2019/20, os efeitos do manejo foram significativos entre produtividade de grãos e população de buva, onde observou-se correlação negativa entre elas, uma vez que POP5 foi a população de buva que conviveu com a soja durante todo seu ciclo (POP 5) ($r = -0,49$) (Figura 2b). Os efeitos mais expressivos foram observados em 2020/21, pois todas as variáveis de população de buva apresentaram coeficientes de correlação significativos, altos e negativos com a PROD ($r = -0,93$) (Figura 2c).

Esse resultado evidenciou que o aumento da população de plantas de buva, reduz-se a produtividade de grãos de soja, principalmente em condições em que não se é realizado controle na entressafra, sendo esse o momento favorável para seu controle, visto que seus efeitos sobre a população são evidentes, proporcionando melhor condição na pré-semeadura da cultura subsequente (PAULA et al., 2013). Isso permite o estabelecimento da cultura livre da presença de planta daninhas, uma vez que a perda de produtividade de grãos de soja, ocasionada pela presença de 37 plantas m^2 , pode chegar até $20,7 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ entre 21 e 42 dias após a semeadura (SILVA et al., 2014)

Os resultados de produtividade podem ser explicados, em parte pela relação inversa de PMG com a POP4 observada nos três anos de condução do estudo (Figura 2). Esse resultado indica que conforme aumentou POP4, houve redução de PMG. Logo, o efeito proporcionado pela presença de plantas de buva quando a soja ainda se encontra em estádios iniciais foi prejudicial ao seu desenvolvimento, já que o glifosato não promoveu controle da população resistente da espécie daninha. A relação negativa da presença de buva em relação à estatura também foi outro fator que pode explicar os efeitos negativos em produtividade (Figura 2a, Figura 2c).

A relação inversa de POP2, POP3 e PO4 com EST ($r = -0,69$, $r = -0,69$ e $r = -0,79$, respectivamente) em 2018/19 (Figura 2b), se manteve ainda mais evidente em 2020/21 ($r = -0,80$, $r = -0,85$ e $r = -0,77$, respectivamente) (Figura 2c). O sombreamento proporcionado pelas plantas daninhas afeta a qualidade da luz, o que sinaliza mudanças fotomorfogênicas na cultura, através da percepção de alterações na razão dos comprimentos de onda vermelho: vermelho extremo (V:VE) (BALLARÉ et al., 2000). Características morfológicas, como área foliar e massa seca total, são correlacionadas positivamente com parâmetros fisiológicos quando a soja está em competição com *Conyza canadensis*, indicando que essas alterações morfológicas interferem na fisiologia da cultura (SILVA et al., 2014). Logo, esse resultado mostrou que o estabelecimento da cultura de soja é prejudicado em redução de crescimento, através da estatura de planta, em função do menor aporte de água e nutrientes, mas sobretudo pela baixa qualidade da luz disponível à soja, como foi observado em plantas de soja convivendo com *Conyza canadensis* (SILVA et al., 2014).

Outra variável que explicou a população de buva observada na soja foi a MSCC. Observou-se efeito negativo sobre POP3 e POP4 em 2018/19 ($r = -0,52$ e $r = -0,42$, respectivamente) (Figura 2a) e sobre todas avaliações de população em 2020/21 (Figura 2c), no entanto, em 2019/20, não foi possível observar essa relação em função do pior estabelecimento das culturas de cultura. Considerou-se que isso deve-se à importância do controle cultural sobre a população de buva, principalmente para permitir o bom estabelecimento da cultura da soja. Os resíduos remanescentes após a colheita das culturas de coberturas interferem na temperatura, umidade e radiação que atinge o solo, assim alteram o fluxo de germinação das plantas daninhas (LAMEGO et al., 2013). Dessa forma, as sementes fotoblásticas positivas da buva não foram estimuladas à germinação, reduzindo seu fluxo de emergência.

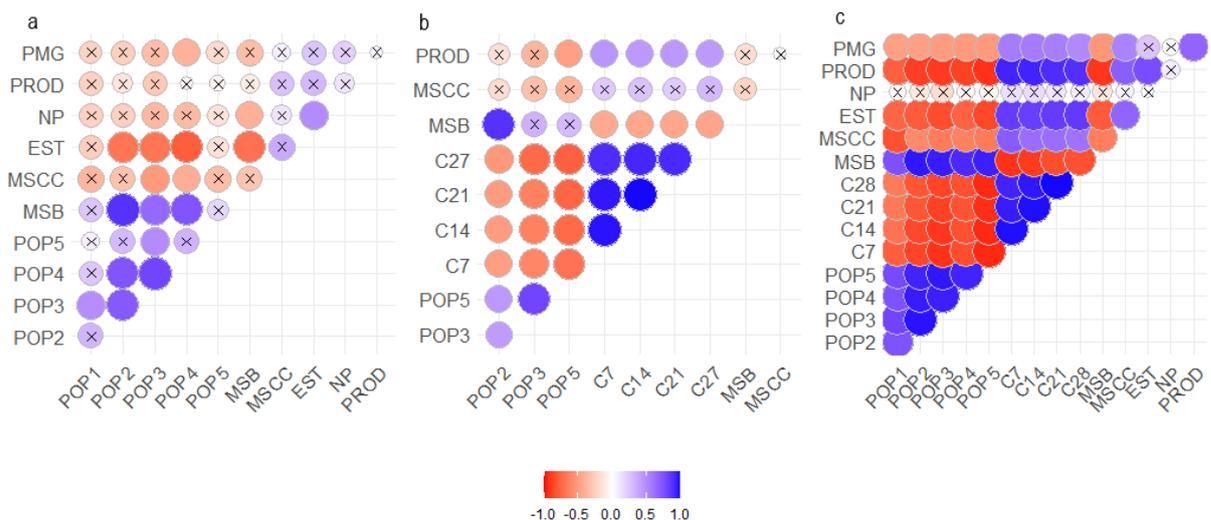
Em 2019/20, nenhuma variável teve correlação significativa com MSCC, o que pode ser justificado em função da alta pluviosidade após a semeadura das culturas de cobertura, resultando em pior estabelecimento de azevém e centeio (Figura 2b). As condições climáticas variam nos anos e podem favorecer ou prejudicar o crescimento de culturas de cobertura de inverno, onde precipitação e temperatura acima da média contribuem para redução no crescimento (SHERMAN et al. 2019). Contudo, em 2020/21 esse poder supressor das culturas de cobertura sobre as populações foi muito evidenciado, explicado por magnitudes altas e inversas do

coeficiente de correlação linear de Pearson, variando de -0,60 (POP2) até -0,84 (POP5).

Todas variáveis de controle mostraram relação inversa com as variáveis de população de plantas de buva ($r = -0,50$ até $r = -0,78$) (Figura 2b) e que foram ainda mais evidentes em 2020/21 ($r = -0,68$ até $r = -0,95$), visto que as avaliações visuais de controle integram os dois métodos utilizados, químico e cultural, destacado pela relação de controle e MSCC, conforme aumentou-se controle, aumentou-se a MSCC ($r = 0,61$ até $r = 0,71$) (Figura 2c).

Nesse ano, 2020/21, tem-se o resultado de três anos consecutivos do mesmo manejo e, assim, observou-se que a integração de métodos de controle foi indispensável para o manejo dessa planta daninha, principalmente de biótipos resistentes ao glifosato, quando se objetiva atingir altas produtividades, visto que a correlação entre PROD com MSCC e com as variáveis de controle apresentaram-se significativas, positivas e de magnitude muito altas, ou seja, conforme aumentou-se MSCC e controle, aumentou-se a PROD (Figura 2c).

Figura 2 — Correlação de Pearson entre as variáveis população de buva (*Conyza* spp.) em experimento testando culturas de cobertura e aplicação de herbicidas na entressafra nas safras de 2018/19 (a), 2019/20 (b) e 2020/21 (c).



*POP1, POP2, POP3, POP4 e POP5: população de buva nos estádios Z24 e Z29 das culturas de cobertura, na pré-semeadura e nos estádios V4 e R2 da cultura da soja, respectivamente; massa seca de buva (MSB), massa seca de cobertura (MSCC), estatura de plantas de soja (EST), número de plantas de soja (NP), massa de mil sementes de soja (PMG) e produtividade de grãos de soja (PROD).

Pares contendo a letra X indicam correlação não significativa pelo teste t ($p > 0,05$).

Ao utilizar o controle integrado das culturas de cobertura e dos herbicidas visando a safra de soja, percebeu-se que o controle da população de buva pode ser satisfatório, principalmente no controle de plantas resistentes, uma vez que utilizou-se exclusivamente o herbicida glifosato sobre essa população, logo, a redução na população de buva foi devido ao efeito proporcionado pelo manejo entressafra.

2.3.2 Relação de causa e efeito

A análise de causa e efeito para os anos de 2018/19, contendo PROD como variável dependente, apresentou R^2 (0,380) e efeito residual (0,790) pouco adequados (Figura 3a). Considerou-se que esse resultado deve-se ao primeiro ano de condução e baixo efeito dos tratamentos. Os critérios de NC e FIV para multicolinearidade foram atendidos, pois $NC = 72,623$ e $FIV = 1,427$ até $7,797$, não sendo necessária a exclusão de variáveis.

Os efeitos indiretos são predominantes na análise de causa e efeito para a safra 2018/19. Embora os efeitos diretos concordem em sinal com a correlação das variáveis independentes com a PROD, não concordam em magnitude, mostrando que há influência de outras variáveis na associação. Observou-se que POP4 influencia a correlação das variáveis POP2, POP3, POP5, MSB, MSCC, EST e PMG com PROD, ou seja, embora as correlações sejam fracas, a variável POP4 é a que mais contribui para os efeitos indiretos dessas variáveis independentes (Figura 3a). Esse resultado justifica o citado anteriormente da importância da POP4, avaliada no ciclo da soja, que representou a população de plantas de buva que interferiu no desenvolvimento inicial da soja.

Notou-se a partir disso que o manejo entressafra é essencial para o controle de buva, pois impede o estabelecimento de novas plantas, favorecendo a semeadura de soja livre de competição, visto que POP4 representa a avaliação no estágio V4 da soja, ou seja, no início do ciclo de cultivo. A presença da palha de culturas de cobertura interfere no banco de sementes de buva, além de facilitar o manejo na pré-semeadura de soja, pois reduz a competição interespecífica durante o estabelecimento da cultura e permite melhores resultados de controle em pós-emergência (PAULA et al., 2011). A análise de causa e efeito em arroz sugeriu que a sua competitividade no final da estação contra *Echinochloa oryzoides* (Ard.) Fritsch dependia do crescimento

alcançado pela cultura no início do ciclo de cultivo e da sua taxa de acumulação de biomassa após esse período (DE VIDA et al., 2006).

Herbicidas como 2,4-D e dicamba podem ser eficientes no controle de buva, mas não oferecem controle residual, mas quando associados à cobertura vegetal, como centeio, são eficientes na redução da densidade (SHERMAN et al., 2019), contudo, ainda exigem utilização adicional de herbicidas para evitar a perda de produtividade, principalmente de biótipos resistentes ao glifosato (SHERMAN et al. 2019). Dessa forma, percebeu-se a importância de controlar essa população antes da semeadura, em que atrasos na dessecação antes do fechamento da entrelinha podem limitar a produtividade de grãos de soja, e que a integração de métodos de controle é uma ferramenta importante no manejo de resistência de plantas daninhas a herbicidas.

O efeito direto de POP4 sobre a PROD foi alto (0,992), no entanto sua correlação linear de Pearson é irrelevante ($r = -0,04$). A falta de correlação é explicada por efeitos indiretos, principalmente via EST (-0,563) (Figura 3a). Em cultivares de hábito de crescimento indeterminado, como a utilizada no presente estudo, a estatura de planta de soja pode ser considerada na seleção de variáveis simultâneas no melhoramento genético, pois possuem efeito direto positivo sobre a produtividade de grãos (TEODORO et al., 2015). Sob competição com plantas daninhas dicotiledôneas, a maior estatura de planta de soja interfere indiretamente sobre a produtividade de grãos, proporcionando maior competitividade à cultura (BIANCHI et al., 2006).

No presente estudo, notou-se um decréscimo em estatura de plantas de soja sob interferência negativa de buva, evidenciado pelas relações inversas do coeficiente de correlação linear de Pearson e destacado pela influência dela nos efeitos indiretos de outras variáveis, corroborando com outro estudo em que a convivência com buva entre os estádios V0 e R2 reduziu a estatura de planta de soja em 9% (ROCKENBACH; RIZZARDI, 2019). Observou-se que as variáveis possuem seus efeitos indiretos sobre a PROD explicados via POP4 e EST (Figura 3a) e que ambas são explicadas uma pela outra, ou seja, são necessárias estratégias de controle antecipadas para manter a soja livre de competição até o fechamento da sua entrelinha. Esta prática possibilita maior estatura de planta, mantendo a produtividade de grãos, visto que as maiores perdas em estatura ocorrem ainda na fase inicial de desenvolvimento (ROCKENBACH; RIZZARDI 2019). Ainda pode-se observar a

influência de POP3 no efeito indireto de POP1 sobre PROD, mas o efeito direto e a correlação linear com PROD são desprezíveis (Figura 3a).

Em 2019/20, o R^2 e o efeito residual da análise de causa e efeito contendo PROD como variável dependente continuaram pouco adequados ($R^2= 0,364$ e $0,798$, respectivamente). Considera-se esse resultado em função das condições climáticas para o estabelecimento das culturas de cobertura e para o desenvolvimento da cultura da soja (Figura 1). Para que os critérios da multicolinearidade fossem atendidos foi necessária a exclusão das variáveis C14 e C21, de forma que o $NC = 56,278$ e $FIV = 1,254$ até $8,675$.

POP5 apresentou influência expressiva sobre a PROD, por efeito direto e pela contribuição sobre o efeito indireto de outras variáveis independentes, como POP3, C7, C28 e MSCC (Figura 3b). O efeito direto de POP5 mostra a verdadeira relação de causa e efeito, em que o efeito direto e a correlação linear são concordantes em magnitude e direção (VENCOVSKY E BARRIGA, 1992) ($-0,589$ e $-0,49$, respectivamente) (Figura 3b). Esse resultado indica o forte impacto causado pela presença de plantas de buva durante todo o ciclo de cultivo da soja, em que a competição pelos recursos, como luz e nutrientes, mas principalmente água, foram determinantes para a produtividade de grãos, visto que as chuvas foram mal distribuídas durante o cultivo da soja, com falhas principalmente durante o estágio de enchimento de grãos. A competição entre soja e buva causa alterações morfológicas nas raízes, como redução no comprimento da raiz, determinantes para a absorção de recursos do solo (ROCKENBACH E RIZZARDI, 2019). Logo, sob estresse hídrico, o potencial produtivo já está comprometido pela falta de água e, em condições em que há competição, principalmente durante todo o ciclo de cultivo, há intensificação na restrição dos recursos do ambiente, prejudicando o potencial produtivo.

O efeito indireto de POP2 sobre PROD é via MSB e de MSB é via POP2 (Figura 3b). As plantas de buva não controladas permanecem na área de cultivo e aumentam em massa seca, devido à maior competitividade da planta daninha em relação à soja, tanto biótipos suscetíveis como resistentes (SILVA et al., 2014). Consequentemente incrementam na perda de produtividade de grãos, visto que em arroz (*Oryza sativa* L.) a biomassa de plantas daninhas no pré-florescimento tem efeito direto negativo na produtividade ($-0,71$) (DE VIDA et al. 2006).

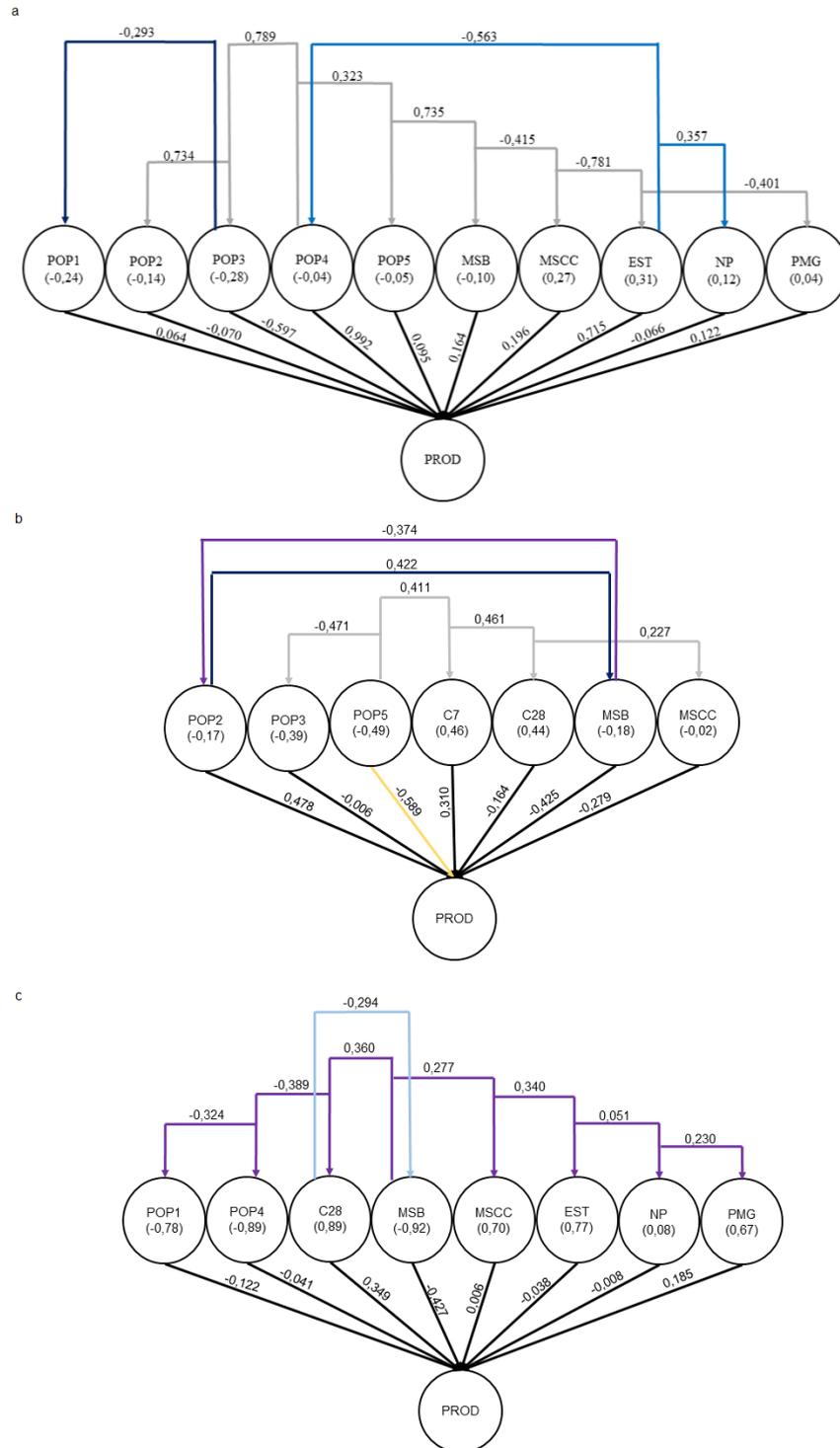
Já em 2020/21, a análise de causa e efeito contendo PROD como variável dependente, teve R^2 e efeito residual adequados ($0,94$ e $0,25$, respectivamente), em

função da maior expressividade dos tratamentos no último ano, reduzindo a variabilidade dentro dos tratamentos. Para atender ao critério de multicolinearidade, as variáveis POP2, POP3, POP5, C7, C14 e C21 foram excluídas da análise, assim o NC foi 86,056 e o FIV variou de 1,109 a 8,414. A predominância dos efeitos indiretos nesse ano também foi notável, visto que as variáveis estão correlacionadas entre si e seus efeitos diretos não são concordantes em magnitude, sendo até mesmo insignificantes. Assim, a partir da análise de causa e efeito, foi possível identificar a contribuição das variações para uma determinada associação, que somente através da correlação linear de Pearson não seria possível. Em arroz, a baixa correlação entre produtividade de grãos livre da presença de plantas daninhas e o índice de colheita em relação ao seu efeito direto, é explicada pelo efeito indireto da biomassa de arroz em pré-florescimento (De Vida et al. 2006).

A variável MSB foi a que mais contribui para o efeito indireto de todas as variáveis analisadas, inclusive MSCC, pois enquanto sua correlação linear de Pearson com PROD foi 0,70, o efeito direto de 0,006 é desprezível. Assim a contribuição de 0,277 via MSB é a que mais explicou essa alta correlação (Figura 3c). A maior população plantas daninhas, logo o aumento da massa seca, influenciaram negativamente ($r = -0,437$ e $r = -0,408$, respectivamente) a produtividade de grãos de gergelim (*Sesamum indicum* L.) (DANIYA et al., 2013), como observado para o efeito de buva em soja. O efeito direto de MSB explica quase 50% de sua correlação com PROD (-0,427), o restante é explicado pelos efeitos indiretos, principalmente via C28 (-0,294) (Figura 3c).

A influência via C28 no efeito indireto de MSB pode ser explicada pela integração dos métodos de controle cultural e químico de buva, visto que ambos refletem na redução da biomassa de plantas daninhas (SHERMAN et al., 2019). No entanto, a influência de MSB na safra 2020/2021 é justificada pela alta população de plantas de buva nas parcelas mantidas em pousio na entressafra sem aplicação de herbicidas (258 plantas m^{-2} , dados não apresentados), em decorrência do aumento do banco de sementes do solo ao longo dos três anos. Embora as sementes de buva possam se dispersar em até 186 km (LIU et al. 2018), 80% germinam ao redor da planta-mãe (LOUX et al. 2006), justificando esse aumento no banco de sementes. Por isso MSB é uma variável importante, principalmente em condições onde o solo manteve-se em pousio, favorecendo o estabelecimento das plantas e posterior interferência na cultura da soja.

Figura 3 — Análise de causa e efeito para variável dependente produtividade de grão de soja (PROD) nos anos 2018/19 (a), 2019/20 (b) e 2020/21 (c).



*População de buva no estágio Z24 (POP1) e Z29 das culturas de cobertura (POP2), pré-semeadura de soja (POP3) e nos estádios V4 (POP4) e R2 da cultura da soja (POP5), massa seca de buva (MSB), massa seca de cobertura (MSCC), estatura de plantas de soja (EST), número de plantas de soja (NP), massa de mil sementes de soja (PMG). Dentro do círculo está a correlação linear de Pearson de cada variável com PROD; as setas originárias das variáveis até PROD indicam o efeito direto, enquanto as setas superiores indicam os efeitos indiretos sobre PROD.

Na análise de causa e efeito de 2018/19, contendo POP5 como variável principal, a qual corresponde à população de buva que esteve presente durante todo ciclo de cultivo da soja, não foi necessária a exclusão de variáveis, pois os critérios da multicolinearidade, $NC= 62,116$ e $FIV= 1,386$ a $7,032$, foram satisfeitos. O ajuste da regressão foi $R^2= 0,476$ e o efeito residual foi $0,724$, esses resultados foram pouco adequados em função da variabilidade dos dados, uma vez que os efeitos dos tratamentos ainda eram pouco expressivos.

Mesmo com correlação de magnitude fraca, MSCC e PMG possuem efeito direto negativo sobre POP5, visto que o efeito direto e a correlação concordam em magnitude e direção (Figura 4a). As correlações de magnitudes fracas evidenciam a pouca expressividade dos tratamentos devido à baixa população de buva, mas é notável a influência do controle cultural sobre a população que permanecerá durante o verão. A população de buva é maior em áreas mantidas sob pousio no inverno em relação às áreas mantidas com cobertura de solo, como trigo ou aveia preta, pois essas apresentam efeito supressor (Paula et al. 2011). Logo, o efeito de MSCC ocorre em função do sombreamento do solo como barreira física à penetração de radiação solar no dossel e às características alelopáticas das culturas de cobertura, tanto durante o ciclo de cultivo como pelos resíduos remanescentes sobre o solo.

PMG tem relação direta com POP5, pois POP5 esteve presente durante o enchimento de grãos, acarretando diretamente em prejuízos na produtividade de de soja, visto que PMG possui efeito direto positivo sobre a produtividade de grãos de soja (MAHBUB et al., 2015). Ainda em 2018/19, POP3 foi a variável que mais contribui para os efeitos indiretos das variáveis POP1, POP4, EST e NP, destacando mais uma vez a necessidade de controlar a buva na dessecação. Já os efeitos indiretos de POP3 e MSB foram explicados via POP2, enquanto POP2 foi explicado via MSB (Figura 4a).

Já em 2019/20, para satisfazer os critérios da multicolinearidade, foram excluídas as variáveis C14 e C21, onde $NC= 47,412$ e $FIV= 1,171$ até $8,407$. Nesse ano, o ajuste de $R^2= 0,760$ e do efeito residual $= 0,489$ foram adequados. Todas as variáveis mostraram correlações explicadas por efeitos indiretos sobre POP5, onde POP3 foi a variável que mais contribui para os efeitos indiretos de C7, C28 e MSCC (Figura 4b). As variáveis de controle juntamente com MSCC expressaram a totalidade dos resultados dos tratamentos sobre a POP5 (Figura 4b). Observa-se que, a partir de POP3, a população de buva presente na área e que não foi controlada na entressafra nem com a aplicação de glifosato em V4, permaneceu durante o ciclo de

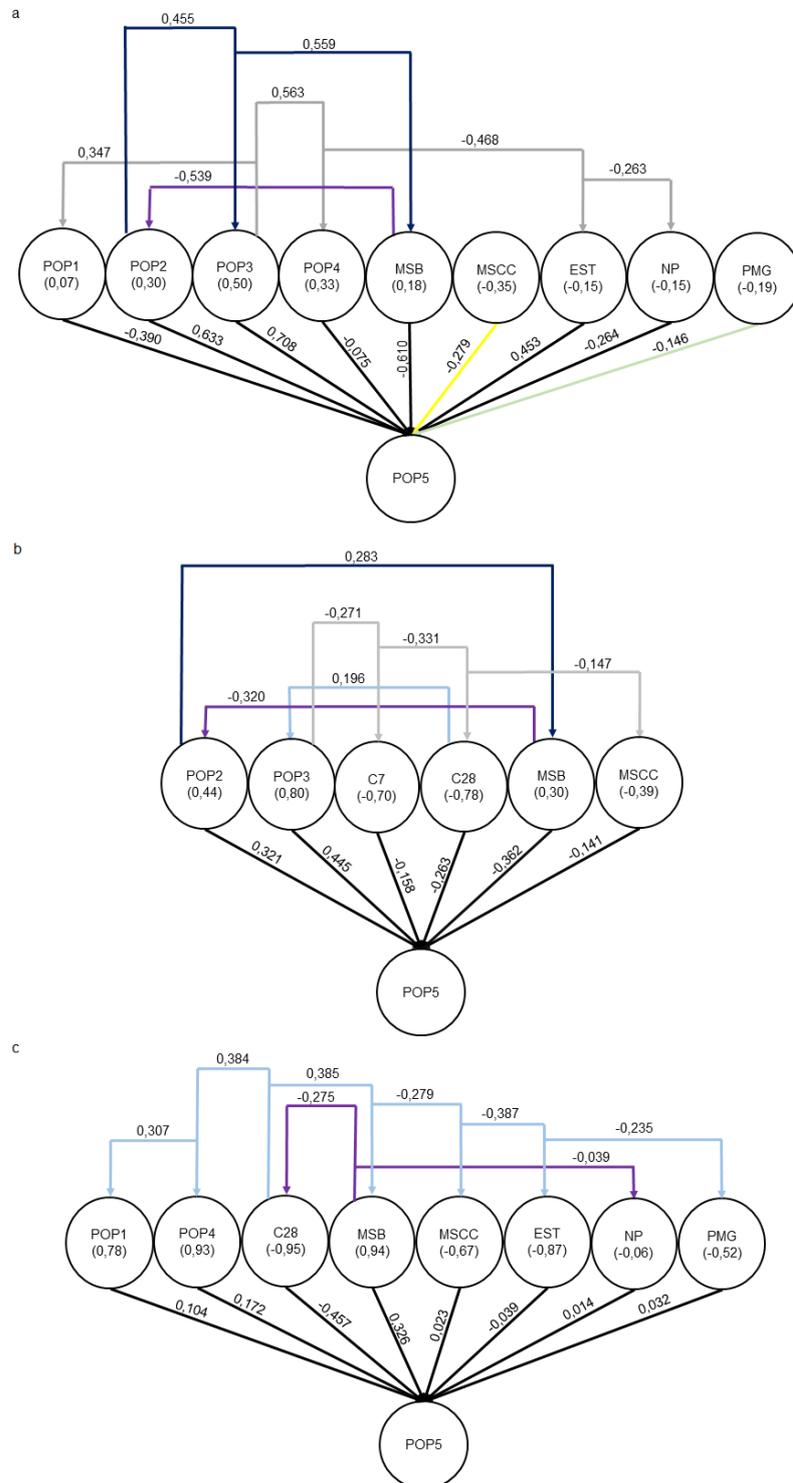
cultivo da soja e reduziu a produtividade da cultura, destacando o efeito indireto de MSCC e POP5 via POP3 (Figura 4b). Há também o efeito indireto de POP2 expresso via MSB e de MSB via POP2, além de POP3 via C28 (Figura 4b).

Em 2020/21, as variáveis C21, C14, POP3, POP2 e C7 foram excluídas da análise para atender aos critérios de multicolinearidade, onde $NC = 86,056$ e $FIV = 1,109$ até $8,414$. O R^2 foi de $0,937$ e o efeito residual de $0,250$, pois nesse ano, os efeitos dos tratamentos foram mais notáveis, dessa forma, o ajuste torna-se melhor devido às correlações serem de maiores magnitudes. MSCC, EST e PMG apresentam correlações com magnitudes moderada a alta com POP5, no entanto, seus efeitos diretos são desprezíveis, sendo os efeitos indiretos responsáveis pela associação, explicados via C28 (Figura 4c). Como já mencionado, C28 expressa o controle visual proporcionado pelo controle cultural e químico 28 dias após a aplicação dos herbicidas, por isso possuem influência sobre MSCC, EST E PMG que afetam indiretamente POP5 (Figura 4c).

O uso de herbicida foi uma complementação às características supressoras das culturas de cobertura, onde indiretamente MSCC diminuiu POP5 via C28 (Figura 4c). Em relação à EST, a contribuição de C28 para o efeito indireto sobre POP5 indicou que quando se controla buva durante a entressafra, aumentou-se EST devido à redução em POP5 e da competição interespecífica (Figura 4c). Consequentemente, pode-se inferir que esse resultado justifica a maior produtividade quando do controle adequado de buva, podendo-se explicar no presente estudo via PMG. Observa-se que C28 aumenta PMG em decorrência da redução na POP5 (Figura 4c). Outra informação relevante, é o efeito indireto de POP4 sobre POP5 via C28 (Figura 4c), onde as falhas de controle durante a entressafra representam a população de buva que estará presente durante o ciclo de desenvolvimento da soja, por isso há uma forte relação indireta entre POP4 e POP5.

Embora C28 contribuiu para os efeitos indiretos da maioria das variáveis, seu efeito sobre POP5 também foi indireto (Figura 4c). Devido aos tratamentos com pousio e testemunha, o efeito indireto de C28 sobre PROD foi explicado via MSB, já que a maior presença de buva conferiu maior MSB. Logo, maior dificuldade para controlar essa planta daninha, visto que dosséis que proporcionam alta cobertura estão correlacionados negativamente ($-0,845 \leq r \leq -0,808$) com a massa seca de plantas daninhas, ou seja, conforme aumenta a cobertura do solo, diminui a massa seca de planta daninha, evidenciando a supressão (UCHINO et al., 2011).

Figura 4 — Análise de causa e efeito para variável dependente população de buva no estádio R2 de soja (POP5) nos anos 2018/19 (a), 2019/20 (b) e 2020/21 (c).



*População de buva no estádio Z24 (POP1) e Z29 das culturas de cobertura (POP2), pré-semeadura (POP3) e no estádio V4 (POP4) de soja, massa seca de buva (MSB), massa seca de cobertura (MSCC), estatura de plantas de soja (EST), número de plantas de soja (NP), massa de mil sementes de soja (PMG). Dentro do círculo está a correlação linear de Pearson de cada variável com POP5; as setas originárias das variáveis até POP5 indicam o efeito direto, enquanto as setas superiores indicam os efeitos indiretos sobre POP5.

2.4 CONCLUSÃO

A análise de correlação linear de Pearson expressa a importância do controle cultural através da associação inversa entre MSCC e as variáveis de população de buva e da associação direta entre MSCC e PROD.

As análises de causa e efeito contendo PROD como variável principal, identificou que POP5 apresenta efeito direto sobre PROD, mas também contribui para os efeitos indiretos das demais variáveis, juntamente com POP4 e MSB.

As análises de causa e efeito contendo POP5 como variável principal, identificou que MSCC e PMG possuem efeitos diretos sobre POP5, enquanto POP3 e C28 contribuem para os efeitos indiretos das demais variáveis.

REFERÊNCIAS

BALLARÉ, Carlos; CASAL, Jorge. Light signals perceived by crop and weed plants. **Field Crops Research**, v. 67, n. 2, p. 149-160, jul. 2000. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429000000903?casa_token=kU_tliaseiwAAAAA:388tSRrzL2eUfoUkue8L1Pj_zj_bESAjrOmmkpbbyYsURt2ZGVru7kEp0vyRNwXo-_FWF3Fjsk9q. Acesso em: 10 outubro 2021.

BIANCHI, Mário Antônio; FLECK, Nilson Gilberto; FEDERIZZI, Luiz Carlos. Soybean plant characteristics that confer competitive ability against weeds. **Bragantia**, Campinas, v. 65, p. 623-632, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brag/a/wvC6JNBzvwwCn4zjQS5Dwvc/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 05 outubro 2021.

BURGOS, Nilda Roma. *et al.* Growth inhibition and root ultrastructure of cucumber seedlings exposed to allelochemicals from rye (*Secale cereale*). **Journal of Chemical Ecology**, v. 30, n. 3, p. 671-689, mar. 2004. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1023/B:JOEC.0000018637.94002.ba>. Acesso em: 02 outubro 2021.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. **Métodos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária. 514p, 2012.

DALAZEN, Giliardi.; KRUSE, Nelson Diel; MACHADO, Sérgio Luiz de Oliveira. Herbicidas de uso potencial no controle de buva e sua seletividade sobre aveia e *Lolium multiflorum*. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 46, n. 4, p. 792-799, dez. 2015. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/1953/195342208016.pdf>. Acesso em: 12 outubro 2021.

DANIYA, Emmanuel *et al.* Correlation and path analysis between seed yield and some weed and quantitative components in two sesame (*Sesamum indicum* L.) varieties as influenced by seed rate and nitrogen fertilizer. **Journal of Biology, Agriculture and Healthcare**, vol.3, n. 15, 2013. Disponível em: <http://repository.futminna.edu.ng:8080/jspui/bitstream/123456789/9399/1/ JBHA%20-%20Daniya%20et%20al%202013.pdf>. Acesso em: 12 outubro 2021.

DE VIDA, Fernando B. Pérez *et al.* Relating rice traits to weed competitiveness and yield: a path analysis. **Weed Science**, v. 54, n. 6, p. 1122-1131, dez. 2006. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/weed-science/article/abs/relating-rice-traits-to-weed-competitiveness-and-yield-a-path-analysis/1A6F0392D5C568A6227E6AEDEB6AAB5F>. Acesso em: 20 outubro 2021.

FEHR, Walter; CAVINESS, Charles. Stages of soybeans development. **Iowa State University**. Ames, Special Report, v. 80, p. 1-12, mar. 1977. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/83024475.pdf>. Acesso em: 12 outubro 2021.

HARRELL JR, Frank. **Package “Hmisc”**. Comprehensive R Archive Network (CRAN), 2020. <https://cran.r-project.org/web/packages/Hmisc/Hmisc.pdf>. Acesso em: 21 outubro 2021.

HEAP, Ian. **The International Survey of Herbicide Resistant Weeds**. Disponível em: <https://www.weedscience.org/Home.aspx> . Acesso em: 10 outubro 2021.

JACOBI, Ubiratã Soares; FLECK, Nilson Gilberto. Avaliação do potencial alelopático de genótipos de aveia no início do ciclo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, p. 11-19, jan. 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/ndVsc6YJYSSVMRysH4vNqRC/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 09 outubro 2021.

LIU, Jun; QI, Meilan; WANG, Junming. Long-distance and dynamic seed dispersal from horseweed (*Conyza canadensis*). **Ecoscience**, Nova Iorque v. 25, n. 3, p. 271-285, abr. 2018. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/11956860.2018.1455371>. Acesso em: 12 outubro 2021.

KASPARY, Tiago Edu *et al.* Growth, phenology, and seed viability between glyphosate-resistant and glyphosate-susceptible hairy fleabane. **Bragantia**, Campinas, v. 76, p. 92-101, mar. 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brag/a/Qj9TqkXfbRtxqFyhJQCnTFR/abstract/?lang=en>. Acesso em: 05 outubro 2021.

KASSAMBARA, Alboukadel. **Package “ggcorrplot”**. Comprehensive R Archive Network (CRAN), 2019. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/ggcorrplot/ggcorrplot.pdf>. Acesso em: 10 outubro 2021.

KISSMANN KG; GROTH, Doris. **Plantas infestantes e nocivas**. Volume 2. São Paulo: BASF. p 978. 1999.

LAMEGO, Fabiane Pinto *et al.* Management of glyphosate resistant *Conyza bonariensis*: winter cover crops and herbicides in soybean pre-seeding. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 433-442, abr. 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/8yvSpQHkfCV5KxqbBd56Bqk/?lang=pt>. Acesso em: 24 outubro 2021.

LOUX, Mark. **Biology and management of horseweed**. Purdue University Extension, 2005. Disponível em: <https://www.extension.purdue.edu/extmedia/gwc/gwc-9-w.pdf>. Acesso em: 03 outubro 2021.

MAHBUB, M. M. *et al.* **Genetic variability, correlation and path analysis for yield and yield components in soybean**. 2015.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análises de Sementes**. Brasília, 2009.

PAULA, Juliana Maria de *et al.* Management of Glyphosate-Resistant *Conyza bonariensis*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 217-227, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/BhmTptZ9L3bJrZ3Mvmhqnr/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 04 outubro 2021.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: a language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria, 2021.

ROCKENBACH, Ana Paula; RIZZARDI, Mauro Antonio. Competition at the soybean V6 stage affects root morphology and biochemical composition. **Plant Biology**, v. 22, n. 2, p. 252-258, 2020. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/plb.13070>. Acesso em: 08 outubro 2021

SHERMAN, Austin D.; HARAMOTO, Erin R.; GREEN, J. D. Integrating fall and spring herbicides with a cereal rye cover crop for horseweed (*Conyza canadensis*) management prior to soybean. **Weed Technology**, v. 34, n. 1, p. 64-72, fev. 2020. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/weed-technology/article/abs/integrating-fall-and-spring-herbicides-with-a-cereal-rye-cover-crop-for-horseweed-conyza-canadensis-management-prior-to-soybean/3E324AFD7624F705413FF6BF04EF6775>. Acesso em: 20 outubro 2021.

SILVA, Anderson Rodrigo. **Package “biotools”**. Comprehensive R Archive Network (CRAN). Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/biotools/biotools.pdf>. 2017. Acessado em: 10 outubro 2021.

SILVA, Diecson Ruy Orsolin da *et al.* Competitive ability, secondary metabolism changes and cellular damage in soybean competing with *Conyza bonariensis* glyphosate-resistant and susceptible to glyphosate. **Planta daninha**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 579-589, mai. 2014. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/115231/1/2014-planta-daninha-v32n3p579.pdf>. Acessado em: 03 novembro 2021.

TEODORO, Paulo Eduardo *et al.* Path analysis in soybean genotypes as function of growth habit. **Bioscience Journal**, Uberlândia, p. 794-799, jun. 2015. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/26094/16465>. Acesso em: 07 março 2022.

TREZZI, Michelangelo Muzell *et al.* Competitive ability of soybean cultivars with horseweed (*Conyza bonariensis*). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 543-550, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/wBBkcwCLpZ9SzFt5CkNwQBn/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 02 outubro 2021.

UCHINO, Hiroshi *et al.* Stable characteristics of cover crops for weed suppression in organic farming systems. **Plant Production Science**, v. 14, n. 1, p. 75-85, 2011. Disponível em: https://www.jstage.jst.go.jp/article/pps/14/1/14_1_75/_article/-char/ja/. Acesso em: 01 outubro 2021.

USDA – United States Department of Agriculture. **Brazil: Oilseeds and Products Annual. Foreign Agricultural Service**. 2019. <https://usdabrazil.org.br/wp-content/uploads/2020/06/oilseeds-and-products-annual-2018-2.pdf>. Acesso em: September 30, 2021.

VARGAS, Leandro *et al.* *Conyza bonariensis* Biotypes Resistant to the Glyphosate in Southern Brazil. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 573-578, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/hGWJxhMh6R8FprV8L7W3pcR/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 23 outubro 2021.

VENCOVSKY, Roland; BARRIGA, Patrício. Genética biométrica no fitomelhoramento. Ribeirão Preto, 1992.

WALLACE, John M.; CURRAN, William S.; MORTENSEN, David A. Cover crop effects on horseweed (*Erigeron canadensis*) density and size inequality at the time of herbicide exposure. **Weed Science**, v. 67, n. 3, p. 327-338, mai. 2019. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/weed-science/article/abs/cover-crop-effects-on-horseweed-erigeron-canadensis-density-and-size-inequality-at-the-time-of-herbicide-exposure/E5D181B65270F615000F53706156B2FB>. Acesso em: 01 outubro 2021.

ZADOKS, Jan; TING, Chang; KONZAK, Cal. A decimal code for the growth stages of cereals. **Weed research**, v. 14, n. 6, p. 415-421, dez. 1974. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1365-3180.1974.tb01084.x>. Acesso em: 8 novembro 2021.

ZUFFO, Alan Mario *et al.* Correlações e análise de trilha em cultivares de soja cultivadas em diferentes densidades de plantas. **Revista Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v. 27, n. 1, p. 78-90, 2018. Disponível em: <https://ojs.unesp.br/index.php/rculturaagronomica/article/view/2413>. Acesso em: 07 outubro 2021.

3 CAPÍTULO II: INTEGRAÇÃO DOS MÉTODOS CULTURAL E QUÍMICO PARA CONTROLE DE BUVA EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO COM SOJA

RESUMO

A buva é considerada uma das principais plantas daninhas de soja, visto que em condições de competição interespecífica prejudicam a produtividade de grãos da cultura, provocando prejuízos econômicos aos agricultores. A recomendação da integração de métodos de controle é sugerida para essa planta daninha. Objetivou-se avaliar o impacto da integração dos métodos de controle químico e cultural sobre uma população de buva submetida aos mesmos tratamentos durante três anos, e avaliar seus efeitos na cultura da soja, além de identificar relações entre diferentes grupos de variáveis. O experimento foi conduzido a campo, na Universidade Federal de Santa Maria, nos anos agrícolas 2018/19, 2019/20 e 2020/21. As variáveis analisadas durante a entressafra foram: população de buva no estágio Z24 e Z29 das culturas de cobertura, controle visual de buva, fitotoxicidade dos herbicidas sobre as culturas de cobertura, massa seca de buva e de cultura de cobertura. No verão, as variáveis avaliadas foram: população de buva na pré-semeadura e nos estádios V4 e R5 da soja, número de plantas de soja, altura de planta de soja, peso de mil grãos e produtividade de grãos. Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando significativo, ao teste de Scott-Knott. A análise de correlação canônica foi realizada entre os grupos de população de buva, controle de buva, massa seca e variáveis relacionadas à soja. O manejo realizado durante a entressafra foi eficiente para reduzir a população de buva no verão em relação ao pousio sem aplicação de herbicidas, permitindo a manutenção da produtividade de grãos de soja. Não houveram diferenças significativas entre as culturas de cobertura, evidenciando apenas sua superioridade em relação ao pousio, visto que apenas se iguala aos efeitos das coberturas sob aplicação do herbicida saflufenacil. Esse herbicida proporciona fitotoxicidade sobre as culturas de cobertura, mas não diminui a massa seca das mesmas, podendo ser recomendado para controle de buva. A partir das análises de correlações canônicas, percebe-se a alta relação existente entre os grupos de variáveis, principalmente no último ano, onde os efeitos dos tratamentos são mais consistentes. Conforme aumentou-se a massa seca de cultura de cobertura, aumentou-se o controle de buva, proporcionando incrementos nas variáveis relacionadas à soja, como produtividade de grãos. Portanto, conclui-se que a integração dos métodos de controle ao longo dos anos, permite a manutenção de baixas populações de buva, proporcionando melhores condições de cultivo na cultura de interesse: a soja.

Palavras-chave: Planta daninha. Herbicidas. Correlação canônica. Cultura de cobertura. *Glycine max*.

INTEGRATION OF CULTURAL AND CHEMICAL METHODS TO CONTROL HAIRY FLEABANE IN SOYBEAN PRODUCTION SYSTEMS

ABSTRACT

Hairy fleabane is considered one of the main weeds of soybean, and under conditions of interspecific competition, they affect the yield, causing economic damages to farmers. The recommendation of integrating control methods is suggested for this weed. The objective of this study was to evaluate the impact of the integration of chemical and cultural control methods on a population of hairy fleabane submitted to the same treatments for three years, and to evaluate its effects on the soybean crop, in addition to identifying relationships between different groups of variables. The experiment was conducted in the field, at the Federal University of Santa Maria, in the soybean crops season years 2018/19, 2019/20 and 2020/21. The variables analyzed during the off season were: hairy fleabane population at stage Z24 and Z29 of cover crops, visual control of hairy fleabane, phytotoxicity of herbicides on cover crops, dry mass of hairy fleabane and cover crops. In summer, the variables evaluated were: hairy fleabane population at pre-sowing and soybean V4 and R5 stages, number of soybean plants, soybean plant height, thousand-grain weight and grain yield. Data were submitted to analysis of variance and, when significant, to the Scott-Knott test. Canonical correlation analysis was performed between hairy fleabane population, hairy fleabane control, dry mass and soybean-related variables. The management carried out during the off season was efficient to reduce the population of hairy fleabane in the summer comparing to fallow without application of herbicides, allowing the maintenance of soybean grain productivity. There were no significant differences between cover crops, evidencing only their superiority in relation to fallow, since it only equals the effects of cover crops associated with application of the herbicide saflufenacil. This herbicide provides phytotoxicity on cover crops, but does not reduce their dry mass, and can be recommended for weed control. From the analysis of canonical correlations, is possible to observe a high relationship between the groups of variables, especially in the last year, where the effects of treatments are more consistent. As the cover crop dry mass increased, the hairy fleabane control increased, providing increases in soybean variables, such as yield. Therefore, we concluded that the integration of control methods over the years, allows the maintenance of low populations of hairy fleabane, providing better conditions for cultivation in the crop of interest: soybean.

Keywords: Weed. Herbicides. Canonical correlation. Cover crop. *Glycine max*.

3.1 INTRODUÇÃO

A competição dos cultivos com plantas daninhas deve ser evitada quando se objetiva fornecer as melhores condições de produção às culturas. A soja (*Glycine max* (L.) Merrill.) é a principal *comodity* brasileira, visto que o Brasil é o maior produtor mundial do grão com 135 milhões de toneladas (CONAB, 2021). Diante disso, é necessário minimizar as perdas de produtividade ocasionadas pela interferência de plantas daninhas na cultura da soja, que pode chegar até 52,1%, além de diminuir a rentabilidade do sojicultor devido ao custo de controle significativo (SOLTANI et al., 2017).

A introdução de cultivares de soja resistentes aos herbicidas inibidores da 5-enolpiruvilchiquimato-3-fosfato sintase (EPSPs) acarretou no uso consecutivo e exclusivo de glifosato para o manejo de plantas daninhas (VARGAS et al., 2011), contribuindo para a rápida evolução da resistência de buva a esse ingrediente ativo (BERES et al., 2018). As características biológicas dessa planta daninha, como a alta produção e dispersão de sementes, são fatores que contribuem para a disseminação de biótipos resistentes (KASPARY et al., 2016). Assim, atualmente a buva é considerada uma das principais plantas daninhas das lavouras brasileiras (OLIVEIRA et al., 2021).

Na cultura da soja, a infestação de biótipos de buva resistentes ao glifosato pode reduzir até 93% a produtividade de grãos quando não é realizado o controle e, com somente aplicações de glifosato, esse percentual é de até 42% (BYKER et al., 2013). Estima-se que uma única planta de buva m² é capaz de reduzir de 1,4 até 25,9% a produtividade de grãos, variando de acordo com habilidade competitiva de cada cultivar de soja (AGOSTINETTO et al., 2017). Dessa forma, percebe-se importância de manejos que auxiliem na supressão e no controle dessa planta daninha.

O controle cultural torna-se importante dentro do manejo dessa planta daninhas, pois os resíduos remanescentes após a colheita das culturas de coberturas interferem na temperatura e umidade do solo, além da disponibilidade de radiação solar que atinge a superfície, alterando o fluxo de germinação das plantas daninhas (CREAMER et al., 1996), pois varia a incidência de radiação solar direta sobre o solo (LAMEGO et al., 2013). Ainda, as características das culturas de cobertura gramíneas possibilitam o uso de herbicidas latifolicidas para o controle de buva, proporcionando

a integração dos métodos de controle cultural e químico (DALAZEN et al., 2015). O principal herbicida utilizado em pós-emergência para controle de dicotiledôneas em gramíneas hibernais é o metsulfuron–methyl, no entanto, os herbicidas saflufenacil e 2,4-D também são alternativas de controle químico durante a estação hiberna (DALAZEN et al., 2015).

Dessa forma, utilizar-se de técnicas de análises estatísticas que associem essas relações de manejo são interessantes para explorar e detalhar as informações obtidas nos experimentos. Uma alternativa plausível de metodologia estatística é a análise de correlação canônica pois permite agrupar variáveis com características semelhantes e estima a máxima correlação entre os grupos formados (CRUZ et al., 2012). As correlações canônicas são obtidas a partir de combinações lineares entre dois grupos de variáveis dependentes e independentes (HAIR et al., 2009), com o qual se objetiva estabelecer a correlação máxima entre esses dois grupos que são formados por variáveis X e Y, uma vez que o grupo I possui p caracteres determinados pelo vetor $X'=[x_1 \ x_2 \ \dots \ x_p]$, enquanto o grupo II possui q caracteres determinados pelo vetor $Y'=[y_1 \ y_2 \ \dots \ y_q]$ (CRUZ et al., 2012). O primeiro par canônico é estabelecido em função da máxima correlação existente entre as variáveis X_1 e Y_1 e a partir dele são feitas as principais inferências (CRUZ et al., 2012).

Diversas análises estatísticas, como a análise de correlação canônica, são usualmente empregadas para seleção de características de interesse agrônomo em genótipos de soja (FERREIRA et al., 2021). Além disso, podem ser utilizadas como forma de complementação de informações na ciência das plantas daninhas (THOMASI et al., 2021), uma vez que determinadas características são promissoras para aumentar a habilidade de supressão de plantas daninhas (JANNINK et al., 2000).

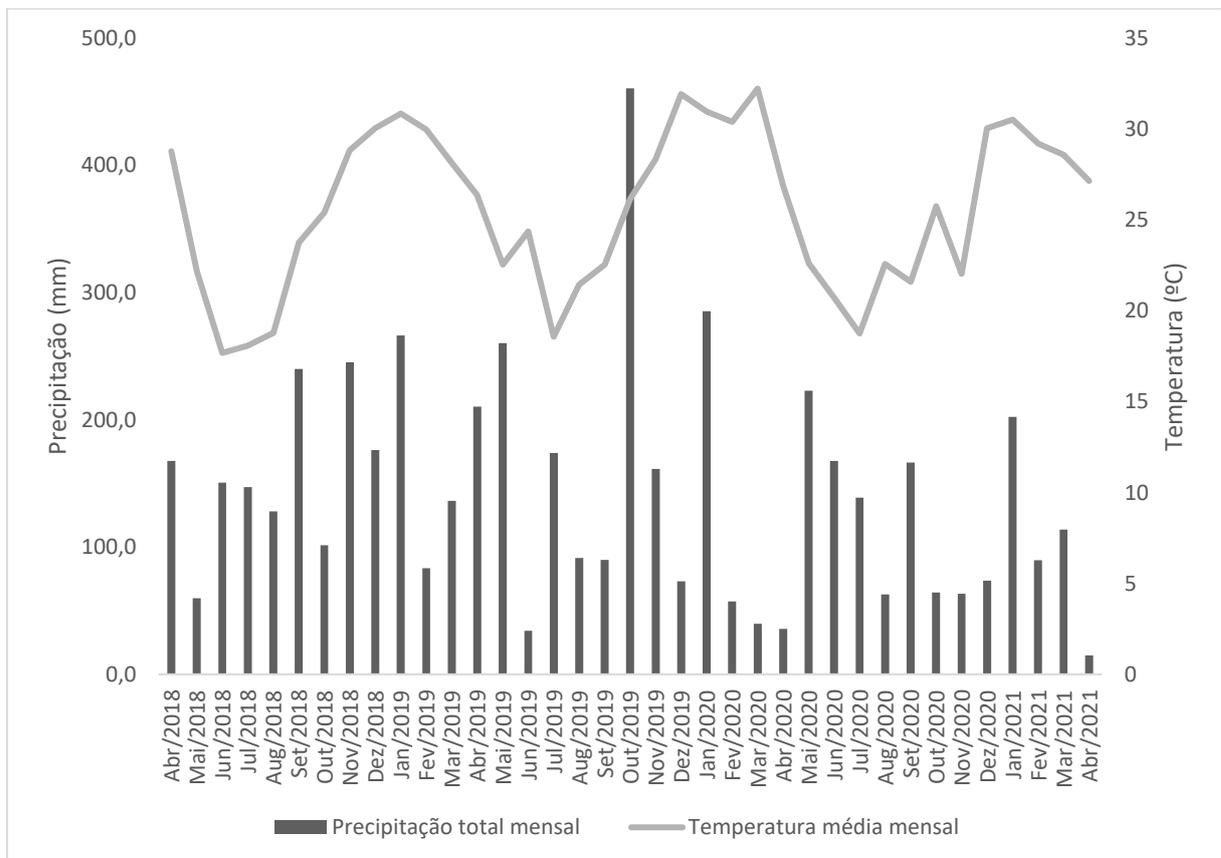
Em soja, a metodologia de correlação canônica já foi aplicada, onde permitiu a análise simultânea de respostas existentes entre a relação de caracteres de campo e caracteres de desempenho de plantas de soja (MARTÍN et al., 2005). No entanto, na ciência das plantas daninhas, informações a partir dessa análise ainda são pouco exploradas e podem ser utilizadas para confirmar relações entre grupos de variáveis (THOMASI et al., 2021).

Dessa forma, os propósitos nesse estudo foram avaliar o impacto da integração dos métodos de controle químico e cultural sobre uma população de buva submetida aos mesmos tratamentos durante três anos, e avaliar seus efeitos na cultura da soja, além de identificar relações entre diferentes grupos de variáveis.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi composto por três anos agrícolas: 2018/19, 2019/20 e 2020/21 na área experimental da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) (29°43'31''S 53°43'41''O). O clima da região é classificado como CFA subtropical úmido com verões quentes e sem estação definida, com tipo de solo Argissolo Vermelho distrófico arênico (EMBRAPA, 2018). Os dados meteorológicos dos anos de estudo estão descritos na figura 1. Para homogeneização da área, no ano inicial a área foi dessecada com o herbicida paraquat em 400 g a.i. ha⁻¹, objetivando o controle da população de buva previamente existente, a qual supõe-se que seja resistente aos inibidores da EPSPs e ALS.

Figura 1 — Precipitação total mensal em milímetros (mm) e temperatura média mensal em graus Celsius (°C) entre abril de 2018 e abril de 2021.



Fonte: Adaptado de Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (2022).

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com quatro repetições. As dimensões das parcelas experimentais foram 5 x 2,50 m, ocupando uma área experimental de 1.250 m². Realizou-se apenas uma casualização dos tratamentos no ano inicial (2018/19) e, nos demais anos, seguiu-se a mesma casualização, onde cada parcela constou do mesmo tratamento durante os três anos. Os tratamentos foram combinações de cinco culturas de cobertura e cinco herbicidas, resultando em fatorial 5x5. As culturas de cobertura utilizadas foram: aveia branca (*Avena sativa* L. – Cultivar Guria), aveia ucraniana (*Avena strigosa* Schreb.), azevém (*Lolium multiflorum* L.) e centeio (*Secale cereale* L. – Cultivar BRS Serrano), as quais foram semeadas nas densidades de 90 kg ha⁻¹, 80 kg ha⁻¹, 25 kg ha⁻¹ e 40 kg ha⁻¹, respectivamente. Já os herbicidas utilizados foram: 2,4-D (U46-BR - 670 g e.a. ha⁻¹), metribuzin (Sênacor[®] 480 - 336 g i.a. ha⁻¹), metsulfuron-methyl (Zartan - 2,4 g i.a. ha⁻¹) e saflufenacil (Heat[®] - 35 g i.a. ha⁻¹), os quais foram pulverizados nas doses de 670 g a.e. ha⁻¹, 336, 2,4 e, 35 g i.a. ha⁻¹, respectivamente, mais tratamento testemunha (sem aplicação de herbicidas).

A semeadura das culturas de cobertura ocorreu em 23 de maio de 2018, 2 de maio de 2019 e 2 de junho de 2020. A pulverização dos herbicidas ocorreu quando as culturas de cobertura atingiram o estágio Z24, conforme a escala fenológica de Zadoks et al. (1974), que consta de quatro perfilhos no colmo principal, realizadas em 1 de agosto de 2018, 17 de julho de 2019 e 19 de agosto de 2020. Para realização da pulverização dos tratamentos, utilizou-se de um pulverizador costal pressurizado à CO₂, munido de pontas do tipo leque 110.015 espaçadas em 50 cm, com a pressão de aplicação calibrada de 304,6 psi para uma taxa de aplicação de 150 l ha⁻¹. Realizou-se aplicação do herbicida cletodim em 120 g i.a. ha⁻¹ em jato dirigido nas parcelas com pousio, objetivando o controle de plantas de azevém de ressemeadura natural.

No florescimento pleno das culturas de cobertura, realizou-se a dessecação do experimento em área total com o herbicida glifosato (1.620 g e.a. ha⁻¹), e após procedeu-se a semeadura da soja que ocorreu em 28 de novembro de 2018, 15 de novembro de 2019 e 7 de outubro de 2020, sendo utilizadas diferentes cultivares, devido à disponibilidade, NS6209RR, NA 5909RG e NS 5258RR, respectivamente. Durante o ciclo de desenvolvimento da cultura, a única pulverização de herbicida constou de glifosato em 1.620 g e.a. ha⁻¹ no estágio V4 (três folhas completamente desenvolvidas) (FEHR; CAVINESS, 1977).

As variáveis quantificadas foram a população de buva, fitotoxicidade às culturas de cobertura, controle de buva, massa seca de buva e das culturas de cobertura, estatura de plantas de soja, produtividade de soja e seus componentes. A população de buva, em número de plantas por metro quadrado (pl m^{-2}), foi avaliada antes da aplicação e aos 28 dias após os tratamentos, que coincidem com os estádios Z24 e Z29 das culturas de cobertura (nove ou mais perfilhos no colmo principal) (ZADOKS et al. 1974), pré-semeadura de soja e nos estádios V4 e R2 (maioria das inflorescências da haste principal com flores abertas) da cultura da soja (FEHR; CAVINESS, 1977) pela contagem direta em quadro de $0,25\text{m}^2$. A fitotoxicidade dos herbicidas às culturas de cobertura e o controle de plantas de buva foram avaliados aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação, conforme escala visual onde 0 significa sem injúrias e 100% significa a morte das plantas. A massa seca de buva e das culturas de cobertura foi coletada em área de $0,25\text{m}^2$ quando as culturas de cobertura estavam no estágio Z29 e, posteriormente, alocadas em estufa a 65°C , durante seis dias até obtenção de massa constante para pesagem, sendo expressas em g m^{-2} .

Durante o ciclo de cultivo da soja, avaliou-se estatura de planta de soja no estágio R8 em dez plantas por parcela, medindo-se da base do solo até a inserção do último legume com auxílio de régua milimetrada; número de plantas de soja m^{-1} em duas amostragens por parcela; massa de mil grãos quantificada a partir de 8 amostragens de 100 grãos e estimada para mil grãos em g; e produtividade de grãos de soja estimada para kg ha^{-1} a partir da área útil colhida de $4,05\text{ m}^2$ e correção de umidade dos grãos para 13%. As variáveis avaliadas variaram de acordo com o ano agrícola, sendo que 2018/19 não consta das variáveis de controle, 2019/20 não consta de contagem de população de buva em Z24 das culturas de cobertura e em V4 da soja, além das demais variáveis da soja (estatura de planta, número de plantas e peso de mil grãos), já em 2019/20 todas as variáveis foram quantificadas.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e, quando constatado ao menos um fator significativo ($p < 0,05$), realizou-se o agrupamento das médias a partir do teste de Scott-Knott. Para melhor compreensão das relações entre as culturas de cobertura e herbicidas no manejo de buva, utilizou-se a análise de correlação canônica (CCA) como complementação, onde agrupou-se variáveis semelhantes e contrastou-se os grupos formados (Tabela 1).

Tabela 1 — Grupos canônicos formados para os anos de 2018/19, 2019/20 e 2020/21.

2018/19			
População de buva		Massa seca	Soja
Z24		Massa seca de buva	Estatura
Z29			Número de plantas
Pré-semeadura da soja		Massa seca de cultura de cobertura	Peso de mil grãos
V4			Produtividade de grãos
R2			
2019/20			
População de buva		Massa seca	Controle
Z29		Massa seca de buva	7 DAT
			14 DAT
Pré-semeadura da soja		Massa seca de cultura de cobertura	21 DAT
R2			28 DAT
2019/20			
População de buva	Controle	Massa seca	Soja
Z24	7 DAT	Massa seca de buva	Altura
Z29	14 DAT		Número de plantas
Pré-semeadura da soja	21 DAT	Massa seca de cultura de cobertura	Peso de mil grãos
V4	28 DAT		Produtividade de grãos
R2			

Fonte: THOMASI (2022).

Inicialmente testou-se a multicolinearidade dos grupos pelo número de condição (NC) e pelo fator de inflação da variância (FIV), onde variáveis com $FIV > 10$ foram excluídas do grupo, uma a uma em ordem decrescente, de acordo com a necessidade para que o grupo atenda ao $NC < 100$ e variáveis com $FIV < 10$. Para interpretação dos resultados de CCA, foram utilizadas as cargas cruzadas canônicas, visto que são mais confiáveis pela menor influência da multicolinearidade (DIEL et al., 2020). Para as análises utilizou-se o software R (R CORE TEAM, 2021) e os pacotes Exp.Des.pt (FERREIRA; CAVALCANTI; NOGUEIRA, 2021), Scott-Knott (JELIHOVSCHI; FARIA; ALLAMAN, 2019), ggplot (WICKHAM, 2016), pracma (BORCHERS, 2019), faraway (FARAWAY, 2016) e yacca (BUTTS, 2018).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Ano agrícola 2018/19

As variáveis população de plantas de buva no estágio Z24 e produtividade de grãos de soja, não apresentaram significância pela análise de variância, mostrando que não há distinção entre as culturas de cobertura e herbicidas. Nas demais variáveis analisadas, houve ao menos um efeito principal significativo. Em relação às demais avaliações de população de plantas de buva, a análise de variância mostrou efeitos principais significativos, exceto para efeito de cultura de cobertura para população de buva no estágio R2 da soja, devido ao efeito do glifosato e do próprio controle cultural da soja (Figura 2), corroborando com resultados encontrados por Schramski et al. (2021).

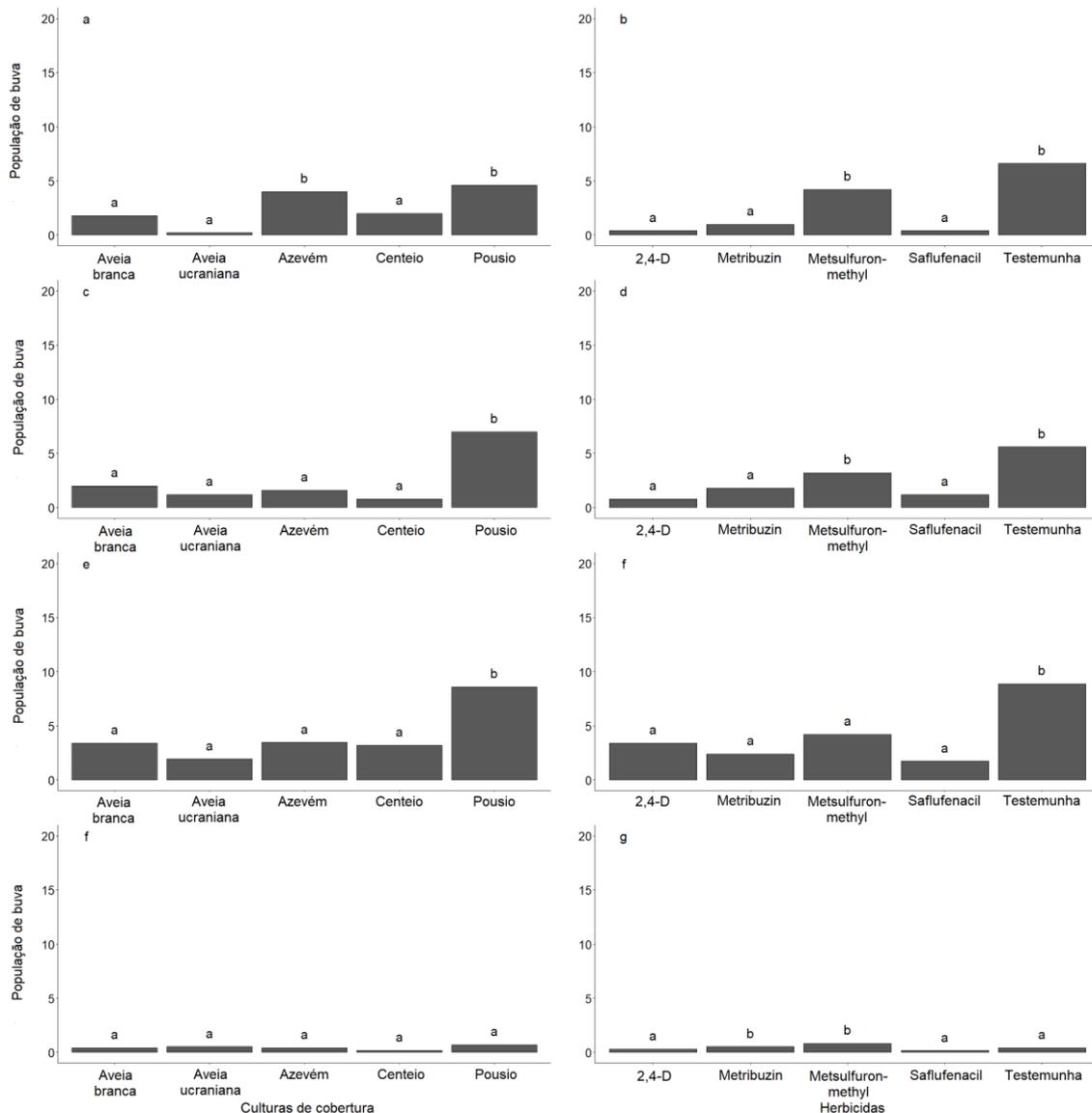
Notou-se que a permanência da área em pousio resultou em maior população de plantas de buva em relação às demais culturas de cobertura (Figura 2), visto que áreas que permanecem em pousio durante a entressafra favorecem a germinação e o estabelecimento de plantas de buva (LAMEGO et al., 2013). Devido principalmente a característica de fotoblastismo positivo, o efeito das culturas de cobertura sobre a população de buva se manteve por até 5 semanas após a dessecação das mesmas, o que proporcionou uma redução de densidade de 22,5% em relação ao pousio (Figura 2e). A presença de culturas de cobertura reduziu o desenvolvimento das plantas de buva, favorecendo a utilização de herbicidas em pós-emergência, principalmente para populações resistentes (SCHRAMSKI et al., 2021).

Os herbicidas, saflufenacil, 2,4-D e metribuzin apresentaram maior potencial de redução da população, de modo geral (Figura 2). O herbicida metsulfuron-methyl não apresentou diferença para a testemunha, evidenciado pela maior população da planta daninha que a testemunha no florescimento da soja (Figura 2h). Esses resultados corroboram com os observados para massa seca de buva, pois o herbicida metsulfuron-methyl e a testemunha apresentaram maiores massas em relação dos herbicidas 2,4-D, metribuzin e saflufenacil (Figura 3).

Embora a integração dos métodos de controle seja possível durante a entressafra, alguns sintomas de fitotoxicidade sobre as culturas de cobertura podem ser observados, variando de acordo com o herbicida e seu mecanismo de ação. Os resultados referentes as avaliações de fitotoxicidade aos 7, 14 e 21 DAT já foram verificados, onde não foram observados sintomas de fitotoxicidade para o herbicida 2,4-D e pouco significativos para o herbicida metsulfuron-methyl, sendo mais

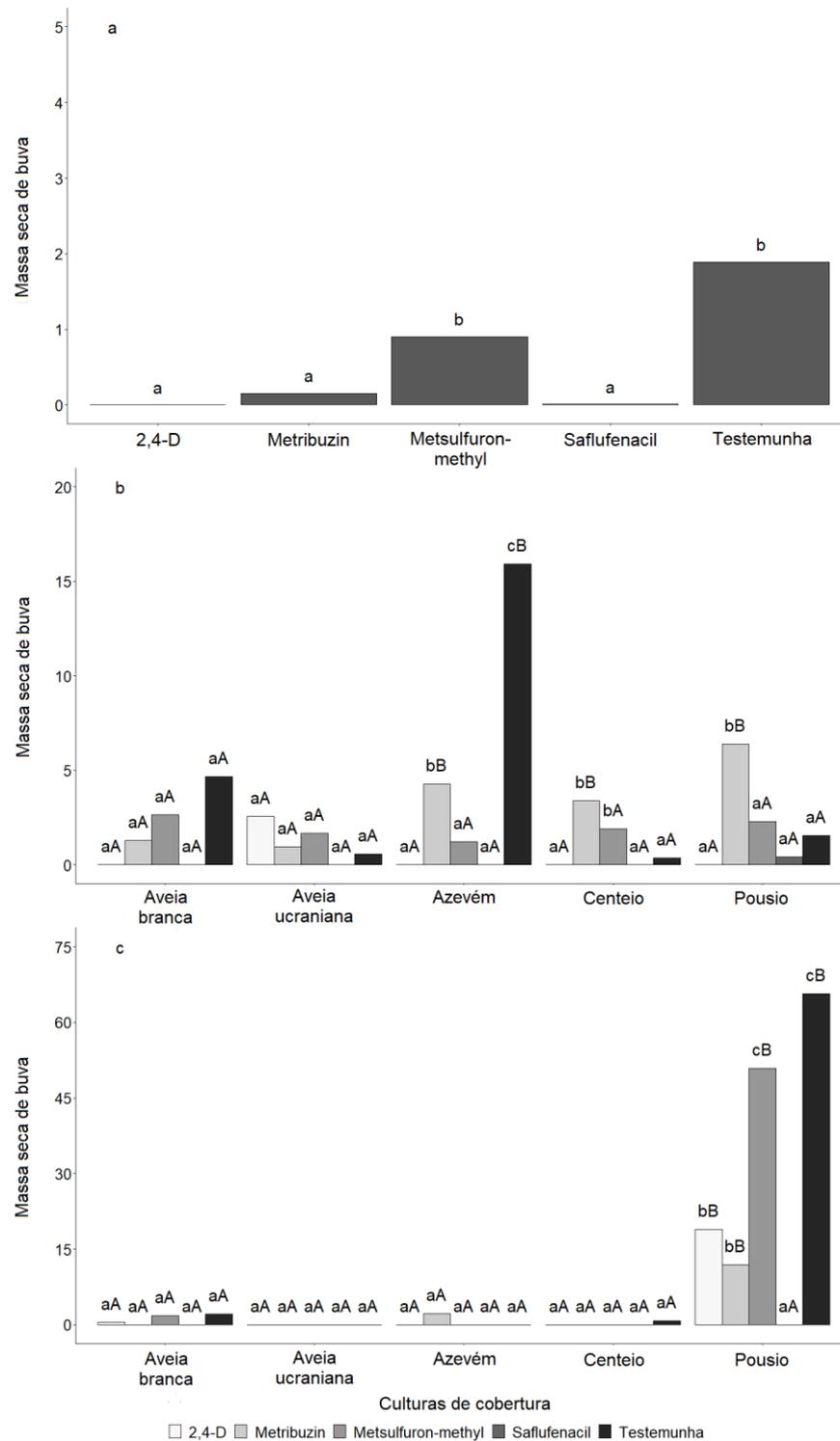
evidentes as injúrias dos herbicidas metribuzin e saflufenacil sobre as culturas de cobertura, principalmente para as espécies do gênero *Avena* e azevém, respectivamente (THOMASI et al., 2021). Observou-se que os herbicidas que proporcionaram maior fitotoxicidade às culturas de cobertura são os mesmos que apresentaram maior controle sobre a população de buva, exceto para o herbicida 2,4-D.

Figura 2 — População de plantas de buva por metro quadrado (pl m^{-2}) no estádio Z29 das culturas de cobertura (a e b), na pré-semeadura (c e d), no estádio V4 (e e f) e R2 (g e h) da soja em função dos efeitos principais diferentes culturas de cobertura e herbicidas aplicados na entressafrã em 2018/2019. Santa Maria, RS.



*Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

Figura 3 — Massa seca de plantas de buva em gramas por metro quadrado (g m^{-2}) em função dos efeitos principais de diferentes herbicidas em 2018/2019 (a) e diferentes culturas de cobertura e herbicidas aplicados na entressafra em 2019/2020 (b) e 2020/2021 (c). Santa Maria, RS.



*Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre herbicidas dentro da cultura de cobertura, e letras maiúsculas não diferem entre cultura de cobertura dentro de herbicida, pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

Em relação à massa seca de cultura de cobertura, houve efeitos principais significativos. A aveia branca, aveia ucraniana e o centeio apresentaram as maiores massas em relação ao azevém, que também diferiu do pousio (Figura 4a). O azevém também apresentou massa seca inferior em relação às outras culturas de cobertura, como ervilhaca (*Vicia angustifolia* L.), nabo (*Raphanus* spp.) e trigo (*Triticum aestivum* L.) (LAMEGO et al., 2013). Já em relação aos herbicidas, o metribuzin apresentou menor massa seca de cultura de cobertura, podendo justificar pelos sintomas de fitotoxicidade proporcionados por esse herbicida (Figura 4b) (Thomasi et al., 2021).

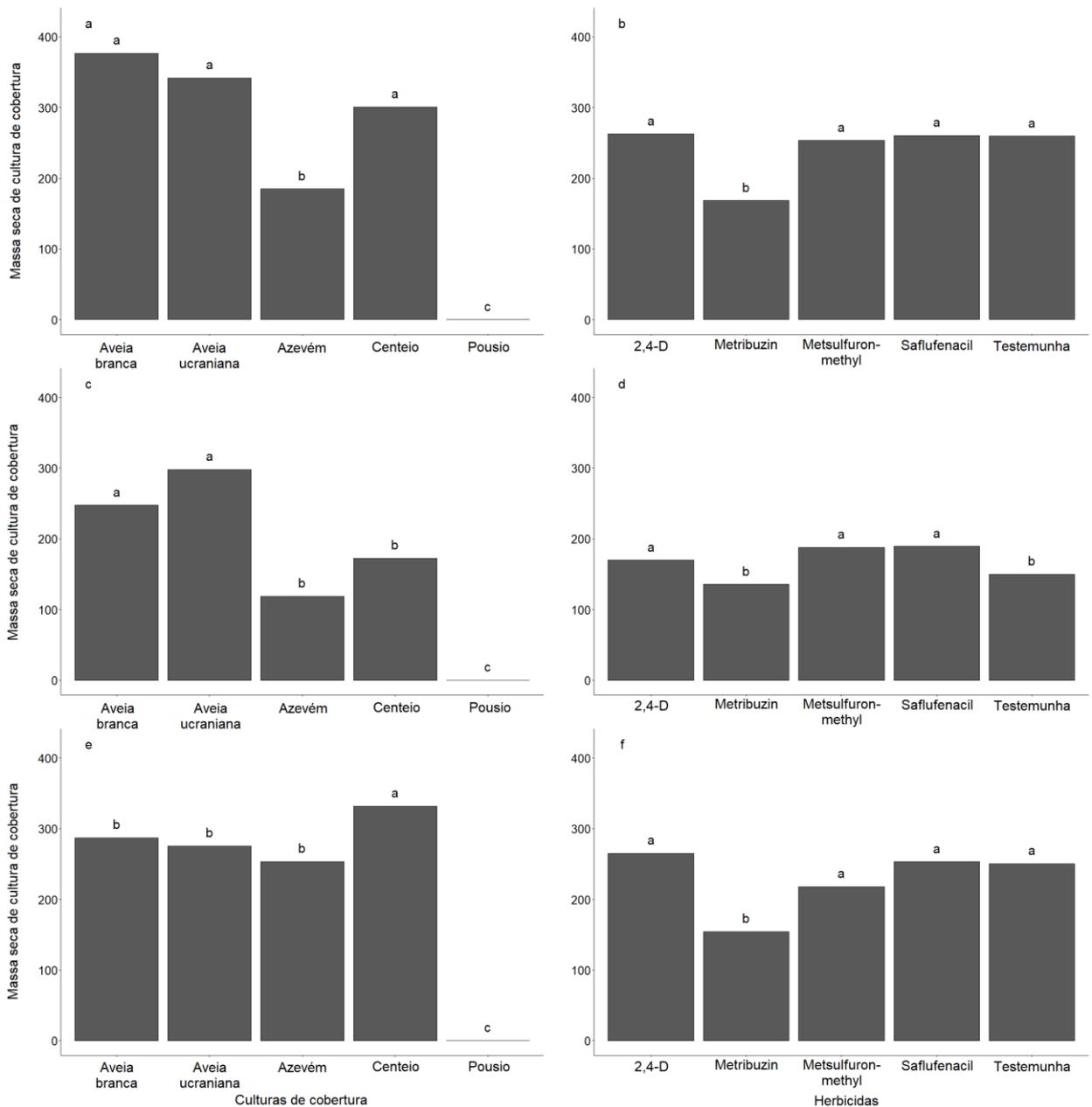
Os efeitos do manejo entressafra foram observados na safra de verão, pela estatura de planta de soja, que apresentou superioridade quando antecedida pelo trigo quando comparada ao azevém e pousio (LAMEGO et al., 2013). No entanto, a estatura de planta de soja apresentou apenas significância para o fator herbicida, mostrando que todos os utilizados diferiram da testemunha (Figura 5). Assim, a aplicação dos herbicidas durante o inverno proporcionou maior estatura de soja que àquela observada na testemunha, que apresentou estatura média 4,16 cm menor que os demais tratamentos (Figura 5a).

Essa redução pode ser em virtude da competição com a população de buva, que favorece a sobrevivência da espécie daninha e maior capacidade de produção de sementes (DAVIS; JOHNSON, 2008), trazendo prejuízos na qualidade da luz para a cultura. Por isso, a utilização de qualquer dos herbicidas testados é importante quando objetiva-se manter as melhores condições de crescimento e desenvolvimento da soja, o que não é possível na presença de plantas daninhas, como a buva.

Embora a produtividade de grãos de soja não tenha apresentado diferença entre os tratamentos, o peso de mil grãos apresentou interação significativa entre os fatores, sendo um dos componentes de produtividade mais determinante. Resultados semelhantes também foram encontrados por Schramski (2021) e Pittman (2019), onde a produtividade de grãos de soja não foi afetada por culturas de cobertura, como o centeio. Observou-se menor peso de mil grãos no pousio sem herbicida em relação aos demais tratamentos (Figura 6a), visto que a permanência da área em pousio associada somente ao uso do glifosato na pré-semeadura de soja, proporciona menor peso de mil sementes em relação à utilização de cultura de cobertura, como o azevém (LAMEGO et al., 2013). É possível compreender que a ausência do manejo adequado afeta os componentes de produtividade de soja, sendo que em condições de pousio

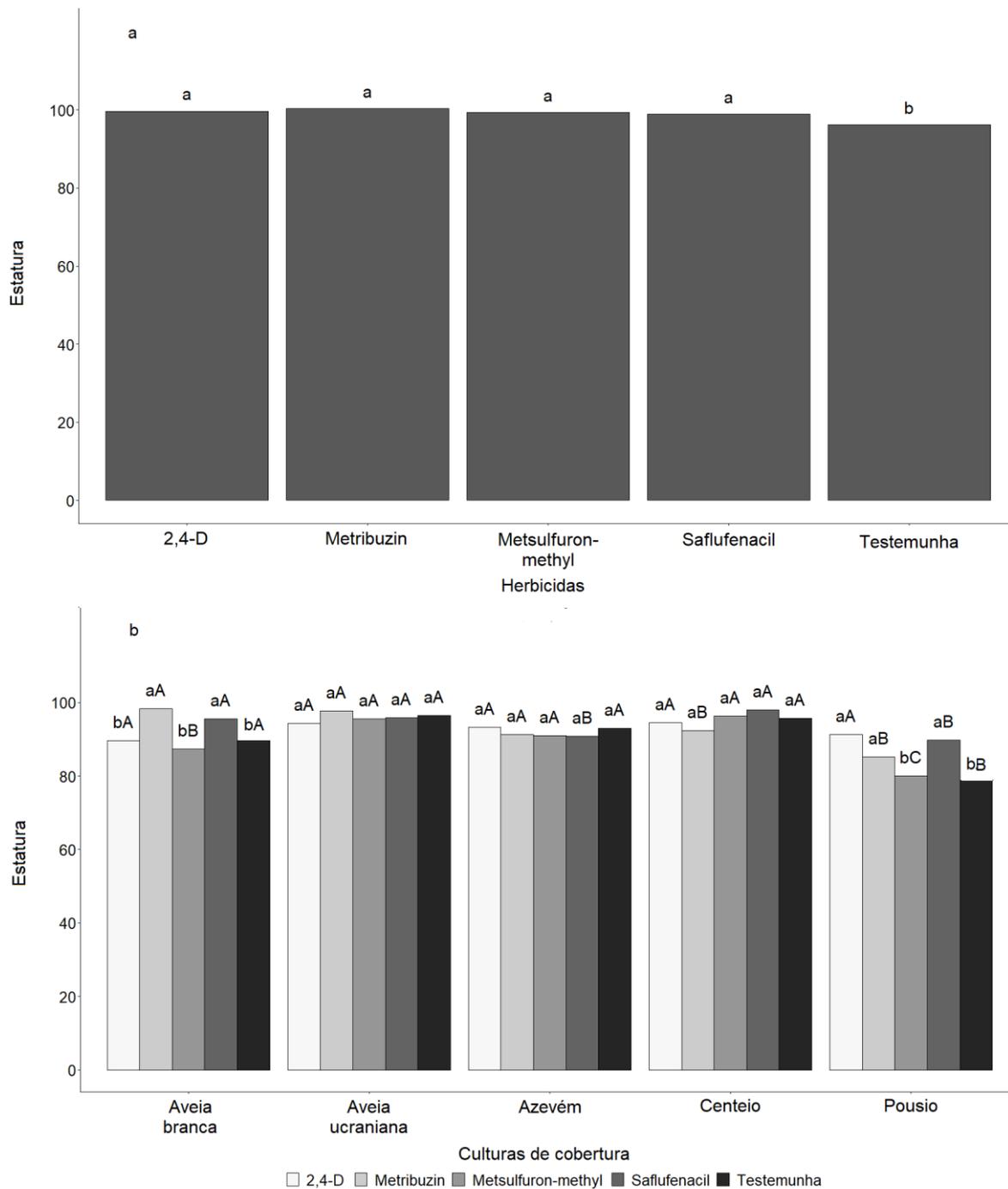
e de baixas populações como observado nessa safra, apenas o uso de controle químico já seria suficiente para manter o peso de mil grãos.

Figura 4 — Massa seca de cultura de cobertura em gramas por metro quadrado (g m^{-2}) em função dos efeitos principais de diferentes culturas de cobertura e herbicidas aplicados na entressafra em 2018/19 (a e b), 2019/2020 (c e d) e 2020/2021 (e e f). Santa Maria, RS.



*Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

Figura 5 — Estatura de planta de soja em centímetros (cm) em função dos efeitos principais de diferentes herbicidas aplicados na entressafra em 2018/2019 (a) e de culturas de coberturas e herbicidas aplicados na entressafra em 2020/2021 (b). Santa Maria, RS.



*Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre herbicidas dentro da cultura de cobertura, e letras maiúsculas não diferem entre cultura de cobertura dentro de herbicida, pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

O herbicida saflufenacil apresentou maior peso de mil grãos em relação aos demais no azevém e no pousio (Figura 6). Dessa forma, notou-se que mesmo que a

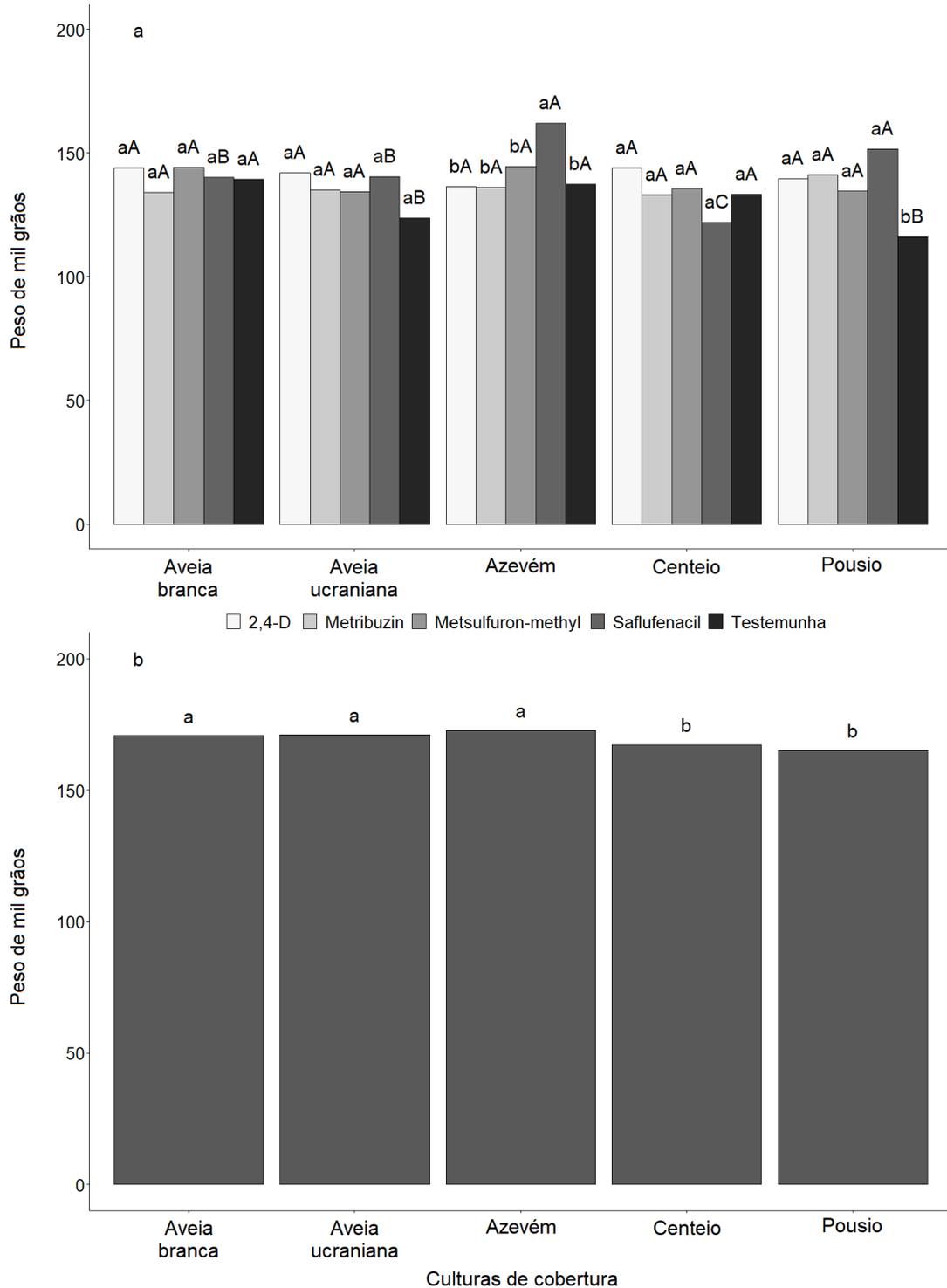
cultura de cobertura seja menos tolerante a esse herbicida, foi o que proporcionou maior peso de mil grãos, possivelmente em detrimento de sua alta eficácia de controle, uma vez que azevém apresentou menor massa seca de cultura de cobertura em relação às demais. Em centeio, aveia ucraniana e aveia branca, não houve diferenças entre os herbicidas, justificando-se pela maior quantidade de massa seca proporcionada por essas culturas, que pode compensar a ausência de um herbicida, o que não foi possível observar para azevém (Figura 6).

As variáveis estudadas tiveram suas relações avaliadas a partir da CCA. A multicolinearidade foi atendida pelos critérios de FIV (<10) e NC (<100) para todas as variáveis de cada grupo (Apêndice A), não havendo a necessidade de eliminar da análise qualquer variável. A CCA evidenciou que conforme aumenta-se a população de buva, aumenta-se a massa seca de buva, devido às suas cargas canônicas cruzadas serem de mesmo sinal e magnitude, onde a população que mais contribuiu para essa associação foi do estágio Z29 das culturas de cobertura, que coincide com o momento de coleta das massas (Tabela 2).

Notou-se também pouca contribuição da avaliação em R² da soja, uma vez que a população de buva foi controlada e não possui efeito das culturas de cobertura, como pode-se observar a partir das cargas cruzadas canônicas de baixa influência. Contudo, em relação à massa seca de cultura de cobertura, houve relação inversa com a população de buva, evidenciando o efeito cultural, principalmente nas avaliações de população Z29 das culturas de cobertura e pré-semeadura e estágio V4 de soja, embora a carga cruzada canônica não tenha sido de alta magnitude (Tabela 2).

A segunda CCA apresentou relação entre os grupos de massa seca e variáveis de soja (Tabela 2). A massa seca de buva apresentou relação inversa com o grupo de variáveis de soja, evidenciando a competição interespecífica entre eles e, novamente, houve relação de mesmo sentido com a massa seca de cultura de cobertura, embora de baixa magnitude (Tabela 2). Observou-se que a variável de soja que mais contribuiu para essa relação é a estatura de planta, confirmando os resultados estudados anteriormente, visto que ao controlar a população de buva na entressafra, aumentou-se a estatura de planta de soja, pois reduziu a massa seca de buva, uma vez que sob competição interespecífica com a buva, houve redução em estatura e massa seca de soja (SILVA et al., 2014).

Figura 6 — Peso de mil grãos de soja em função de diferentes culturas de cobertura e herbicidas aplicados na entressafra em 2018/2019 (a) e efeitos principais de diferentes culturas de cobertura em 2020/2021 (b). Santa Maria, RS.



*Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre herbicidas dentro da cultura de cobertura, e letras maiúsculas não diferem entre cultura de cobertura dentro de herbicida, pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

Essa associação também é confirmada pela terceira CCA, pois existe relação inversa entre o grupo de população de buva e o grupo de variáveis de soja, confirmando a redução em estatura de planta, devido à maior carga cruzada (Tabela 2). O crescimento precoce em estatura de planta de soja é uma característica que aumenta a habilidade de supressão de plantas daninhas (JANNIK et al., 2000) e pode ser considerada na escolha da cultivar de soja.

Tabela 2 — Cargas cruzadas canônicas para os grupos de variáveis de população de buva, massa seca e soja. Santa Maria, RS, 2018/19.

Variáveis	(continua)			
	Cargas cruzadas canônicas			
CCA 1	1*		2*	
População de buva				
Z24	0,270		-0,301	
Z29	0,885		0,002	
Pré-semeadura da soja	0,668		-0,295	
V4	0,751		-0,158	
R2	0,195		-0,300	
Massa seca				
Massa seca de buva	0,900		0,025	
Massa seca de cultura de cobertura	-0,325		0,468	
Correlação canônica	0,901		0,502	
p-valor	2,64E-05		0,215	
CCA 2	1*		2*	
Massa seca				
Massa seca de buva	0,742		-0,037	
Massa seca de cultura de cobertura	-0,332		-0,238	
Soja				
Estatura de planta	-0,725		-0,058	
Número de plantas	-0,404		0,068	
Peso de mil grãos	-0,137		-0,231	
Produtividade de grãos	-0,336		0,083	
Correlação canônica	0,749		0,266	
p-valor	1,90E-02		0,682	
CCA 3	1*	2*	3 ^{ns}	4 ^{ns}
População de buva				
Z24	-0,227	0,269	-0,133	-0,003
Z29	-0,703	0,075	0,091	-0,009
Pré-semeadura da soja	-0,667	0,259	-0,045	-0,002
V4	-0,845	-0,008	-0,051	0,000
R2	-0,161	0,076	-0,143	-0,014

Tabela 2 — Cargas cruzadas canônicas para os grupos de variáveis de população de buva, massa seca e soja. Santa Maria, RS, 2018/19.

(conclusão)

Variáveis	Cargas cruzadas canônicas			
	Soja			
Altura de planta	0,814	-0,113	-0,047	-0,003
Número de plantas	0,343	-0,15	0,159	-0,015
Peso de mil grãos	0,059	-0,434	-0,077	0,003
Produtividade de grãos	0,376	-0,05	0,232	0,011
Canonical correlations r	0,863	0,453	0,321	0,021
p-valor	4,30E-02	0,893	0,912	

Fonte: THOMASI (2022).

3.3.2 Ano agrícola 2019/20

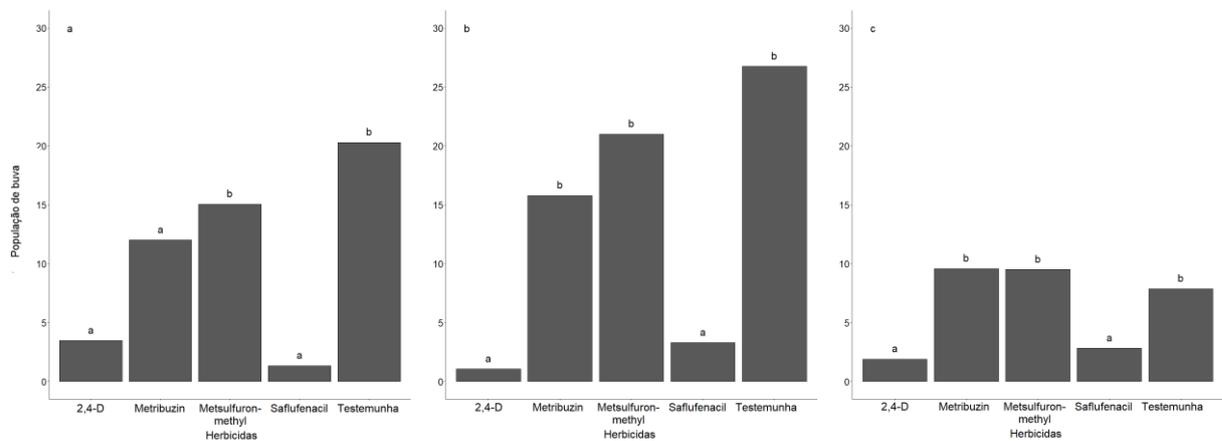
No segundo ano agrícola, a única variável que não apresentou diferença significativa entre tratamentos foi a produtividade de grãos de soja. A condição climática dessa safra foi caracterizada por escassez hídrica no período de enchimento de grãos, o que influenciou nesse resultado.

Em relação às variáveis de população de plantas de buva, notou-se efeito principal apenas do fator herbicida. Os herbicidas 2,4-D e saflufenacil apresentaram menores populações de planta de buva em relação aos demais, o que pode ser visualizado pela manutenção da baixa população desde a avaliação no estágio Z29 das culturas de cobertura (Figura 7a) até o estágio R2 da cultura da soja (Figura 7c). Populações de buva resistentes aos herbicidas inibidores de EPSPs foram controladas pela associação de glifosato (1.800 g e.a. ha⁻¹) e saflufenacil (25 g i.a. ha⁻¹) em até 96% (BUDD et al., 2017), reforçando a eficiência do herbicida para a espécie.

A massa seca de buva apresentou interação entre os fatores estudados (Figura 3b). Notou-se que não houve diferença estatística entre as culturas de aveia ucraniana e aveia branca, ou seja, nas duas culturas a utilização de algum herbicida ou não, proporciona o mesmo efeito (Figura 3b), que pode ser justificado pela maior massa de cultura de cobertura dessas espécies em relação aos demais (Figura 4c). Corroborando com os resultados encontrados para população de buva, os herbicidas 2,4-D e saflufenacil proporcionaram os menores resultados de massa seca de buva, visto que havia menor população de buva nesses tratamentos (Figura 3b). O excesso

de chuvas após a semeadura das culturas de cobertura prejudicou o estabelecimento (Figura 1), principalmente de azevém, o que pode ter contribuído para maior massa seca de buva na testemunha dessa cultura, sendo até mesmo superior à do pousio, visto que é importante o bom estabelecimento e posterior produção de biomassa para supressão de plantas daninhas (HARAMOTO, 2019).

Figura 7 — População de plantas de buva por metro quadrado (pl m^{-2}) no estágio Z29 das culturas de cobertura (a), na pré-semeadura (b) e no estágio R2 (c) da soja em função dos efeitos principais de diferentes herbicidas aplicados na entressafra em 2019/2020. Santa Maria, RS.



*Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

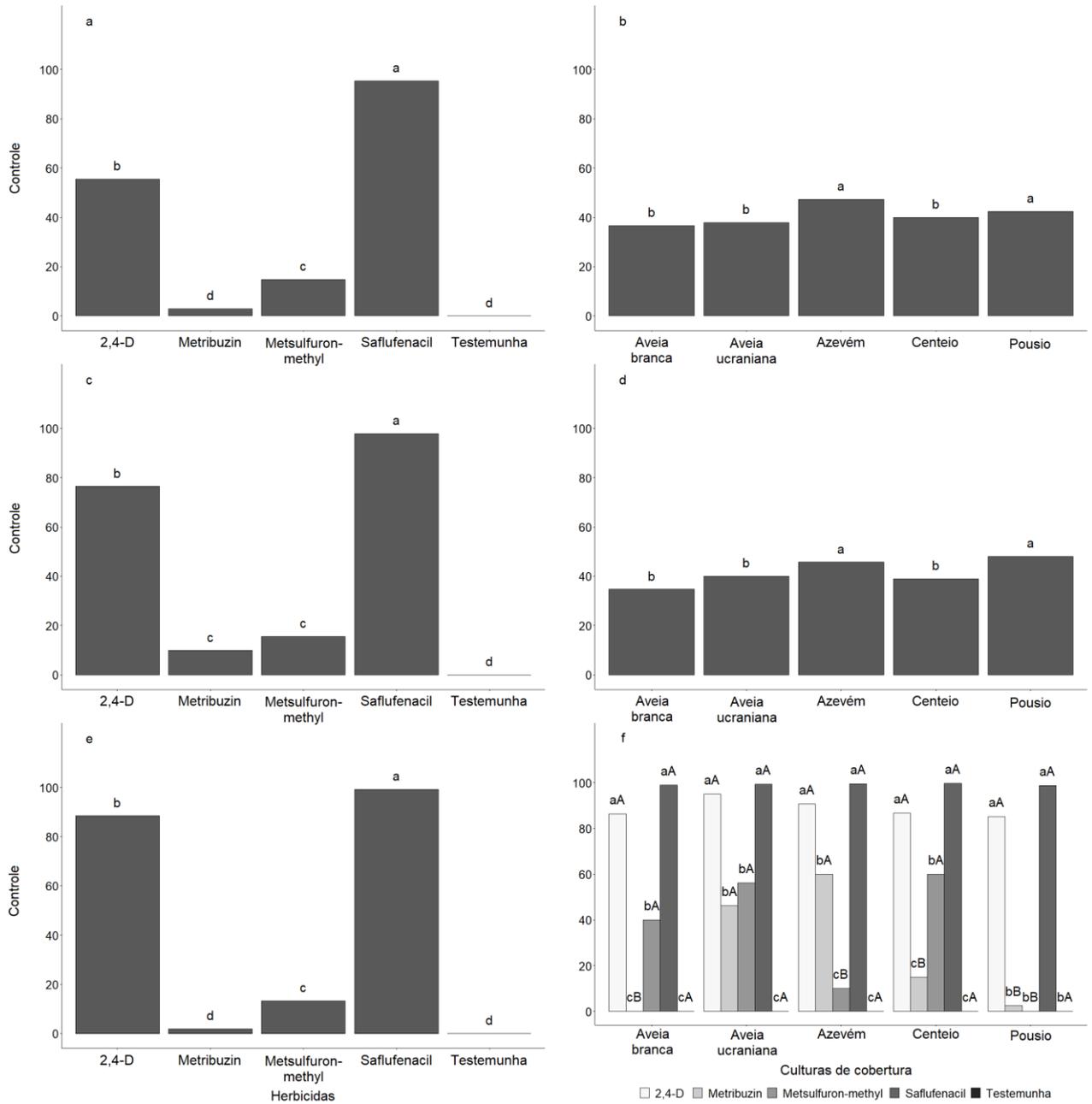
O controle aos 7 DAA apresentou apenas efeito de herbicida (Figura 8a), já aos 14 (Figuras 8b e 8c) e 21 (Figuras 8d e 8e) DAA mostrou efeitos principais significativos dos dois fatores, e somente aos 28 DAA houve interação entre eles (Figura 8f). O efeito de herbicida aos 7, 14 e 21 DAA apresentou resultado semelhante, onde o herbicida saflufenacil proporcionou o controle mais satisfatório. Devido ao seu mecanismo de ação, inibição da enzima protoporfirinogênio oxidase, o efeito de controle é mais rápido em relação aos demais, apresentando rapidamente os sintomas, como pode-se observar alta porcentagem desde os 7 DAA, corroborando com resultados encontrados por Budd et al. (2017). O herbicida 2,4-D também proporcionou resultado de controle satisfatório a partir dos 21 DAA, enquanto os demais apresentaram resultados semelhantes à testemunha.

Ainda em relação ao controle, o efeito principal de cultura de cobertura foi significativo aos 14 e 21 DAA, onde o pousio e o azevém mostraram maior controle (Figuras 8b e 8d). Esse resultado, apesar de contraditório, pode ser devido à baixa cobertura vegetal que proporcionou maior controle pelos herbicidas utilizados, e somente aos 28 DAA, esse efeito foi perceptível, evidenciada pela interação significativa entre os fatores (Figura 8f). Aos 28 DAA, independente da cultura de cobertura utilizada, os herbicidas saflufenacil e 2,4-D não diferiram entre si, mostrando os melhores resultados, enquanto os demais apresentaram controle abaixo de 80%. Há registros de casos de resistência aos herbicidas inibidores da acetolactato sintase e aos inibidores de fotossistema II relatados para *Conyza sumatrensis* no Brasil (HEAP, 2022), aos quais os herbicidas metsulfuron-methyl e metribuzin pertencem.

O herbicida metsulfuron-methyl, apesar de proporcionar controle insatisfatório, causou poucas injúrias sobre as culturas de cobertura, pois a partir de 14 DAA, os sintomas de fitotoxicidade igualaram-se à testemunha (Figura 9b). Ao contrário, o herbicida saflufenacil proporcionou controle satisfatório, mas causou sintomas de fitotoxicidade maiores, que permaneceram presentes ainda aos 28 DAA (Figuras 9d). Em aveia preta, os herbicidas 2,4-D e metsulfuron-methyl causaram injúrias superiores às do herbicida saflufenacil, mas que permaneceram por mais tempo evidentes (PEDROSO et al., 2021), diferente do que foi observado no presente estudo. De modo geral, as porcentagens de fitotoxicidade nesse ano foram baixas, permanecendo sempre abaixo de 30%.

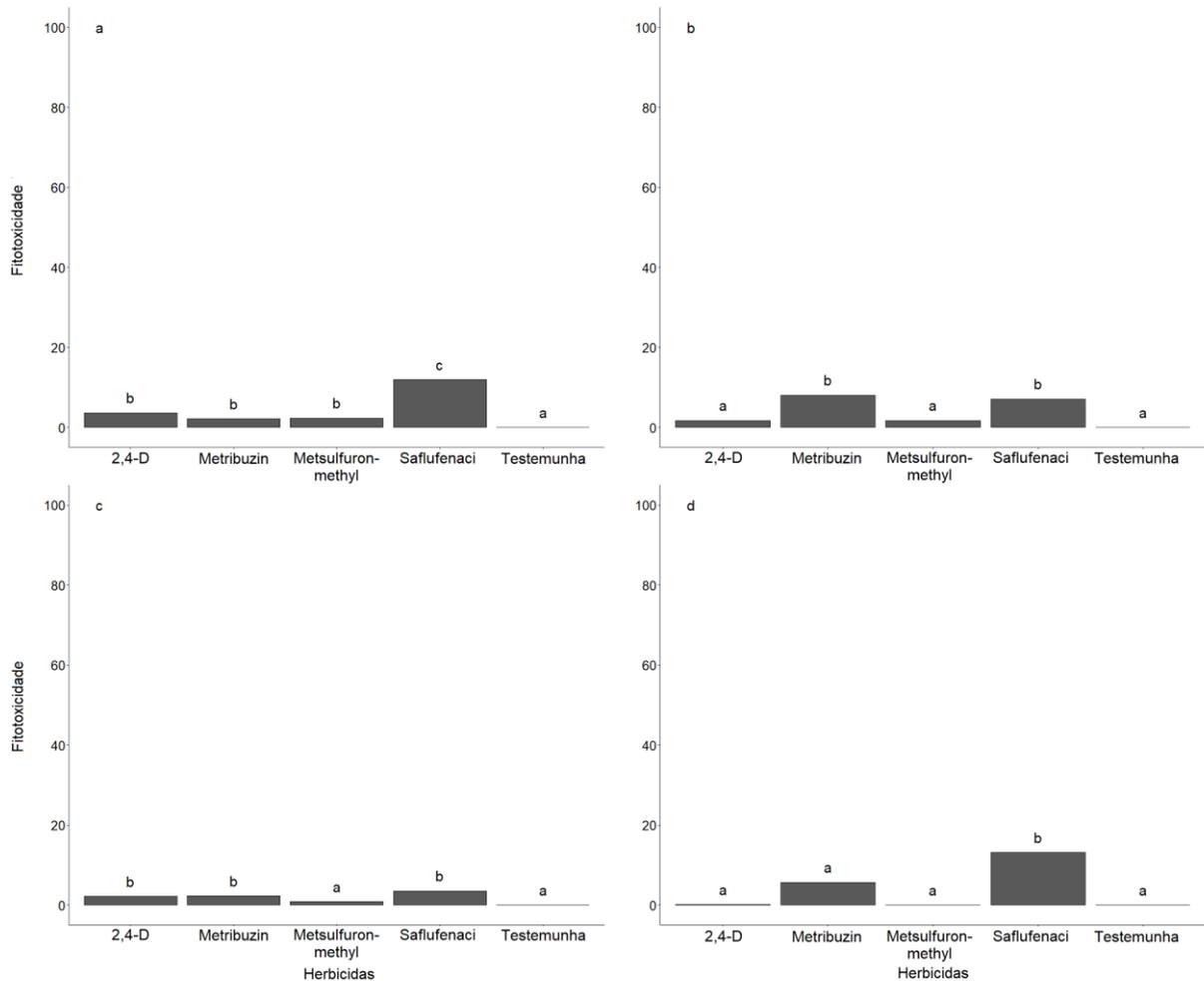
Em relação à massa seca de cultura de cobertura, os efeitos principais de cada fator foram significativos. A aveia ucraniana apresentou a maior massa seca (298 g m⁻²), enquanto o centeio e o azevém, respectivamente, apresentaram as menores (172 g m⁻² e 118 g m⁻², respectivamente) (Figura 4c). Esse resultado pode ser atribuído ao excesso de chuvas após a semeadura das culturas de cobertura que afetou o estabelecimento, principalmente, dessas culturas. Os herbicidas que apresentaram maiores massas secas de cultura de cobertura foram saflufenacil, 2,4-D e metsulfuron-methyl (Figura 4d). Mesmo com sintomas de fitotoxicidade superiores, saflufenacil e 2,4-D não proporcionaram redução em massa seca, uma vez que se igualaram ao metsulfuron-methyl.

Figura 8 —Controle de buva aos 7 (a), 14 (b e c) e 21 (d e e) dias após a aplicação dos herbicidas (DAA) em função dos efeitos principais de diferentes herbicidas aplicados na entressafra e culturas de cobertura, e da interação dos fatores aos 28 DAA (f) em 2019/2020. Santa Maria, RS.



*Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre herbicidas dentro da cultura de cobertura, e letras maiúsculas não diferem entre cultura de cobertura dentro de herbicida, pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

Figura 9 — Fitotoxicidade de herbicidas aos 7 (a), 14 (b), 21 (c) e 28 (d) dias após a aplicação dos herbicidas em função do efeito principal de diferentes herbicidas aplicados na entressafra em 2019/2020. Santa Maria, RS.



*Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

Para realização da análise de correlação canônica desse ano agrícola, foi necessária a correção da multicolinearidade do grupo de controle com a eliminação das variáveis controle aos 14 e 21 DAT, visto que apresentaram multicolinearidade de 61,825 e 13,470, respectivamente, alterando o número de condição de 352,313 para 19,801, atendendo ao pressuposto (Apêndice A). As demais variáveis de controle apresentaram multicolinearidade adequada após a exclusão dessas variáveis, já os demais grupos não necessitaram de exclusão (Apêndice A). A CCA entre os grupos de massa seca e controle não apresentou par canônico significativo.

As populações de buva apresentaram relação com as variáveis de massa seca com resultado semelhante ao ano anterior, sendo a época de avaliação no estádio Z29 das culturas de cobertura a maior contribuinte para essa relação, juntamente com a massa seca de buva, visto que ambas são avaliadas no mesmo momento (Tabela 3). A massa seca de cultura de cobertura apresentou relação inversa com o grupo de população de buva, mas com baixa influência, evidenciando o prejuízo no desenvolvimento das culturas, uma vez que o controle apresentou relação inversa de magnitudes altas com as variáveis de população de buva, atribuindo-se essa relação ao uso dos herbicidas, confirmando o resultado da análise de variância (Tabela 3). Herbicidas com uso potencial em culturas de cobertura, como azevém e aveia, são eficientes no controle de buva e podem ser indicados na prevenção da evolução da resistência (DALAZEN et al., 2015).

Tabela 3 — Cargas cruzadas canônicas para os grupos de variáveis de população de buva, massa seca e controle. Santa Maria, RS, 2019/2020.

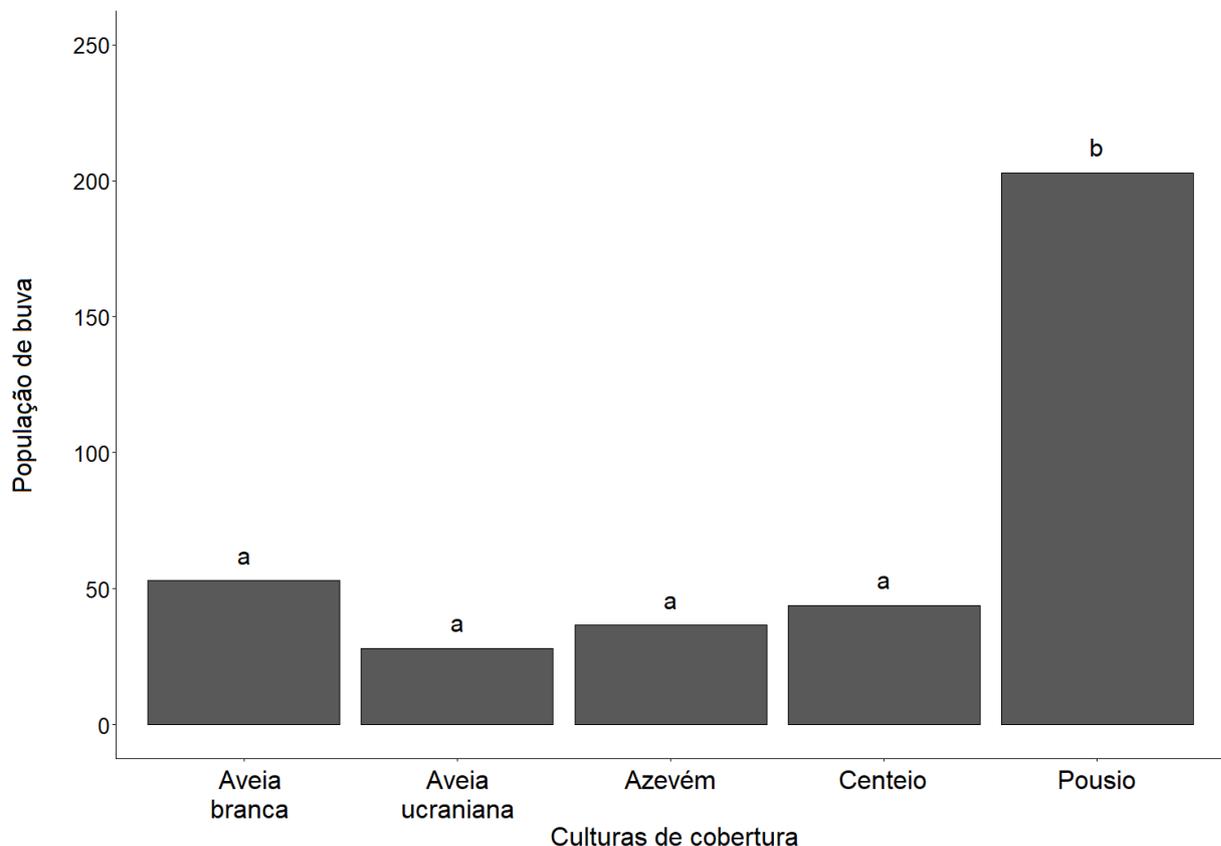
Variáveis	Cargas cruzadas canônicas	
	1*	2*
CCA 1		
População de buva		
Z29	0,881	-0,050
Pré-semeadura da soja	0,322	-0,286
R2	0,274	-0,348
Massa seca		
Massa seca de buva	0,888	-0,025
Massa seca de cultura de cobertura	-0,134	0,363
Correlação canônica	0,891	0,367
p-valor	2,79E-06	
CCA 2		
População de buva		
Z24	0,527	0,080
Pré-semeadura da soja	0,753	-0,099
R2	0,782	0,033
Controle		
7 DAT	-0,723	-0,115
28 DAT	-0,827	-0,016
Correlação canônica	0,829	0,236
p-valor	0,00E+00	

Fonte: THOMASI (2022).

3.3.3 Ano agrícola 2020/21

Nos últimos anos de estudo, 2020/21, a população de buva no estádio Z24 das culturas de cobertura, ou seja, anterior a aplicação dos herbicidas, expressando apenas o efeito cultural, não mostrou diferença significativa entre as culturas, mas diferiu do pousio em até 175 plantas m^{-2} , ou seja, redução de 86% da população de buva (Figura 10). Resultados semelhantes foram encontrados em populações de buva manejada com trigo e aveia preta, onde observou-se redução de 95% quando comparado ao pousio (GUARESCHI et al., 2020). Essa diferença significativa na população mostrou a importância do controle cultural para o manejo de buva, visto que esses efeitos são resultados do uso de cultura de cobertura através dos anos de cultivo.

Figura 10 — População de plantas de buva por metro quadrado ($pl\ m^{-2}$) no estádio Z24 das culturas de cobertura em função de diferentes culturas de cobertura em 2020/2021. Santa Maria, RS.



*Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

A população de buva no estádio Z29 das culturas de cobertura, na pré-semeadura de soja e nos estádios V4 e R2 da soja, apresentaram interação entre os fatores. De modo geral, altas populações são observadas no pousio sem herbicida e no pousio + metsulfuron-methyl (Figura 11), mostrando falha de controle em virtude de possível caso de resistência aos inibidores da ALS (HEAP, 2022; SANTOS et al., 2015). Além do pousio, esse herbicida também apresentou maiores populações de buva na aveia branca em relação às demais culturas (Figura 11d), as quais não apresentaram diferença entre si, inclusive na testemunha (Figura 11).

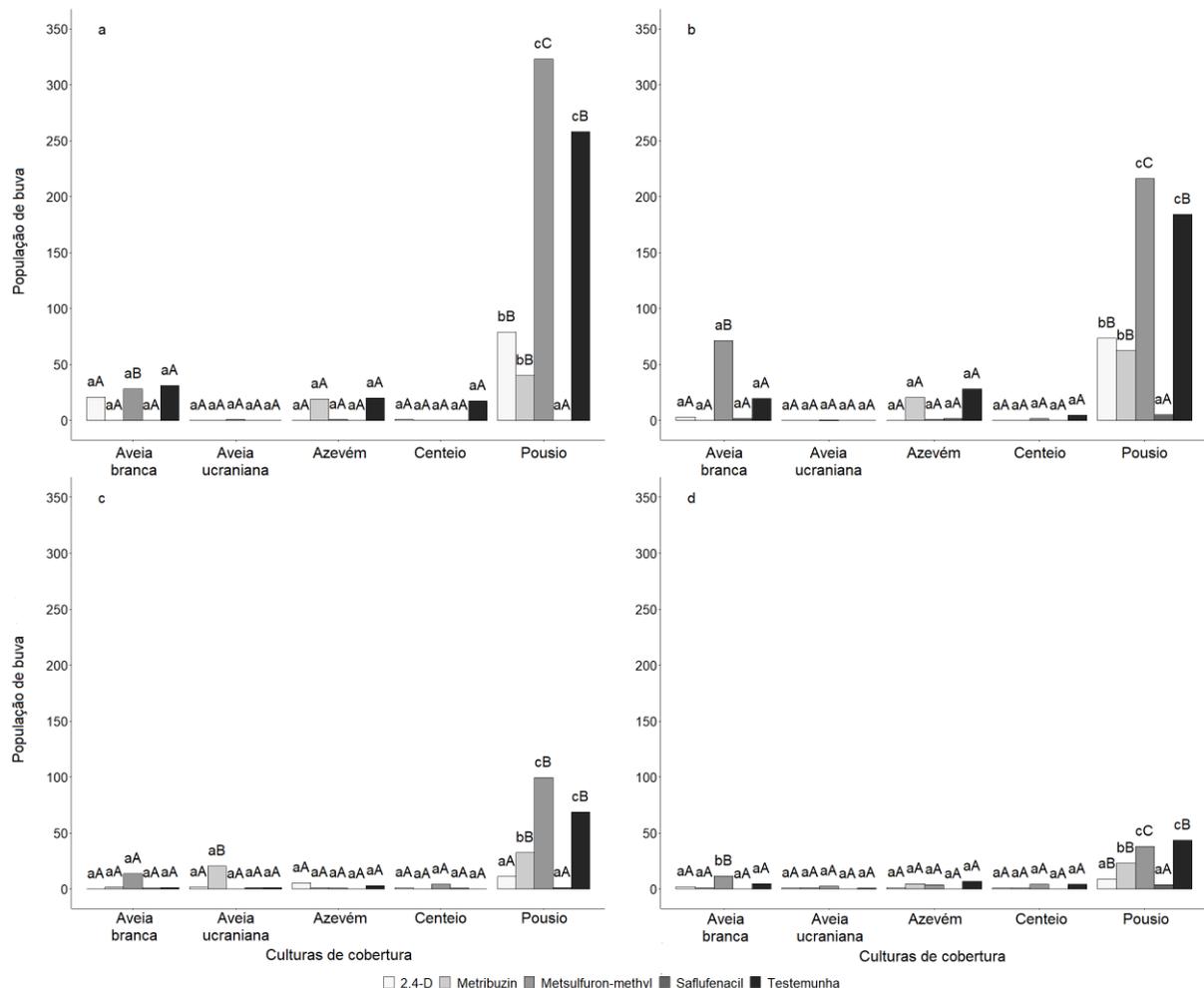
No estádio R2 da soja, período em que se quantificou toda população de buva que conviveu com a soja durante todo seu ciclo, pode-se observar que ao manter a área em pousio, os herbicidas que proporcionaram baixa população de buva foram o saflufenacil e o 2,4-D, enquanto o metsulfuron-methyl igualou-se à testemunha (Figura 11d). O uso de glyphosate + 2,4-D no controle de buva na pré-semeadura da soja, semeada sobre o pousio, controla 63%, enquanto que na semeadura sobre aveia preta e trigo, o controle aumenta em até 34% em relação ao pousio. (GUARESCHI et al. 2020). A associação de saflufenacil ao glifosato incrementa no controle de buva resistente ao glifosato, uma vez que são observadas reduções no fator de resistência (PIASECKI et al., 2020). Nas culturas de azevém, centeio e aveia ucraniana, a utilização de um herbicida como complementação ao efeito cultural das plantas não reduz a população, visto que não houve diferenças entre herbicidas e testemunha (Figura 11d).

Os resultados de massa seca de buva corroboram com os resultados de população no estádio Z29 das culturas de cobertura, exceto em aveia branca, pois não houve diferenças entre os herbicidas, o que sugere que a maior população proporcionada pelo herbicida metsulfuron-methyl são de plantas menores, que não acumularam maiores massas (Figura 3c). No pousio, a utilização do herbicida saflufenacil proporcionou a menor massa seca, enquanto o herbicida metsulfuron-methyl e a testemunha proporcionaram as maiores (Figura 3c). Notou-se a importância da manutenção da cultura de cobertura durante a entressafra, uma vez a redução foi de até 100% em relação ao pousio sem aplicação de herbicidas, corroborando com resultados encontrados por Sherman et al. (2019).

A utilização ou não de um herbicida, não promoveu mudanças na massa seca de buva quando utilizada uma cultura de cobertura, pois não houve diferenças significativas, confirmando que a população existente era de plantas pequenas. A

supressão é evidenciada pelas baixas massas secas de buva, uma vez que somente pousio + saflufenacil apresentaram resultados iguais ao uso de uma cultura de cobertura (Figura 3c). Em outro estudo que apresenta a supressão de buva com controle cultural no milho, azevém mostrou-se a monocultura mais consistente na supressão dessa planta daninha, resultando em 6 g m⁻² de massa de buva, no entanto, aveia branca e centeio não apresentaram diferença significativa com 20 e 13 g m⁻², respectivamente (CHOLETTE et al., 2018).

Figura 11 — População de plantas de buva por metro quadrado (pl m⁻²) no estágio Z29 das culturas de cobertura (a), na pré-semeadura (b), no estágio V4 (c) e R2 (d) da soja em função de diferentes culturas de cobertura e herbicidas aplicados na entressafra em 2020/2021. Santa Maria, RS.



*Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

As avaliações de controle apresentaram interação entre os fatores (Figura 12). De modo geral, evidenciou-se a alta porcentagem de controle dos herbicidas 2,4-D e,

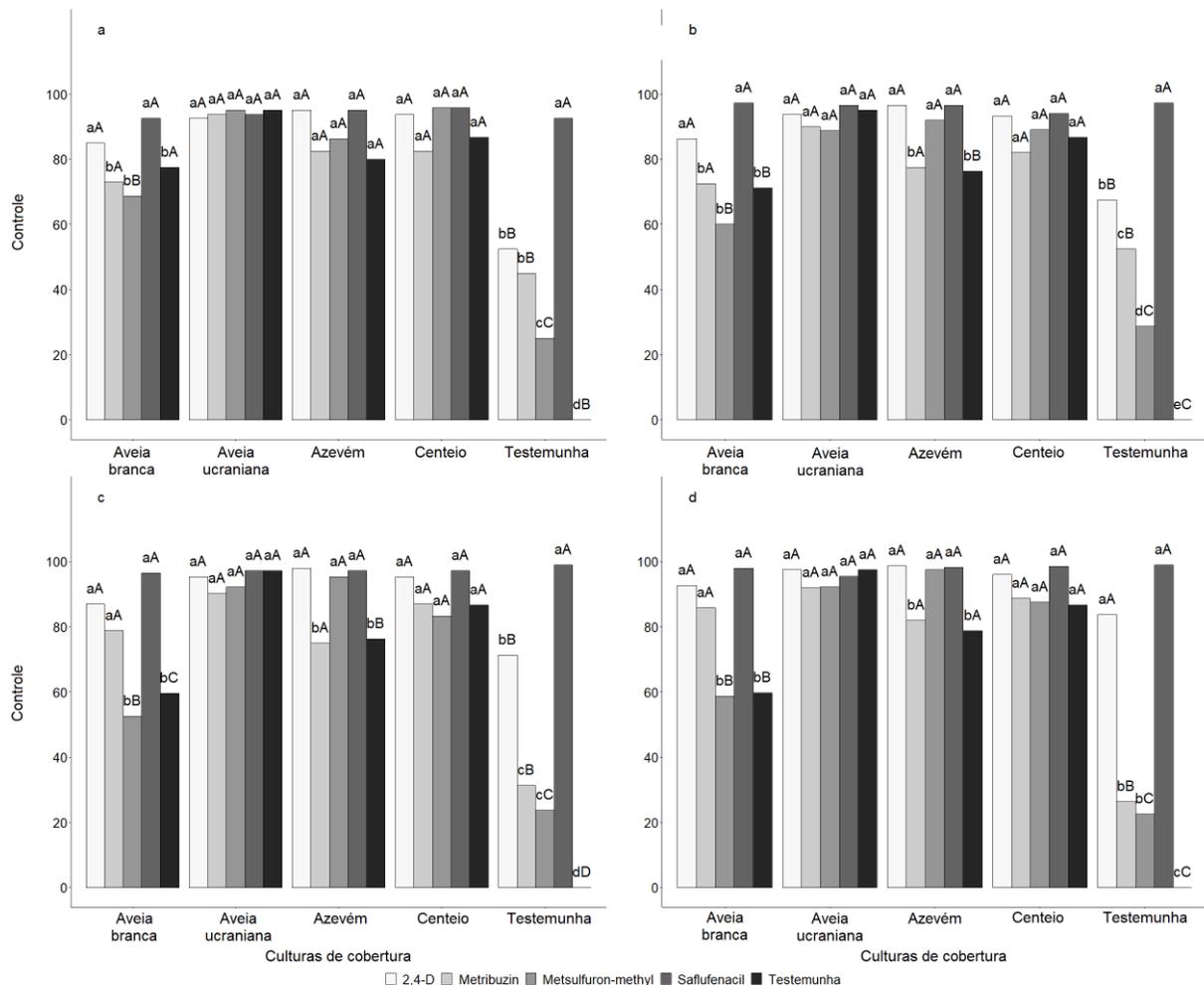
principalmente, do saflufenacil, uma vez que ambos podem ser recomendados para situações de ausência de cultura de cobertura, enquanto os herbicidas metribuzin e metsulfuron-methyl devem ser evitados. O metsulfuron-methyl também deve ser evitado em aveia branca, pois proporciona menor cobertura do solo em relação ao centeio (WALLACE et al., 2019), devido à sua arquitetura foliar e menor perfilhamento, que permite maior entrada de luz no dossel, proporcionaram baixo controle (Figura 12). Já no azevém, percebeu-se menor controle para metribuzin (Figura 12).

Os resultados mostraram a eficácia do herbicida saflufenacil no controle de buva durante a entressafra e a manutenção da baixa população ao longo das estações, resultados semelhantes também mostram a eficácia desse herbicida sobre buva (CAVICHIOI et al., 2021), no entanto, em outro estudo o mesmo não pode ser observado, já que aos 34 DAA, baixo controle de saflufenacil foi visualizado em plantas de buva em relação aos herbicidas 2,4-D e metsulfuron-methyl (PEDROSO et al., 2021). Esses diferentes resultados podem ser devidos às diferentes condições ambientais e características biológicas no momento da aplicação, como estatura de planta e número de folhas.

Em relação à fitotoxicidade, aos 7, 21 e 28 DAA houve somente efeito significativo de herbicida, enquanto aos 14 DAA houve interação entre os fatores. O herbicida com maior potencial de fitotoxicidade aos 7, 21 e 28 DAA foi o saflufenacil, seguido pelo metribuzin (Figuras 13a, 13c e 13d). Os herbicidas 2,4-D e metsulfuron-methyl proporcionam injúrias leves, sendo observada injúria desses herbicidas apenas no azevém aos 14 DAA (Figura 13b), as quais não são mais pronunciadas a partir dos 21 DAA, igualando-se à testemunha. Esses herbicidas não causam fitotoxicidade em aveia branca e aveia comum, apenas sintomas leves no azevém (DALAZEN et al., 2015).

Aos 14 DAA, o azevém foi a cultura mais afetada pela fitotoxicidade, principalmente por saflufenacil (31,25%), seguido pelos demais herbicidas, em relação à testemunha (Figura 13b). Diante disso, pode-se afirmar que o azevém é uma cultura com maior sensibilidade ao herbicida saflufenacil (DALAZEN et al., 2015). Nas demais culturas de cobertura, os herbicidas metribuzin e saflufenacil proporcionaram maiores sintomas de fitotoxicidade, confirmando novamente a menor tolerância das espécies do gênero *Avena* ao herbicida metribuzin (THOMASI et al., 2021).

Figura 12 — Controle de buva aos 7 (a), 14 (b), 21 (c) e 28 (d) dias após a aplicação dos herbicidas em função de diferentes culturas de cobertura e herbicidas aplicados na entressafra em 2020/2021. Santa Maria, RS.

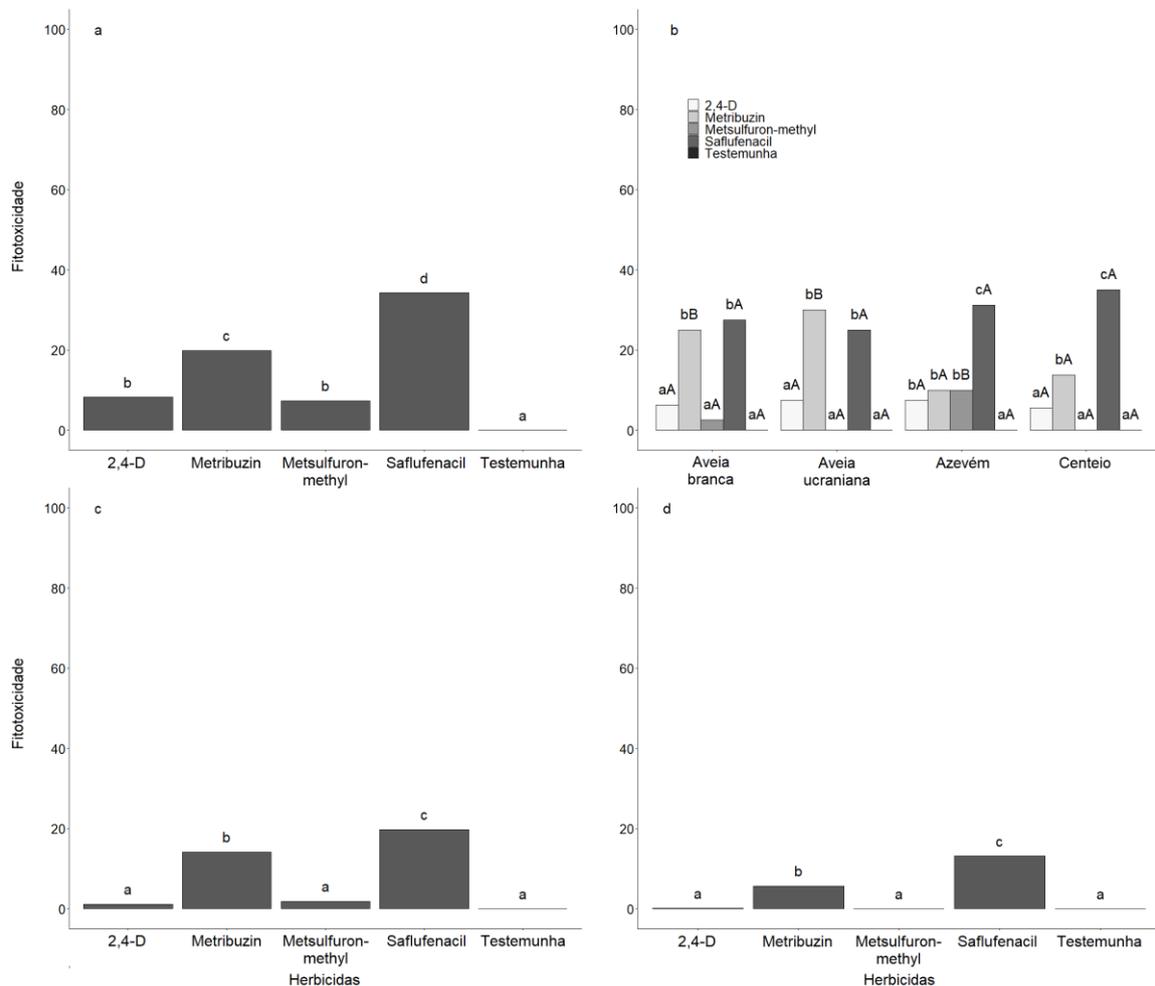


*Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre herbicidas dentro da cultura de cobertura, e letras maiúsculas não diferem entre cultura de cobertura dentro de herbicida, pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

Em relação à massa seca de cultura de cobertura, os efeitos principais de cada fator foram significativos. A maior massa seca foi proporcionada pelo centeio, seguido pelas demais culturas e pelo pousio, respectivamente (Figura 4e). A quantidade de massa seca é importante tanto durante o ciclo da cultura, bem como através dos restos vegetais deixados sobre o solo após a dessecação, não somente devido à barreira física, mas também à presença de compostos aleloquímicos, como já observados em centeio (TEASDALE et al., 2012). O centeio proporcionou consistentes reduções na supressão de *Erigeron canadensis*, variando de 41 a 90%

com biomassas de 660 até 2370 kg ha⁻¹, em comparação ao controle (WALLACE et al., 2019). O herbicida metribuzin resultou a menor massa seca (Figura 4f), enquanto os demais não diferiram entre si, atribuindo-se aos sintomas de fitotoxicidade causados por esse herbicida que prejudicou o acúmulo de massa seca, conforme já observado nos anos anteriores.

Figura 13 — Fitotoxicidade de herbicidas aos 7 (a), 14 (b), 21 (c) e 28 (d) dias após a aplicação sobre as culturas de cobertura em função dos efeitos principais de diferentes herbicidas (a, c e d) e diferentes culturas de cobertura e herbicidas aplicados na entressafra (b) em 2020/2021. Santa Maria, RS.



*Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre herbicidas dentro da cultura de cobertura, e letras maiúsculas não diferem entre cultura de cobertura dentro de herbicida, pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

A estatura de planta de soja apresentou diferenças quando submetidas aos fatores experimentais. No pousio e na aveia branca, as menores estaturas ocorreram quando utilizado o herbicida metsulfuron-methyl e a testemunha (Figura 5b), corroborando com os resultados de população de buva e controle. Embora sob interferência, a soja invista seus recursos em parte aérea, como forma de aumentar o acesso à luz de qualidade (SILVA, 2009), o estabelecimento da cultura ocorreu na presença de elevadas populações de buva nesses tratamentos, justificando a redução em estatura da cultura (observação pessoal). Essa resposta configura uma alteração no crescimento devido à coexistência com a buva (SILVA et al., 2014), que prejudica a captação de recursos, principalmente relacionado à qualidade da luz em função do balanço de comprimentos de onda (BALLARÉ et al., 1990).

Já o peso de mil grãos apresentou significância para efeito principal de cultura de cobertura (Figura 6b). O centeio embora apresente a maior massa seca, proporcionou o menor peso de mil grãos, assim como o pousio (Figura 6b). No entanto, as demais culturas de cobertura mostraram maiores pesos de mil grãos, dessa forma, observa uma correlação direta do efeito supressor das culturas de cobertura sobre essa variável (LAMEGO et al., 2013).

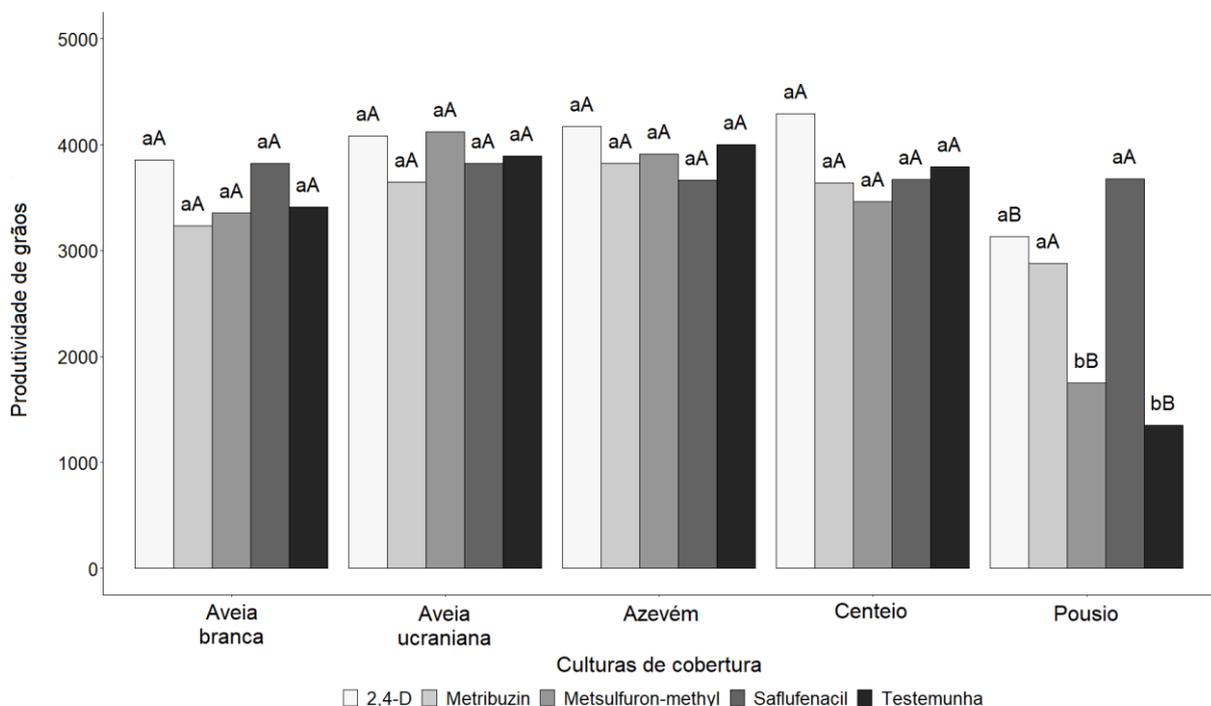
A produtividade de grãos de soja evidenciou os resultados das variáveis de população de buva, massa seca de buva e controle, pois as culturas de cobertura não diferiram entre si, independente do herbicida utilizado, diferindo somente para o pousio (Figura 14). Logo, pode-se afirmar que não houve distinção entre culturas de cobertura testadas, com ou sem aplicação de herbicida no manejo outonal. No pousio, apenas os herbicidas saflufenacil e metribuzin se equivaleram ao uso de culturas de coberturas, no entanto, o herbicida 2,4-D também não diferiu dos mesmos, podendo ambos serem indicados para utilização em áreas de pousio (Figura 14).

A ausência de uma cultura de cobertura e de herbicida de mecanismo de ação distinto aos inibidores da EPSPs, durante três anos de sistema de cultivo, reduz a produtividade de grãos de soja em até 31,43%. O período anterior à interferência da soja para uma população de buva pré-estabelecida de 37 plantas m^{-2} é de 24 dias (SILVA et al., 2014), nesse estudo, antes da semeadura da soja a população de buva existente no pousio + testemunha era de 184 plantas m^{-2} , portanto, é imprescindível a utilização de ferramentas antes do ciclo de cultivo, como a associação de culturas de cobertura e herbicidas. Contudo, outras ferramentas ainda podem ser implementadas ao manejo, como o uso de herbicidas pré-emergentes e a seleção de cultivares com

características de alta habilidade competitiva, selecionadas a partir do melhoramento genético.

No último ano agrícola, apenas não foi necessária a exclusão de variáveis para atendimento da multicolinearidade nos grupos de variáveis de massa seca e variáveis de soja. No grupo de população de buva, a avaliação na pré-semeadura da soja foi excluída da análise, pois apresentava FIV de 35,122. Ao retirar essa variável, as avaliações em Z29 da cultura de cobertura e em V4 da soja ainda permaneceram acima de 10 (12,391 e 12,803, respectivamente), contudo, optou-se por mantê-las na análise devido às suas importâncias, uma vez que estão pouco acima do limite e o NC foi atendido (73,811). Já no grupo de controle, as avaliações em 21 e 14 DAT foram excluídas nessa ordem, pois possuíam FIV de 121,232 e 7,648 (Apêndice A).

Figura 14 — Produtividade de grãos de soja em quilogramas por hectare (kg ha⁻¹) em função de diferentes culturas de cobertura e herbicidas aplicados na entressafra em 2020/2021. Santa Maria, RS.



*Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre herbicidas dentro da cultura de cobertura, e letras maiúsculas não diferem entre cultura de cobertura dentro de herbicida, pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

De modo geral, notou-se a partir da magnitude das cargas cruzadas canônicas que os efeitos do manejo são mais pronunciados, de acordo com os resultados anteriores. Novamente, observou-se relação entre população de buva e massa seca, mostrando que a massa seca de buva avaliada ainda no estágio Z29 das culturas de cobertura influenciou na população de buva no estágio R2 da soja (Tabela 4). Diferente do que foi observado nos anos anteriores, a relação inversa entre o grupo de população de buva e a massa seca de cultura de cobertura foi evidenciada por altas magnitudes, logo, os efeitos do controle cultural nesse ano, continuaram pronunciados até mesmo no final do ciclo da soja (Tabela 4), confirmando que a utilização de culturas de cobertura é eficiente na supressão de populações de buva (GUARESCHI et al., 2020).

A análise entre os grupos de população de buva e controle apresentou relação inversa, ou seja, conforme aumentou-se o controle, diminuiu-se a população de buva em todas as épocas avaliadas (Tabela 4). Esta condição permitiu o aumento de variáveis produtivas de soja, visto que apresentam sentidos distintos, sendo o mesmo observado para estatura de planta de soja (Tabela 4). Já a falta de relação entre a população de buva e o número de plantas de soja corroborou com os resultados da análise de variância, uma vez que apresentou pouco impacto sobre essa variável (Tabela 4).

O efeito cultural é evidenciado pela relação entre a massa seca de cultura de cobertura com as variáveis de controle, ou seja, aumentando-se a massa seca de cultura de cobertura, aumentou-se o controle de buva (Tabela 4). Logo, nesse ano, os efeitos do controle sobre a população de buva tem forte influência do controle cultural. Em relação à massa seca de buva, notou-se relação inversa com o grupo de controle, logo, ao aumentar o controle, diminuiu-se a massa seca de buva e, também, aumenta as variáveis relacionadas à soja (Tabela 4), ou seja, aumentou-se controle, aumentou-se estatura de planta de soja, peso de mil grãos e produtividade de grãos, principalmente. Uma vez que ao controlar buva, permitiu-se o crescimento da planta de soja em estatura, além de proporcionar o enchimento de grãos e produtividade de grãos livre de competição com a planta daninha, permitindo condições para manutenção da produtividade.

Tabela 4 — Cargas cruzadas canônicas para os grupos de variáveis de população de buva, massa seca, controle e soja. Santa Maria, RS, 2020/2021.

(continua)

Variáveis	Cargas cruzadas canônicas			
	1*		2*	
CCA 1				
População de buva				
Z24	0,758		-0,454	
Z29	0,962		0,029	
V4	0,911		-0,066	
R2	0,945		-0,081	
Massa seca				
Massa seca de buva	0,976		-0,001	
Massa seca de cultura de cobertura	-0,631		0,571	
Correlação canônica	0,976		0,747	
p-valor	1,05E-13		0,000	
CCA 2	1*		2*	
População de buva				
Z24	0,736		0,322	
Z29	0,865		0,187	
V4	0,860		0,043	
R2	0,967		0,026	
Controle				
7 DAT	-0,953		-0,140	
28 DAT	-0,959		0,116	
Correlação canônica	0,973		0,692	
p-valor	1,55E-12		0,004	
CCA 3	1*	2*	3 ^{ns}	4 ^{ns}
População de buva				
Z24	-0,818	0,113	-0,031	0,023
Z29	-0,910	-0,111	-0,018	0,008
V4	-0,889	-0,075	-0,096	0,001
R2	-0,959	-0,009	-0,013	-0,009
Soja				
Estatura de planta	0,886	-0,078	-0,074	0,015
Número de plantas	0,076	0,145	-0,178	-0,047
Peso de mil grãos	0,520	0,052	0,059	-0,007
Produtividade de grãos	0,931	-0,059	0,163	-0,042
Correlação canônica	0,968	0,354	0,287	0,070
p-valor	1,29E-06	0,885	0,778	0,755
CCA 4	1*		2*	
Massa seca				
Massa seca de buva	-0,928		-0,018	
Massa seca de cultura de cobertura	0,715		-0,075	
Controle				

Tabela 4 — Cargas cruzadas canônicas para os grupos de variáveis de população de buva, massa seca, controle e soja. Santa Maria, RS, 2020/2021.

Variáveis	Cargas cruzadas canônicas	
7 DAT	0,937	0,009
28 DAT	0,845	0,05
Canonical correlations r	0,94	0,845
p-valor	9,00E-03	0,05
CCA 5	1*	2*
Controle		
7 DAT	-0,957	0,021
28 DAT	-0,925	-0,058
Soja		
Altura de planta	-0,854	-0,086
Número de plantas	-0,113	0,135
Peso de mil grãos	-0,935	0,028
Produtividade de grãos	-0,562	0,104
Canonical correlations r	0,961	0,212
p-valor	9,68E-09	0,815

Fonte: THOMASI (2022).

3.4 CONCLUSÃO

O uso de culturas de cobertura na entressafra, associada com os herbicidas saflufenacil ou 2,4-D, é eficiente no controle de buva, permitindo o desenvolvimento livre de competição da cultura da soja no verão.

O herbicida saflufenacil apesar de causar mais fitotoxicidade sobre as culturas de cobertura em relação aos demais herbicidas, não proporciona reduções na massa seca de cultura de cobertura.

O efeito proporcionado pela integração dos métodos de controle ao longo dos anos evita o aumento da população de plantas de buva, principalmente de biótipos resistentes.

A partir das análises de correlação canônicas evidenciou-se à associação entre os grupos de variáveis relacionados ao manejo de buva ao grupo com variáveis morfológicas e produtivas de soja.

REFERÊNCIAS

AGOSTINETTO, Dirceu; SILVA, Diecson Ruy Orsolin da; VARGAS, Leandro. Soybean yield loss and economic thresholds due to glyphosate resistant hairy fleabane interference. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 84, p. 1-8, fev. 2018.

Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aib/a/5yGx3bcYjQ7vNqSpvXyLMZF/?lang=en>. Acesso em : 10 março 2022..

BALLARÉ, Carlos L.; SCOPEL, Ana L.; SÁNCHEZ, Rodolfo. A. Far-red radiation reflected from adjacent leaves: an early signal of competition in plant canopies. **Science**, Nova York, v. 247, n. 4940, p. 329-332, jan. 1990. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.247.4940.329>. Acesso em : 05 março 2022.

BERES, Zachery *et al.* High Levels of Glyphosate Resistance in *Conyza canadensis* from Agricultural and Non-Agricultural Sites in Ohio and Iowa. **Scientific reports**, London, v. 8, n. 10483, p. 1-8, jul. 2018. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-018-28163-w>. Acesso em: 15 março 2022..

BORCHERS, Hans Werner. Package “pracma”. **Comprehensive R Archive Network (CRAN)**, 2019. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/pracma/pracma.pdf>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

BUDD, Christopher *et al.* Glyphosate-resistant horseweed (*Conyza canadensis*) dose response to saflufenacil, saflufenacil plus glyphosate, and metribuzin plus saflufenacil plus glyphosate in soybean. **Weed Science**, v. 64, n. 4, p. 727-734, jan. 2016. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/weed-science/article/abs/glyphosateresistant-horseweed-conyza-canadensis-dose-response-to-saflufenacil-saflufenacil-plus-glyphosate-and-metribuzin-plus-saflufenacil-plus-glyphosate-in-soybean/859555A1EA0B0B2121F378C395C828E2>. Acesso em: 14 março 2022.

BUTTS, Carter. Package “yacca”. **Comprehensive R Archive Network (CRAN)**, 2018. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/yacca/yacca.pdf>. Acesso em: 21 de março 2022.

BYKER, Holly *et al.* Control of glyphosate-resistant horseweed (*Conyza canadensis*) with dicamba applied preplant and postemergence in dicamba-resistant soybean. **Weed Technology**, Fayetteville, v. 27, n. 3, p. 492-496, set. 2013. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/weed-technology/article/abs/control-of-glyphosateresistant-horseweed-conyza-canadensis-with-dicamba-applied-preplant-and-postemergence-in-dicambaresistant-soybean/173634FF72F3B1A30999479E7E21BBCB>. Acesso em: 01 março 2022.

CAVICHOLI, Bruno Mussoi *et al.* Control and translocation of saflufenacil in fleabane (*Conyza* spp.) according to plant integrity. **Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín**, Bogotá v. 74, n. 2, p. 9523-9530, ago. 2021. Disponível em: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/90951>. Acesso em: 23 março 2022.

CHOLETTE, Taïga B. *et al.* Suppression of glyphosate-resistant Canada fleabane (*Conyza canadensis*) in corn with cover crops seeded after wheat harvest the previous year. **Weed Technology**, Fayetteville, v. 32, n. 3, p. 244-250, mar. 2018. <https://www.cambridge.org/core/journals/weed-technology/article/abs/suppression-of-glyphosateresistant-canada-fleabane-conyza-canadensis-in-corn-with-cover-crops->

seeded-after-wheat-harvest-the-previous-year/2179654ACB1BA4DF62D74428ED838255. Acesso em : 10 março 2022.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira grãos, v. 8 - Safra 2020/21. **Décimo segundo levantamento**, Brasília, set. 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 7 março 2022.

CREAMER, Nancy *et al.* Mechanisms of weed suppression in cover crop-based production systems. **HortScience**, Alexandria, v. 31, n. 3, p. 410-413, jun. 1996. Disponível em: <https://journals.ashs.org/hortsci/view/journals/hortsci/31/3/article-p410.xml>. Acesso em: 02 fevereiro 2022.

CRUZ, Cosme Damião; REGAZZI, Adair José; CARNEIRO, Pedro Crescêncio Souza. **Métodos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4 ed. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 2012.

DALAZEN, Giliardi.; KRUSE, Nelson Diel; MACHADO, Sérgio Luiz de Oliveira. Herbicidas de uso potencial no controle de buva e sua seletividade sobre aveia e *Lolium multiflorum*. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 46, n. 4, p. 792-799, dez. 2015. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/1953/195342208016.pdf>. Acesso em: 12 março 2022.

DAVIS, Vince M.; JOHNSON, William G. Glyphosate-resistant horseweed (*Conyza canadensis*) emergence, survival, and fecundity in no-till soybean. **Weed Science**, Fayetteville, v. 56, n. 2, p. 231-236, abr. 2008. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/weed-science/article/abs/glyphosateresistant-horseweed-conyza-canadensis-emergence-survival-and-fecundity-in-notill-soybean/19277791396A17A4E82453C7D63617B6>. Acesso em: 12 março 2022.

DIEL, Maria Inês *et al.* Canonical correlations in agricultural research: Method of interpretation used leads to greater reliability of results. **International Journal For Innovation Education And Research**, Dhaka, v. 8, p. 171-181, jul. 2020. Disponível em: <https://ijer.net/index.php/ijer/article/view/2464>. Acesso em: 10 abril 2021.

EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agrocuária**. 5 ed. Brasília, 2018.

FARAWAY, Julian. Package “faraway”. **Comprehensive R Archive Network (CRAN)**, 2016. Disponível em: < <https://cran.r-project.org/web/packages/faraway/faraway.pdf> >. Acesso em: 21 de fevereiro de 2022.

FEHR, Walter; CAVINESS, Charles. Stages of soybeans development. **Iowa State University**. Ames, Special Report, v. 80, p. 1-12, mar. 1977. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/83024475.pdf>. Acesso em: 12 março 2022.

FERREIRA, Eric Batista; CAVALCANTI, Portya Piscitelli; NOGUEIRA, Denismar Alves. ExpDes: an R package for ANOVA and experimental designs. **Applied Mathematics**, v. 5, n. 19, p. 2952, nov. 2021. Disponível em:

<https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=51204>. Acesso em 4 março 2022.

FERREIRA, Luiz Leonardo *et al.* Correlations and canonical variables applied to the distinction of soybean cultivars in a tropical environment. **Agronomy Science and Biotechnology**, v. 8, p. 1-12, out. 2021. Disponível em: <https://www.mecenaspublishing.com/journals/index.php/asbjournal/article/view/146/291>. Acesso em: 05 março 2022.

GUARESCHI, André *et al.* Cover plants as a suppression and increasing tool to hairy fleabane control. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 15, n. 2, p. 1-8, 2020. Disponível em: <http://www.agraria.pro.br/ojs32/index.php/RBCA/article/view/v15i2a7522>. Acesso em: 12 março 2021.

HAIR, Joseph *et al.* **Análise multivariada de dados**. ed. 6. Porto Alegre: Artmed: Bookman, 2009.

HARAMOTO, Erin R. Species, seeding rate, and planting method influence cover crop services prior to soybean. **Agronomy Journal**, Lexington, v. 111, n. 3, p. 1068-1078, mar.2019. Disponível em: <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2134/agronj2018.09.0560>. Acesso em: 11 abril 2022.

HEAP, Ian. **The International Survey of Herbicide Resistant Weeds**. Disponível em: <https://www.weedscience.org/Home.aspx> . Acesso em: 22 de abril de 2022.

JANNINK, J. L. *et al.* Index selection for weed suppressive ability in soybean. **Crop Science**, v. 40, n. 4, p. 1087-1094, jul. 2000. Disponível em: <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2135/cropsci2000.4041087x>. Acesso em: 20 fevereiro 2022..

JELIHOVSCHI, Enio; FARIA, José Cláudio; ALLAMAN, Ivan Bezerra. Scott-Knott: a package for performing the Scott-Knott clustering algorithm in R. **Tendências em Matemática Aplicada e Computacional**, São Carlos v. 15, n. 1, p. 3-17, fev. 2014. Disponível em: <https://tema.sbmac.org.br/tema/article/view/646/643>. Acesso em: 07 março 2022..

KASPARY, Tiago Edu *et al.* Growth, phenology, and seed viability between glyphosate-resistant and glyphosate-susceptible hairy fleabane. **Bragantia**, Campinas, v. 76, n. 1, p. 92-101, mar. 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brag/a/Qj9TqkXfbRtxqFyhJQCnTFR/?lang=en>. Acesso em: 02 março 2022..

LAMEGO, Fabiane Pinto *et al.* Management of glyphosate resistant *Conyza bonariensis*: winter cover crops and herbicides in soybean pre-seeding. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 433-442, abr. 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/8yvSpQHkCV5KxqbBd56Bqk/?lang=pt>. Acesso em: 24 março 2022.

MARTÍN, Nicolas; BOLLERO, German; BULLOCK, Donald. Associations between field characteristics and soybean plant performance using canonical correlation analysis. **Plant and Soil**, v. 273, n. 1-2, p. 39-55, jun. 2005. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/24125198>. Acesso em: 07 março 2022.

OLIVEIRA, Maxwell C. *et al.* Assessment of crop and weed management strategies prior to introduction of auxin-resistant crops in Brazil. **Weed Technology**, v. 35, n. 1, p. 155-165, 2021. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/weed-technology/article/abs/assessment-of-crop-and-weed-management-strategies-prior-to-introduction-of-auxin-resistant-crops-in-brazil/06DBB0097FB3E2560EA99B6CF1251E98>. Acesso em: 29 abril 2022.

PEDROSO, Rafael Muniz *et al.* Mesotrione use for selective post-emergence control of glyphosate-resistant *Conyza* spp. in black oats. **Advances in Weed Science**, Londrina, v. 39, dez. 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aws/a/qVHRTpSxjcfqCTp6G5Jf3WK/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 16 março 2022.

PIASECKI, Cristiano *et al.* Glyphosate and Saflufenacil: Elucidating Their Combined Action on the Control of Glyphosate-Resistant *Conyza bonariensis*. **Agriculture**, v. 10, n. 6, p. 236, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2077-0472/10/6/236>. Acesso em: 22 abril 2022.

PITTMAN, Kara B.; BARNEY, Jacob N.; FLESSNER, Michael L. Horseweed (*Conyza canadensis*) suppression from cover crop mixtures and fall-applied residual herbicides. **Weed Technology**, Fayetteville, v. 33, n. 2, p. 303-311, mar. 2019. Disponível em: <https://bioone.org/journals/weed-technology/volume-33/issue-2/wet.2018.111/Horseweed-Conyza-canadensis-Suppression-from-Cover-Crop-Mixtures-and-Fall/10.1017/wet.2018.111.short>. Acesso em: 2 março 2022.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: a language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria, 2021.

SANTOS, Fernando Machado *et al.* Herbicidas alternativos para o controle de *Conyza sumatrensis* (Retz.) EH Walker resistentes aos inibidores da ALS e EPSPs. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 62, n. 6, dez. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rceres/a/nzwYzSRKdYxKmHF6GMPbydc/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 03 abril 2022.

SCHRAMSKI, John A.; SPRAGUE, Christy L.; RENNER, Karen A. Effects of fall-planted cereal cover-crop termination time on glyphosate-resistant horseweed (*Conyza canadensis*) suppression. **Weed Technology**, Fayetteville, v. 35, n. 2, p. 223-233, set. 2021. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/weed-technology/article/abs/effects-of-fallplanted-cereal-covercrop-termination-time-on-glyphosateresistant-horseweed-conyza-canadensis-suppression/867E9EF66714B3A6883C9AA696D09947>. Acesso em: 02 abril 2022.

SHERMAN, Austin D.; HARAMOTO, Erin R.; GREEN, J. D. Integrating fall and spring herbicides with a cereal rye cover crop for horseweed (*Conyza canadensis*) management prior to soybean. **Weed Technology**, v. 34, n. 1, p. 64-72, fev. 2020.

Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/weed-technology/article/abs/integrating-fall-and-spring-herbicides-with-a-cereal-rye-cover-crop-for-horseweed-conyza-canadensis-management-prior-to-soybean/3E324AFD7624F705413FF6BF04EF6775>. Acesso em: 20 fevereiro 2022.

SILVA, Alexandre Ferreira *et al.* Interference of different weed densities in soybean growth. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, p. 75-84, mar. 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/vb5XRYmgYXtBHhZWhyKXprs/?lang=pt>. Acesso em: 03 março 2022.

SILVA, Diecson Ruy Orsolin da *et al.* Competitive ability, secondary metabolism changes and cellular damage in soybean competing with *Conyza bonariensis* glyphosate-resistant and susceptible to glyphosate. **Planta daninha**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 579-589, mai. 2014. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/115231/1/2014-planta-daninha-v32n3p579.pdf>. Acessado em: 03 março 2022.

SOLTANI, Nader *et al.* Perspectives on potential soybean yield losses from weeds in North America. **Weed Technology**, Fayetteville, v. 31, n. 1, p. 148-154, jan. 2017. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/839B31C6771865071E6956BAEFC0F076/S0890037X16000026a.pdf/perspectives-on-potential-soybean-yield-losses-from-weeds-in-north-america.pdf>. Acesso em: 25 abril 2022.

TEASDALE, John R. *et al.* Expression of allelopathy in the soil environment: soil concentration and activity of benzoxazinoid compounds released by rye cover crop residue. **Plant Ecology**, v. 213, n. 12, p. 1893-1905, mai. 2012. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11258-012-0057-x>. Acesso em: 26 março 2022.

THOMASI, Rosana Marzari. *et al.* Relationship of vegetation indices with herbicide phytotoxicity in winter cereals. **Advances in Weed Science**, Londrina, v. 39, p. 1-10, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aws/a/VrwnwLctjmxSb4jf998RdQm/abstract/?lang=en>. Acesso em: 15 de março de 2022.

VARGAS, Leandro *et al.* Buva (*Conyza bonariensis*) resistente ao glyphosate na região sul do Brasil. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 573-578, ago. 2007. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/127877/1/SP-15403.pdf>. Acesso em: 3 março 2022.

WALLACE, John M.; CURRAN, William S.; MORTENSEN, David A. Cover crop effects on horseweed (*Erigeron canadensis*) density and size inequality at the time of herbicide exposure. **Weed Science**, v. 67, n. 3, p. 327-338, mai. 2019. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/weed-science/article/abs/cover-crop-effects-on-horseweed-erigeron-canadensis-density-and-size-inequality-at-the-time-of-herbicide-exposure/E5D181B65270F615000F53706156B2FB>. Acesso em: 01 março 2022.

WICKHAM, Hadley; CHANG, Winston. Package 'ggplot2'. **Create elegant data visualisations using the grammar of graphics**. 2016. Disponível em: <https://ggplot2.tidyverse.org/>. Acesso em: 5 abril 2022.

ZADOKS, Jan; TING, Chang; KONZAK, Cal. A decimal code for the growth stages of cereals. **Weed research**, v. 14, n. 6, p. 415-421, dez. 1974. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1365-3180.1974.tb01084.x>. Acesso em: 8 março 2022.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados sugerem que a integração dos métodos de controle, cultural e químico na entressafra, são satisfatórios no controle de buva. Através das relações lineares, identificou-se quais variáveis estão associadas aos efeitos do manejo de buva na produtividade de grãos de soja ao longo dos três anos de estudo.

No capítulo I, de modo geral, observa-se a partir da correlação linear de Pearson, a relação inversa entre produtividade de grãos de soja e as variáveis referentes ao manejo de buva, evidenciando os danos que a interferência da planta daninha causa sobre a cultura, fazendo-se necessária a adoção de estratégias de controle, principalmente para biótipos resistentes ao herbicida glifosato. A relação inversa entre população de buva com massa de cultura de cobertura e com as variáveis de controle, também são indicativos dos efeitos do manejo integrado. Nota-se a influência das variações climáticas entre os anos, uma vez que no segundo ano de estudo, 2019/20, o excesso de chuvas prejudicou o estabelecimento de algumas culturas, como azevém e centeio, sendo possível apenas inferir o efeito da cultura de cobertura sobre a população de buva através da relação inversa com as variáveis de controle.

A análise de causa e efeito com a produtividade de grãos como variável principal, mostra que a massa seca de buva e as populações de buva no estágio V4 e R5 da soja, contribuem indiretamente na relação existente entre as demais variáveis e a produtividade. Esse resultado confirma a necessidade de controle na entressafra, pois reduz-se a massa seca de buva, uma vez que biótipos resistentes ao glifosato não são controlados em dessecação pré-semeadura com esse herbicida, bem como em aplicações no fechamento da entrelinha (estádio V4), permanecendo presentes até o final do cultivo (estádio R5). Além de contribuir via efeitos indiretos, a população de buva no estágio R5 possui efeito direto sobre a produtividade de grãos de soja nos

anos 2019/20, e pode-se relacionar esse resultado com a estiagem ocorrida nessa safra, logo, a competição pelos recursos ambientais nessas condições são mais intensas.

Já na análise de causa e efeito com a população de buva no estágio R5 da soja como variável principal, a população de buva na pré-semeadura de soja e o controle aos 28 dias após a aplicação dos herbicidas são as variáveis que mais contribuem indiretamente para a associação das demais variáveis com a variável principal. Esse resultado assemelha-se ao anterior, evidenciando a necessidade de controle na entressafra, uma vez que o controle aos 28 dias após a aplicação dos herbicidas possui o efeito da integração dos métodos cultural e químico. Quando não se é realizado esse controle, o estabelecimento da soja será prejudicado pela presença de plantas de buva, principalmente as resistentes ao glifosato que não serão controladas por ele na dessecação, contribuindo para a população que causará interferências durante todo ciclo de cultivo.

No capítulo II, de modo geral, os resultados mostram que no início do sistema do manejo, a interação dos fatores de tratamento ainda era pouco evidenciada, em decorrência de baixa população de buva, sendo possível observar somente o efeito das culturas de cobertura e dos herbicidas isoladamente, destacando a utilização dos herbicidas 2,4-D e saflufenacil. Ao longo dos anos de cultivo, os efeitos dos tratamentos são intensificados, uma vez que, em 2020/21, observa-se a manutenção de baixas populações onde se é realizado o manejo integrado, não sendo possível essa observação no pousio sem herbicida, corroborando com os resultados de massa seca de buva.

Destaca-se o potencial de controle do herbicida saflufenacil sobre a população de buva em condições de pousio, que se iguala aos resultados obtidos quando se é utilizada uma cultura de cobertura. No entanto, as culturas de cobertura proporcionam outros benefícios além da supressão de buva, como manutenção de umidade e temperatura, bem como ciclagem de nutrientes. Em contrapartida, o herbicida metsulfuron-methyl apresenta controle pouco satisfatório sobre a população de plantas de buva, igualando-se até mesmo à testemunha sem herbicida em determinados momentos. Infere-se que esse resultado seja devido à possível caso de resistência aos herbicidas inibidores da acetolactato sintase.

Observa-se sintomas de fitotoxicidade para os herbicidas metribuzin e saflufenacil, mas somente há redução de massa seca de cultura de cobertura quando

utilizado o herbicida metribuzin. A utilização do herbicida saflufenacil deve ser recomendada, pois proporciona resultados de controle satisfatórios, uma vez que sua fitotoxicidade não causa redução na massa seca de cultura de cobertura, portanto, não prejudica o controle cultural. De modo geral, em relação às notas de controle visuais, há baixo controle para os herbicidas metribuzin e metsulfuron-methyl, além da testemunha, em aveia branca e azevém. No pousio, os herbicidas 2,4-D e saflufenacil proporcionam resultados semelhantes ao uso de culturas de cobertura.

O manejo integrado utilizado na entressafra objetivou a redução da interferência de buva em soja na safra de verão, implementando-se alternativas de controle para essa planta daninha importante dentro desse sistema de cultivo. Nota-se reduções na estatura de planta de soja quando sem aplicação de herbicida ou quando utilizado metsulfuron-methyl no pousio e na aveia branca. Essas alterações no crescimento da cultura, podem refletir em prejuízos nas variáveis produtivas, uma vez que alteram a percepção da qualidade da luz.

De modo geral, a utilização de culturas de cobertura associadas aos herbicidas na entressafra é eficiente na manutenção do peso de mil grãos de soja, uma vez que esses mesmos resultados são observados para a produtividade de grãos, que somente foi influenciada pelos tratamentos no último ano de estudo, por isso, a utilização de qualquer cultura de cobertura testada, associada ou não a um dos herbicidas testados, proporciona resultados sem diferenças significativas, apenas em relação ao pousio, onde a permanência da área em condições sem aplicação de herbicida ou com somente aplicação de metsulfuron-methyl, diminuiu a produtividade de grãos de soja.

Portanto, recomenda-se o controle de buva durante a entressafra, pois a sua biologia permite a associação dos métodos de controle, evitando a competição inicial com a soja, visando, principalmente, biótipos resistentes que não serão controlados com aplicações de glifosato em pós-emergência da soja. Dessa forma, as condições ideais para o desenvolvimento da cultura são mantidas, reduzindo as perdas de produtividade por competição. Destaca-se o uso das relações lineares para compreensão dessas associações, que elucidam os efeitos proporcionados pelos tratamentos.

REFERÊNCIAS

- ADEGAS, Fernando Storniolo *et al.* Glyphosate-resistant (GR) soybean and corn in Brazil: past, present, and future. **Advances in Weed Science**, Londrina, v. 40, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aws/a/Zyd36gYqNxPCkkBb9XvTzKq/abstract/?lang=en>. Acesso em: 15 abril 2022.
- BAJWA, Ali Ahsan *et al.* Biology and management of two important Conyza weeds: a global review. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 23, n. 24, p. 24694-24710, out. 2016. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-016-7794-7>. Acesso em: 10 abril 2022.
- CHOLETTE, Taïga B. *et al.* Suppression of glyphosate-resistant Canada fleabane (*Conyza canadensis*) in corn with cover crops seeded after wheat harvest the previous year. **Weed Technology**, Fayetteville, v. 32, n. 3, p. 244-250, mar. 2018. <https://www.cambridge.org/core/journals/weed-technology/article/abs/suppression-of-glyphosateresistant-canada-fleabane-conyza-canadensis-in-corn-with-cover-crops-seeded-after-wheat-harvest-the-previous-year/2179654ACB1BA4DF62D74428ED838255>. Acesso em : 10 novembro 2021.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira grãos, v. 8 - Safra 2020/21. **Décimo segundo levantamento**, Brasília, set. 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 7 abril 2021.
- CRUZ, Cosme Damião; REGAZZI, Adair José; CARNEIRO, Pedro Crescêncio Souza. **Métodos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4 ed. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 2012.
- DALAZEN, Giliardi.; KRUSE, Nelson Diel; MACHADO, Sérgio Luiz de Oliveira. Herbicidas de uso potencial no controle de buva e sua seletividade sobre aveia e *Lolium multiflorum*. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 46, n. 4, p. 792-799, dez. 2015. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/1953/195342208016.pdf>. Acesso em: 12 outubro 2021.
- DE VIDA, Fernando B. Pérez *et al.* Relating rice traits to weed competitiveness and yield: a path analysis. **Weed Science**, v. 54, n. 6, p. 1122-1131, dez. 2006. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/weed-science/article/abs/relating-rice-traits-to-weed-competitiveness-and-yield-a-path-analysis/1A6F0392D5C568A6227E6AEDEB6AAB5F>. Acesso em: 20 fevereiro 2022.
- HOLKEM, Aline Sielo *et al.* Weed management in Roundup Ready® corn and soybean in Southern Brazil: survey of consultants' perception. **Advances in Weed Science**, v. 40, fev. 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aws/a/gvH3sMLMWGVb9JtZYZVPCK/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 1 maio 2022.

OLIVEIRA, Maxwel C. *et al.* Assessment of crop and weed management strategies prior to introduction of auxin-resistant crops in Brazil. **Weed Technology**, v. 35, n. 1, p. 155-165, 2021. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/weed-technology/article/abs/assessment-of-crop-and-weed-management-strategies-prior-to-introduction-of-auxin-resistant-crops-in-brazil/06DBB0097FB3E2560EA99B6CF1251E98>. Acesso em: 29 abril 2022.

PAULA, Juliana Maria de *et al.* Management of Glyphosate-Resistant *Conyza bonariensis*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 217-227, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/BhmTptZ9L3bJrZ3Mvmhqnr/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 04 março 2022.

PEREIRA, Elise Matos *et al.* Canonical correlations between agronomic traits and seed physiological quality in segregating soybean populations. **Genetics and molecular research**, Ribeirão Preto, v. 16, n. 2, abr. 2017. Disponível em: <http://www.funpecrp.com.br/gmr/year2017/vol16-2/pdf/gmr-16-02-gmr.16029547.pdf>. Acesso em: 10 abril 2022.

POWLES, Stephen B.; YU, Qin. Evolution in action: plants resistant to herbicides. **Annual review of plant biology**, v. 61, p. 317-347, jun. 2010. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20192743/>. Acesso em: 29 abril 2022.

RADOSEVICH, Steven R.; HOLT, Jodie S.; GHERSA, Claudio M. Ecology of weeds and invasive plants: relationship to agriculture and natural resource management. **John Wiley & Sons**, 2007.

SCHRAMSKI, John A.; SPRAGUE, Christy L.; RENNER, Karen A. Effects of fall-planted cereal cover-crop termination time on glyphosate-resistant horseweed (*Conyza canadensis*) suppression. **Weed Technology**, Fayetteville, v. 35, n. 2, p. 223-233, set. 2021. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/weed-technology/article/abs/effects-of-fallplanted-cereal-covercrop-termination-time-on-glyphosateresistant-horseweed-conyza-canadensis-suppression/867E9EF66714B3A6883C9AA696D09947>. Acesso em: 02 novembro 2021.

SILVA, Diecson Ruy Orsolin da *et al.* Competitive ability, secondary metabolism changes and cellular damage in soybean competing with *Conyza bonariensis* glyphosate-resistant and susceptible to glyphosate. **Planta daninha**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 579-589, mai. 2014. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/115231/1/2014-planta-daninha-v32n3p579.pdf>. Acessado em: 03 novembro 2021.

TOZZI, Eric; VAN ACKER, Rene C. Effects of seedling emergence timing on the population dynamics of horseweed (*Conyza canadensis* var. *canadensis*). **Weed Science**, v. 62, n. 3, p. 451-456, 2014. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/weed-science/article/abs/effects-of-seedling-emergence-timing-on-the-population-dynamics-of-horseweed-conyza->

canadensis-var-canadensis/724B9C01C9D58C779BB0AA00950C9806. Acesso em: 12 abril 2022.

TREZZI, Michelangelo Muzell *et al.* Competitive ability of soybean cultivars with horseweed (*Conyza bonariensis*). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 543-550, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/wBBkcwCLpZ9SzFt5CkNwQBn/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 02 março 2022.

WRIGHT, Sewall. Correlation and causation. **Journal of Agricultural Research**, Washington, v. 20, n. 7, p. 557-585, 1921.

WU, Hanwen *et al.* Germination, persistence, and emergence of flaxleaf fleabane (*Conyza bonariensis* [L.] Cronquist). **Weed biology and Management**, v. 7, n. 3, p. 192-199, fev. 2007. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1445-6664.2007.00256.x>. Acesso em: 14 abril 2022.

ZUFFO, Alan Mario *et al.* Correlações e análise de trilha em cultivares de soja cultivadas em diferentes densidades de plantas. **Revista Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v. 27, n. 1, p. 78-90, 2018. Disponível em: <https://ojs.unesp.br/index.php/rculturaagronomica/article/view/2413>. Acesso em: 07 março 2022.

APÊNDICE A – NOTAS DE FITOTOXICIDADE E CONTROLE PARA A SAFRA 2019/20 E 2020/21

Tabela 1 – Fitotoxicidade de herbicidas (%) sobre as culturas de cobertura aveia branca, aveia ucraniana, azevém e centeio aos 7, 14, 21 e 28 dias após o tratamento (DAT). Santa Maria, RS, 2019/2020.

Herbicidas	7 DAT	14 DAT	21 DAT	28 DAT
2,4-D	4 b	2 a	2 b	2 a
Metribuzin	4 b	8 b	2 b	1 a
Metsulfuron-methyl	2 b	2 a	1 a	1 a
Saflufenacil	2 c	7 b	4 b	4 b
Testemunha	0 a	0 a	0 a	0 a

*Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

Tabela 2 – Efeito principal de herbicida para controle de buva (%) aos 7, 14 e 21 dias após o tratamento (DAT). Santa Maria, RS, 2019/2020.

Herbicidas	7 DAT	14 DAT	21 DAT
2,4-D	55 b	76 b	88 b
Metribuzin	3 d	10 c	2 d
Metsulfuron-methyl	15 c	16 c	13 c
Saflufenacil	95 a	98 a	99 a
Testemunha	0 d	0 d	0 d

*Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

Tabela 3 – Efeito principal de cultura de cobertura para controle de buva (%) aos 14 e 21 dias após o tratamento (DAT). Santa Maria, RS, 2019/2020.

Culturas de cobertura	14 DAT	21 DAT
Aveia branca	37 b	35 b
Aveia ucraniana	37 b	40 b
Azevém	47 a	46 a
Centeio	40 b	39 b
Pousio	42 a	48 a

*Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

Tabela 4 – Controle de buva (%) aos 28 dias após o tratamento sob de diferentes culturas de cobertura e herbicidas. Santa Maria, RS, 2019/2020.

Culturas de cobertura	Herbicidas				
	2,4-D	Metribuzin	Metsulfuron-methyl	Saflufenacil	Testemunha
Aveia branca	86 aA	0 cB	40 bA	99 aA	0 cA
Aveia ucraniana	95 aA	46 bA	56 bA	99 aA	0 cA
Azevém	91 aA	60 bA	10 cB	100 aA	0 cA
Centeio	87 aA	15 cB	60 bA	100 aA	0 cA
Pousio	85 aA	3 bB	0 bB	99 aA	0 bA

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre herbicidas dentro da cultura de cobertura, e letras maiúsculas na coluna não diferem entre cultura de cobertura dentro de herbicida, pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

Tabela 5 – Fitotoxicidade de herbicidas (%) sobre as culturas de cobertura aveia branca, aveia ucraniana, azevém e centeio aos 7, 21 e 28 dias após o tratamento (DAT). Santa Maria, RS, 2020/2021.

Herbicidas	7 DAT	21 DAT	28 DAT
2,4-D	34 b	1 a	0 a
Metribuzin	20 c	14 b	6 b
Metsulfuron-methyl	8 b	2 a	0 a
Saflufenacil	7 s	20 c	13 c
Testemunha	0 a	0 a	0 a

*Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

Tabela 6 – Fitotoxicidade de herbicidas (%) aos 14 dias após o tratamento sob diferentes culturas de cobertura e herbicidas. Santa Maria, RS, 2020/2021.

Culturas de cobertura	Herbicidas				
	2,4-D	Metribuzin	Metsulfuron-methyl	Saflufenacil	Testemunha
Aveia branca	6 aA	25 bB	3 aA	28 bA	0 aA
Aveia ucraniana	8 Aa	30 bB	0 aA	25 bA	0 aA
Azevém	8 bA	10 bA	10 aA	31 cA	0 aA
Centeio	6 aA	14 bA	0 aA	35 cA	0 aA

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre herbicidas dentro da cultura de cobertura, e letras maiúsculas na coluna não diferem entre cultura de cobertura dentro de herbicida, pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

Tabela 7 – Controle de buva (%) aos 7, 14, 21 e 28 dias após o tratamento (DAT) sob de diferentes culturas de cobertura e herbicidas. Santa Maria, RS, 2020/2021.

Culturas de cobertura	Herbicidas				
	7 DAT				
	2,4-D	Metribuzin	Metsulfuron-methyl	Saflufenacil	Testemunha
Aveia branca	85 aA	73 bA	69 Bb	93 aA	76 bA
Aveia ucraniana	93 aA	90 aA	95 aA	94 aA	95 aA
Azevém	95 aA	83 aA	86 aA	95 aA	80 aA
Centeio	94 aA	83 aA	96 aA	96 aA	87 aA
Pousio	53 Bb	45 bB	25 cC	93 aA	0 dB
	14 DAT				
Aveia branca	86 aA	73 bA	60 bB	97 aA	71 bB
Aveia ucraniana	94 aA	90 aA	89 aA	97 aA	95 aA
Azevém	97 aA	78 bA	92 aA	97 aA	76 bB
Centeio	93 aA	82 aA	89 aA	97 aA	87 aA
Pousio	68 bB	53 cB	29 dC	99 aA	0 eC
	21 DAT				
Aveia branca	93 aA	79 aA	53 bB	97 aA	60 bC
Aveia ucraniana	98 aA	92 aA	92 aA	97 aA	97 aA
Azevém	99 aA	75 bA	95 aA	97 aA	76 bB
Centeio	96 aA	87 aA	83 aA	97 aA	87 aA
Pousio	94 bB	31 cB	24 cC	99 aA	0 dD
	28 DAT				
Aveia branca	93 aA	86 aA	59 bB	98 aA	60 bB
Aveia ucraniana	98 aA	98 aA	92 aA	96 aA	98 aA
Azevém	99 aA	82 bA	98 aA	98 aA	79 bA
Centeio	96 aA	89 aA	88 aA	98 aA	87 aA
Pousio	84 aA	26 bB	23 Bc	99 aA	0 cC

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre herbicidas dentro da cultura de cobertura, e letras maiúsculas na coluna não diferem entre cultura de cobertura dentro de herbicida, pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

APÊNDICE B – PRESSUPOSTOS PARA MULTICOLINEARIDADE DO CAPÍTULO II

Tabela 1 — Pressupostos de multicolinearidade fator de inflação da variação (FIV) e número de condição (NC) para os grupos de variáveis de população de buva, massa seca e soja. Santa Maria, RS, 2018/2019.

Grupos canônicos	FIV	NC
População de buva		
Z24	1,567	
Z29	2,476	
Pré-semeadura da soja	5,109	23,291
V4	3,687	
R2	1,463	
Massa seca		
Massa seca de buva	1,108	1,911
Massa seca de cultura de cobertura	1,108	
Soja		
Estatura de planta	1,503	
Número de plantas	1,343	3,883
Peso de mil grãos	1,113	
Produtividade de grãos	1,075	

Fonte: THOMASI (2022).

Tabela 2 — Pressupostos de multicolinearidade fator de inflação da variação (FIV) e número de condição (NC) para os grupos de variáveis de população de buva, massa seca e soja. Santa Maria, RS, 2019/2020.

Grupos canônicos	FIV	NC
População de buva		
Z29	1,267	
Pré-semeadura da soja	2,817	10,627
R2	2,853	
Massa seca		
Massa seca de buva	1,05	1,56
Massa seca de cultura de cobertura	1,05	
Soja		
Controle 7 DAT	5,463	19,801
Controle 28 DAT	5,463	

Fonte: THOMASI (2022).

Tabela 3 — Pressupostos de multicolinearidade fator de inflação da variação (FIV) e número de condição (NC) para os grupos de variáveis de população de buva, massa seca e soja. Santa Maria, RS, 2020/2021.

Grupos canônicos	FIV	NC
População de buva		
Z24	2,606	
Z29	12,391	73,811
V4	12,803	
R2	9,495	
Massa seca		
Massa seca de buva	1,721	4,671
Massa seca de cultura de cobertura	1,721	
Controle		
7 DAT	7,545	28,143
28 DAT	7,545	
Soja		
Altura de planta	3,736	
Número de plantas	1,031	23,919
Peso de mil grãos	6,401	
Produtividade de grãos	2,714	

Fonte: THOMASI (2022).

APÊNDICE C – SCRIPTS UTILIZADOS PARA ANÁLISES ESTATÍSTICAS NO SOFTWARE R

CAPÍTULO I

#CORRELAÇÃO

```
require(Hmisc)
```

```
require(xlsx)
```

```
require(rio)
```

#PRESSUPOSTOS

```
data18 <- (import("Data.xlsx", sheet = "2018_medias"))
```

```
data19 <- (import("Data.xlsx", sheet = "2019_medias"))
```

```
data20 <- (import("Data.xlsx", sheet = "2020_media"))
```

Correlação de PERSON

```
Pearson20= rcorr(as.matrix(data20),
```

```
          type = c("pearson")) ### tipo de correlação escolhida vai entre aspas
```

```
Pearson20
```

```
p.valor <- Pearson20$P
```

```
require(ggcorrplot)
```

```
cor20 = ggcorrplot(Pearson20$r, method = c("circle"),
```

```
          type = "upper",
```

```
          p.mat = Pearson20$P,
```

```
          insig = c("pch"),
```

```
          pch.cex=2,
```

```
          legend.title = "",
```

```
          colors = c("red", "white", "blue"))+
```

```
          theme(legend.position = "bottom")
```

```
require(ggpubr)
```

```
#AGRUPAR OS GRÁFICOS
```

```
ggarrange(cor18,cor19,cor20, common.legend = T, nrow=1,  
          legend = "bottom")
```

```
#TRILHA
```

```
require(biotools)
```

```
#NOVO ARQUIVO COM EXCLUSÕES
```

```
data20_1 = dplyr::select(data20, -YIELD, -C21,-C14,-POP3,-POP2,-C7)
```

```
pathanalysis(cor(data20_1),3, collinearity = FALSE)
```

CAPÍTULO II

```
require(ExpDes.pt)
```

```
require(rio)
```

```
dados = import("Data.xlsx", sheet = "2020")
```

```
dados
```

```
summary(dados)
```

```
#UNIFATORIAL
```

```
with(dados, dbc(Cobertura,
```

```
    REP,
```

```
    POP1,
```

```
    mcomp="sk",
```

```
    quali= c(TRUE)))
```

```
#BIFATORIAL
```

```
with(dados, fat2.dbc(Cobertura,
```

```
    Herbicida,
```

```
    REP,
```

```
    TSW,
```

```
    quali = c(TRUE, TRUE),
```

```
fac.names = c("Cobertura", "Herbicida"),
mcomp="sk"))
```

```
require(ScottKnott)
```

```
#TRANSFORMANDO OS FATORES EM FACTOR PORQUE ESTÃO EM
CHARACTER (VIDE SUMMARY ACIMA)
```

```
dados$Cobertura <- factor(dados$Cobertura)
```

```
dados$Herbicida <- factor(dados$Herbicida)
```

```
dados$REP <- factor(dados$REP)
```

```
res1 <- SK(CCDM~REP+Cobertura*Herbicida,
```

```
data = dados,
```

```
which='Cobertura:Herbicida', fl1=1)
```

```
summary(res1)
```

```
#CCA
```

```
cor2018 <- (import("Data.xlsx", sheet = "COR2018_media"))
```

```
cor2019 <- (import("Data.xlsx", sheet = "2019_medias"))
```

```
cor2020 <- (import("Data.xlsx", sheet = "2020_media"))
```

```
#CANONICA
```

```
require(Hmisc)
```

```
require(corrplot)
```

```
require(ggcorrplot)
```

```
require(biotools)
```

```
require(yacca)
```

```
require(factoextra)
```

```
require(FactoMineR)
```

```
require(ggcorrplot)
```

```
require(pracma)
```

```
require(xlsx)
```

```
require(rio)
require(Hmisc)
require(xlsx)
require(dplyr)
```

```
### Grupo 1
```

```
grupo1 = cor2019 %>%
  dplyr::select(POP2,POP3,POP5)
grupo1
```

```
### Grupo 2
```

```
grupo2 = cor2019 %>%
  dplyr::select(CDM,CCDM)
grupo2
```

```
### Grupo 6
```

```
grupo3 = cor2019 %>%
  dplyr::select(C7,C14,C21,C27)
grupo3
```

```
##### Testar a multicolinearidade dos grupos que serão correlacionados
```

```
### VIF grupo 1
```

```
faraway::vif(grupo1)
#ou
pracma::cond(cor(grupo1))
```

```
### VIF grupo 2
```

```
faraway::vif(grupo2)
#ou
pracma::cond(cor(grupo2))
```

```
### VIF grupo 3
```

```
faraway::vif(grupo3)
```

```
#### NC grupo 3
```

```
pracma::cond(cor(grupo3))
```

```
##### Excluir a variável que está causando multicolinearidade
```

```
grupo3 = dplyr::select(grupo3,-C21)
```

```
grupo3
```

```
### Testar a multicolinearidade no novo grupo 5
```

```
### VIF grupo 3
```

```
faraway::vif(grupo3)
```

```
##### NC grupo 3
```

```
pracma::cond(cor(grupo3))
```

```
VC1 = cca(grupo2,
```

```
  grupo3,
```

```
  xscale = TRUE, # padroniza as variáveis
```

```
  yscale = TRUE, # padroniza as variáveis
```

```
  standardize.scores = TRUE)
```

```
VC1
```

```
crossloadingsx=VC1$xcrosscorr ##### para cargas canonicas cruzadas do x
```

```
crossloadingsy=VC1$ycrosscorr ##### para cargas canonicas cruzadas do y
```

```
testf=F.test.cca(VC1) ### Teste de significancia utilizando o teste de Rao
```

```
quiquad=VC1$chisq ##### Valores do teste qui-quadrado
```

```
crossloadingsx
```

```
crossloadingsy
```

```
testf
```

```
quiquad
```