

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade



Tese

**Germinação de sementes de *Silene gallica*, competitividade relativa com
cornichão e trevo-branco e seletividade de herbicidas**

Dalvane Rockenbach

Pelotas, 2019

Dalvane Rockenbach

**Germinação de sementes de *Silene gallica*, competitividade relativa com
cornichão e trevo-branco e seletividade de herbicidas**

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em Fitossanidade da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Fitossanidade

Orientadora: Fabiane Pinto Lamego

Pelotas, 2019

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

R682g Rockenbach, Dalvane

Germinação de sementes de *Silene gallica*,
competitividade relativa com cornichão e trevo-branco e
seletividade de herbicidas / Dalvane Rockenbach ; Fabiane
Pinto Lamego, orientadora. — Pelotas, 2019.

128 f.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em
Fitossanidade, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel,
Universidade Federal de Pelotas, 2019.

1. Controle químico. 2. Habilidade competitiva. 3.
Produção de sementes. I. Lamego, Fabiane Pinto, orient. II.
Título.

CDD : 631.521

Dalvane Rockenbach

**Germinação de sementes de *Silene gallica*, competitividade relativa com
cornichão e trevo-branco e seletividade de herbicidas**

Tese aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Doutor em Fitossanidade, Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 13/09/2019

Banca examinadora:

.....

Profa. Dra. Fabiane Pinto Lamego (Orientadora)

Doutora em Fitotecnia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

.....

Prof. Dr. Dirceu Agostinetto

Doutor em Fitotecnia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

.....

Prof. Dr. Carlos Eduardo da Silva Pedroso

Doutor em Zootecnia pela Universidade Federal de Pelotas

.....

Prof. Dr. André Andres

Doutor em Sciences and Innovative Technologies pela Università degli Studi di Torino

.....

Prof. Dr. Gustavo Martins da Silva

Doutor em Ciência e Tecnologia de Sementes pela Universidade Federal de Pelotas

Dedico este trabalho a minha esposa Cristiane e minha Filha Helena, que mesmo distante sempre estiveram ao meu lado, servindo de suporte para concluir essa jornada.

Agradecimentos

À Deus, por me dar forças e sempre estar me acompanhando durante as longas e rotineiras viagens a Pelotas durante a realização do curso.

À minha esposa Cristiane, que sempre esteve ao meu lado, apoiando, orientando e dando suporte emocional para a realização deste sonho, por ter estado sempre ao lado e zelando pelo bem de nossa filha Helena nos momentos em que não pude me fazer presente. E a nossa pequena Helena, fonte inspiradora para superar todas as adversidades encontradas e persistir até o final desta jornada.

À minha família, em especial a meus pais Vilson e Dirce, meu irmão Géverton, meus sogros Nelson e Ana Maria por todo apoio, incentivo, compreensão, ajuda e suporte financeiro quando necessário.

À CAPES pelo fornecimento da bolsa de estudos que viabilizou a realização do doutorado. À UFPel, e a Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, em especial ao Programa de Pós Graduação em Fitossanidade e seus professores pelo acolhimento, ensinamentos e oportunidade de realização do curso de Mestrado.

Ao Centro de estudos em Herbologia - CEHERB, especialmente ao Laboratório Dinâmica de Herbicidas e os Professores Luis Antonio de Avila e Edinalvo Rabaiolli Camargo pela recepção e suporte dado para a realização dos trabalhos que originaram a presente Tese.

À Prof. Fabiane Pinto Lamego por sua orientação, conselhos e cobranças. Aos demais membros da banca examinadora, agradeço pelo aceite e disponibilidade para participarem da banca.

À todos os colegas do laboratório de dinâmica de herbicidas, estagiários de graduação, colegas de pós graduação e colegas que atuaram como Pós-Docs. Em especial, aos além de colegas, amigos, que não mediram esforços para me auxiliar nas atividades executadas.

Amigos como Anderson Feijó, Andressa Pitol, Bruna Ceolin, Caroline Nemitz, Deise Cagliari, Fernanda Caratti, Gustavo Junkes, João Paulo Refatti, Juan Camilo Velasquez, Lariza Benedetti, Marcos Tomazzetti, Marcus Fipke, Marlon Bastiani, Matheus Noguera, Vinícios Gehrke e Willian Lubian, que sempre estavam dispostos a ajudar. Um agradecimento mais que especial a Andrisa Balbinot, uma grande amiga e irmã que a vida acadêmica trouxe, e que vai ficar para toda a vida. A todos esses um muito obrigado, por todo o auxílio e principalmente por fazer com que a minha estadia em Pelotas se tornasse mais agradável e que a distância da minha família se tornasse menor.

À Embrapa Clima Temperado, Estação Terras Baixas, em nome do Dr. André Andres, pela cedência da área e maquinários para a condução dos experimentos a campo e das BODs para condução do ensaio de germinação, e a Dra. Caroline Costa pela cedência de estrutura para germinação de sementes.

À Embrapa Pecuária Sul, em nome da Dra. Fabiane Pinto Lamego e o Dr. Gustavo Martins, pela cedência de estrutura para a realização da trilha e limpeza das sementes colhidas nos experimentos.

Ao Prof. Dirceu Agostinetti, pela cedência de equipamentos e área para a condução e avaliação dos ensaios. Ao Prof. Carlos Pedroso, por sempre estar disposto a tirar as inúmeras dúvidas que surgiram ao longo da jornada.

Enfim, agradeço a todos que de uma forma ou de outra estiveram envolvidos na realização deste sonho.

***Quando a ideia de repouso sugerir o adiamento da obra
que te cabe fazer, persiste com a disciplina mais um pouco
e o dever bem cumprido ser-nos-á alegria perene.***

Chico Xavier

Resumo

ROCKENBACH, Dalvane. **Germinação de sementes de *Silene gallica*, competitividade relativa com cornichão e trevo-branco e seletividade de herbicidas.** Orientadora: Fabiane Pinto Lamego. 2019. p129. Tese (Doutorado em Fitossanidade) – Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2019.

Silene gallica L. é uma planta daninha comum em áreas de produção de sementes de forrageiras de clima temperado no Sul do Brasil, com sementes consideradas nocivas toleradas. O presente estudo, dividido em três capítulos, teve por objetivos: i) avaliar a resposta da germinação de sementes de *S. gallica* L. em diferentes temperaturas, luminosidade e períodos após a colheita (Capítulo 1); ii) avaliar a habilidade competitiva relativa de trevo-branco e de cornichão com a planta daninha *S. gallica*, através do método de série substitutiva (Capítulo 2); iii) testar a seletividade de herbicidas às forrageiras cornichão e trevo-branco; e, avaliar o método de semeadura, a densidade de semeadura e o controle químico de plantas daninhas, como forma de manejo integrado em área de produção de sementes de cornichão (Capítulo 3). As sementes de *S. gallica* iniciam a germinação em maior faixa de temperatura a partir dos 4 meses após a colheita, tendo a espécie preferência pela luz para a ocorrência da germinação das suas sementes. Estudos em série de substituição não permitem concluir qual a espécie mais competitiva. O herbicida flumetsulan é seletivo para controle em pré e pós-emergência de plantas daninhas em área de produção de sementes de cornichão (cv. BRS Posteiro) e trevo-branco (cv. BRS Entrevero). Ainda, iodossulfuron-metílico e bentazon apresentam seletividade à cornichão e trevo-branco, respectivamente, incrementando a produtividade de sementes. Aplicações destes herbicidas tardiamente, quando da floração das forrageiras devem ser evitadas, pois afetam a qualidade da semente produzida. Práticas como aumento da densidade de semeadura aliadas ao uso do controle químico com produtos seletivos, resultam em maiores produções de matéria seca da parte aérea e de sementes de cornichão.

Palavras-Chave: Controle químico. Habilidade competitiva. Produção de sementes.

Abstract

ROCKENBACH, Dalvane. **Seed germination of *Silene gallica*, relative competitiveness with birdsfoot trefoil and white clover and herbicide selectivity.** Dissertation Director: Fabiane Pinto Lamego. 2019. 129p. Dissertation (Doctor in Plant Protection) - Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Brasil.

Silene gallica L. is a weed spread in seed production areas of forages of temperate climate in the South of Brazil, with seeds considered noxious tolerated. This study was divided into three chapters, with the following aims: i) to evaluate the germination response of *S. gallica* L. seeds in different temperatures, light and periods after seed harvest (Chapter I); ii) to evaluate the competitive ability of birdsfoot trefoil and white clover with *S. gallica* by the replacement series methodology (Chapter II); iii) to test the herbicide selectivity to the forages birdsfoot trefoil and white clover, and to evaluate the sowing method, seed density and chemical control of weeds, as a form of integrated management in area of birdsfoot trefoil seed production (Chapter III). *S. gallica* seeds start germination in the highest temperature range from 4 months after harvest, and the specie having preference for light for the germination of their seeds. Replacement series study do not allow us conclude which species is the most competitive. The herbicide flumetsulam is selective to birdsfoot trefoil (cv. BRS Posteiro) and white clover (cv. BRS Entrevero) in pre and post-emergent applications to control weeds. In addition, iodossulfuron-methyl and bentazon show selectivity to birdsfoot trefoil and white clover, respectively, by increasing the seed yield. Late applications of these herbicides, at the flowering growth stage of forages, must be avoided, with the risk of interference on seed quality. Practices, as increasing sowing density, associated with the use of chemical control with selective herbicides, enhancing the production of shoot dry matter and seeds of birdsfoot trefoil.

Key words: Chemical control. Competitive ability. Seed production.

Lista de Figuras

- Figura 1** - Germinação cumulativa (%) de sementes de *Silene gallica* em diferentes temperaturas (5, 10, 15, 20, 25 e 30°C), períodos após a colheita (0, 1, 2, 4 e 6 meses) e condições de luminosidade (claro e escuro). FAEM/UFPEL, Capão do Leão-RS, 2017 e 2018. 35
- Figura 2** - Produtividade relativa (PR) e produtividade relativa total (PRT) para estatura de plantas de cornichão e de *Silene gallica* (competidora) (a; b); trevo-branco e *Silene gallica* (competidora) (c; d). FAEM/UFPEL, Capão do Leão/RS, 2017 e 2018. 51
- Figura 3.** Produtividade relativa (PR) e produtividade realtiva total (PRT) para área foliar de plantas de cornichão e de *Silene gallica* (competidora) (a; b); trevo-branco e *Silene gallica* (competidora) (c; d). FAEM/UFPEL, Capão do Leão/RS, 2017 e 2018. 53
- Figura 4** Produtividade relativa (PR) e produtividade relativa total (PRT) para massa da matéria seca da parte aérea de plantas de cornichão e de *Silene gallica* (competidora) (a; b); trevo-branco e *Silene gallica* (competidora) (c; d). FAEM/UFPEL, Capão do Leão/RS, 2017 e 2018. 56

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Valores dos parâmetros estimados (com intervalo de confiança de 95%) dos ajustes de curva dos dados mostrados na Figura 1, na presença de luz. FAEM/UFPel, Capão do Leão-RS, 2019.	36
Tabela 2 - Valores dos parâmetros estimados (com intervalo de confiança de 95%) dos ajustes de curva dos dados mostrados na Figura 1, na ausência de luz. FAEM/UFPel, Capão do Leão, 2019.	37
Tabela 3 - Temperaturas máximas, mínimas e médias (°C) durante o período de condução dos experimentos. FAEM/UFPel, Capão do Leão-RS, 2017 e 2018.	48
Tabela 4 Respostas de plantas de cornichão à interferência da competidora <i>Silene gallica</i> , expressas em estatura de planta (EP), área foliar (AF) e massa da matéria seca da parte aérea (MMSPA), em experimentos conduzidos em séries substitutivas. FAEM/UFPEL, Capão do Leão-RS, 2017 e 2018.	57
Tabela 5 - Respostas de plantas de trevo-branco à interferência da competidora <i>Silene gallica</i> , expressas em estatura de planta (EP), área foliar (AF) e massa da matéria seca da parte aérea (MMSPA), em experimentos conduzidos em séries substitutivas. FAEM/UFPEL, Capão do Leão-RS, 2017 e 2018.	59
Tabela 6 - Índices de competitividade entre forrageiras (cornichão e trevo-branco) e a competidora <i>Silene gallica</i> , expressos por competitividade relativa, coeficientes de agrupamento relativo e de competitividade para as variáveis estatura de plantas (EP), área foliar (AF) e massa da matéria seca da parte aérea (MMSPA) obtidos em experimentos conduzidos em séries substitutivas. FAEM/UFPEL, Capão do Leão-RS, 2017 e 2018.	61
Tabela 7 - Herbicidas utilizados em teste para seletividade em forrageiras fabáceas de clima temperado (trevo-branco, trevo-vermelho e cornichão), FAEM/UFPel, Capão do Leão – RS, 2016.	70
Tabela 8 - Tratamentos utilizados nos experimentos de seletividade herbicidas em diferentes estádios de desenvolvimento em cornichão e trevo-branco. Embrapa ETB, Capão do Leão - RS, 2017/2018.	73
Tabela 9 - Fitotoxicidade e produção de matéria seca da parte aérea (MMSPA) de plantas de cornichão (cv. BRS Posteiro), submetidas a aplicação de diferentes herbicidas, em pós-emergência inicial - POS1 (5 – 6 pentafolíolos) e pós-emergência tardia POS2 (10 – 15 pentafolíolos), 28 dias após a aplicação dos tratamentos. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2016.	76
Tabela 10 - Fitotoxicidade e produção de matéria seca da parte aérea (MMSPA) de plantas de trevo-branco (cv. BRS Entrevero), submetidas a aplicação de diferentes herbicidas, em pós-emergência inicial - POS1 (1 – 2 trifólios) e pós-emergência tardia POS2 (6 – 8 trifólios), 28 dias após a aplicação dos tratamentos. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2016.	77
Tabela 11 - Fitotoxicidade e produção de matéria seca da parte aérea MMSPA) de plantas de trevo-vermelho (linhagem UFRGS-2002-4) submetidas a aplicação de diferentes herbicidas, em pós-emergência inicial - POS1 (1 – 2 trifólios) e pós-emergência tardia POS2 (6 – 8 trifólios), 28 dias após a aplicação dos tratamentos. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2016.	78
Tabela 12 - Fitotoxicidade (%) de plantas de cornichão (cv. BRS Posteiro) e controle visual de plantas daninhas (%) aos 7, 14, 21, 28 e 45 dias após a aplicação (DAA) dos herbicidas. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2016.	80

Tabela 13 - Matéria seca da parte aérea (MMPSA) aos 45 dias após a aplicação dos tratamentos e produção de sementes (kg ha ⁻¹) de plantas de cornichão (cv. BRS Posteiro) em função da modalidade de semeadura (linha ou lanço), densidade de semeadura (recomendada ou dobro) e herbicidas. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2016.....	83
Tabela 14 - Estatura relativa à testemunha capinada de plantas de cornichão, cv. BRS Posteiro, em área de primeiro ano, aos 7, 14, 21, 28 dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos e na colheita. Embrapa/ETB, Capão do Leão/RS, 2017/18 e 2018/19.....	87
Tabela 15 - Fitotoxicidade (%) de plantas de cornichão (cv. BRS Posteiro), aos 7, 14, 21, 28 dias após a aplicação(DAA) dos tratamentos e na colheita. Embrapa/ETB, Capão do Leão/RS, 2017/18 e 2018/19.....	88
Tabela 16 - Controle de plantas daninhas (%) em área de cornichão (cv. BRS Posteiro), aos 7, 14, 21, 28 dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos e na colheita. Embrapa/ETB. Capão do Leão/RS, 2017/18.....	91
Tabela 17 - Número de flores (flores m ⁻²) de cornichão (cv. BRS Posteiro) aos 21 e 28 dias após (DAA) dos tratamentos na floração e número de legumes (legumes m ⁻²) de cornichão (cv. BRS Posteiro) na colheita. Embrapa/ETB. Capão do Leão/RS, 2017/18.....	93
Tabela 18 - Massa da matéria seca da parte aérea (MMSPA) (kg ha ⁻¹) na pré-colheita, produtividade de grãos (kg ha ⁻¹) e germinação de sementes (%) de cornichão (cv. BRS Posteiro) pós-colheita, submetido a diferentes tratamentos. Embrapa/ETB. Capão do Leão/RS, 2017/18.....	94
Tabela 19 - Estatura relativa a testemunha capinada de plantas de trevo-branco (cv. BRS Entrevero) aos 7, 14, 21, 28 dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos e na colheita. Embrapa/ETB, Capão do Leão/RS, 2017/18.....	96
Tabela 20 - Fitotoxicidade (%) de plantas de trevo-branco (cv. BRS Entrevero) aos 7, 14, 21, 28 dias após a aplicação(DAA) dos tratamentos e na colheita. Embrapa/ETB, Capão do Leão/RS, 2017/18.....	96
Tabela 21 - Controle de plantas daninhas (%) em área de trevo-branco (cv. BRS Entrevero) aos 7, 14, 21, 28 dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos e na colheita. Embrapa/ETB. Capão do Leão/RS, 2017/18.....	97
Tabela 22 - Número de inflorescências (inflorescência m ⁻²) de trevo-branco (cv. BRS Entrevero) aos 21 e 28 dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos na floração e numero de capítulos (capítulos m ⁻²) de de trevo-branco (cv. BRS Entrevero) na colheita. Embrapa/ETB. Capão do Leão/RS, 2017/18.....	98
Tabela 23 - Massa da matéria seca da parte aérea (MMSPA) (kg ha ⁻¹) na pré-colheita, produtividade de grãos (kg ha ⁻¹) e germinação de sementes (%) de trevo-branco (cv. BRS Entrevero), submetidas a diferentes tratamentos. Embrapa/ETB. Capão do Leão/RS, 2018/19.....	99
Tabela 24 - Estatura relativa a testemunha capinada de plantas de cornichão (cv. BRS Posteiro), área de segundo ano, aos 7, 14, 21, 28 dias após a aplicação(DAA) dos tratamentos e na colheita. Embrapa/ETB, Capão do Leão/RS, 2018/19.....	100
Tabela 25 - Fitotoxicidade (%) de plantas de cornichão (cv. BRS Posteiro), área de segundo ano, aos 7, 14, 21, 28 dias após a aplicação(DAA) dos tratamentos e na colheita. Embrapa/ETB, Capão do Leão/RS, 2018/19.....	100

Tabela 26 - Controle de plantas daninhas (%) em área de cornichão (cv. BRS Posteiro), de segundo ano, aos 7, 14, 21, 28 dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos e na colheita. Embrapa/ETB. Capão do Leão/RS, 2018/19.....	101
Tabela 27 - Número de flores (flores m ²) de cornichão (cv. BRS Posteiro), em área de segundo ano, aos 7, 14, 21 e 28 dias após (DAA) dos tratamentos na floração. Embrapa/ETB. Capão do Leão/RS, 2018/19.....	103
Tabela 28 - Número de legumes (legumes m ²) de cornichão (cv. BRS Posteiro), em área de segundo ano, aos 7, 14, 21 e 28 dias após (DAA) dos tratamentos na floração. Embrapa/ETB. Capão do Leão/RS, 2018/19.....	103
Tabela 29 - Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹) e germinação de sementes (%) de cornichão (cv. BRS Posteiro), em área de segundo ano, submetidas a diferentes tratamentos. Embrapa/ETB. Capão do Leão/RS, 2018/19.....	104
Tabela 30 - Estatura relativa a testemunha capinada de plantas de trevo-branco (cv. BRS Entrevero), em área de segundo ano, aos 7, 14, 21, 28 dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos e na colheita Embrapa/ETB, Capão do Leão/RS, 2018/19.	105
Tabela 31 - Fitotoxicidade (%) de plantas de trevo-branco (cv. BRS Entrevero), área de segundo ano, aos 7, 14, 21, 28 dias após a aplicação(DAA) dos tratamentos e na colheita. Embrapa/ETB, Capão do Leão/RS, 2018/19.....	105
Tabela 32 - Controle de plantas daninhas (%) em área de trevo-branco (cv. BRS Entrevero), de segundo ano, aos 7, 14, 21, 28 dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos e na colheita. Embrapa/ETB. Capão do Leão/RS, 2018/19.....	106
Tabela 33 - Número de flores (flores m ²) de trevo-branco (cv. BRS Entrevero), em área de segundo ano, aos 7, 14, 21 e 28 dias após (DAA) dos tratamentos na floração. Embrapa/ETB. Capão do Leão/RS, 2018/19.....	107
Tabela 34 - Número de capítulos (capítulos m ²) de trevo-branco (cv. BRS Entrevero), em área de segundo ano, aos 7, 14, 21 e 28 dias após (DAA) dos tratamentos na floração e na colheita. Embrapa/ETB. Capão do Leão/RS, 2018/19.....	107
Tabela 35 - Massa da matéria seca da parte aérea (MMSPA) (kg ha ⁻¹) na pré-colheita, produtividade de grãos (kg ha ⁻¹) e germinação de sementes (%) de trevo-branco, cv. BRS Entrevero, em área de segundo ano, submetidas a diferentes tratamentos. Embrapa/ETB. Capão do Leão/RS, 2018/19.	108

Lista de Abreviaturas e Siglas

AF	Área foliar
ALS	Enzima acetolactato sintase
C	Competitividade
CEHERB	Centro de estudos em Herbologia
CO ₂	Gás carbônico
CR	Competitividade relativa
CV%	Coeficiente de variação
DAA	Dias após a aplicação dos herbicidas
DAS	Dias após a semeadura
DIC	Delineamento inteiramente casualizado
DMPR	Diferença da produtividade relativa
EP	Estatura de plantas
FAEM	Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
ha	Hectare
i.a.	Ingrediente ativo
IN	Instrução Normativa
K	Coeficiente de agrupamento relativo
MAPA	Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento
MMSPA	Massa da matéria seca da parte aérea
POS I	Pós emergência inicial
POS II	Pós emergência tardia
PR	Produtividade relativa
PRT	Produtividade relativa total
RAS	Regras para análise de sementes
RET	Registro especial temporário
RS	Rio Grande do Sul
T50	Tempo necessário para germinação de 50% das sementes
T _b	Temperatura base
T _o	Temperatura ótima
UFPeI	Universidade Federal de Pelotas
URA	Umidade relativa do ar

Sumário

1	Introdução	15
2	Revisão da literatura	19
3	Capítulo I – Germinação de sementes de <i>Silene gallica</i> em diferentes condições de luz, temperatura e épocas após a maturação	29
3.1	Introdução	29
3.2	Materiais e métodos	32
3.3	Resultados e discussão	33
3.4	Conclusões	42
4	Capítulo II – Competitividade relativa de cornichão e trevo-branco em convivência com a espécie daninha <i>Silene gallica</i>	43
4.1	Introdução	43
4.2	Materiais e métodos	46
4.3	Resultados e discussão	49
4.4	Conclusão	64
5	Capítulo III – Seletividade e eficiência de herbicidas potenciais para uso em áreas de produção de sementes de Trevo-branco e Cornichão	65
5.1	Introdução	65
5.2	Materiais e métodos	68
5.2.1	Seletividade de herbicidas	68
5.2.2	Estudo a campo – Associação de alternativas de manejo	71
5.2.3	Estudo a campo - Seletividade de herbicidas potenciais	72
5.3	Resultados e discussão	75
5.3.1	Seletividade de herbicidas	75
5.3.2	Estudo a campo – Associação de alternativas de manejo	80
5.3.3	Estudo a campo - Seletividade de herbicidas potenciais	86
5.4	Conclusões	110
6	Considerações finais	112
	Referências	114

1 Introdução

A cadeia de produção de sementes forrageiras no Rio Grande do Sul (RS) ainda é bastante precária e, de certa forma, desorganizada (SARMENTO, 2016). A maior parte da semente produzida carece de maior fiscalização quanto a sua qualidade, pureza e origem genética. Basicamente, tem-se duas origens para as sementes utilizadas no RS: as sementes formais, que atendem às exigências e condições da comissão de produção de mudas e sementes, e as sementes de produção informal, onde não se tem regras e, muitas vezes, não se sabe com que cultivares está se trabalhando (MELO; BARROS, 2005). A utilização de semente de boa qualidade é fator importante para o sucesso na implantação da pastagem (OLIVEIRA; KÖPP; BARRES, 2015).

Um dos aspectos mais importantes atualmente e, que pode inviabilizar a produção de sementes forrageiras de clima temperado é a presença de plantas daninhas e/ou indesejadas nas áreas. Os danos podem ser causados por prejuízos diretos pela competição entre as espécies, mas, principalmente pela presença das sementes indesejadas nos lotes de sementes das forrageiras. Na maioria dos casos, principalmente em se tratando de leguminosas como o trevo-branco (*Trifolium repens* L.), trevo-vermelho (*Trifolium pratense* L.) e cornichão (*Lotus corniculatus* L.), os tamanhos das sementes são semelhantes, o que dificulta ou até mesmo impede o processo de separação no momento do beneficiamento (RANA; RANA, 2018).

Quanto à presença das sementes de plantas daninhas nos lotes de sementes das forrageiras, no Brasil a classificação das sementes das plantas daninhas é feita em nocivas toleradas e nocivas proibidas (BRASIL, 2013). Dentre as espécies classificadas como nocivas toleradas (BRASIL, 2013) encontra-se a planta popularmente conhecida como alfinete-da-terra (*Silene gallica* L.), anual, herbácea e pertencente à família Caryophyllaceae. A literatura atual carece de informações sobre a biologia desta importante espécie indesejada para o setor de produção de sementes forrageiras de clima temperado; requerimentos como temperatura e luz para

germinação, informações sobre principais fluxos de emergência, duração do ciclo e capacidade de produzir sementes para realimentar o banco de sementes do solo ainda são escassas ou inexistentes.

Produtores e pesquisadores atuantes na produção de sementes forrageiras de clima temperado como os trevos e o cornichão, têm relatado que sementes de *S. gallica* são de difícil separação das sementes forrageiras no momento do beneficiamento, podendo causar a reprovação dos lotes. Em função disso, existe a necessidade de entender melhor o comportamento desta espécie e buscar alternativas de manejo que visem eliminar a planta daninha ainda no campo, evitando a contaminação dos lotes.

Várias práticas podem ser utilizadas pelos produtores de sementes de modo a minimizar a infestação da área por plantas daninhas, bem como os prejuízos que as mesmas possam vir a causar. Dentre elas estão a escolha de área limpa, sem histórico de infestação por plantas daninhas, para a instalação do sementeiro quando possível (controle preventivo), a utilização de sucessão/rotação com culturas agrícolas, controle mecânico ou químico prévio à semeadura, utilização de adubação adequada na sementeira (controle cultural), capinas (controle mecânico), arranquio manual (*rouging*), roçadas e separação das sementes após a colheita (SILVA, MAIA, MAIA, 2011; TYAGI et al., 2018).

O controle químico, um método amplamente utilizado em todo mundo, tem restrições de uso em forrageiras de clima temperado no Brasil, em função da não existência de produtos registrados junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, e por não se ter o conhecimento dos efeitos da utilização desses herbicidas sobre as cultivares forrageiras disponíveis (LAIRD et al., 2016). O leque de produtos registrados para pastagens no Brasil não atende às necessidades de controle em forrageiras fabáceas de clima temperado como trevos e cornichão, pois a maioria controla plantas daninhas de folhas largas, mas não apresentam seletividade para essas espécies.

Diferentes estudos têm sido realizados para testar a seletividade de herbicidas nas forrageiras e os mesmos têm apresentado resultados promissores (HARRINGTON et al., 2017; HUWER et al., 2005; LEWIS et al., 2017; MCCURDY et al., 2016). Alguns trabalhos têm focado no uso de doses reduzidas de herbicidas que são registrados para uso em outras culturas botanicamente semelhantes. Resultados favoráveis têm sido encontrados com o uso de flumetsulam no controle de língua-de-

vaca (*Rumex obtusifolius* L., *R. conglomeratus* Murray), cicuta (*Conium maculatum* L.), erva-moura (*Solanum nigrum* L.), fedegoso (*Chenopodium album* L.), cabelo de cão (*Poa annua* L.), azevém perene (*Lolium perene* L.) e cevadilha (*Bromus willdenowii* Kunth.), em trevo-branco, trevo-vermelho, chicória (*Chichorium intybus* Lin.) e tanchagem (*Plantago lanceolata* L.) (GAWN et al., 2012); no estudo, chicória e tanchagem foram utilizadas como forrageiras, devido seu alto valor nutritivo e tolerância à seca, aumentando o valor nutritivo das pastagens. O uso da associação de mesosulfuron-metílico, iodossulfuron-metílico e mefenpyr-diethyl para controle de flor-roxa (*Echium plantagineum* L.), cabacinha (*Silene nocturna* L.), nabiça (*Raphanus raphanistrum* L.), centonódia (*Polygonum aviculare* L.), entre outras, na cultura do trigo mostrou-se promissor (BARROS; BASCH; DE CARVALHO, 2007); assim como 2,4-DB, imazethapyr e bentazon no controle de grama-bermuda (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.) em quatro espécies de trevos, entre eles o trevo-branco (McCURDY et al., 2013).

Embora eficiente, o controle químico caracteriza-se apenas como mais uma ferramenta do manejo integrado de plantas daninhas, sendo dependente da seleção adequada do herbicida e das plantas indesejadas presentes na área (TYAGI et al., 2018). Deste modo, existe a necessidade de explorar métodos alternativos de controle.

Sempre é desejável que a cultura se estabeleça no limpo, evitando a competição com as plantas daninhas por recursos do meio desde o início (AGOSTINETTO et al., 2008). Isso é reforçado pelo fato de as forrageiras fabáceas de clima temperado apresentarem lento estabelecimento inicial e baixa persistência sob pastejo (BARCELLOS et al., 2008). Essa baixa persistência estaria relacionada a problemas de estabelecimento e manejo, como o baixo uso de corretivos e fertilizantes, desconhecimento dos processos de inoculação e peletização de sementes, entre outros (CARVALHO et al., 2010). O pleno estabelecimento das forrageiras é fator primordial para boas produções de forragem e sementes (LUSTOSA et al., 2011).

Alguns aspectos podem estar relacionados com o melhor estabelecimento dessas forrageiras, como semeadura na ausência de plantas daninhas e uso de densidade de semeadura adequada, visando cobrir rapidamente o solo e com isso aumentando o potencial de competição da cultura com as indesejadas (BALBINOT

JR. et al., 2003). Essas práticas podem compensar o lento estabelecimento das forrageiras (BARCELLOS et al., 2008).

A biologia de *S. gallica* e as consequências de sua presença nas áreas de produção de sementes de trevo-branco, trevo-vermelho e cornichão precisam ser quantificados. Sabe-se que ela persiste e acaba sendo colhida com as sementes de interesse. Alternativas de controle devem ainda ser estudadas de modo a não depender exclusivamente do controle químico, pois embora possa ser eficiente, há consequências negativas quando da dependência exclusiva desta ferramenta de manejo, como, por exemplo, a evolução da resistência das plantas daninhas aos princípios ativos dos herbicidas (EVANS et al., 2016; HAWKINS et al., 2019; TRANEL; WRIGHT, 2002).

O manejo adequado de plantas daninhas de difícil separação na colheita como *S. gallica* nos campos de produção de sementes de cornichão e trevo-branco é fundamental para a sustentabilidade do sistema, visto que a ocorrência da mesma pode inviabilizar áreas de produção, incrementando o banco de sementes do solo e contaminando lotes em níveis acima daqueles tolerados pela legislação. Situações assim têm desmotivado os produtores que tem potencial para produzir oficialmente sementes de fabáceas forrageiras no Sul do Brasil.

2 Revisão da literatura

O Rio Grande do Sul (RS) possui aproximadamente 7,5 milhões de hectares (ha) cobertos com pastagens naturais, 88 mil ha com pastagens cultivadas mas que se encontram em condições de degradação, e cerca de 1,6 milhões de ha cobertos com pastagens cultivadas em boas condições (IBGE, 2017). Com rebanho de aproximadamente 13 milhões de cabeças de gado de corte, o RS tem grande importância na pecuária nacional, ocupando a sexta posição no ranking brasileiro, equivalente a 6,6% de todo o rebanho (IBGE, 2017). Entre os anos de 2005 e 2012, houve incremento de aproximadamente 5% no rebanho bovino no Rio Grande do Sul (McMANUS et al., 2016). Neste estado, a maior parte das pastagens cultivadas e do rebanho encontra-se na região conhecida como Campanha, com destaque para o município de Alegrete, com o maior rebanho do Estado e o 19º maior do país (IBGE, 2013). Dentre as pastagens cultivadas na Campanha, destacam-se forrageiras de clima temperado como cornichão e o trevo-branco.

O cornichão é uma planta perene, glabra ou pouco pilosa, com caule de hábito ereto. Os caules são mais finos e folhosos do que os de alfafa. A altura dos caules pode atingir de 0,30 a 0,75 m (BALL; HOVELAND; LACEFIELD, 2007). A raiz é pivotante e muito ramificada, com sistema de raízes profundo. As folhas são pequenas e pinadas, compostas de três folíolos apicais digitados e dois folíolos basais distanciados, assemelhando-se a estípulas. Os folíolos não possuem nervuras visíveis ou têm somente a principal aparente. A inflorescência é em forma de umbelas com três a quatro flores de coloração amarelo brilhante. O legume é linear com coloração que varia de marrom a púrpura, cilíndrico, deiscente, bivalvo, com falsos septos transversais entre as sementes. As sementes são escuras, globosas e pequenas. A história do cornichão no Rio Grande do Sul teve início com o desenvolvimento da cv. “São Gabriel”, em 1940, pela Estação Experimental de São Gabriel, RS, caracterizada pelas folhas grandes, de crescimento ereto e indeterminado e pela ausência de rizoma (PAIM, 1988).

O cornichão é uma fabácea indicada para pastagem permanente em regiões de clima temperado (BALL; HOVELAND; LACEFIELD, 2007), sendo uma das forrageiras com maior área semeada, devido a sua adaptabilidade a ampla diversidade de solos (FORMOSO, 2011). Apresenta crescimento indeterminado, com amplo período de floração, e em consequência maturação desuniforme; essas variáveis acabam limitando a obtenção de altos rendimentos de sementes em escala comercial (FORMOSO, 2011).

Como fabácea, o cornichão necessita de inoculante específico (FONTANELI; FONTANELI, 2009). Ele é rústico e se desenvolve melhor que alfafa em solos moderadamente ácidos, adaptando-se à maioria das regiões do RS e é mais tolerante às condições desfavoráveis de inverno do que a alfafa (CARVALHO et al., 2010). A época de semeadura de cornichão estende-se de abril a junho, podendo ser estabelecido a lanço ou em linhas espaçadas em torno de 0,20 m. A profundidade de semeadura deverá ser de 0,5 a 1,5 cm e a quantidade de semente a ser usada varia de 8 a 10 kg ha⁻¹ (FONTANELI; FONTANELI, 2009).

Para a produção de sementes, o cornichão pode ser semeado juntamente com um cereal de inverno, de ciclo precoce, que após colheita, permitirá que o cornichão mantenha seu desenvolvimento, sendo colhido posteriormente (FORMOSO, 2011). O potencial de produção de sementes de cornichão pode chegar a 925 kg ha⁻¹ (VIGNOLIO; CAMBARERI; MACEIRA, 2010), mas as produções médias são de 200 kg ha⁻¹, representando apenas 20% do potencial (LORENZETTI, 1993). A baixa produção de semente se deve ao seu hábito de florescimento indeterminado, do suprimento limitado de fotoassimilados ao crescimento reprodutivo, do abortamento de flores, da maturação desuniforme das vagens e da deiscência destas (FORMOSO, 2011; MCGRAW; BEUSELINCK, 1983), além de outros aspectos como o manejo inadequado de plantas indesejadas (GOMES, 2009). A baixa visitação de agentes polinizadores também é fator limitante a produção de grãos, uma vez que os óvulos não são fecundados, não gerando sementes (GARCÍA et al., 1991).

O trevo-branco é uma planta forrageira de crescimento prostrado, caule estolonífero, com raízes pivotantes de até 0,30 m e em grande número, originadas em cada nó do estolão, o caule atinge altura aproximada de 0,20 m. Pode ser considerada planta bienal, renovando-se pela emissão de estolões a cada estação de crescimento ou anualmente por ressemeadura natural quando há períodos de seca drástica durante o verão (BALL; HOVELAND; LACEFIELD, 2007).

O trevo-branco possui folhas digitadas sem pilosidade, com bordas serrilhadas com estípulas, com manchas esbranquiçadas em forma de “V”, erguidas, largamente pecioladas, trifolioladas. A estípula é membranácea, lanceolada, de até 1,5 cm de comprimento, o folíolo é digitado. Os pedúnculos, de 5 a 30 cm de comprimento, são axilares solitários, superando as folhas estriadas. A flor é branca ou levemente rósea, com inflorescência em forma de capítulo, umbeliforme, constituída de 30 a 40 flores. O legume é linear e possui de duas a quatro sementes. É o trevo mais cultivado em todo mundo, sendo a fabácea forrageira de produção invernal mais usada para pastejo direto, em associação com gramíneas (BALL; HOVELAND; LACEFIELD, 2007). O trevo-branco é planta típica de clima temperado, não tolerando elevada temperatura. Desenvolve-se bem em solos neutros e nos que contêm elevado nível de matéria orgânica e é razoavelmente tolerante à geada, vegetando bem à sombra.

O trevo branco se adapta à maioria dos solos, baixos ou altos, desde que úmidos ou sujeitos a regime de precipitações pluviais adequados. É indicado que o pH seja superior a 6,0. Há cultivares para várias condições climáticas, desde zonas muito frias até regiões com verões quentes e sujeitas a seca. Para calagem e adubação, deve-se seguir a indicação para a cultura (SOCIEDADE, 2004). Como fabácea, necessita de inoculante específico e sua época de semeadura estende-se de abril a junho. Pode ser estabelecido sob plantio direto. A profundidade de semeadura não deverá ultrapassar 1,0 cm e a quantidade de semente a ser usada é de dois a quatro kg ha⁻¹ (CARVALHO et al., 2010).

A capacidade produtiva do trevo-branco podendo variar de 560 kg ha⁻¹ (SCHMIDT; AAMLID, 2017) até 680 kg ha⁻¹ de sementes limpas, mas a média de produção tem girado em torno de 80 a 120 kg ha⁻¹ (FORMOSO, 2011). As baixas produções de sementes podem estar relacionadas com as altas taxas de pastejo e pastejos realizados tardiamente, além de problemas de controle de plantas indesejadas ou daninhas; nas áreas onde as produções são maiores, os produtores de sementes investem mais em assistência técnica e tecnologias de produção (FORMOSO, 2011).

Quando se refere a pastagem, associa-se à produção de forragem, e, portanto, a produção de sementes dessas espécies parece ficar em segundo plano. Constatase que a produção e a comercialização de sementes forrageiras temperadas ainda estão caracterizadas por uma série de processos informais, gerando uma variedade de não-conformidades com a legislação vigente (MELO; BARROS, 2005;

SARMENTO, 2016; SILVA, MAIA, MAIA, 2011). Essa situação se reflete em um mercado desorganizado que não valoriza a qualidade das sementes.

As plantas daninhas representam um dos maiores entraves ao sistema de produção de sementes forrageiras de clima temperado (FORMOSO, 2011), sendo o manejo de plantas indesejadas considerado como um fator muito importante na produção de sementes por cerca de 28% de produtores de sementes de forrageiras temperadas (FORMOSO, 2011). Atualmente, as indesejadas são classificadas como sementes nocivas toleradas e sementes nocivas proibidas quanto à presença em lotes de sementes (BRASIL, 2013).

A espécie daninha *S. gallica*, atualmente é classificada como semente nociva tolerada em lotes de sementes de forrageiras de clima temperado (BRASIL, 2013). Tem importância devido à difícil separação das sementes das forrageiras no momento do beneficiamento em função da sua similaridade em tamanho. O gênero *Silene* pertencente à família Caryophyllaceae, contém inúmeras espécies em todo mundo, e apresenta grandes variações nas características ecológicas e morfológicas das plantas (CHATER; WALTERS, 1964). Uma dessas espécies que tem ocorrência no RS e frequentemente é encontrada em áreas de produção de sementes de forrageiras de clima temperado é a *Silene gallica* L. (2n=24), também conhecida como alfinete-da-terra, alfinete ou flor-roxa (LORENZI, 2006).

S. gallica é uma planta originária da Europa Central, onde é encontrada em áreas cultivadas e solos perturbados; apresenta ciclo anual, é herbácea, ereta ou semi-prostrada e apresenta de 20-40cm de estatura. Possui folhas pubescentes, de 2-6cm de comprimento. É uma planta daninha comum na região Sul do Brasil. Sua reprodução ocorre por sementes (LORENZI, 2006). Apresenta hermafroditismo e autofecundação em alguns casos (DESFEUX et al., 1996; JÜRGENS, 2004; WITT, 2003), mas também pode ser polinizada por lepidópteros e himenópteros (JÜRGENS, 2004), embora não seja muito importante para a reprodução da espécie.

Sua introdução em áreas de forrageiras geralmente se dá por meio do uso de sementes contaminadas (BAP, 2005). Sua presença em lotes de sementes já vem sendo relatada a longa data (GIARETTA; JAMARDO; CATALOGNE, 1982) e atualmente está amplamente disseminada no Estado do RS, ocorrendo em todas as regiões fisiográficas (MARCHIORETTO et al., 2010).

A luz é um dos fatores que influencia na germinação das sementes assim como a temperatura. Por serem consideradas plantas de inverno, as plantas daninhas

fedegoso (*Chenopodium album* L.), serralha (*Sonchus oleraceus* L.) e cardo (*Cardus acanthoides* L.) apresentam germinação em época semelhante à *S. gallica* (TUESCA; PURICELLI; PAPA, 2001), indicando que as exigências quanto à temperatura para germinação sejam semelhantes. Plantas como dente-de-leão (*Taraxacum officinale* G.H Weber ex Wiggers), bromo (*Bromus tectorum* L.) e amor-perfeito (*Viola bicolor* Pursh) apresentaram temperaturas base para germinação de 5,5 e 1,0°C, respectivamente (WERLE et al., 2014).

Testes de germinação com espécies do gênero *Silene* indicaram ampla faixa de temperatura, entre 20 e 30°C (BRASIL, 2009); para *Silene chalcedonica* (L.) E. H. L. Krause e *Silene pendula* L. há a necessidade de realizar a quebra de dormência das sementes, com luz e KNO₃, respectivamente (BRASIL, 2009), o que pode indicar a presença de dormência nas sementes de *S. gallica* também, o que é confirmado por CARTA et al. (2017), que classificou a dormência das sementes de *S. gallica* como fisiológica. Sementes de *Silene vulgaris* (Moench) Garcke apresentam variações no requerimento de temperatura para germinação; entretanto, não germinaram com temperaturas inferiores a 7°C e superiores a 34°C; essa variação também foi influenciada pelo local de origem das sementes (THOMPSON, 1972).

A luz é necessária para germinação de muitas espécies de plantas indesejadas, porém não é considerada fator básico para sementes que não apresentam dormência (MARTINS et al., 2000). As sementes são classificadas de acordo com a resposta à luminosidade na germinação em fotoblásticas positivas, quando há estímulo pela presença de luz, fotoblásticas negativas, quando ainda germinam mesmo na ausência de luz e fotoblásticas neutras, quando a germinação não é afetada pela luz (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

A luz é fator importante para a germinação de *S. gallica* (CARTA et al., 2017); a germinação das sementes de *S. gallica* no solo foi reduzida quando houve o sombreamento por parte da cultura, indicando haver a necessidade de luz para sua germinação (BATLLA; KRUK; BENECH-ARNOLD, 2000). Da mesma forma, sementes de *Silene noctiflora* L. postas para germinar no escuro não germinaram, sendo que a mesma teve início após a exposição a luz por um curto período (MILBERG, 1997).

A principal ferramenta de controle de plantas daninhas em culturas atualmente é o controle químico. Entretanto, no Brasil, não existem produtos registrados para uso em forrageiras de clima temperado. Estudos têm sido conduzidos para avaliar a seletividade de diferentes herbicidas sobre as forrageiras, de modo que permita

efetuar o controle das plantas daninhas presentes nas áreas. Alguns países como a Nova Zelândia possuem herbicidas registrados para uso em trevo-branco e vermelho, como MCPB, bentazon, flumetsulam, paraquat, diquat, haloxifop e imazethapyr (YOUNG, 2012). No Uruguai, RIOS (2007) indica o uso de 2,4-D, 2,4-DB éster, flumetsulam, chlorimuron e imazethapyr para controle de plantas indesejadas latifoliadas em áreas de trevo-branco. Nas áreas de produção de sementes de cornichão, há indicação do uso de clorsulfuron, diuron e bromacil, além dos herbicidas citados anteriormente (RIOS, 2007).

Determinados herbicidas têm apresentado boa seletividade sobre as forrageiras, permitindo sua utilização em pós emergência da cultura. Para GAWN; HARRINGTON; MATTHEW (2012) o herbicida flumetsulam apresentou bons resultados de controle de plantas daninhas e não causou danos às forrageiras avaliadas. Outros herbicidas que apresentaram boa seletividade ao trevo-branco, trevo-vermelho, chicória e tanchagem, foram 2,4-DB, imazetapyr e bentazon, indicando que esses poderiam ser usados em áreas com cultivo de forrageiras e controlando as plantas indesejadas presentes na área (MACHADO et al., 2013; MCCURDY; MCELROY; FLESSNER, 2013a; SINARE; PARDESHI; GAVIT, 2017). Em trevo alexandrino (*Trifolium alexandrinum* L.), os herbicidas imazethapyr em pós-emergência da cultura e butachlor em pré-emergência, foram efetivos no controle das plantas daninhas presentes na área, sem causar prejuízos ao trevo (PRIYANKA et al., 2018).

O uso de paraquat/diquat em pós-emergência de trevo-branco, trevo-vermelho, tanchagem e chicória também apresentou um bom controle, eliminando plantas daninhas de *Rumex obtusifolius*, *R. conglomeratus*, *Conium maculatum*, *Solanum nigrum*, *Chenopodium album*, *Poa annua*, *Lolium perene* e *Bromus willdenowii*; deste modo, a área ficou livre para o desenvolvimento das forrageiras, que se recuperaram após a aplicação do herbicida (GAWN; HARRINGTON; MATTHEW, 2012).

Outro aspecto a ser levado em consideração no momento do manejo das plantas daninhas nas áreas, é o seu estágio de desenvolvimento, uma vez que plantas daninhas menores apresentam maiores níveis de controle com o uso do herbicida. Em alguns casos, para se alcançar nível de controle satisfatório em plantas daninhas em estádios de desenvolvimento mais avançados, existe a necessidade de se aumentar a dose do herbicida (CHRISTOFFOLETI et al., 2005; DORS et al., 2010), o que poderia implicar em perda da seletividade pela forrageira.

Os efeitos dos herbicidas sobre as forrageiras são importantes para manter a sobrevivência das mesmas e manter também adequada população de plantas (MCCURDY; MCELROY; FLESSNER, 2013a). Informações sobre a seletividade e efeitos dos herbicidas devem ser buscadas antes de lançar mão de seu uso, ou seja, seu registro em órgão responsável, no caso do Brasil, o MAPA.

Além do controle químico, outras alternativas de manejo devem ser consideradas no momento de realizar o controle das plantas daninhas nas áreas de produção de sementes. E o manejo integrado de plantas daninhas deve ser utilizado, pois envolve todas as técnicas de controle de plantas daninhas (controle cultural, físico, biológico, mecânico e químico), buscando reduzir a população de plantas daninhas a um nível em que não comprometa a produção das culturas (TYAGI et al., 2018).

De maneira geral, os produtores já adotam algumas medidas que favorecem o controle cultural das plantas daninhas como uso de maior densidade de semeadura das forrageiras, visando com isso dar vantagens ao estabelecimento das mesmas. Antecipação do momento da semeadura, para que a emergência das forrageiras ocorra antes da emergência das plantas daninhas também tem sido adotada como prática cultural.

Uma alternativa que se contrapõem à semeadura antecipada, é a semeadura realizada de forma tardia, onde o preparo do solo é realizado antecipadamente e, com isso, ocorre a germinação e emergência das sementes das plantas daninhas, presentes no banco de sementes do solo; com as plantas daninhas já emergidas, é realizado o manejo com o uso de herbicidas, e somente após a morte destas plantas daninhas é realizada a semeadura das forrageiras (FERRIS, 2008; TAYLOR, 2005).

Alguns fatores são considerados fundamentais para a previsão das relações de competição entre plantas daninhas e cultivadas: época de emergência, arranjo espacial e velocidade de estabelecimento (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007). E as plantas que conseguirem se estabelecer precocemente tem vantagens na competição, pois a busca por recursos é iniciada antes da planta competidora se estabelecer (BALBINOT JR et al., 2003).

A rapidez na emergência e estabelecimento das culturas relaciona-se positivamente com o espaço ocupado e explorado pelas plantas e isso vai determinar a quantidade de recursos disponíveis para as plantas crescerem e se desenvolverem de maneira adequada e garantindo seu potencial de produção (O'DONOVAN et al.,

2006). Ao ser instalado um campo de produção de sementes, sempre deve-se pensar em dar vantagem à cultura em relação às plantas daninhas.

É característica das forrageiras fabáceas o lento estabelecimento inicial e uma baixa persistência frente altas taxas de pastejo e manejos inadequados (BARCELLOS et al., 2008). A fase do estabelecimento das espécies forrageiras é considerada como fator fundamental para boa produção, e a interferência que as plantas daninhas causam nessa fase constitui um dos principais fatores que imitam o estabelecimento e persistência das forrageiras (LUSTOSA et al., 2011).

No manejo de plantas daninhas, é necessário conhecer os períodos de interferência para que o controle seja realizado no momento adequado permitindo que a cultura expresse seu potencial produtivo (BIFFE et al., 2010). Informações sobre a interferência das plantas daninhas na produção de sementes das forrageiras ainda são escassas; alguns trabalhos foram realizados avaliando a influência na produção de forragem e foi definido para trevo-branco que o controle das plantas daninhas deve ser realizado aos 20 DAE, prolongando-se até 60 DAE (SCHUSTER et al., 2013).

Sempre devemos evitar ou reduzir ao mínimo possível a interferência que as plantas daninhas causam sobre as culturas, pois ocorre a competição por espaço, água e nutrientes entre as espécies, e para que a cultura possa expressar seu máximo potencial de produção, a cultura do trevo deve se manter no limpo desde o início do seu desenvolvimento até os 35 a 40 DAS (WASNIK et al., 2017).

A germinação das sementes de trevo-branco ocorre em torno de 6 a 10 DAS segundo DEN HOLLANDER; BASTIAANS; KROPFF (2007), e em função do tamanho reduzido das sementes dá origem a plântulas pequenas, apresentando um desenvolvimento inicial lento após a emergência (LUSTOSA et al., 2011). O fato do estabelecimento lento, aliado ao revolvimento do solo no sistema de preparo convencional, favorece a expressão do banco de sementes do solo logo após a semeadura, quando ocorre um grande fluxo de emergência das plantas daninhas que irão exercer grande competição (MESCHÉDE et al., 2004).

Isso reforça o fato de realizar o manejo adequado das plantas daninhas antes da semeadura das forrageiras, que devem ser semeadas em condições ideais, com uso de sementes de boa qualidade e adubação adequada, para que se alcancem bons resultados produtivos. É importante também lançar mão de mais de uma ferramenta de controle das plantas daninhas, trabalhar com manejo integrado (HUWER et al., 2005; TYAGI et al., 2018), onde um método de controle poderia servir de complemento

para outro. O manejo cultural leva em consideração a população de plantas utilizada e a época de semeadura, disponibilizando melhor condição para o herbicida seletivo complementar e aumentar a eficiência do controle.

O uso de roçadas também pode servir de ferramenta de manejo auxiliar no controle das plantas daninhas, as roçadas apresentaram bom resultado na supressão de plantas daninhas em áreas com trevo (GAWN; HARRINGTON; MATTHEW, 2012), ainda segundo os autores, a roçada é utilizada para uniformização da área, uma vez que após a roçada, as forrageiras apresentam melhor desenvolvimento e se sobressaem em relação as plantas daninhas. Muitas vezes, da roçada, os produtores utilizam o resíduo para fazer feno.

Uma pressão de pastejo adequada, aliada ao rápido estabelecimento são técnicas que também podem ser utilizadas como parte de um programa de manejo integrado de plantas daninhas (GAWN; HARRINGTON; MATTHEW, 2012). A legislação atual permite que áreas destinadas à produção de sementes forrageiras de clima temperado possam ser pastejadas (BRASIL, 2010). Neste caso, possivelmente, esta seja mais uma ferramenta de controle das plantas indesejadas. Muitas espécies, dependendo da época de realização do pastejo ou mesmo da roçada, possivelmente não possuirão tempo hábil de rebrote antes da colheita da forrageira, representando esta ferramenta uma outra estratégia de manejo.

As hipóteses do presente trabalho são: i) Sementes de *Silene gallica* L. apresentam faixa de temperatura ideal para a germinação próxima aos 20°C, sendo consideradas fotoblásticas positivas; ii) *S. gallica* é uma planta menos competitiva que o cornichão e/ou trevo-branco; iii) Herbicidas do grupo dos inibidores do fotossistema II (Bentazon) e Inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS) (iodosulfuron-metílico) apresentam seletividade ao trevo-branco e ao cornichão, respectivamente, sendo eficazes no controle de *Silene gallica* desde que utilizados após a emergência das forrageiras e no estágio de até 4 folhas da infestante; iv) O aumento na densidade de semeadura do cornichão e do trevo-branco aliado ao controle químico das infestantes, é a melhor alternativa de manejo integrado de plantas daninhas, garantindo elevada produtividade e qualidade das sementes produzidas.

O presente estudo teve por objetivos: i) avaliar a resposta da germinação de sementes de *S. gallica* em diferentes temperaturas, luminosidade e períodos após a colheita (Capítulo 1); ii) avaliar a habilidade competitiva relativa de trevo-branco e de cornichão com a planta daninha *S. gallica*, através do método de série substitutiva

(Capítulo 2); iii) testar a seletividade de herbicidas às forrageiras cornichão e trevo-branco; e, avaliar o método de semeadura, a densidade de semeadura e o controle químico de plantas daninhas, como forma de manejo integrado em área de produção de sementes de cornichão (Capítulo 3).

3 Capítulo I – Germinação de sementes de *Silene gallica* em diferentes condições de luz, temperatura e épocas após a maturação

3.1 Introdução

O conhecimento de fatores que afetam a germinação das sementes de qualquer espécie vegetal é de suma importância para entender o fluxo de emergência das plantas a partir das sementes no banco de sementes do solo. *Silene gallica* L. (alfinete-da-terra) planta daninha cujas sementes são classificadas como “nocivas toleradas” em lotes de sementes forrageiras de clima temperado como trevos e cornichão (BRASIL, 2013). A familiaridade com fatores como temperatura e luz exigidos pela espécie para a germinação de suas sementes pode servir para orientar a adoção de práticas de manejo que visem facilitar o desenvolvimento da planta forrageira, em detrimento ao estabelecimento da planta daninha.

A germinação das sementes pode ser afetada por inúmeras condições; algumas intrínsecas da própria semente, tais como estágio de maturação, dormência e longevidade. Mas fatores ambientais também podem influenciar como a disponibilidade de água e oxigênio, a temperatura e a luz (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007).

A temperatura é provavelmente o principal fator ambiental que regula o processo de germinação, atuando diretamente na porcentagem e na taxa de germinação, desde que não existam outros fatores limitantes no meio (MARTINKOVA; HONEK; LUKAS, 2006). A germinação de sementes pode ocorrer dentro de ampla faixa de temperatura, mas existe aquela em que a eficiência do processo germinativo é total, possibilitando a máxima velocidade, uniformidade e porcentagem de germinação (MARTINS et al., 2000). Existem também as temperaturas, onde abaixo

ou acima das mesmas não ocorre germinação (BLACKSHAW, 1990). Os limites extremos, juntamente com a temperatura ótima, constituem as chamadas temperaturas cardeais (ALVARADO; BRADFORD, 2002; GRUNDY et al., 2000; LEBLANC et al., 2006). Nas temperaturas base e máxima, a germinação não ocorre; na ótima a germinação é mais rápida e nas faixas subótima e supraótima, a taxa de germinação responde linearmente à temperatura (ALVARADO; BRADFORD, 2002; GRUNDY et al., 2000; PEDROSO et al., 2019; ROMAN et al., 1999).

Por serem consideradas plantas de inverno, as plantas daninhas *Chenopodium album* L., *Sonchus oleraceus* L. e *Cardus acanthoides* L. apresentam germinação em época semelhante à *S. gallica* (TUESCA; PURICELLI; PAPA, 2001), indicando que as exigências quanto à temperatura para germinação sejam semelhantes. Plantas como *Taraxacum officinale* G.H Weber ex Wiggers, *Bromus tectorum* L. e *Viola bicolor* Pursh apresentaram temperaturas base para germinação de 5, 5 e 1°C, respectivamente (WERLE et al., 2014), ou seja, abaixo delas, as sementes não germinam. Sementes de *Silene vulgaris* (Moench) Garcke não germinaram com temperaturas inferiores a 7°C e acima de 34°C; essa variação também foi influenciada pelo local de origem das sementes (THOMPSON, 1972).

Testes de germinação com espécies do gênero *Silene* indicaram uma faixa ampla de temperatura possível, entre 20 e 30°C (BRASIL, 2009). Para *Silene chalcedonica* (L.) E.H.L. Krause e *Silene pendula* L. há a necessidade de realizar a superação da dormência das sementes com luz e KNO₃, respectivamente (BRASIL, 2009), o que pode indicar a presença de dormência nas sementes de *Silene gallica* L. também. Essa suspeita foi confirmada mais recentemente por CARTA et al. (2017), os quais verificaram a presença de dormência fisiológica em sementes de *S. gallica*. A dormência fisiológica é a forma mais abundante de dormência encontrada em sementes de gimnospermas (FINCH-SAVAGE; LEUBNER-METZGER, 2006) e também a mais prevalente em bancos de sementes de espécies temperadas (FINCH-SAVAGE; LEUBNER-METZGER, 2006).

Quando o embrião da semente apresenta algum mecanismo fisiológico específico que impeça a protusão da raiz primária, denomina-se de dormência fisiológica, podendo ser dividida em profunda, intermediária ou superficial (BASKIN; BASKIN, 2004; FINCH-SAVAGE; LEUBNER-METZGER, 2006; VIVIAN et al., 2008). A grande maioria das sementes apresenta dormência superficial (BASKIN; BASKIN, 2004). Embriões oriundos dessas sementes produzem plântulas normais. Tratamento

com ácido giberélico pode superar essa dormência, e dependendo da espécie, a dormência pode ser também superada com escarificação, armazenamento das sementes à seco ou ainda estratificação fria e quente (FINCH-SAVAGE; LEUBNER-METZGER, 2006), permitindo a germinação dessas sementes.

Estudos de germinação com diferentes temperaturas geralmente são realizados utilizando o tempo termal ou “thermal time” para determinar os padrões de germinação de diferentes espécies (DONATO et al., 2018; LÓPEZ et al., 2019; MASIN et al., 2017; PARMOON et al., 2015; PEDROSO et al., 2019). Esse modelo se baseia no acúmulo de unidades termais, ou graus-dia, baseados na temperatura em que as sementes são postas a germinar; o uso da temperatura do ar para calcular o tempo termal é um bom preditor da germinação das sementes no solo (SAKANOUÉ, 2010). Outros estudos se baseiam em um modelo que utiliza o tempo necessário para que um evento ocorra, ou seja, registram o tempo para que o evento de interesse (germinação) ocorra; esses estudos são baseados na abordagem proposta por RITZ; PIPPER; STREIBIG (2013) conhecida como *time-to-event*. Essa abordagem vem sendo utilizada em alguns estudos de germinação em diferentes temperaturas mais recentemente (JENSEN et al., 2017; RITZ; PIPPER; STREIBIG, 2013; SCHERNER et al., 2017).

O modelo *time-to-event* fornece apreciação mais apropriada das fontes de variação em experimentos de germinação (JENSEN et al., 2017) e as técnicas e teorias envolvidas na análise fornecem o conjunto mais adequado e poderoso de métodos para analisar os dados de experimentos de germinação de sementes (MCNAIR; SUNKARA; FROBISH, 2012).

Outro fator ambiental importante relacionado à germinação de sementes é a luz. Embora seja necessária para que ocorra a germinação de algumas espécies infestantes, ela não é considerada fator fundamental para sementes não dormentes (MARTINS et al., 2000). De acordo com a resposta à luz, as sementes são classificadas em fotoblásticas positivas, quando apresentam maior capacidade de germinação na presença de luz; fotoblásticas negativas, que germinam na ausência de luz e fotoblásticas neutras, que independem de luz para germinar, pois não apresentam fotossensibilidade (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

A luz é fator importante para a germinação de *S. gallica* (CARTA et al., 2017). No solo, a germinação de *S. gallica* foi reduzida quando houve o sombreamento desse por parte da cultura, indicando a necessidade da luz (BATLLA; KRUK; BENECH-

ARNOLD, 2000). Da mesma forma, sementes de *Silene noctiflora* L. não germinaram no escuro, sendo que a germinação teve início após a exposição à luz mesmo por um curto período (MILBERG, 1997).

O presente estudo teve por objetivo avaliar a resposta da germinação de sementes de *S. gallica* em diferentes temperaturas, luminosidade e períodos após a colheita, visando determinar as temperaturas base e ótima para germinação, bem como verificar a existência de dormência.

3.2 Materiais e métodos

Foram conduzidos experimentos no Laboratório do Centro de Herbologia do Departamento de Fitossanidade da UFPel, no período de Dezembro de 2017 a Junho de 2018. As sementes de *S. gallica* utilizadas foram oriundas de única planta cultivada em casa de vegetação em 2017. Após a colheita das sementes, essas foram armazenadas em geladeira até a instalação do experimento na época pré-estabelecida.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), em esquema tri-fatorial (5 x 6 x 2), com quatro repetições, em condições controladas (BODs). O fator A foi composto por épocas após a colheita das sementes (0, 1, 2, 4 e seis meses após a colheita), o fator B pelos níveis de temperatura (5; 10; 15; 20; 25 e 30°C) e o fator C por duas condições de luz (presença e ausência). As unidades experimentais foram constituídas por caixas do tipo Gerbox (12 x 12 x 4 cm) onde foram alocadas 50 sementes de *S. gallica*, distribuídas uniformemente em duas folhas de papel mata-borrão, previamente umedecidas com água destilada em quantidade equivalente a três vezes o peso do papel.

As caixas Gerbox foram acondicionadas em sacos plásticos para evitar a perda de umidade e logo após, incubadas em temperatura constante de acordo com cada tratamento, com fotoperíodo de 12/12 horas (dia/noite) no tratamento com luz. O tratamento com ausência de luz foi conduzido através da cobertura total das unidades experimentais com papel alumínio.

Os experimentos foram conduzidos pelo período de 21 dias (DAS), onde diariamente foi realizada a contagem do número de sementes germinadas; após a

contagem, as sementes emergidas foram retiradas das caixas Gerbox. As contagens dos tratamentos do escuro foram realizadas em sala escura, com o auxílio de luz verde (JHA et al., 2015), de maneira a não estimular a germinação das sementes.

Foi determinada a porcentagem de germinação considerando como germinadas, em todas as avaliações, as sementes que apresentavam 2 mm de protrusão radicular (CHAUHAN; JOHNSON, 2009).

O modelo log-logístico de três parâmetros foi utilizado para calcular a germinação acumulada, de acordo com a abordagem *time-to-event* (RITZ; PIPPER; STREIBIG, 2013).

$$E(t) = \frac{d}{1 + \exp[b[\log(t) - \log(T_{50})]]} = \frac{d}{1 + \left(\frac{t}{T_{50}}\right)^b}$$

Neste modelo, E é a germinação cumulativa de sementes no tempo t (dias), d é o limite superior, representando a germinação máxima (%) do número total de sementes postas a germinar, T_{50} é o tempo termal, medido em dias, em que 50% da germinação máxima (d) é atingida, e b é o *slope* em torno do T_{50} , denotando a taxa de germinação.

3.3 Resultados e discussão

A germinação acumulada e seus parâmetros foram determinados e estimados a partir do modelo *time-to-event* (RITZ; PIPPER; STREIBIG, 2013) (Figura 1, Tabela 1 e 2). Como o modelo leva em consideração não apenas se a germinação ocorreu ou não, mas também o momento em que ela ocorreu, ele permite a inclusão dos aspectos do evento e do tempo nos seus resultados, o que não é permitido nos métodos tradicionais de regressão logística e linear (RITZ; PIPPER; STREIBIG, 2013). E essa abordagem fornece uma apreciação mais apropriada das fontes de variação em experimentos de germinação, já que tanto a variação entre e dentro do experimento podem ser recuperadas a partir dos dados observados (JENSEN et al., 2017).

O parâmetro d , indica a máxima germinação das sementes e está relacionado à qualidade e a características da semente (JENSEN et al., 2017). A temperatura de 10°C sempre apresentou germinação superior a 90% em todas as épocas de

condução do experimento, indicando que a temperatura ideal para a germinação das sementes de *S. gallica* se situa ao redor dessa temperatura. A partir dos 4 meses após a colheita, a temperatura de 15°C também passou a apresentar germinação superior aos 90%.

A época de 4 meses após a colheita das sementes foi a que apresentou as maiores germinações em todas as temperaturas testadas, indicando que nesta época, as sementes encontraram as melhores condições para expressar seu potencial germinativo.

As temperaturas de 25 e 30°C foram as que resultaram nos menores percentuais de germinação em todas as épocas avaliadas, novamente mostrando a preferência da espécie para a germinação em temperaturas amenas.

De acordo com o modelo, o número de dias para que se atingisse 50% de germinação (T_{50}) do total de sementes germinadas foi maior nos primeiros meses após a colheita das sementes, indicando que nas primeiras avaliações, as sementes demoraram mais dias para atingir 50% de germinação. De maneira geral, o T_{50} foi diminuindo, conforme o passar do tempo após a colheita das sementes.

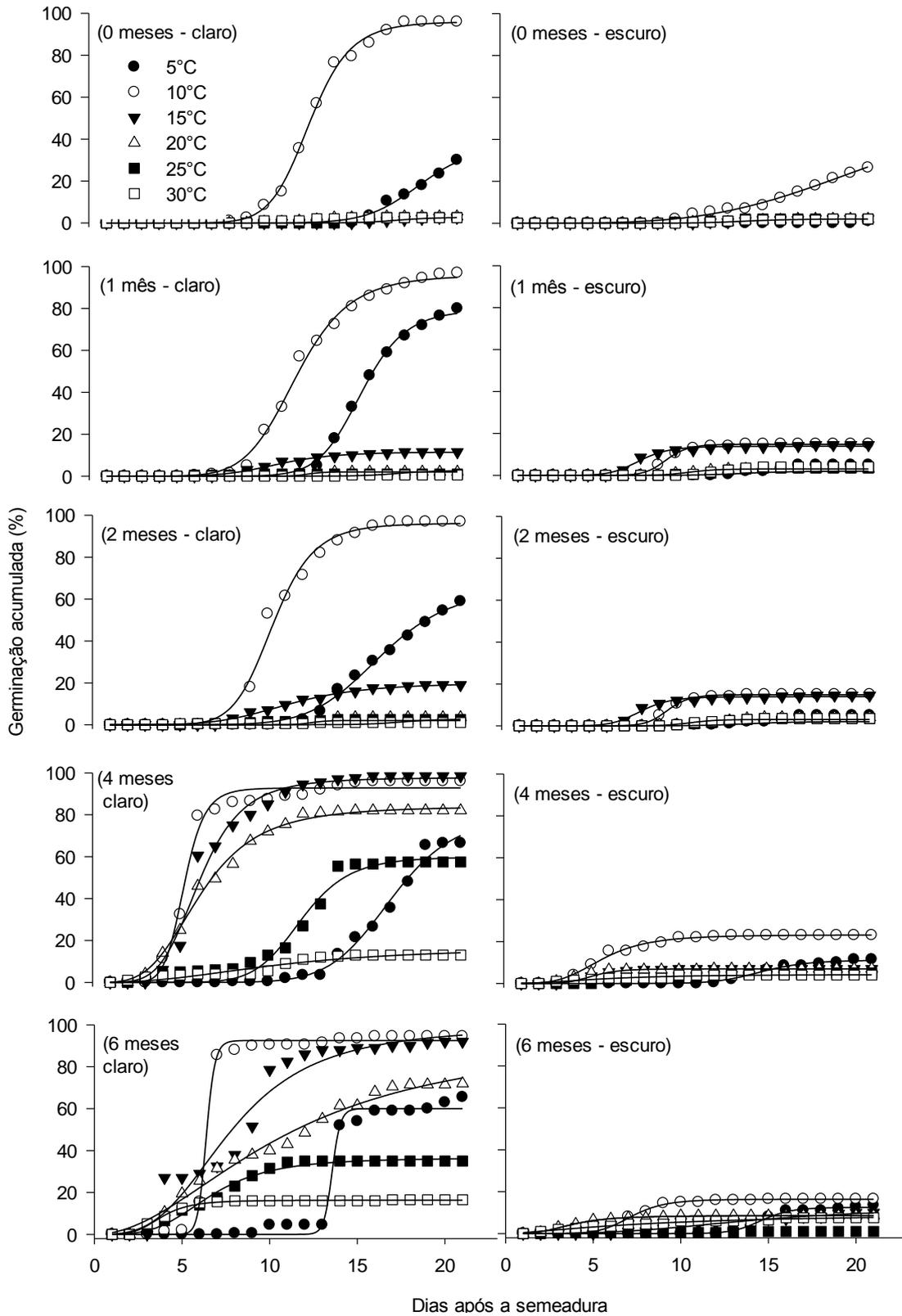


Figura 1 - Germinação cumulativa (%) de sementes de *Silene gallica* em diferentes temperaturas (5, 10, 15, 20, 25 e 30°C), períodos após a colheita (0, 1, 2, 4 e 6 meses) e condições de luminosidade (claro e escuro). FAEM/UFPel, Capão do Leão-RS, 2017 e 2018.

Consideradas as temperaturas com melhores germinações, 10 e 15°C apresentaram diferenças significativas no T_{50} em todas as avaliações, com exceção da avaliação realizada aos 2 meses após a colheita, onde não houve diferença significativa entre os valores de T_{50} . Em todas as demais avaliações, a temperatura de 10°C sempre apresentou os menores valores de T_{50} quando comparada aos 15°C, mostrando que a germinação de 50% do total de sementes germinadas foi mais rápida na temperatura de 10°C.

Tabela 1 - Valores dos parâmetros estimados (com intervalo de confiança de 95%) dos ajustes de curva dos dados mostrados na Figura 1, na presença de luz. FAEM/UFPeI, Capão do Leão-RS, 2019.

Época	Temperatura	Parâmetros estimados		
		b^1 (% de germinação dias ⁻¹)	d^2 (%)	T_{50}^3 (dias)
0 mês	5°C	-12,62 (-16,88; -8,37)	0,39 (0,26; 0,52)	19,08 (17,80; 20,36)
	10°C	-10,69 (-12,06; -9,34)	0,96 (0,94; 0,99)	12,62 (12,32; 12,92)
	15°C	-19,30 (-35,96; -2,66)	0,03 (0,00; 0,05)	17,55 (16,03; 19,06)
	20°C	-11,42 (-19,55; -3,30)	0,03 (0,00; 0,05)	12,68 (11,11; 14,24)
	25°C	-34,81 (-63,47; -6,17)	0,03 (0,00; 0,05)	15,01 (14,30; 15,73)
	30°C	-9,60 (-16,72; -2,49)	0,03 (0,00; 0,05)	11,60 (9,67; 13,54)
1 mês	5°C	-12,08 (-13,94; -10,23)	0,82 (0,76; 0,88)	15,67 (15,29; 16,04)
	10°C	-7,66 (-8,66; -6,65)	0,98 (0,96; 1,01)	11,96 (11,57; 12,36)
	15°C	-7,11 (-9,72; -4,50)	0,12 (0,07; 0,16)	10,84 (9,71; 11,96)
	20°C	-3,31 (-6,34; -2,87)	0,02 (0,00; 0,04)	12,49 (11,76; 13,21)
	25°C	-7,07 (-15,04; 0,90)	0,01 (0,00; 0,02)	13,35 (12,85; 13,97)
	30°C	-1,11 (-3,84; 1,62)	0,01 (0,00; 0,01)	14,49 (13,25; 15,74)
2 meses	5°C	-8,27 (-10,01; -6,53)	0,67 (0,57; 0,77)	16,57 (15,70; 17,44)
	10°C	-9,34 (-10,47; -8,21)	0,97 (0,95; 0,99)	10,35 (10,07; 10,63)
	15°C	-5,72 (-7,44; 3,99)	0,19 (0,14; 0,25)	11,16 (10,00; 12,31)
	20°C	-34,61 (-59,69; -9,54)	0,03 (0,01; 0,06)	12,81 (12,28; 13,34)
	25°C	-5,61 (-9,84; -1,38)	0,03 (0,01; 0,06)	10,18 (7,61; 12,76)
	30°C	-3,08 (-6,81; 0,64)	0,01 (0,00; 0,04)	9,90 (2,71; 17,10)
4 meses	5°C	-10,25 (-12,17; -8,33)	0,72 (0,64; 0,81)	16,62 (16,06; 17,17)
	10°C	-6,25 (-7,04; -5,44)	0,96 (0,93; 0,99)	5,29 (5,09; 5,50)
	15°C	-5,23 (-5,87; -4,59)	0,99 (0,97; 1,00)	6,16 (5,87; 6,45)
	20°C	-4,07 (-4,63; -3,52)	0,83 (0,77; 0,88)	6,08 (5,67; 6,49)
	25°C	-5,13 (-6,21; -4,06)	0,60 (0,53; 0,68)	11,75 (11,04; 12,47)
	30°C	-1,98 (-2,97; 0,98)	0,16 (0,09; 0,24)	10,27 (5,00; 15,55)
6 meses	5°C	-13,76 (-16,08; -11,44)	0,66 (0,59; 0,72)	13,76 (13,48; 14,04)
	10°C	-13,36 (-15,17; -11,57)	0,94 (0,91; 0,98)	6,43 (6,31; 6,55)
	15°C	-3,22 (-3,68; -2,77)	0,95 (0,90; 0,99)	7,51 (6,90; 8,12)
	20°C	-2,49 (-2,94; -2,03)	0,81 (0,72; 0,90)	9,08 (7,74; 10,41)
	25°C	-3,84 (-4,76; -3,10)	0,35 (0,29; 0,42)	6,42 (5,74; 7,10)
	30°C	-4,53 (-5,88; -3,18)	0,16 (0,11; 0,22)	3,84 (3,33; 4,36)

¹ b é o *slope* em torno do T_{50} , denotando a taxa de germinação. ² d indica a germinação máxima. ³ T_{50} é o tempo termal, medido em dias, em que 50% da germinação máxima é atingida.

O T_{50} da temperatura de 10°C variou de 12,62 dias (0 mês após a colheita) para 6,43 dias aos 6 meses após a colheita das sementes, indicando que passado esse período, a velocidade de germinação das sementes de *S. gallica* é reduzida praticamente pela metade, ocorrendo de maneira mais rápida, que em épocas anteriores. O mesmo comportamento foi verificado com a temperatura de 15°C, que teve T_{50} reduzido de 17,55 dias para 7,51, do 0 aos 6 meses após a colheita, respectivamente.

Tabela 2 - Valores dos parâmetros estimados (com intervalo de confiança de 95%) dos ajustes de curva dos dados mostrados na Figura 1, na ausência de luz. FAEM/UFPel, Capão do Leão, 2019.

Época	Temperatura	Parâmetros estimados		
		b^1 (% de germinação dias ⁻¹)	d^2 (%)	T_{50}^3 (dias)
0 mês	5°C	-9,27 (-19,82; 1,26)	0,05 (-0,09; 0,19)	25,66 (14,33; 36,99)
	10°C	-4,62 (-6,57; -2,68)	0,49 (0,11; 0,86)	20,04 (13,31; 26,77)
	15°C	-11,99 (-22,60; 1,38)	0,02 (0,00; 0,04)	14,12 (11,97; 16,28)
	20°C	-9,30 (-17,92; -0,68)	0,02 (0,00; 0,04)	13,48 (10,99; 15,98)
	25°C	-11,85 (-21,75; -1,94)	0,02 (0,00; 0,04)	12,06 (10,24; 13,88)
	30°C	-8,75 (-17,00; -0,50)	0,02 (0,00; 0,04)	13,29 (10,46; 16,12)
1 mês	5°C	-16,90 (-25,94; -7,87)	0,05 (0,02; 0,08)	14,93 (13,93; 15,93)
	10°C	-14,80 (-19,50; -10,11)	0,15 (0,10; 0,20)	9,52 (9,11; 9,94)
	15°C	-7,70 (-10,20; -5,21)	0,14 (0,01; 0,19)	8,13 (7,46; 8,79)
	20°C	-16,61 (-27,99; -5,22)	0,03 (0,01; 0,05)	10,79 (9,83; 11,76)
	25°C	-15,10 (-25,08; -5,12)	0,04 (0,01; 0,06)	12,42 (11,35; 13,49)
	30°C	-17,57 (-28,03; -7,10)	0,04 (0,01; 0,07)	12,47 (11,57; 13,36)
2 meses	5°C	-9,69 (-15,94; -3,46)	0,05 (0,02; 0,08)	14,76 (13,12; 16,40)
	10°C	-14,79 (-19,48; 10,09)	0,17 (0,11; 0,22)	9,52 (9,11; 9,94)
	15°C	-7,70 (-10,19; -5,21)	0,14 (0,10; 0,19)	8,13 (7,46; 8,79)
	20°C	-13,39 (-21,93; -4,85)	0,04 (0,01; 0,07)	12,56 (14,44; 13,67)
	25°C	-12,70 (-20,76; -4,64)	0,04 (0,01; 0,06)	12,05 (10,78; 13,31)
	30°C	-11,88 (-19,28; -4,47)	0,03 (0,01; 0,06)	11,64 (10,32; 12,96)
4 meses	5°C	-10,41 (-14,63; -6,18)	0,12 (0,07; 0,16)	14,97 (13,86; 16,08)
	10°C	-4,73 (-5,91; -3,55)	0,24 (0,18; 0,30)	5,60 (4,99; 6,22)
	15°C	-6,90 (-10,09; -3,71)	0,07 (0,03; 0,10)	5,07 (4,39; 5,76)
	20°C	-5,19 (-7,62; -2,76)	0,07 (0,03; 0,10)	4,20 (3,46; 4,94)
	25°C	-4,09 (-6,55; -1,63)	0,05 (0,02; 0,08)	9,22 (6,63; 11,82)
	30°C	-2,83 (-4,62; -1,04)	0,04 (0,01; 0,07)	5,24 (2,86; 7,63)
6 meses	5°C	-12,69 (-17,35; -8,04)	0,14 (0,09; 0,18)	14,91 (14,11; 15,70)
	10°C	-7,68 (-9,93; -5,43)	0,16 (0,11; 0,22)	7,22 (6,65; 7,79)
	15°C	-3,72 (-5,68; -1,76)	0,12 (0,06; 0,18)	13,46 (9,22; 17,70)
	20°C	-3,68 (-5,22; -2,13)	0,09 (0,05; 0,12)	3,77 (2,90; 4,64)
	25°C	-1,34 (-3,73; 1,05)	0,01 (-0,02; 0,04)	10,20 (9,12; 11,44)
	30°C	-1,76 (-2,79; -0,73)	0,08 (0,04; 0,13)	6,84 (2,27; 11,41)

¹ b é o *slope* em torno do T_{50} , denotando a taxa de germinação. ² d indica a germinação máxima. ³ T_{50} é o tempo termal, medido em dias, em que 50% da germinação máxima é atingida.

A temperatura de 5°C sempre resultou em maiores T_{50} em todas as épocas, mostrando que a temperatura mais baixa, retardou a germinação de 50% do total de

sementes germinadas, sendo de 19,31 dias ao 0 mês após a colheita das sementes e reduzindo para 13,76 aos 6 meses após a colheita das sementes (Tabela1).

Embora a temperatura de 5°C tenha demonstrado altos valores de T_{50} , ou seja, mais dias foram necessários para se atingir 50% de germinação, o percentual de germinação sempre foi superior se comparado às temperaturas de 25 e 30°C, conforme o parâmetro d . Portanto, em temperaturas mais baixas, as sementes de *S. gallica* têm maior potencial de germinação que em temperaturas maiores, mas gastam mais tempo para atingir esse potencial. E o contrário é verdadeiro, uma vez que nas temperaturas mais altas, os valores de T_{50} são baixos, ou seja, a germinação ocorre mais rapidamente, mas o percentual de germinação é inferior às temperaturas mais baixas.

O parâmetro d , indica a máxima germinação das sementes e está relacionado à qualidade e a características da semente (JENSEN et al., 2017). Na ausência de luz, observa-se redução na germinação de *S. gallica*, nas diferentes temperaturas avaliadas e épocas (Tabela2). O parâmetro b que indica a inclinação da curva de germinação no tempo T_{50} , onde, quanto maior o valor absoluto da inclinação, mais íngreme ela é (JENSEN et al., 2017). Esse valor está relacionado com o T_{50} , e a taxa de germinação das sementes (SCHERNER et al., 2017), e nos presentes estudos, as maiores inclinações da curva de germinação cumulativa foram verificadas nos experimentos instalados aos 4 e 6 meses após a colheita das sementes, onde a taxa de germinação foi superior aos experimentos instalados em um menor período de tempo pós colheita das sementes.

Durante o estabelecimento de uma planta, a velocidade com que o processo de germinação da semente ocorre é importante, uma vez que isso se relaciona positivamente com o espaço ocupado e explorado, determinando a quantidade de recursos disponíveis para o crescimento e desenvolvimento das plantas (O'DONOVAN et al., 2006). O conhecimento da temperatura que resulte em uma maior velocidade de germinação e emergência das sementes de *S. gallica* permite planejar a semeadura da espécie forrageira, de modo que a mesma se estabeleça antes da invasora, ocupando mais rapidamente o espaço disponível, e leve vantagem na competição que por ventura possa vir a ocorrer.

A influência que a temperatura exerce no processo germinativo é considerável, pois a partir da verificação das temperaturas que resultem em maiores germinações de sementes de *S. gallica*, é possível adotar medidas de manejo que visem dar

vantagens a cultura no momento do estabelecimento da mesma. Assim, a taxa de germinação das sementes varia com o aumento das temperaturas; a taxa aumenta conforme é aumentada a temperatura até atingir a temperatura ótima para germinação e, após atingida essa temperatura, o aumento acaba levando ao decréscimo nas taxas de germinação das sementes (ALVARADO; BRADFORD, 2002; BATLLA; BENECH-ARNOLD, 2015). No presente estudo, as maiores temperaturas resultaram em menores percentuais de germinação. Temperaturas elevadas acima de 25°C, também reduziram a germinação de *Asphodelus tenuifolius* Cav., considerada uma planta daninha de estação fria, assim como *S. gallica* (TANVEER et al., 2014).

Sabendo que a taxa de germinação tem alta correlação com a temperatura, onde temperaturas mais próximas àquela ótima para germinação aumentaram significativamente as taxas de germinação (BRADFORD, 2002) e conhecendo a faixa ótima de germinação das sementes de *S. gallica*, é possível predizer em que momento elas (sementes) venham a germinar no campo, tornando mais fáceis as medidas de manejo para evitar seu estabelecimento.

No presente estudo, verificou-se que a faixa de temperatura entre 10 e 15°C, foi a que resultou em maiores germinações das sementes da planta daninha. Esta também foi a faixa de temperatura em que as sementes de *Asphodelus tenuifolius* apresentaram os melhores percentuais de germinação (TANVEER et al., 2014).

De modo geral, pode-se perceber uma evolução na germinação ao longo dos períodos de teste pós colheita das sementes. Essa evolução na germinação pode indicar a presença de certos níveis de dormência das sementes logo após a sua colheita, mas que não foi suficiente para impedir a germinação na temperatura ótima para a espécie de 10°C (Tabela1). Temperaturas mais próximas da temperatura ideal para germinação das sementes podem acabar alterando o percentual de germinação. Sementes de *Raphanus raphanistrum* L. variaram de 5 a 25% de germinação, quando foi alterada a temperatura no momento da germinação, onde temperaturas mais próximas do ideal favoreceram um incremento no percentual de germinação das sementes (MALIK et al., 2010).

A evolução na germinação ao longo do tempo também foi verificada em sementes de *Raphanus raphanistrum*, onde sementes recém colhidas apresentaram menores percentuais de germinação do que quando foram postas a germinar 3 e 6 meses após a colheita das mesmas (MALIK et al., 2010). O mesmo aconteceu com sementes de *Echinochloa crusgalli* (L.) P.Beauv., que 30 dias após a colheita não

apresentaram germinação, independente das condições de luz e temperatura testados (BASTIANI et al., 2015). Porém, a partir dos 60 dias após a colheita, as sementes germinaram, tanto na presença quanto na ausência de luz.

Sementes não dormentes apresentam a capacidade de germinar em uma faixa maior de temperatura, e dentro desta faixa, as temperaturas vão alterar apenas a velocidade de germinação das sementes (BATLLA; BENECH-ARNOLD, 2015). Isto foi verificado no presente estudo, onde períodos pós colheita mais longos (4 e 6 meses após a colheita) resultaram em germinações em um leque maior de temperaturas, quando possivelmente a dormência havia sido superada.

A resposta a luz também ficou clara e evidente nos resultados encontrados. Nas avaliações de germinação das sementes de *S. gallica* realizadas aos 4 e 6 meses após a sua colheita, na presença de luz, todas as temperaturas apresentaram germinações superiores às germinações no escuro, indicando que o fator luz tem importante papel na germinação das sementes de *S. gallica*, ou seja, a espécie é fotoblástica positiva (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). O resultado é corroborado com os poucos encontrados na literatura (BATLLA; KRUK; BENECH-ARNOLD, 2000; CARTA et al., 2017) que indicam que a espécie daninha tem preferência pela luz ou teve sua germinação diminuída na ausência da luz.

Outro aspecto que pode apontar para as maiores respostas fotoblásticas, é o fato do tamanho das sementes de *S. gallica*, que são pequenas, uma vez que espécies com sementes de tamanho grande apresentam menor necessidade de luminosidade que aquelas de tamanho pequeno (HADI et al., 2018). Em contrapartida, as sementes de tamanho maior teriam maior capacidade de germinar e emergir de profundidades maiores no perfil do solo (BURMEIER et al., 2010; XIA et al., 2015), onde a oferta de luminosidade é menor.

A necessidade da luz para germinar, pode servir de ferramenta de manejo de *S. gallica*, onde as forrageiras ao propiciarem uma efetiva cobertura do solo, favorecerão uma redução na germinação e emergência das sementes da planta daninha, conseqüentemente reduzindo a infestação da área, o que não ocorre com sementes de invasoras insensíveis a luz para germinação, como é o caso de *Asphodelus tenuifolius* (TANVEER et al., 2014).

A análise dos parâmetros gerados pelo modelo *time-to-event*, também torna possível verificar a influência dos períodos pós colheita. Em todos os parâmetros avaliados, o padrão de germinação tardia nos experimentos instalados em menores

períodos após a colheita das sementes, pode estar relacionado às necessidades fisiológicas das sementes ainda não terem sido completamente atingidas (SCHERNER et al., 2017), o que limita e reduz tanto o total de sementes germinadas, como também a velocidade em que ocorre essa germinação. Os melhores comportamentos das sementes em períodos mais longos após a colheita podem estar relacionados à presença de condições ambientais favoráveis (SCHERNER et al., 2017), principalmente a temperatura, que é o principal fator que influencia a velocidade de germinação de sementes não dormentes (BATLLA; BENECH-ARNOLD, 2015). O armazenamento dessas sementes por período de tempo, pode ter favorecido a superação da dormência primária das mesmas (MARTINKOVA; HONEK; LUKAS, 2006).

Quando sementes conhecidamente viáveis, são postas a germinar e não germinam ou tem percentual de germinação baixo, pode-se suspeitar da presença da dormência, e essa verificação pode ser realizada com a utilização de substâncias que estimulem a germinação das sementes, como o ácido giberélico (BATLLA; BENECH-ARNOLD, 2015).

Com base nos resultados encontrados há preferência de *Silene gallica* por germinar em estações mais frias ou amenas, como o outono e inverno no estado do Rio Grande do Sul. Temperaturas de germinação menores também foram verificadas para populações de *Poa annua* L, *Vulpia myuros* (L.) K. C. Gmel e para *Apera spica-venti* L., onde a Tb foi de 4,58°C, 0,62°C e 0,64°C, respectivamente (SCHERNER et al., 2017).

A temperatura preferencial de germinação de *S. gallica* ficou muito próxima da temperatura preferencial para germinação de forrageiras fabáceas de estação fria, entre 10 e 15°C (BUTLER et al., 2014), o que indica que a germinação da invasora e das forrageiras possa ocorrer nos mesmos períodos, fazendo com que ocorra a competição entre elas para ocupação do nicho. Assim, devemos preconizar práticas de manejo que favoreçam as forrageiras em estabelecerem-se primeiramente na área e ter vantagens no acesso aos recursos disponíveis, antes da emergência das plantas daninhas competidoras.

3.4 Conclusões

A temperatura preferencial para germinação de sementes de *S. gallica* é ao redor dos 10°C;

A germinação das sementes de *S. gallica* ocorre em uma faixa mais ampla de temperatura a partir dos 4 meses após a colheita.

Sementes de *S. gallica* germinam preferencialmente na presença de luz.

4 Capítulo II – Competitividade relativa de cornichão e trevo-branco em convivência com a espécie daninha *Silene gallica*

4.1 Introdução

A competição é a disputa que ocorre entre as plantas por recursos do meio, principalmente água, radiação solar, nutrientes e espaço (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007). As plantas podem apresentar dois tipos de competição: a intraespecífica, que ocorre entre plantas da mesma espécie, e a interespecífica que ocorre com aquelas de outras espécies. A competição com plantas daninhas altera a capacidade produtiva da planta cultivada e dificulta a expansão da área de cultivo (NUNES et al., 2007).

A disputa de recursos (competição) entre plantas ocorre tanto acima quanto abaixo da superfície do solo. Acima do solo, ela ocorre basicamente por luz, a qual é captada por fotorreceptores específicos na planta, que induzem as respostas da planta cultivada, alterando a forma de investir o recurso que está sendo capturado e alterando a habilidade dela em capturar outros recursos necessários ao seu desenvolvimento (BALLARE; CASAL, 2000). A competição abaixo da superfície solo ocorre quando uma planta causa efeito negativo na disponibilidade de recurso necessário para o crescimento, sobrevivência ou reprodução de outra, tais como espaço, água e nutrientes (CASPER; JACKSON, 1997). A interferência na parte aérea e na radical não ocorre de forma isolada, geralmente estando relacionadas (RIZZARDI et al., 2001). Os efeitos da competição radical e os efeitos da competição da parte aérea, quando combinados, podem resultar em efeitos superiores aos efeitos da soma individual de cada parte da planta (BOZSA; OLIVER, 1993).

O grau de interferência depende de fatores relacionados à comunidade infestante (composição específica, população e distribuição), à própria cultura (gênero, espécie ou cultivar, espaçamento entre linhas e densidade de semeadura) e a duração do período de convivência e da época em que este período ocorre, sendo

modificada pelas condições edafoclimáticas e pelos tratos culturais (PITELLI, 1987; SWANTON; NKOA; BLACKSHAW, 2015). A habilidade competitiva de determinada espécie está relacionada com a capacidade que a mesma possui em utilizar de maneira eficiente os recursos disponíveis no meio em que a planta se encontra (RIZZARDI et al., 2001). Ela se caracteriza pela dominância de um indivíduo sobre seus vizinhos, que necessitam, ao mesmo tempo, dos mesmos recursos que estão com disponibilidade limitada (AARSSSEN, 1983). Basicamente, plantas cultivadas respondem à competição de plantas daninhas de duas formas: tolerância, onde a cultura mantém a produtividade mesmo em situação de competição; e supressão, onde a cultura reduz o crescimento de plantas daninhas devido à interferência de uma espécie sobre a outra (JANNINK et al., 2000).

RADOSEVICH; HOLT; GHERSA (2007) elegeram três fatores como fundamentais para a previsão das relações de competição entre plantas daninhas e cultivadas: época de emergência, arranjo espacial e velocidade de estabelecimento. Como o estabelecimento de forrageiras de clima temperado como trevo-branco (*Trifolium repens* L.) e cornichão (*Lotus corniculatus* L.) é considerado lento (BARCELLOS et al., 2008), é imprescindível que as mesmas se estabeleçam na ausência de outras plantas competidoras, de modo a evitar prejuízos em virtude da competição com as plantas daninhas no início de seu desenvolvimento, garantindo assim seu pleno estabelecimento e desenvolvimento (LUSTOSA et al., 2011). Perdas na produtividade do trevo-branco em função da competição com espécies competidoras podem chegar a 96% (SCHUSTER et al., 2013), indicando que a forrageira tende a sentir de maneira significativa os efeitos da competição.

Das características das plantas cultivadas, a estatura de planta é a que está fortemente relacionada com a redução do crescimento de plantas daninhas, em função do sombreamento imposto (FLECK, 1980; RIGOLI et al., 2009). Geralmente, plantas altas possuem também maior produção de matéria seca, e a matéria seca frequentemente é utilizada como indicadora de maior habilidade competitiva (FLECK; BIANCHI; RIZZARDI; AGOSTINETTO, 2006).

Quando há limitações de recursos no meio, as plantas que conseguirem se estabelecer precocemente têm vantagens na competição, pois a busca por esses recursos é iniciada antes da planta competidora se estabelecer (BALBINOT JR.; FLECK; BARBOSA NETO; RIZZARDI., 2003). O potencial de competição é definido pela sua capacidade de utilizar o espaço e seus recursos de forma antecipada,

reduzindo a disponibilidade para as plantas vizinhas (RIGOLI et al., 2009). Segundo RADOSEVICH; HOLT; GHERSA (2007), na ausência de competição, as plantas que maximizarem a utilização dos recursos do meio em relação aos seus vizinhos, irão dominar a comunidade vegetal. Os efeitos causados pela competição são irreversíveis, sendo assim, as plantas não conseguem recuperar o prejuízo causado pelas plantas daninhas (KOZLOWSKI, 2002).

O conhecimento da interação entre culturas e plantas daninhas fornecem importantes informações para agricultores sobre a real necessidade de manejo e qual o momento ideal para realiza-lo. Estudos que avaliaram a competição que ocorre entre a alfafa com plantas de *Silene vulgaris* (Moench) Garcke, determinaram que a alfafa (*Medicago sativa* L.) sofre mais efeitos da competição intraespecífica do que a competição interespecífica, enquanto que para a planta daninha, os maiores efeitos são da competição entre espécies (WALL; MORRISON, 1990). Contudo, pode-se afirmar que a alfafa apresentou-se mais competitiva que *S. vulgaris* (WALL; MORRISON, 1990).

Entre espécies de trevos, o trevo-branco foi o que apresentou a melhor relação entre a supressão de plantas daninhas e a perda na sua produção (DEN HOLLANDER; BASTIAANS; KROPFF, 2007), demonstrando certo equilíbrio na relação de competição. Porém, esta resposta pode apresentar variações dependendo da planta daninha que está competindo. De acordo com a espécie em questão, plantas daninhas podem ser classificadas em três grupos: aquelas que reduzem a produção das forrageiras, as que não causam efeitos e as que aumentam a biomassa da forrageira e a oferta de forragem para os animais (SEEFELDT et al., 2005).

Diferentes modelos podem ser utilizados para investigar o grau de interferência entre as plantas cultivadas e daninhas: aditivo, sistemático, superfície de resposta e série substitutiva (RADOSEVICH, 1987). Em cada um deles, a resposta de uma espécie é utilizada para descrever a influência das outras na associação, através de variáveis escolhidas como produtividade, mortalidade de plantas, germinação, entre outras. Um dos métodos mais usados é o de série substitutiva (ADLER et al., 2018; BASTIANI et al., 2016; BIANCHI; FLECK; LAMEGO, 2006; VIVIAN et al., 2013). O modelo determina qual das duas espécies envolvidas é a mais competitiva e dispõe de informações sobre as interações planta-planta (RADOSEVICH, 1987), as quais podem ser classificadas em negativas, positivas ou neutras (SWANTON; NKOA; BLACKSHAW, 2015). A série de substituição inclui a cultura sozinha e em mistura

com plantas daninhas, onde a proporção das duas espécies estudadas varia, sendo a população total de plantas constante em todos os tratamentos do experimento.

Em áreas de produção de sementes de cornichão e trevo-branco no Sul do Brasil, por exemplo, *Silene gallica* L. é considerada uma espécie que produz sementes nocivas toleradas, de acordo com a IN 46/2013 (BRASIL, 2013). Sua ocorrência acima dos níveis permitidos nos lotes avaliados, pode inviabilizá-los, dificultando a comercialização e disponibilidade de sementes certificadas no mercado (GIARETTA; JAMARDO; CATALOGNE, 1982).

A hipótese do presente estudo é de que *S. gallica* é menos competitiva que o cornichão e o trevo-branco, quando ocorrendo em proporção populacional equivalente às forrageiras. Deste modo, o objetivo do trabalho foi avaliar a habilidade competitiva relativa de trevo-branco e de cornichão com a planta daninha *S. gallica*, através do método de série substitutiva.

4.2 Materiais e métodos

Foram conduzidos cinco experimentos em casa-de-vegetação da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, na Universidade Federal de Pelotas/UFPEL, entre os anos de 2016 e 2018. O primeiro experimento, instalado em Junho de 2016, consistiu na condução de monocultivos das espécies forrageiras e da planta daninha (*S. gallica*). O objetivo deste estudo prévio foi determinar as populações de plantas no qual a massa de matéria seca da parte aérea (MMSPA) por unidade de área torna-se constante e independente da população, com base na “lei de produção final constante” (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007). As populações testadas tanto para as forrageiras como para *S. gallica* foram equivalentes a duas, quatro, oito, 16 e 32 plantas vaso⁻¹ (equivalentes a 50, 100, 200, 400 e 800 plantas m⁻²).

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições. Foram utilizadas sementes de cornichão, cv. BRS Posteiro e trevo-branco, cv. BRS Entrevero, ambas da Embrapa. As sementes de *S. gallica* foram colhidas a campo, na área experimental do Centro de Herbologia do Departamento de Fitossanidade da UFPEL – CEHERB, Capão do Leão, RS. As unidades

experimentais consistiram de vasos com capacidade de 8L e 23 cm de diâmetro, preenchidos com solo oriundo de área agrícola da UFPel.

A determinação da produção de MMSPA foi realizada no início do período reprodutivo das plantas de *S. gallica*, por meio da pesagem da massa coletada após secagem em estufa de circulação forçada de ar, a 60° C +- 5°C de temperatura, até atingir peso constante.

A produção de MMSPA de *S. gallica* se tornou constante a partir de 20 plantas vaso⁻¹ ou 500 plantas m⁻², a de trevo-branco se tornou constante a partir de 16 plantas vaso⁻¹ ou 400 plantas m⁻² e a de cornichão se tornou constante a partir de 32 plantas vaso⁻¹ ou 800 plantas m⁻². Para determinar as proporções de plantas a serem utilizadas, calculou-se a média de plantas para cada uma das espécies, ajustada para permitir a distribuição das plantas nas proporções necessárias para a condução da série substitutiva. Então, utilizou-se a população final de 16 plantas vaso⁻¹ ou 400 plantas m⁻² no estudo entre trevo-branco x *S. gallica* e 24 plantas vaso⁻¹ quando de cornichão x *S. gallica* ou 600 plantas m⁻² (dados não apresentados).

Com base nos resultados do experimento prévio, dois estudos foram conduzidos em série de substituição em Junho/2017, sendo repetidos no tempo em Junho/2018, totalizando quatro experimentos. A série substitutiva foi composta por proporções das forrageiras trevo-branco e cornichão com *S. gallica*, assim dispostas: 100:0 (monocultivo das forrageiras); 75:25; 50:50; 25:75 e 100:0% (monocultivo da planta competidora), semeados em vasos com capacidade de 8 L, preenchidos com 8 kg de solo e irrigados sempre que necessário para se manter a umidade do solo na capacidade de campo. A fim de garantir a população ideal nos vasos, foi semeada população superior à desejada e quando do estabelecimento das plântulas, foi realizado o ajuste das populações. Os tratamentos foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado, contendo quatro repetições.

As condições de temperatura observadas durante os períodos de condução das séries substitutivas encontram-se na Tabela3.

No início do período reprodutivo das plantas de *S. gallica* foram determinadas as variáveis: estatura de planta (EP), área foliar (AF) e MMSPA das forrageiras e das plantas competidoras. A EP foi medida com uma régua milimétrica. A AF foi obtida por meio da utilização de equipamento medidor de área foliar LI 3100C (LICOR, Lincoln, USA). A MMSPA foi determinada conforme já descrito anteriormente.

Tabela 3 - Temperaturas máximas, mínimas e médias (°C) durante o período de condução dos experimentos. FAEM/UFPEL, Capão do Leão-RS, 2017 e 2018.

Temperatura (°C)	Ano	Dia após a instalação do experimento									
		1	7	14	21	28	35	42	49	56	63
Máxima	2017	22,23	22,08	25,36	24,65	21,07	23,27	26,64	25,93	22,35	29,91
	2018	29,32	33,05	28,10	24,02	30,83	26,59	27,36	29,12	34,37	31,17
Mínima	2017	16,27	18,57	9,67	12,98	9,60	9,55	14,56	9,99	12,59	10,24
	2018	7,57	6,12	9,56	9,59	10,38	7,56	6,90	8,70	10,09	7,84
Média	2017	18,79	20,02	15,22	17,24	13,77	14,74	18,52	15,78	16,06	16,72
	2018	14,86	13,79	15,96	13,95	16,22	14,77	13,50	15,37	17,16	15,11

Para as variáveis EP, AF e MMSPA das forrageiras e da planta daninha, utilizou-se o método da análise gráfica da produtividade relativa (Radosevich, 1987), em série substitutiva. Esse modelo consiste na construção de um diagrama com base na produtividade relativa (PR) e na produtividade relativa total (PRT) nas proporções de plantas 0; 25; 50; 75 e 100%. Os valores de PR foram obtidos de acordo com a seguinte equação: $PR = \text{média da mistura} / \text{média da monocultura}$, onde as médias representam o valor médio por planta de cada espécie em cada unidade experimental. Os dados de PRT foram representados pela soma das produtividades relativas da cultura e do competidor nas respectivas proporções de plantas. Quando a PR resulta em uma linha reta, significa que não houve efeito de uma espécie sobre a outra ou que a habilidade da espécie em interferir sobre a outra é equivalente. Se a PR resulta em uma linha côncava, significa que houve prejuízo no crescimento de uma ou de ambas as espécies; no entanto, a ocorrência de linha convexa, significa o benefício no crescimento de uma ou de ambas as espécies.

Para a PRT, quando ocorre valor igual a 1 (linha reta), significa que ocorreu competição pelo(s) mesmo(s) recurso(s); contudo, se o valor for superior a 1 (linha convexa), não ocorre competição, pelo fato de o suprimento de recursos superar a demanda ou pelo fato de as espécies possuírem diferentes demandas pelo(s) recurso(s) do meio; quando inferior a 1 (linha côncava), significa a ocorrência de antagonismo, havendo prejuízo mútuo ao crescimento de ambas as espécies (RADOSEVICH, 1987). Na proporção de 50% de plantas da cultura e do respectivo competidor, foram calculados os índices de competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamento relativo (K) e de competitividade (C). A CR representa o crescimento comparativo da espécie X em relação à Y; K indica a dominância relativa de uma espécie sobre a outra; e C aponta qual espécie será mais competitiva (COUSENS, 1991). A interpretação conjunta desses valores (CR, K e C) indica com maior

segurança a competitividade das espécies envolvidas. Nesse sentido, a espécie X é mais competitiva que Y quando $CR > 1$; $K_x > K_y$ e $C > 0$; por outro lado, a espécie Y será mais competitiva que X quando $CR < 1$; $K_x < K_y$ e $C < 0$ (HOFFMAN; BUHLER, 2002).

O cálculo dos índices foram obtidos utilizando-se as seguintes equações: $CR = PR_x/PR_y$; $K_x = PR_x/(1 - PR_x)$; $K_y = PR_y/(1 - PR_y)$; $C = PR_x - PR_y$, de acordo com (COUSENS; O'NEILL, 1993). Para analisar estatisticamente a produtividade relativa, primeiro foram calculadas as diferenças para os valores de PR obtidos nas proporções de 25, 50 e 75% de plantas em relação aos valores pertencentes às retas hipotéticas obtidas nas respectivas proporções (BIANCHI; FLECK; LAMEGO, 2006). O teste t, em nível de 5% de probabilidade, foi utilizado para testar as diferenças nos índices estudados em relação à reta hipotética (HOFFMAN; BUHLER, 2002; ROUSH et al., 1989), e para que haja significância estatística, pelo menos duas proporções de plantas devem apresentar diferença significativa entre si (BIANCHI; FLECK; LAMEGO, 2006).

As hipóteses de nulidade utilizadas para testar as diferenças de PR e C foram constituídas partindo-se do princípio de que, se fossem iguais a zero ($H_0 = 0$), para PRT e CR, as médias seriam iguais a 1 ($H_0 = 1$), e de que, para o índice K, as médias das diferenças entre K_x e K_y seriam iguais a zero: $H_0 = (K_x - K_y) = 0$. Os resultados obtidos para características morfológicas (EP, AF, MMSPA) das plantas das forrageiras e de *S. gallica* foram expressos em valores médios por planta. Primeiramente, os dados foram testados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk ($p \geq 0,05$), não sendo necessária a transformação dos dados. Posteriormente, realizou-se a análise de variância pelo teste F ($p \leq 0,05$) e, havendo diferença significativa entre os tratamentos, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Dunnett ($p \leq 0,05$), considerando-se as monoculturas como testemunhas nessas comparações.

4.3 Resultados e discussão

A análise gráfica dos resultados obtidos para PR da EP para cornichão em 2017 (Figura 2a) demonstrou que houve diferença estatística nas três proporções de

plantas 75:25, 50:50 e 25:75, formando uma linha côncava para a forrageira. Deste modo, pode-se afirmar que as plantas da competidora *S. gallica* utilizaram os recursos de forma mais eficiente que a forrageira, sem alterar sua PR, que não demonstrou significância estatística. Em 2018 (Figura 2b) não houveram diferenças para a PR da EP de cornichão e de *S. gallica* em relação à linha hipotética, indicando que a habilidade de cada espécie em interferir sobre a outra foi equivalente. Ou ainda, que a competição interespecífica com a planta daninha não foi diferente da competição intraespecífica que ocorre quando as plantas da cultura crescem livres de infestantes (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007).

A PRT para EP em 2017 demonstrou diferença estatística quando as proporções foram de 75:25 e 25:75 (forrageira:competidora), formando uma linha côncava que indica que ambas as espécies competiram pelos mesmos recursos do meio ou pelo mesmo nicho, nas referidas proporções (DIAS et al., 2010; HARPER J L., 1977). Em 2018, não houve diferença e os valores ficaram muito próximos a 1, o que significa que a competição ocorre pelos mesmos recursos ambientais (RADOSEVICH, 1987).

Ao analisar a variável EP para o trevo-branco (Figura 2c) em 2017, verificamos que as PRs ficaram muito próximo da linha hipotética para as plantas cultivadas isoladamente; entretanto, a forrageira apresentou diferenças significativas em duas proporções de plantas, 50:50 e 25:75 (forrageira:competidora), sendo que na primeira proporção citada, o trevo-branco foi superior à linha hipotética, demonstrando maior eficiência na captação dos recursos do meio.

Na proporção de 25:75 ainda em 2017, o trevo-branco reduziu sua EP em relação à linha hipotética. Isso pode indicar que em populações maiores da forrageira, a mesma apresenta desempenho superior ao esperado. Porém, com o aumento da população de plantas da competidora na proporção (25:75), o trevo-branco apresenta maior efeito da competição, demonstrando que a competição interespecífica é maior que o efeito da intraespecífica, sendo o competidor mais eficiente na busca pelos recursos do meio. Já para *S. gallica* a PR formou uma linha côncava, mas com diferença significativa apenas na proporção 25:75, onde houve redução significativa em relação à linha hipotética que representa a PR do competidor crescendo livremente, sem a presença da cultura.

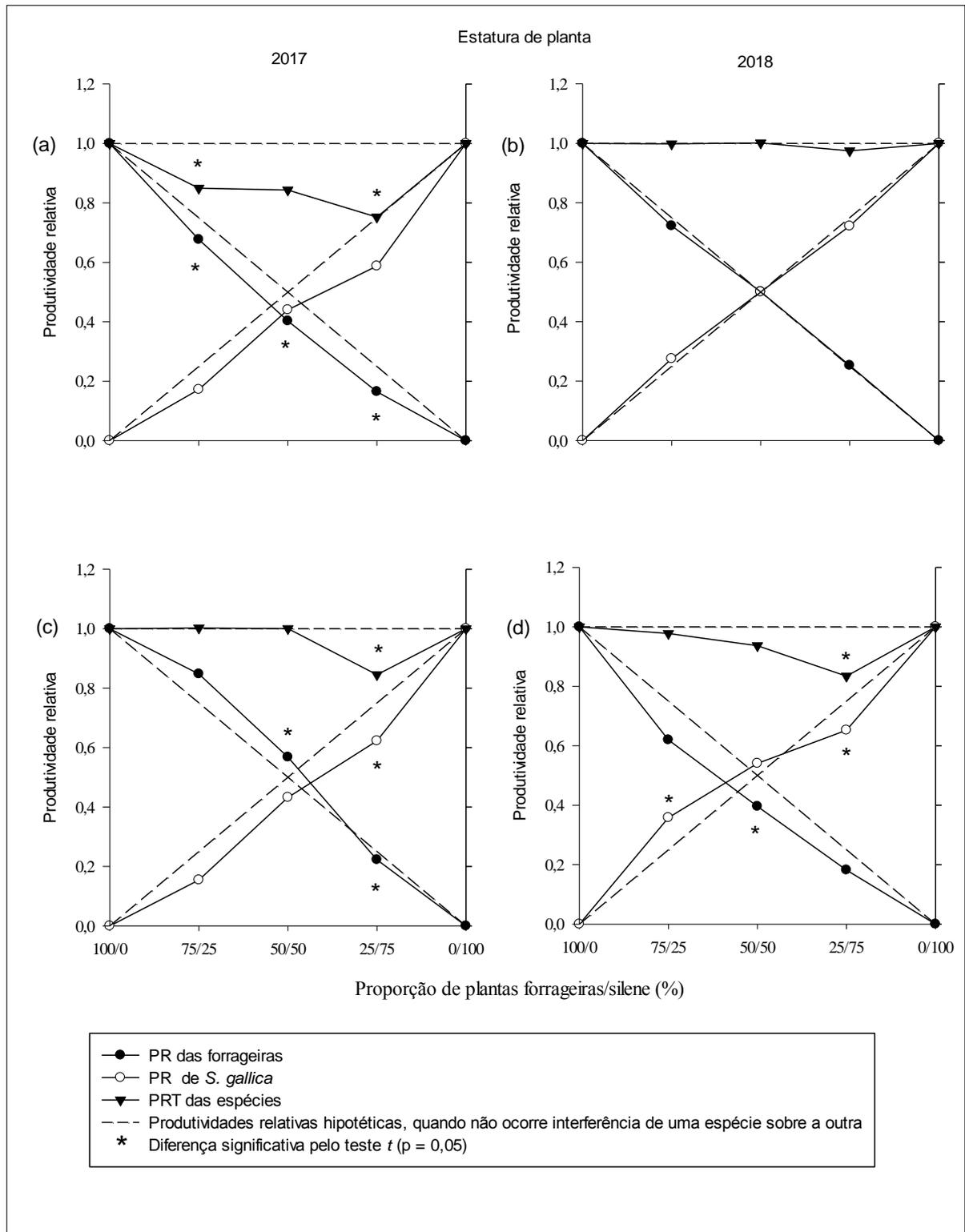


Figura 2 - Produtividade relativa (PR) e produtividade relativa total (PRT) para estatura de plantas de cornichão e de *Silene gallica* (competidora) (a; b); trevo-branco e *Silene gallica* (competidora) (c; d). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2017 e 2018.

Em 2018, a análise gráfica da PR para EP do trevo-branco formou uma linha côncava, com desvio significativo em relação à linha hipotética quando a forrageira

esteve na mesma proporção da competidora (Figura 2d). Por sua vez, a PR de *S. gallica* apresentou comportamento diferencial conforme a proporção de plantas; na maior presença da forrageira, a PR da competidora foi estatisticamente superior à linha hipotética, mas na proporção 25:75 (forrageira:competidora) a PR da *S. gallica* foi significativamente inferior à linha hipotética (Figura 2d).

Em relação às PRTs para EP do trevo-branco e *S. gallica* em 2017 e 2018, o comportamento é similar, havendo tendência à formação de uma linha côncava, especialmente na proporção 25:75 (forrageira:competidora), significando antagonismo, ou seja, houve prejuízo no crescimento de ambas as espécies (Figura2c;d). Este comportamento indica que ocorre um prejuízo mútuo entre o trevo-branco e *S. gallica*, quando a competidora está presente em maior número na proporção de plantas avaliada, embora haja significância estatística em apenas uma proporção de plantas.

A análise gráfica dos resultados obtidos para a PR da variável AF para cornichão em 2017 é totalmente diferente da observada em 2018 (Figura3a;b). No primeiro ano do estudo, uma linha côncava é observada tanto para a forrageira como para a competidora, e os desvios da reta hipotética são significativos em sua maioria, confirmando a competição. A PRT foi inferior a um, o que demonstra prejuízo mútuo ao crescimento, ou seja, a competição entre as duas espécies ocorreu pelos mesmos recursos (Figura3a;b).

Em 2018, cornichão comportou-se como se estivesse na condição de crescimento sem presença da competidora, uma vez que a PR não diferiu da linha hipotética em nenhuma das proporções de plantas avaliadas. Já a PR de *S. gallica* apresentou comportamento totalmente diferente do ano de 2017, uma vez que formou uma linha convexa, indicando que obteve melhor aproveitamento dos recursos do meio, beneficiando-se em comparação à forrageira. Em relação a PRT para AF em 2018, formou-se uma linha convexa, influenciada pelo desempenho de *S. gallica*, que teve resultado muito superior ao esperado pela linha hipotética da competidora, indicando haver benefício da planta daninha quando da presença do cornichão (Figura3b).

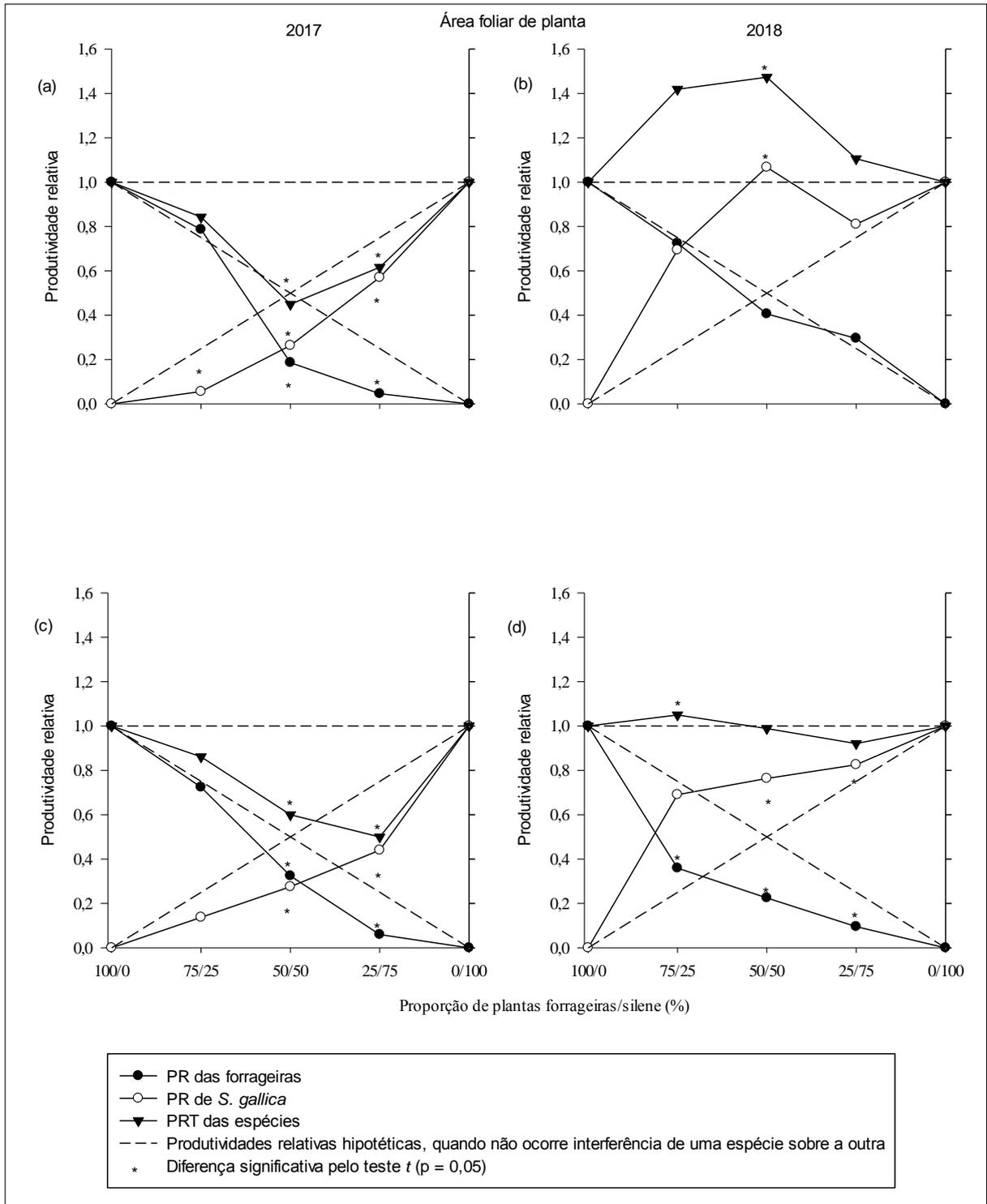


Figura 3. Produtividade relativa (PR) e produtividade realtiva total (PRT) para área foliar de plantas de cornichão e de *Silene gallica* (competidora) (a; b); trevo-branco e *Silene gallica* (competidora) (c; d). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2017 e 2018.

A forrageira cornichão é uma planta fabácea, que tem a capacidade de fixar nitrogênio do ar (LORITE et al., 2018; VASILEVA; ATHAR, 2018). Assim, as plantas

de *S. gallica* podem ter se beneficiado desse nutriente importante para o seu desenvolvimento no estudo em 2018 e, por isso, a AF ter sido tão diferente daquela observada em 2017. O ano de 2018 também se mostrou mais favorável ao desenvolvimento das espécies pois ambas, forrageira e competidora, apresentaram desempenhos superiores relativos a esta variável e às demais em questão (EP e MMSPA) quando comparadas ao ano anterior (Tabela4;5), mas com destaque especial ao comportamento de *S. gallica*, que pode ter encontrado melhores condições de desenvolvimento no ano de 2018. Isto indica que o comportamento de ambas é fortemente influenciado pelas condições ambientais, principalmente a temperatura. De maneira geral, o ano de 2018 apresentou maiores oscilações de temperatura que o ano de 2017, uma vez que as mínimas de 2018 foram inferiores e as máximas foram superiores às temperaturas do ano de 2017; todavia, na média, o ano de 2018 foi mais frio que o ano de 2017 (Tabela3).

As respostas do trevo-branco e da competidora para a variável AF podem ser visualizadas na Figura 3c;d. Em 2017, a PR da forrageira resultou em uma linha côncava, diferindo da linha hipotética em duas proporções de plantas, 50:50 e 25:75, indicando haver forte competição entre as espécies pelos recursos do meio. Esse mesmo comportamento foi verificado para a PR de *S. gallica*, mostrando novamente que a disputa foi pelos mesmos recursos. A PRT diferiu da linha hipotética apenas na proporção de 75:25, ficando acima da linha hipotética de produção das culturas.

Em 2018, os resultados para a PR em função da AF do trevo-branco foram semelhantes ao do ano anterior, formando uma linha côncava, que difere da linha hipotética nas três proporções de plantas testadas (Figura 3d). Isto indica que a forrageira sofreu forte influência da presença da competidora *S. gallica*. Por outro lado, a PR da competidora, diferentemente do ano de 2017, resultou em uma linha convexa, que difere da linha hipotética sem a competição, em duas proporções de plantas 50:50 e 25:75, indicando que existe benefício para ela e que a planta daninha foi mais eficiente em captar os recursos do meio.

No ano de 2018, a PRT diferiu da linha hipotética em apenas uma proporção de plantas, 75:25 (forrageira: competidora), indicando destaque para o trevo-branco quando em maior proporção (Figura 3d). O comportamento da PR da forrageira explica o comportamento da PRT, pois a PR do trevo-branco resultou em uma linha côncava, e a PR de *S. gallica* resultou em uma linha convexa, que acabou

compensando a linha côncava do trevo-branco, resultando em uma PRT muito próxima da linha hipotética para as culturas.

Utilizada como um indicador mais confiável e mais usual dos efeitos da competição (ASCHEHOUG et al., 2016; FLECK, 1980), a variável MMSPA apresentou resultado constante para o cornichão (Figura 4), nos dois anos de condução dos estudos.

A PR de cornichão e *S. gallica* não sofreu alterações, não diferindo estatisticamente da linha hipotética, com exceção da proporção de 50:50 no ano de 2017 (Figura 4a); na ocasião, a forrageira apresentou uma redução na PR. Já, a PR de *S. gallica* se manteve muito próxima à linha hipotética, indicando não haver prejuízos nem benefícios em função da convivência com o cornichão em 2017. A PRT da MMSPA se manteve muito próximo da linha hipotética, indicando que as plantas mantiveram suas produtividades quando em convivência.

Em 2018, a PR para MMSPA de cornichão não diferiu significativamente da linha hipotética, assim como a competidora e a PRT. Deste modo, a habilidade de cada uma interferir no desempenho da outra foi equivalente (RADOSEVICH, 1987), e com isso não é possível afirmar qual das espécies teve potencial competitivo superior.

Ao fazer a análise gráfica da MMSPA entre trevo-branco e *S. gallica*, é possível verificar que em 2017, não houveram diferenças significativas no comportamento das espécies, tanto para PR quanto para PRT, uma vez que as linhas ficaram muito próximas às linhas hipotéticas de produção das espécies. Já no ano de 2018, o comportamento foi distinto, onde a PR do trevo-branco sofreu influência da presença da competidora, resultando em uma linha côncava, diferindo estatisticamente da linha hipotética em todas as proporções de plantas do estudo, indicando ser competidor menos eficiente que *S. gallica*.

A competidora *S. gallica* em sua PR para MMSPA apresentou uma linha convexa em 2018, diferindo estatisticamente da linha hipotética em duas proporções de plantas, 50:50 e 25:75, demonstrando que com o aumento de sua população na mistura, a mesma foi mais competitiva que o trevo-branco, utilizando de maneira mais eficiente os recursos do meio (Figura 4d). Como as duas espécies apresentaram comportamento distinto na PR, trevo-branco linha côncava e *S. gallica* uma linha convexa, a PRT das espécies ficou muito próxima da linha hipotética, apresentando diferença significativa apenas na proporção de 25:75, onde houve uma redução na produção esperada. Com base nos resultados da MMSPA, especialmente para 2018,

pode-se inferir que o trevo-branco apresenta um potencial competitivo inferior ao de *S. gallica*.

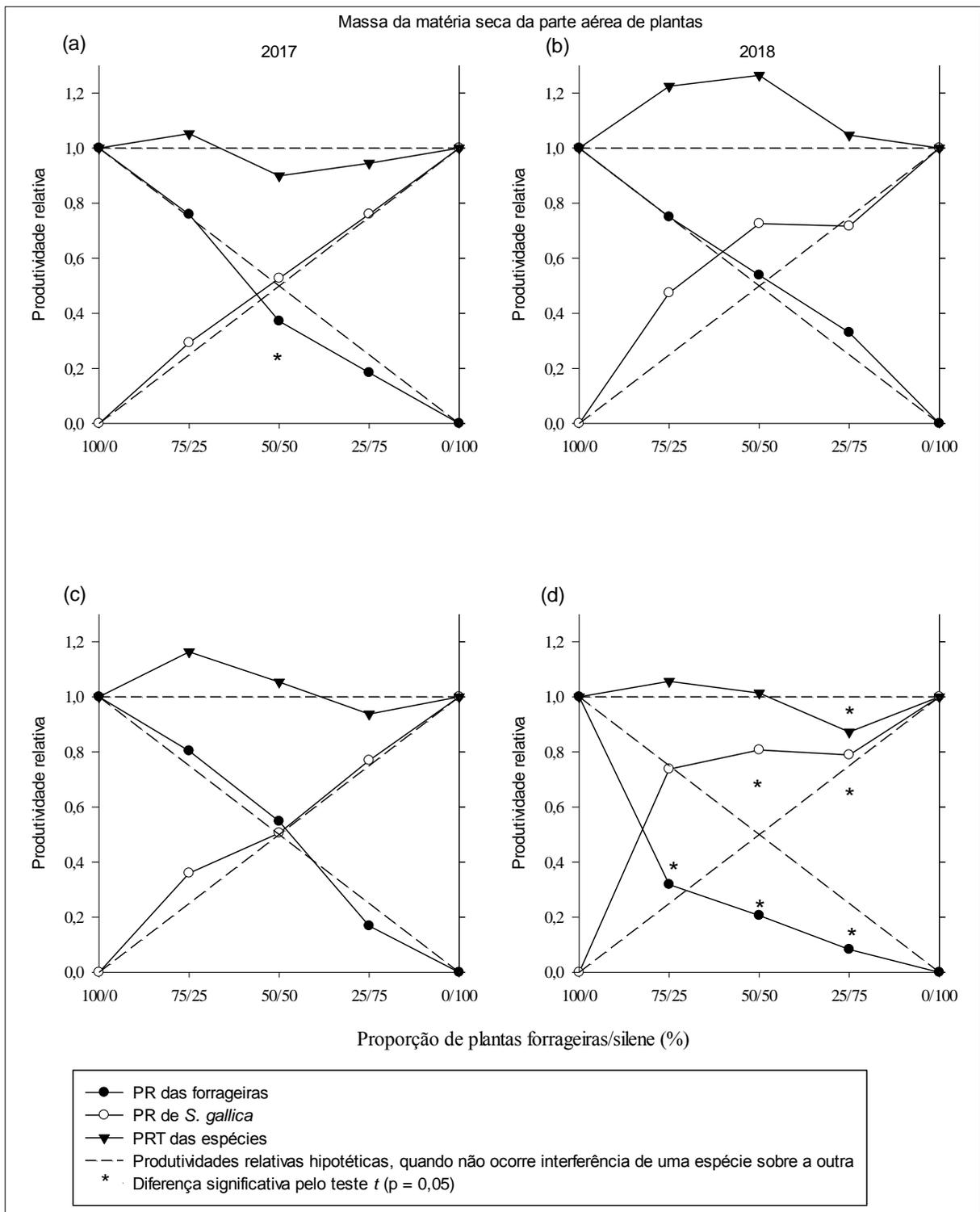


Figura 4 Produtividade relativa (PR) e produtividade relativa total (PRT) para massa da matéria seca da parte aérea de plantas de cornichão e de *Silene gallica* (competidora) (a; b); trevo-branco e *Silene gallica* (competidora) (c; d). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2017 e 2018.

A verificação do crescimento relativo do cornichão e de *S. gallica* através da variável EP (Tabela4) no ano de 2017 indicou que houve uma redução na estatura da forrageira apenas na proporção de 25:75, ou seja, quando ela estava em desvantagem em relação à competidora. A AF de cornichão também demonstrou ser afetada pela presença de *S. gallica*, sendo estatisticamente inferior quando nas proporções de 50:50 e 25:75 (forrageira:competidora). Para a planta daninha, a AF também foi afetada quando nas proporções de 50:50 e 25:75, sendo reduzida.

Tabela 4 Respostas de plantas de cornichão à interferência da competidora *Silene gallica*, expressas em estatura de planta (EP), área foliar (AF) e massa da matéria seca da parte aérea (MMSPA), em experimentos conduzidos em séries substitutivas. FAEM/UFPEL, Capão do Leão-RS, 2017 e 2018.

Proporção de plantas (forrageira:competidora)	Proporção de plantas (Cornichão: <i>Silene gallica</i>)		
	EP (cm)	AF (cm ² planta ⁻¹)	MMSPA (g planta ⁻¹)
	2017		
	Cornichão		
100:00 (T)	15,44	5,15	0,21
75:25	13,94	5,41	0,22
50:50	12,44	1,92*	0,16
25:75	10,19*	0,95*	0,16
CV(%)	17,59	47,98	26,33
	<i>Silene gallica</i>		
100:00 (T)	17,87	7,31	0,30
75:25	14,00	5,55	0,31
50:50	17,75	3,85*	0,32
25:75	12,31	1,64*	0,36
CV(%)	46,63	21,83	26,03
	2018		
	Cornichão		
100:00 (T)	18,83	59,98	0,40
75:25	18,14	57,95	0,40
50:50	18,86	57,74	0,43
25:75	19,06	70,88	0,53
CV(%)	12,73	29,41	30,15
	<i>Silene gallica</i>		
100:00 (T)	25,63	53,17	0,54
75:25	24,66	57,43	0,51
50:50	25,66	113,47*	0,78
25:75	28,26	147,64*	1,02
CV(%)	14,66	25,39	53,72

*Média difere da testemunha (T) pelo teste de Dunnett ($p \leq 0,05$).

Já no ano de 2018, não houve diferença significativa em nenhuma das proporções de plantas para as variáveis avaliadas; já, para *S. gallica*, esta variável

também não foi afetada pela presença das plantas de cornichão, uma vez que no ano de 2017 e 2018, não houveram diferenças da EP nas proporções em relação a testemunha sem competição.

A variável AF sofreu interferência da competição entre cornichão e *S. gallica* em apenas um dos anos de condução. Em 2017, AF foi reduzida em todas as proporções de plantas avaliadas, diferindo significativamente da testemunha em monocultivo. Já em 2018, essa variável não sofreu influência da competição, não diferindo da testemunha em nenhuma proporção de cultivo. Para *S. gallica*, em 2017, a AF diferiu da testemunha em monocultivo nas proporções de 50:50 e 25:75, apresentando uma redução nas duas proporções de plantas. Já em 2018, somente houve diferença entre a proporção de 25:75 e a testemunha em monocultivo, onde a presença de um maior número de plantas de cornichão, resultou no aumento da AF das plantas de *S. gallica*. Neste caso, parece que a competidora se aproveitou da presença forrageira, produzindo AF 113 e 178%, respectivamente a mais que a condição de monocultivo.

Considerada como a variável mais importantes para predizer ou demonstrar os efeitos da interação entre plantas, a MMSPA do estudo entre cornichão e *S. gallica* nos anos de 2017 e 2018 não apresentou diferença entre a testemunha em monocultivo e as misturas nas diferentes proporções, indicando pouca influência de uma espécie sobre a outra.

Quando verificamos o crescimento relativo de trevo-branco e *S. gallica* para a variável EP (Tabela5) no ano de 2017, observamos que a forrageira não apresentou diferença significativa em relação à testemunha sem a presença do competidor. Já no ano de 2018, quando o trevo-branco estava nas proporções de 50:50 e 25:75 (forrageira:competidora), o mesmo apresentou redução, indicando que conforme ocorreu um aumento na população de plantas de *S. gallica*, as plantas de trevo-branco responderam de maneira negativa, reduzindo sua estatura.

A presença do trevo-branco, fez com que a EP de *S. gallica* fosse reduzida em 2017 quando na proporção 25:75 indicando uma maior competição interespecífica do que a intraespecífica. Porém, em 2018, o resultado divergiu do ano anterior, uma vez que na proporção de 25:75, as plantas de *S. gallica* apresentaram um incremento na EP, diferindo significativamente da testemunha em monocultivo. Isto mostra que a competição intraespecífica foi superior à interespecífica, pois na condição com menor população de plantas de *S. gallica* a sua estatura foi superior à EP das plantas em

monocultivo. Na maioria dos estudos, a competição intraespecífica se mostrou mais importante que a interespecífica, e esse fato permite que acabe ocorrendo um equilíbrio entre as populações de plantas (ADLER et al., 2018).

Tabela 5 - Respostas de plantas de trevo-branco à interferência da competidora *Silene gallica*, expressas em estatura de planta (EP), área foliar (AF) e massa da matéria seca da parte aérea (MMSPA), em experimentos conduzidos em séries substitutivas. FAEM/UFPEL, Capão do Leão-RS, 2017 e 2018.

Proporção de plantas (forrageira:competidora)	Proporção de plantas (trevo-branco: <i>Silene gallica</i>)		
	EP (cm)	AF (cm ² planta ⁻¹)	MMSPA (g planta ⁻¹)
	2017		
	Trevo-branco		
100:00 (T)	12,00	0,88	0,23
75:25	13,56	0,85	0,25
50:50	13,63	0,57*	0,25
25:75	10,69	0,21*	0,15
CV(%)	15,85	51,87	35,13
	<i>Silene gallica</i>		
100:00 (T)	16,19	1,08	0,38
75:25	13,44	0,64*	0,39
50:50	14,00	0,60*	0,38
25:75	10,00*	0,60*	0,55
CV(%)	21,89	43,13	35,13
	2018		
	Trevo-branco		
100:00 (T)	17,27	67,34	0,62
75:25	14,27	32,26*	0,26*
50:50	13,68*	30,31*	0,26*
25:75	12,56*	25,71*	0,21*
CV(%)	17,98	52,55	57,99
	<i>Silene gallica</i>		
100:00 (T)	20,34	73,38	0,77
75:25	17,69	80,74	0,81
50:50	21,99	112,06*	1,25*
25:75	29,15*	202,73*	2,28*
CV(%)	21,22	47,79	53,05

*Média difere da testemunha (T) pelo teste de Dunnett ($p \leq 0,05$).

Na análise da interação entre trevo-branco e *S. gallica* (Tabela5), a AF da forrageira foi influenciada nos dois anos de condução do estudo, apresentando uma redução significativa nas proporções de 50:50 e 25:75. Isto indica que o trevo-branco sofreu uma maior influência das plantas de *S. gallica*, principalmente quando a proporção dessas na mistura foi maior. Em 2017, *S. gallica* demonstra efeito da competição interespecífica para a AF; no entanto, em 2018, a planta daninha parece

se beneficiar da presença da forrageira mesmo que a proporção era de 25:75, com uma AF bastante superior à condição em monocultivo.

Em relação à MMSPA para a relação entre trevo-branco e *S. gallica*, em 2017, a influência de uma espécie sobre a outra não foi significativa (Tabela5). Entretanto, no ano de 2018, a produção de MMSPA do trevo-branco nas três proporções da mistura foi significativamente inferior à da testemunha em monocultivo, demonstrando efeito das plantas de *S. gallica*.

Um potencial competitivo superior de *S. gallica* também foi verificado na sua produção de MMSPA, onde foi observado um acréscimo significativo em relação à testemunha em monocultivo quando nas proporções de 50:50 e 25:75. Isto demonstra que a planta daninha foi mais competitiva e que a competição interespecífica foi mais importante nesse caso, discordando de ADLER et al. (2018) que demonstraram como sendo a competição intraespecífica a mais importante na maior parte dos estudos.

Os índices de crescimento relativo (CR), coeficientes de agrupamento relativo (K) e competitividade (C) das forrageiras com as plantas de *S. gallica*, quando em proporções iguais, estão descritos na Tabela6. Considera-se que a forrageira é mais competitiva que *S. gallica* quando $CR > 1$, $K_a > K_b$ e $C > 0$ (HOFFMAN; BUHLER, 2002). O critério para uma espécie ser mais competitiva que a outra, é a ocorrência de significância em pelo menos dois índices (BIANCHI; FLECK; LAMEGO, 2006).

Para cornichão em crescimento com *S. gallica*, não foi observada diferença significativa para o índice CR para a variável EP em 2017 e 2018, demonstrando que não houve crescimento superior de uma espécie sobre outra (Tabela6). Somente foi observada significância para o índice C de competitividade, sendo esse $C < 0$ em 2017 e $C = 0$ em 2018, portanto, sem destaque para a forrageira e sim, para a competidora. A significância estatística para dois índices pelo menos, quando a forrageira era o cornichão, foi observada apenas para AF em 2018, quando seu crescimento relativo foi menor que o da competidora. Dada a variabilidade observada entre os dois anos de estudos e os resultados alcançados, é possível inferir que o cornichão quando em proporções de planta similares as de *S. gallica* tende a ser menos competitivo.

Quando a forrageira avaliada foi o trevo-branco, em 2017, com base na EP, a forrageira demonstra superioridade com a competidora baseando-se no coeficiente de agrupamento relativo e no índice C. Contudo, ela acaba perdendo a competição com *S. gallica* em 2018 baseado na AF e na MMSPA. Para AF, os três índices apresentaram significância estatística, mas a competitividade relativa do trevo-branco

<1, juntamente ao $K_a < K_b$ e um coeficiente de competitividade ($C < 0$) indicam que *S. gallica* é mais competitiva que o trevo-branco. O trevo-branco já foi apontado como menos competitivo que *Cardus nutans* L. (cardo, ou cardo-algodão), tendo sido eliminado da área em que se encontrava em competição (SEEFELDT et al., 2005).

Tabela 6 - Índices de competitividade entre forrageiras (cornichão e trevo-branco) e a competidora *Silene gallica*, expressos por competitividade relativa, coeficientes de agrupamento relativo e de competitividade para as variáveis estatura de plantas (EP), área foliar (AF) e massa da matéria seca da parte aérea (MMSPA) obtidos em experimentos conduzidos em séries substitutivas. FAEM/UFPEL, Capão do Leão-RS, 2017 e 2018.

VARIÁVEL	CR	Ka	Kb	C
	EP (2017)			
Cornichão: <i>Silene gallica</i>	1,17 ($\pm 0,26$) ^{ns}	0,68 ($\pm 0,04$) ^{ns}	1,20 ($\pm 0,50$)	-0,04 ($\pm 0,10$) [*]
Trevo-branco: <i>Silene gallica</i>	1,34 ($\pm 0,15$) ^{ns}	1,32 ($\pm 0,10$) [*]	0,78 ($\pm 0,09$)	0,14 ($\pm 0,05$) [*]
EP (2018)				
Cornichão: <i>Silene gallica</i>	1,02 ($\pm 0,16$) ^{ns}	1,10 ($\pm 0,28$) ^{ns}	1,02 ($\pm 0,12$)	0,00 ($\pm 0,07$) [*]
Trevo-branco: <i>Silene gallica</i>	1,12 ($\pm 0,16$) ^{ns}	1,32 ($\pm 0,33$) ^{ns}	1,09 ($\pm 0,24$)	0,04 ($\pm 0,08$) [*]
AF (2017)				
Cornichão: <i>Silene gallica</i>	0,75 ($\pm 0,13$) [*]	0,22 ($\pm 0,02$) ^{ns}	0,36 ($\pm 0,05$)	-0,08 ($\pm 0,04$) ^{ns}
Trevo-branco: <i>Silene gallica</i>	1,24 ($\pm 0,22$) ^{ns}	0,49 ($\pm 0,05$) ^{ns}	0,39 ($\pm 0,05$)	0,05 ($\pm 0,05$) [*]
AF (2018)				
Cornichão: <i>Silene gallica</i>	0,38 ($\pm 0,05$) [*]	1,18 ($\pm 0,48$) ^{ns}	-55,67 ($\pm 47,60$)	-0,66 ($\pm 0,05$) [*]
Trevo-branco: <i>Silene gallica</i>	0,30 ($\pm 0,06$) [*]	0,31 ($\pm 0,09$) [*]	3,73 ($\pm 1,03$)	-0,54 ($\pm 0,06$) [*]
MMSPA (2017)				
Cornichão: <i>Silene gallica</i>	0,75 ($\pm 0,13$) ^{ns}	0,60 ($\pm 0,07$) ^{ns}	1,22 ($\pm 0,27$)	-0,16 ($\pm 0,08$) [*]
Trevo-branco: <i>Silene gallica</i>	1,12 ($\pm 0,16$) ^{ns}	1,32 ($\pm 0,33$) ^{ns}	1,09 ($\pm 0,24$)	0,04 ($\pm 0,08$) [*]
MMSPA (2018)				
Cornichão: <i>Silene gallica</i>	0,95 ($\pm 0,41$) ^{ns}	1,58 ($\pm 0,64$) ^{ns}	5,81 ($\pm 2,55$)	-0,19 ($\pm 0,21$) [*]
Trevo-branco: <i>Silene gallica</i>	0,26 ($\pm 0,06$) [*]	0,28 ($\pm 0,09$) [*]	6,66 ($\pm 2,28$)	-0,60 ($\pm 0,09$) [*]

*Diferença significativa pelo teste t a $p \leq 0,05$; Valores entre parênteses representam o erro-padrão da média. K_a e K_b = Coeficientes de agrupamento relativo das forrageiras e de *Silene gallica*, respectivamente; CR = Competitividade relativa; K = Coeficiente de agrupamento relativo; C = Coeficiente de competitividade.

A estatura das plantas é considerada uma importante característica para o crescimento e desenvolvimento das espécies e ocupação do espaço no ambiente, pois está diretamente relacionada com a eficiência das plantas na captação da luz (ASLANI; SAEEDIPOUR, 2015; FLECK et al., 2008); todavia, a competição entre plantas pode alterar essa característica. No caso das forrageiras, percebeu-se que a presença do competidor causou uma leve redução na EP em relação ao esperado quando as mesmas seriam cultivadas de maneira isolada, e essa redução pode afetar

a capacidade das plantas em captar a luz. A capacidade de captação da luz está fortemente relacionada com a competitividade das plantas (DEN HOLLANDER; BASTIAANS; KROPFF, 2007a; KRUIDHOF; BASTIAANS; KROPFF, 2008).

O aumento na EP e AF do competidor pode resultar em uma redução no acúmulo de carbono líquido individual das plantas, mas permite que as mesmas se sobressaiam em relação às forrageiras (ASCHEHOUG et al., 2016). E esse maior investimento nas hastes e folhas, aliado ao menor acúmulo de carbono, impulsionado pela necessidade de antecipar a captura da luz em relação aos seus vizinhos, pode reduzir a capacidade competitiva dessas plantas (ASCHEHOUG et al., 2016).

Modificações na área foliar das forrageiras foram verificadas onde *S. gallica* causou um efeito negativo sobre essa variável, em um ano no cornichão e nos dois anos em trevo-branco, indicando que essa variável foi fortemente afetada pela competição. Resultado semelhante foi verificado em competição de sorgo com *Urochloa plantaginea* e *Euphorbia heterophylla*, onde as plantas daninhas causaram redução significativa na AF do sorgo (GALON et al., 2018). Reduções na AF das plantas afetam a capacidade de absorção da luz, que é um dos recursos mais limitantes para o crescimento inicial de uma comunidade, e pode refletir diretamente na produtividade das culturas (PAGE et al., 2010).

De um modo geral, houve pouca influência da competição na variável MMSPA, que somente na cultura do trevo-branco em 2018 a competição resultou em redução significativa em relação ao monocultivo da forrageira. Para o trevo-branco em 2017 e o cornichão nos dois anos, não ocorreu essa redução, indicando potencial competitivo semelhante entre as espécies. A variável MMSPA também não diferiu dos valores obtidos nos monocultivos de soja e *Eleusine indica* (L.) Gaertn (WANDSCHEER et al., 2013).

Mas a variação encontrada para o trevo-branco em 2018 indica que a cultura foi afetada pela presença do competidor, levando a crer que é menos competitiva que *S. gallica*, pois reduções na produção de MMSPA são encontradas em plantas menos competitivas (AMINPANA; JAVADI, 2011; REZAEIEH; AMINPANA; SADEGHI, 2015).

Um potencial competitivo superior de plantas daninhas em competição com forrageiras também foi verificado em um estudo entre forrageiras, onde azevém e festuca (*Festuca arundinacea* Schreb) apresentaram potencial competitivo inferior a cinco espécies de plantas daninhas: *Solidago altíssima* L., *S. canadensis* L., *S.*

gigantea Aiton, *S. virgaurea* L. e *Euthamia graminifolia* (L.) Nutt., baseados principalmente na produção de biomassa (SZYMURA et al., 2018).

Sempre que a espécie daninha cause redução na produção da MMSPA da cultura, diz-se que a planta daninha é mais competitiva que a cultura, e dessa forma é indicado que se faça o manejo dessas invasoras, mesmo em populações baixas, de modo a evitar os prejuízos oriundos da competição (FORTE et al., 2017).

As fabáceas forrageiras, como cornichão e trevo-branco são caracterizadas por sua plasticidade fenotípica (CARADUS et al., 1993; FAZLIOĞLU; WAN; BONSER, 2018) e podem apresentar diferentes comportamentos de acordo com as estações de crescimento, resultando em diferentes produções de forragem (CHAPMAN et al., 2017; TRACY et al., 2018). As diferenças nas temperaturas máximas, mínimas e médias, entre os anos de 2017 e 2018 podem ter causado as diferenças nos comportamentos das forrageiras apresentados.

Durante o experimento de 2018, as temperaturas máximas foram superiores as máximas encontradas no ano de 2017, e as temperaturas mínimas de 2018 foram menores que as mínimas encontradas em 2017, indicando uma maior amplitude térmica em 2018. Em média, no ano de 2017 as temperaturas foram maiores que as de 2018.

As relações competitivas entre plantas também podem variar de um ano para outro, com a variação nos comportamentos individuais das espécies em questão (ERGON et al., 2016). Essa plasticidade e comportamento diferenciado em função das condições de cultivo pode ter causado os resultados dos presentes estudos, onde não pode ser verificada de maneira clara um comportamento semelhante nos dois anos de estudo. Em poucos casos, o comportamento de um ano se repetiu no ano seguinte. De um ano para outro, a produção de biomassa de festuca e *Lolium perene* L. reduziram aproximadamente 70 e 50%, respectivamente e a de trevo-branco e trevo-vermelho reduziram em até 30% e 20%, respectivamente, em diferentes anos de avaliação (ERGON et al., 2016).

O maior potencial de competição de qualquer planta, está relacionado com a sua capacidade de captar a luz de maneira antecipada em relação ao seu concorrente (BERTHOLDSSON, 2010; KRUIDHOF; BASTIAANS; KROPFF, 2008), então a espécie, seja ela cornichão, trevo-branco ou *S. gallica* que conseguir se estabelecer de maneira antecipada, leva vantagem na ocupação do nicho (SCHUSTER et al., 2013).

Rápido estabelecimento, aliado a maior e mais rápida cobertura do solo, aumenta o potencial de competição da cultura com a planta daninha (KRUIDHOF; BASTIAANS; KROPFF, 2008), e é nesse quesito que as forrageiras de clima temperado, como cornichão e trevo-branco, levam desvantagem em relação aos competidores, uma vez que apresentam lento estabelecimento (BARCELLOS et al., 2008; LUSTOSA et al., 2011). Deste modo, toda a vantagem possível deve ser dada as forrageiras no momento da semeadura das mesmas.

4.4 Conclusão

Existe plasticidade fenotípica em forrageiras de clima temperado como cornichão e trevo-branco, indicando que as relações competitivas com *Silene gallica* alteram-se em função das proporções de plantas que compõem a associação, não sendo possível determinar qual espécie apresenta habilidade competitiva superior.

5 Capítulo III – Seletividade e eficiência de herbicidas potenciais para uso em áreas de produção de sementes de Trevo-branco e Cornichão

5.1 Introdução

A implantação de pastagem de qualidade é dependente, dentre outros fatores, da origem da semente utilizada. A cadeia de produção de sementes forrageiras no Rio Grande do Sul (RS) ainda é bastante precária e, de certa forma, desorganizada. A maior parte da semente produzida carece de maior fiscalização quanto a sua qualidade, pureza e origem genética. Assim, basicamente, tem-se duas origens para as sementes utilizadas no RS: as sementes formais, que atendem às exigências e condições da comissão de produção de mudas e sementes, e as sementes de produção informal, onde não se tem regras para sua produção, e muitas vezes não se sabe com que cultivares está se trabalhando (MELO; BARROS, 2005).

Um dos aspectos mais importantes atualmente e, que pode inviabilizar a produção de sementes forrageiras de clima temperado é a presença de plantas daninhas nas áreas. Os danos podem ser causados por prejuízos diretos pela competição entre as espécies, mas, principalmente pela presença das sementes das indesejadas nos lotes de sementes das forrageiras. Na maioria dos casos, os tamanhos das sementes são semelhantes, o que dificulta o processo de separação no momento do beneficiamento.

O controle químico, método amplamente utilizado mundialmente, tem restrição de uso em campos de produção de sementes forrageiras de clima temperado no Brasil, em função da não existência de produtos registrados junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. Diferentes estudos têm sido realizados para testar a seletividade de herbicidas potenciais de uso em forrageiras

(GAWN; HARRINGTON; MATTHEW, 2012; HUWER et al., 2005; MCCURDY; MCELROY; FLESSNER, 2013b).

A falta de produtos registrados para controle de plantas daninhas em campos de produção de sementes de trevo-branco (*Trifolium repens* L.) e cornichão (*Lotus corniculatus* L.), propicia o desenvolvimento de plantas daninhas e dificulta a qualidade final da semente produzida, uma vez que esta é uma ferramenta importante do manejo integrado de plantas daninhas. Na prática, alguns produtores testam por conta própria herbicidas com seletividade conhecida para outras culturas. Entretanto, essa prática não tem o suporte técnico necessário e em caso de alguma coisa não funcionar corretamente, haverá fitotoxicidade da lavoura e/ou campo de produção, podendo inviabilizar ou comprometer a qualidade da semente produzida.

O registro de qualquer herbicida para utilização em áreas de produção de sementes das espécies forrageiras no Brasil requer estudos e avaliações sobre os mesmos. No Brasil, o MAPA, a Anvisa e o IBAMA são os órgãos federais responsáveis pela avaliação e registro de agrotóxicos. Todas as solicitações de registro devem ser submetidas a cada um desses órgãos (PAULA JÚNIOR et al., 2013). O Registro Especial Temporário (RET) é concedido pelo MAPA de forma temporária para que possam ser realizados os testes de eficiência e praticabilidade agronômica necessários. Após esta etapa, os demais órgãos governamentais fazem as devidas análises, cada qual dentro de sua competência (PAULA JÚNIOR et al., 2013). Em função disso, a solicitação do RET deve ser realizada antes do início dos procedimentos de pesquisa e experimentação.

Os experimentos de RET possibilitam também avaliar a seletividade dos herbicidas ao cultivo em questão. A seletividade de herbicidas é a base para o sucesso do controle químico de plantas daninhas na produção agrícola, seja para grãos, sementes ou mesmo a massa de forragem que alimentará os animais a pasto. A mesma consiste na proteção da cultura dos efeitos fitotóxicos causados pelos herbicidas, evitando redução no seu potencial produtivo (DE CARVALHO et al., 2009). A base da seletividade aos herbicidas é o nível diferencial de tolerância da planta cultivada e das plantas daninhas a um tratamento específico, e quanto maior a diferença de tolerância entre elas, maior será a segurança na aplicação do herbicida (BRIGHENTI; OLIVEIRA, 2011).

Alguns resultados experimentais têm apontado seletividade de produtos para o trevo-branco e o cornichão, tais como bentazon (inibidor do fotossistema II),

imazetapyr (inibidor da enzima acetolactato sintase (ALS)) e até 200g i.a. ha⁻¹ de 2,4-D e 2,4-DB (mimetizador de auxinas), todos em trevo-branco (ADAMI et al., 2017; MACHADO et al., 2013; MCCURDY; MCELROY; FLESSNER, 2013b; SINARE; PARDESHI; GAVIT, 2017; WASNIK et al., 2017). O herbicida flumetsulan, inibidor da enzima ALS, também é alternativa viável no manejo de plantas invasoras em áreas de produção destas forrageiras (ARREGUI; SÁNCHEZ; SCOTTA, 2001; DA SILVA, 2016; FORMOSO, 2011). Para GAWN; HARRINGTON; MATTHEW (2012), o herbicida flumetsulan apresentou bons resultados de controle de plantas daninhas e não causou danos sobre as forrageiras *Plantago lanceolata* L. (tanchagem), *Cichorium intybus* Lin. (chicória), trevo-branco e trevo-vermelho. Em trevo alexandrino (*Trifolium alexandrinum* L.), os herbicidas imazetapyr em pós-emergência e butachlor em pré-emergência, foram efetivos no controle das plantas daninhas presentes na área, sem causar prejuízos ao trevo (PRIYANKA et al., 2018).

O uso de paraquat/diquat (inibidor do fotossistema I/inibidor do fotossistema II) em pós-emergência de trevo-branco, trevo-vermelho e tanchagem também apresentou um bom controle, eliminando plantas daninhas de *Rumex obtusifolius* L., *R. conglomeratus* Murray, *Conium maculatum* L., *Solanum nigrum* L., *Chenopodium album* L., *Poa annua* L., *Lolium perene* L. e *Bromus willdenowii* Kunth; deste modo, a área ficou livre para o desenvolvimento das forrageiras, que apresentaram altos níveis de fitotoxicidade, mas com e se recuperaram após a aplicação do herbicida (GAWN; HARRINGTON; MATTHEW, 2012), por sua vez, as plantas de chicória não conseguiram se recuperar da fitotoxicidade, que causou a morte das mesmas, não sendo indicado o uso desses herbicidas sobre as mesmas (GAWN; HARRINGTON; MATTHEW, 2012).

Embora eficiente, o controle químico caracteriza-se apenas como mais uma ferramenta do manejo integrado de plantas daninhas; deste modo, existe a necessidade de explorar métodos alternativos de controle que compõem o manejo integrado. Sempre é desejável que a cultura se estabeleça na ausência de plantas competidoras, evitando a disputa por recursos do meio desde o início (AGOSTINETTO et al., 2008). Isso é reforçado pelo fato de as forrageiras fabáceas de clima temperado apresentarem um lento estabelecimento inicial e baixa persistência sob pastejo (BARCELLOS et al., 2008). O pleno estabelecimento das

frrageiras é fator primordial para boas produções de forragem e sementes (LUSTOSA et al., 2011).

Em função do tamanho reduzido das sementes das forrageiras, a sua emergência dá origem a plântulas pequenas, apresentando um desenvolvimento inicial lento após a emergência (LUSTOSA et al., 2011). O fato do estabelecimento lento, aliado ao revolvimento do solo no sistema de preparo convencional, favorece a expressão do banco de sementes do solo logo após a semeadura, quando ocorre um grande fluxo de emergência das plantas daninhas que irão exercer grande competição (MESCHEDE et al., 2004).

Aspectos como o lento estabelecimento das forrageiras, associado a um manejo convencional do solo que revolve a área, estimulando o banco de sementes presente, reforçam a necessidade de realizar um manejo adequado das plantas daninhas antes da semeadura das forrageiras. Assim, elas deverão ser semeadas em condições ideais, com uso de sementes de boa qualidade e adubação adequada para que se alcancem bons resultados produtivos. É importante também a utilização de mais de uma ferramenta de controle das plantas daninhas, ou seja, o manejo integrado (HUWER et al., 2005), onde um método de controle poderia servir de complemento para outro. O manejo cultural leva em consideração a densidade de semeadura utilizada e a época de semeadura, disponibilizando uma melhor condição para o herbicida seletivo complementar e aumentar a eficiência do controle.

Neste contexto, objetivou-se com este trabalho testar a seletividade de herbicidas às forrageiras cornichão e trevo-branco; e avaliar o método de semeadura, a densidade de semeadura e o controle químico de plantas daninhas, como forma de manejo integrado em área de produção de sementes de cornichão e trevo-branco.

5.2 Materiais e métodos

5.2.1 Seletividade de herbicidas

Três experimentos bi-fatoriais (2x15) foram conduzidos em casa-de-vegetação da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, da Universidade Federal de

Pelotas/UFPEL, Capão do Leão/RS, 2016. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro repetições. Em vasos com capacidade de 1L e diâmetro de 15cm, preenchidos com a mistura de solo e substrato comercial à base de turfa, em proporções iguais, foram semeadas as forrageiras de clima temperado cornichão (cv. BRS Posteiro), trevo-branco (cv. BRS Entrevero) e trevo-vermelho (cv. Mesclador) – unicamente avaliado nesta etapa dos estudos, de modo a manter duas plantas em cada vaso.

O fator A foi composto pelas aplicações em diferentes estádios de desenvolvimento das forrageiras: pós-emergência inicial (um trifólio e/ou cotilédone aberto - POS1); pós-emergência tardia (com 3-4 trifólios e/ou folhas – POS2). O fator B consistiu dos diferentes herbicidas testados mais a testemunha sem herbicida (Tabela7). A dose utilizada foi estipulada em função da registrada para uso, onde se utilizou uma intermediária entre a mínima e a máxima registrada, ou a própria dose registrada para uso.

A aplicação dos herbicidas foi realizada no dia 15/07/2016 (POS1) e 04/08/2016 (POS2), utilizando pulverizador costal de precisão com CO₂, com pressão constante e volume de calda de 150L ha⁻¹. As condições climáticas no momento da aplicação eram: 16°C de temperatura, vento de 4,5 km h⁻¹ e umidade relativa do ar (URA) de 85% no estádio POS1; e 18°C de temperatura, vento de 2,5 km h⁻¹ e URA de 75% em POS2.

Foram realizadas avaliações visuais de fitotoxicidade nas forrageiras aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA), de acordo com a escala visual proposta por SBCPD (1995), onde é atribuída a nota cem (100) % quando da morte da planta e/ou controle total e zero (0) % quando da ausência de fitotoxicidade e/ou de sintoma. Aos 28DAA, foi realizada a coleta de material para determinação de massa da matéria seca da parte aérea (MMSPA) das forrageiras. O material coletado foi levado para estufa de circulação de ar forçado à temperatura de 60°C +- 5°C, até atingir massa constante. Posteriormente, foi determinada a MMSPA em g planta⁻¹.

Tabela 7 - Herbicidas utilizados em teste para seletividade em forrageiras fabáceas de clima temperado (trevo-branco, trevo-vermelho e cornichão), FAEM/UFPEI, Capão do Leão – RS, 2016.

Herbicida (ingrediente ativo)	Mecanismo de ação	Dose recomendada (g ia ha ⁻¹)	Dose utilizada (g ia ha ⁻¹)	Culturas recomendadas*
Haloxifop	inibidor da ACCase	36 - 60	48	algodão, feijão, soja
Paraquat	inibidor do Fotossistema I	300 - 400	350	algodão, arroz, milho, trigo, soja, feijão
Atrazina	inibidor do fotossistema II	1500– 3250	2500	milho, sorgo
Bentazon	inibidor do fotossistema II	720 - 960	900	arroz, feijão, milho, soja, trigo
Chlorimuron	inibidor da ALS	15 - 20	17,5	soja
Metsulfuron-metil	inibidor da ALS	2 - 4	3	arroz, aveia, cevada, trigo
Iodosulfuron-metílico	inibidor da ALS	3,5 - 5,0	4,25	arroz, trigo
Imazaquin	inibidor da ALS	150	150	soja
Imazetapyr	inibidor da ALS	100	100	soja
Flumetsulan	inibidor da ALS	105 - 140	105	soja
Pyroxulam	inibidor da ALS	15,3 - 18	15,75	trigo
Glyphosate	inibidor da EPSPS	480 - 2800	1080	fumo, algodão, arroz, feijão, milho, soja, trigo
2,4 - D	mimetizador de auxina	644 - 1612	1005	milho, arroz, soja, trigo, aveia, sorgo, braquiária
Dicamba	mimetizador de auxina	288 - 720	600	algodão, soja
MCPA	mimetizador de auxina	360 - 600	480	aveia, cevada, trigo

* De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

Os resultados obtidos em todos os estudos foram submetidos aos testes de normalidade e homocedasticidade, não sendo necessária a transformação dos mesmos, procedeu-se a análise de variância, sendo que ao apresentar significância pelo teste F ($P \leq 0,05$), os valores foram submetidos ao teste de médias de Tukey ($P \leq 0,05$).

5.2.2 Estudo a campo – Associação de alternativas de manejo

Em Junho/2016 foi instalado um experimento na área experimental da FAEM/UFPEL, Capão do Leão-RS, com o objetivo de avaliar os herbicidas previamente selecionados com potencial seletivo para o cornichão, em condições controladas (*Screening*), visando verificar o comportamento dos mesmos na condição de campo e a interação com outros métodos de manejo de plantas daninhas. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, em parcelas sub subdivididas, com quatro repetições. Na parcela principal foram alocados métodos de semeadura de cornichão (em linha ou a lanço), nas subparcelas as densidades de semeadura (8kg ha^{-1} - recomendada e 16kg ha^{-1} - dobro da recomendada) e nas sub subparcelas foram alocados os herbicidas (flumetsulan (105g ia ha^{-1})) e iodossulfuron-metílico ($4,25\text{g ia ha}^{-1}$)) e o tratamento testemunha sem aplicação de herbicidas. Os tratamentos culturais seguiram recomendações técnicas para a forrageira.

O solo da área era caracterizado como Argissolo Vermelho-Amarelo, de textura franco arenosa, pertencente à unidade de mapeamento Pelotas, com seguintes características físico-químicas; 1,8% de matéria orgânica, 16% de argila, pH de 6,3, índice SMP 6,9, fósforo de 16mg dm^{-3} e potássio de 57mg dm^{-3} . A área foi preparada de maneira convencional, duas semanas antes da semeadura. As sementes foram inoculadas com inoculante específico, e metodologia proposta por GONZAGA (2002). A área foi adubada manualmente com 250kg ha^{-1} do adubo de fórmula 05-20-20 (N-P-K). Foram semeadas manualmente, parcelas com nove linhas espaçadas entre si em 17cm, com 5m de comprimento. Para as avaliações e determinações, foram consideradas somente as 5 linhas centrais das parcelas, desconsiderando 0,5m em cada extremidade, totalizando uma área útil de $3,4\text{m}^2$.

Aos 45DAS, foi determinada a população de plantas de cornichão (plantas m^{-2}) estabelecida através da contagem de plântulas emergidas em duas linhas por unidade experimental, sendo 1 m linear na modalidade de semeadura em linha e em duas amostragens aleatórias com quadro de 25x25cm, na modalidade a lanço. O monitoramento das plantas daninhas ocorrentes foi realizado através de contagem de plantas em duas amostragens aleatórias de quadro por unidade experimental.

A aplicação dos herbicidas foi realizada em 12/09/2016, em pós-emergência do cornichão (10-12 pentafolíolos), utilizando pulverizador de precisão, de CO_2 com

pressão constante e volume de calda de 150L ha⁻¹. As condições climáticas no momento da aplicação eram: 22°C temperatura, vento de 5,8 km h⁻¹ e 75% URA. Para verificação da seletividade dos herbicidas, foram realizadas avaliações visuais de fitotoxicidade e de controle das plantas daninhas ocorrentes aos 7, 14, 21, 28 e 45DAA, conforme descrito em 3.2.1. Aos 45DAA, foi realizada a coleta de material para determinação de MMSPA do cornichão. Na colheita das sementes, realizada manualmente em área útil de 2m² quando a maioria das vagens apresentava coloração marrom e iniciava a debulha natural das primeiras vagens, foi determinada a produtividade do cornichão, sendo os dados obtidos por parcela transformados em kg ha⁻¹, e corrigidos para a umidade de 13%.

Os resultados obtidos foram submetidos aos testes de normalidade e homocedasticidade, não sendo necessária a transformação dos mesmos, procedeu-se a análise de variância, sendo que ao apresentar significância pelo teste F (P≤0,05), os valores foram submetidos ao teste de médias de Tukey (P≤0,05) para os tratamentos herbicidas e testemunhas, e ao teste t (P≤0,05) para a modalidade e a densidade de semeadura.

5.2.3 Estudo a campo - Seletividade de herbicidas potenciais

Dois experimentos foram conduzidos a campo em 2017/18 e repetidos em 2018/19, na área experimental da Embrapa Terras Baixas, no Capão do Leão/RS. Cultivares de cornichão (cv. BRS Posteiro) e trevo-branco (cv. BRS Entrevero) foram semeadas manualmente em parcelas (1,53 x 3,0 m) com nove linhas, espaçadas entre si de 17cm, em delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições. A semeadura ocorreu em Julho/2017 e Junho/2018. O solo da área era caracterizado como Planossolo Hidromórfico Eutrófico solódico, pertencente à unidade de mapeamento Pelotas (EMBRAPA, 2006), com seguintes características físico-químicas; 1,4% de matéria orgânica, 15% de argila, pH de 5,6, índice SMP 6,6, fósforo de 10,4 mg dm⁻³ e potássio de 35 mg dm⁻³. A área foi adubada manualmente com 250kg ha⁻¹ do adubo de fórmula 05-20-20 (N-P-K). Os tratamentos utilizados estão detalhados na Tabela 8.

Em função da alta infestação de plantas daninhas do gênero *Echinochloa* spp., duas semanas antes das aplicações dos herbicidas em pós-emergência, foi realizada aplicação do herbicida haloxifop em área total, na dose de 48g i.a ha⁻¹, nos anos de 2017 e 2018.

Tabela 8 - Tratamentos utilizados nos experimentos de seletividade herbicidas em diferentes estádios de desenvolvimento em cornichão e trevo-branco. Embrapa ETB, Capão do Leão - RS, 2017/2018.

Tratamentos	Dose (g i.a ha ⁻¹)
Testemunha capinada	----
Testemunha infestada	----
Flumetsulan pré-emergência	105
Flumetsulan pós-emergência	105
Flumetsulan floração	105
Iodossulfuron-metílico pós emergência ¹	4,25
Iodossulfuron-metílico floração ¹	4,25
Bentazon pós emergência ²	900
Bentazon floração ²	900

¹Iodossulfuron-metílico usado exclusivamente em cornichão. ²Bentazon usado exclusivamente em trevo-branco.

No ano de 2017, a aplicação do herbicida em pré-emergência das forrageiras foi realizada no dia seguinte à semeadura (08/07/2017), utilizando pulverizador de precisão, de CO₂ com pressão constante e volume de calda de 150L ha⁻¹. As condições climáticas no momento da aplicação eram: 15°C de temperatura, vento de 5,5km h⁻¹ e 85% de URA. Para aqueles aplicados em pós-emergência, a data de aplicação foi 04/10/2017, quando as plantas de cornichão estavam com estatura entre 15 e 20 cm, e as de trevo-branco entre 10 e 15 cm, e as condições climáticas no momento da aplicação eram: 18°C de temperatura, vento de 4km h⁻¹ e 75% URA.

Para os herbicidas aplicados na floração do trevo-branco, a data de aplicação foi 09/11/2017 e as condições climáticas eram de 14°C de temperatura, vento de 5km h⁻¹ e 80% URA. Para cornichão, a data de aplicação foi 17/11/2017 e as condições climáticas no momento da aplicação eram: 19°C de temperatura, vento de 4km h⁻¹ e 70% URA.

No ano de 2018, para os experimentos de primeiro ano, a aplicação do herbicida em pré-emergência das forrageiras foi realizada no dia seguinte à semeadura (28/06/2018), utilizando pulverizador de precisão, conforme já descrito. As condições climáticas no momento da aplicação eram: 13°C de temperatura, vento de 6,5km h⁻¹ e 75% URA. Para aqueles aplicados em pós-emergência, a data de aplicação foi 24/10/2018, quando as plantas de cornichão estavam com estatura entre

25 e 30 cm, e as de trevo-branco entre 15 e 20 cm e as condições climáticas no momento da aplicação eram: 22°C de temperatura, vento de 4,5km h⁻¹ e 70% URA. Para aqueles aplicados na floração, para as duas forrageiras, a data de aplicação foi 31/11/2017 e as condições climáticas no momento da aplicação eram: 25°C de temperatura, vento de 5km h⁻¹ e 80% URA.

Em ambos os anos, nos quatro experimentos, foram realizadas avaliações de estabelecimento das forrageiras aos 30 DAS através de contagem em três linhas de semeadura de um metro linear; fitotoxicidade dos herbicidas avaliada juntamente ao controle de plantas daninhas de forma visual aos 7, 14, 21 e 28DAA, conforme descrito no item 3.2.1; contagem de flores m⁻² e legumes/capítulos m⁻² das forrageiras em dois quadros de 25x25cm amostrados aleatoriamente nas parcelas após aplicação de herbicidas na floração; produtividade de semente através da colheita em área útil de 2,55m² da parcela, corrigidos para 13% de umidade em kg ha⁻¹.

As sementes colhidas foram avaliadas quanto a sua viabilidade em Abril/2018, para os experimentos 2017/2018, e em Março/2019 para os experimentos 2018/2019. Os testes foram conduzidos no Laboratório do CEHERB na Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, visando investigar efeito de fitotoxicidade por herbicidas aplicados especialmente em período mais tardio (após o florescimento), através de testes de germinação conforme a RAS (BRASIL, 2009). Até a instalação dos testes, as sementes ficaram acondicionadas em sacos de papel à temperatura ambiente, recebendo um tratamento de pré-resfriamento, a 5°C, por sete dias para a superação da dormência, conforme instruções da RAS (BRASIL, 2009).

Os dois experimentos conduzidos em 2017/18 após serem colhidos, permaneceram na área e em agosto/2018 optou-se por realizar uma roçada a 15 cm de altura, com o objetivo de avaliar o comportamento em áreas de segundo ano de produção de sementes. Neste caso, os tratamentos aplicados foram os mesmos em pós-emergência do experimento em 1º ano, à exceção daquele em pré-emergência. No segundo ano, o pré-emergente (flumetsulan) foi aplicado no dia seguinte à roçada (29/08/2018) com as condições climáticas de 15°C de temperatura, vento de 3,5km h⁻¹ e 75% URA. Para aqueles aplicados em pós-emergência, essa foi realizada em 04/10/2018 com 18°C de temperatura, vento de 4km h⁻¹ e 75% URA. Para os tratamentos aplicados na floração, a data de aplicação foi 24/10/2018, com 22°C de temperatura, vento 4,5km h⁻¹ de 70% URA para o trevo-branco. Para cornichão, a data foi 23/11/2018 e as condições climáticas no momento da aplicação eram: 25°C

de temperatura, vento de 6km h⁻¹ e 75% URA. As variáveis avaliadas foram as mesmas dos experimentos de 1º ano (2017/18 e 2018/19), já descritas anteriormente.

Os experimentos de segundo ano de avaliação foram analisados individualmente. Os experimentos semeados em 2017 e em 2018 foram analisados individualmente, e seguindo critério proposto por PIMENTEL-GOMES (2009), foi verificada a possibilidade da análise conjunta dos mesmos. O critério leva em conta o quadrado médio dos resíduos, de todas as variáveis dos experimentos, onde os mesmos não devem ultrapassar a relação de aproximadamente 7:1. Todas as variáveis atenderam esse requisito, então procedeu-se a análise conjunta dos experimentos, e passou-se a considerar o ano como um fator.

Os resultados obtidos foram submetidos aos testes de normalidade e homocedasticidade, não sendo necessária a transformação dos mesmos, procedeu-se a análise de variância, sendo que ao apresentar significância pelo teste F ($P \leq 0,05$), os valores foram submetidos ao teste de médias de Tukey ($P \leq 0,05$).

5.3 Resultados e discussão

5.3.1 Seletividade de herbicidas

Dentre os 15 herbicidas testados para o cornichão no estágio de POS2, os que apresentaram menores valores de fitotoxicidade aos 28DAA foram os herbicidas flumetsulan, chlorimuron, haloxifop, imazaquin e iodosulfuron-metílico (Tabela9). Comportamento semelhante foi verificado na aplicação em POS1, com destaque para as menores fitotoxicidades, inferiores ou equivalentes a 15% dos mesmos herbicidas, novamente, não diferindo da testemunha.

Para a variável MMSPA, na aplicação em POS1, não houve diferença estatística entre todos os herbicidas testados, não havendo também diferença em relação à testemunha sem aplicação de herbicida (Tabela9). Entretanto, na aplicação em POS2, as maiores produções de MMSPA foram aquelas de plantas submetidas à aplicação de flumetsulan, haloxifop e iodosulfuron-metílico, corroborando com os

resultados de fitotoxicidade, onde as menores notas referentes à sintomas visuais foram encontradas quando da utilização destes herbicidas.

Tabela 9 - Fitotoxicidade e produção de matéria seca da parte aérea (MMSPA) de plantas de cornichão (cv. BRS Posteiro), submetidas a aplicação de diferentes herbicidas, em pós-emergência inicial - POS1 (5 – 6 pentafolíolos) e pós-emergência tardia POS2 (10 – 15 pentafolíolos), 28 dias após a aplicação dos tratamentos. FAEM/UFPEL, Capão do Leão/RS, 2016.

Tratamento	Fitotoxicidade (%)				MMSPA (g planta ⁻¹)	
	Pós inicial(POS1)		Pós tardia (POS2)		Pós inicial	Pós tardia
Testemunha	A ¹	0 g	A	0 g	B 0,130 ns ²	A 0,282 bcde
Haloxifop	A	0 g	A	0 g	B 0,188	A 0,674 a
Paraquat	A	100 a	A	95 a	A 0,016	A 0,097 e
Atrazina	A	92 a	A	97 a	A 0,023	A 0,051 e
Bentazon	A	70 bc	B	41 d	B 0,034	A 0,289 bcde
Chlorimuron	A	11 f	A	6 fg	B 0,140	A 0,467 abcd
Metsulfuron-metil	A	36 e	B	19 e	B 0,062	A 0,49 abc
Iodosulfuron-metílico	A	14 a	A	10 efg	B 0,038	A 0,577 a
Imazaquin	A	12 f	A	7 fg	B 0,073	A 0,527 ab
Imazetapyr	A	55 d	B	16 ef	B 0,070	A 0,444 abcd
Flumetsulan	A	6 fg	A	5 g	B 0,125	A 0,572 a
Pyroxulam	A	67 c	A	67 c	B 0,043	A 0,285 bcde
Glyphosate	A	100 a	A	100 a	A 0,016	A 0,071 e
2,4 - D	B	60 cd	A	71 bc	A 0,053	A 0,144 e
Dicamba	A	79 b	B	72 bc	B 0,038	A 0,245 cde
MCPA	B	61 cd	A	79 b	B 0,081	A 0,239 de
CV%	9,53				48,01	

¹Letras maiúsculas nas linhas e minúsculas na coluna, para cada uma das variáveis não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ²ns – não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Para o trevo-branco, em POS1, a menor fitotoxicidade foi encontrada com a aplicação do herbicida haloxifop, que não diferiu da testemunha sem aplicação de herbicida (Tabela10), seguidos do herbicida flumetsulan e bentazon, que não diferiram estatisticamente entre si, resultando em fitotoxicidade de 29 e 25%, respectivamente. No estágio de POS2, as menores fitotoxicidades foram dos herbicidas haloxifop e bentazon, que não diferiram da testemunha sem aplicação do herbicida. Os demais herbicidas causaram fitotoxicidade com valores superiores a 50%.

Tabela 10 - Fitotoxicidade e produção de matéria seca da parte aérea (MMSPA) de plantas de trevo-branco (cv. BRS Entrevero), submetidas a aplicação de diferentes herbicidas, em pós-emergência inicial - POS1 (1 – 2 trifólios) e pós-emergência tardia POS2 (6 – 8 trifólios), 28 dias após a aplicação dos tratamentos. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2016.

Tratamento	Fitotoxicidade (%)		MMSPA (g planta ⁻¹)	
	Pós inicial (POS1)	Pós tardia (POS2)	Pós inicial	Pós tardia
Testemunha	A 0 e	A 0 h	B 0,142 ns	A 0,709 a
Haloxifop	A 0 e	A 0 h	B 0,121	A 0,665 a
Paraquat	A 100 a	A 100 a	A 0,002	A 0,040 e
Atrazina	A 100 a	A 100 a	A 0,002	A 0,047 e
Bentazon	A 25 d	B 5 h	B 0,047	A 0,476 b
Chlorimuron	A 90 b	B 75 ef	B 0,025	A 0,196 d
Metsulfuron-metil	A 96 ab	B 85 bcd	B 0,015	A 0,197 d
Iodosulfuron-metílico	A 92 ab	B 87 bc	B 0,042	A 0,263 d
Imazaquin	A 90 b	B 77 cde	B 0,017	A 0,270 cd
Imazetapyr	A 77 c	B 54 g	B 0,017	A 0,489 b
Flumetsulan	B 29 d	A 55 g	B 0,069	A 0,417 bc
Pyroxulam	A 92 ab	A 92 ab	B 0,018	A 0,241 d
Glyphosate	A 100 a	A 100 a	B 0,008	A 0,136 de
2,4 - D	A 90 b	B 77 def	B 0,022	A 0,244 d
Dicamba	A 94 ab	B 80 cde	B 0,014	A 0,179 de
MCPA	A 77 c	B 71 f	B 0,034	A 0,255 d
CV%	4,66		35,26	

¹Letras maiúsculas nas linhas e minúsculas na coluna, para cada uma das variáveis não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ²ns – não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Para a produção de MMSPA de trevo-branco, em POS1, não houve diferença estatística entre todos os herbicidas testados, não havendo também diferença em relação à testemunha sem aplicação de herbicida (Tabela10). Em POS2, a maior produção de MMSPA foi do herbicida haloxifop, que não diferiu estatisticamente da testemunha sem aplicação de herbicidas. Na sequência, com maiores produções de MMSPA vieram dos herbicidas flumetsulan, imazetapyr e bentazon, indicando que os mesmos apresentaram boa seletividade para trevo-branco.

Para trevo-vermelho, em POS1, os herbicidas haloxifop e bentazon foram seletivos, não diferindo estatisticamente da testemunha sem aplicação de herbicidas (Tabela11). Na sequência, ainda com menores fitotoxicidades, ficaram os herbicidas flumetsulan e MCPA, equivalente a 25 e 27%, respectivamente. Em POS2, os herbicidas flumetsulan, haloxifop e bentazon apresentaram as menores fitotoxicidades, não diferindo estatisticamente da testemunha sem aplicação de herbicidas.

Tabela 11 - Fitotoxicidade e produção de matéria seca da parte aérea MMSPA) de plantas de trevo-vermelho (linhagem UFRGS-2002-4) submetidas a aplicação de diferentes herbicidas, em pós-emergência inicial - POS1 (1 – 2 trifólios) e pós-emergência tardia POS2 (6 – 8 trifólios), 28 dias após a aplicação dos tratamentos. FAEM/UFPEL, Capão do Leão/RS, 2016.

Tratamento	Fitotoxicidade (%)		MMSPA (g planta ⁻¹)	
	Pós inicial (POS1)	Pós tardia (POS2)	Pós inicial	Pós tardia
Testemunha	A ¹ 0 f	A 0 e	B 0,260 ns ²	A 0,884 bc
Haloxifop	A 0 f	A 0 e	B 0,261	A 1,331 a
Paraquat	A 100 a	A 100 a	A 0,033	A 0,113 g
Atrazina	A 100 a	A 100 a	B 0,190	A 0,234 fg
Bentazon	A 6 f	A 6 e	B 0,265	A 1,101 ab
Chlorimuron	A 86 bc	B 65 c	B 0,084	A 0,504 def
Metsulfuron-metil	A 77 cd	B 64 c	B 0,058	A 0,493 def
Iodosulfuron-metílico	B 72 d	A 80 b	B 0,071	A 0,506 def
Imazaquin	A 70 d	A 66 c	B 0,073	A 0,501 def
Imazetapyr	A 70 d	B 62 c	B 0,075	A 0,668 cde
Flumetsulan	A 25 e	B 5 e	B 0,130	A 0,903 bc
Pyroxulam	A 82 bc	A 86 b	B 0,054	A 0,389 defg
Glyphosate	A 100 a	A 100 a	A 0,050	A 0,257 fg
2,4 - D	A 84 bc	B 66 c	B 0,062	A 0,489 def
Dicamba	A 91 ab	A 96 a	B 0,045	A 0,318 efg
MCPA	B 27 e	A 36 d	B 0,212	A 0,716 cd
CV%	6,35		43,01	

¹Letras maiúsculas nas linhas e minúsculas na coluna, para cada uma das variáveis não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ²ns – não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Para a produção de MMSPA de trevo-vermelho em POS1, não houve diferença estatística entre todos os herbicidas testados (Tabela11). Em POS2, a maior produção de MMSPA foi do tratamento haloxifop, juntamente de bentazon, flumetsulan e MCPA que não diferiram da testemunha sem aplicação de herbicidas.

O herbicida flumetsulan apresentou boa seletividade para as três forrageiras testadas. Ele é indicado para o controle de plantas daninhas de folhas largas, mas vem apresentando boa seletividade para forrageiras de folha larga, como trevo-branco e cornichão (DA SILVA, 2016; FORMOSO, 2011; GAWN; HARRINGTON; MATTHEW, 2012).

Os herbicidas iodosulfuron-metílico, chlorimuron e imazaquin também apresentaram baixos níveis de fitotoxicidade sobre a cultura do cornichão, não diferindo estatisticamente do flumetsulan, mas diferindo da testemunha sem aplicação de herbicida (Tabela9). Já para os trevos, esses herbicidas causaram fitotoxicidades elevadas (Tabela10;11), que podem resultar em problemas na produção de sementes dessas forrageiras. Imazaquin tem apresentado resposta diferencial quanto a seletividade em forrageiras, variando conforme a espécie em questão (MCCURDY; MCELROY; FLESSNER, 2013). No presente estudo, trevo-branco e trevo-vermelho

foram sensíveis ao herbicida, demonstrando fitotoxicidade elevada. Chlorimuron tem sido indicado para controle de plantas daninhas de folha larga em pastagens no Uruguai, apresentando baixos níveis de fitotoxicidade (FORMOSO, 2011).

As maiores fitotoxicidades nos dois estádios de aplicação para as forrageiras foram causadas pelos herbicidas atrazina, paraquat e glyphosate. Em função do seu modo de ação, o glyphosate também se configura como um herbicida não seletivo de ação total, porém sistêmico. A atrazina é um herbicida utilizado para o controle de plantas daninhas de folha larga nas culturas da cana de açúcar, sorgo e milho. Ela apresentou alta fitotoxicidade, causando até mesmo a morte de plantas (MCCURDY; MCELROY; FLESSNER, 2013).

Paraquat quando utilizado em pós emergência em forrageiras causou alta fitotoxicidade, causando a morte total das plantas (MCCURDY et al., 2016; MCCURDY; MCELROY; FLESSNER, 2013), conforme esperado. Pelas suas características e modo de ação, o resultado de morte de plantas poderia ser esperado, mas em função da importância desses herbicidas (paraquat e glyphosate), os mesmos foram incluídos no trabalho, para servir de parâmetro de comparação da seletividade dos demais herbicidas.

A produção de MMSPA é um aspecto importante quando se trata de espécies forrageiras (MCCURDY; MCELROY; FLESSNER, 2013), onde o principal produto é a biomassa vegetal que será utilizada na alimentação dos animais, através de pastejo direto ou na produção de feno e silagem; ou ainda, ao final, essa massa será canalizada para a produção da semente. Altos níveis de fitotoxicidade pela utilização de herbicidas não seletivos podem ocasionar redução na fixação biológica de nitrogênio, menor crescimento e em consequência, menor oferta de forragem para os animais (MACHADO et al., 2013). Ainda, poderá haver comprometimento da qualidade da semente produzida. Esse cenário de redução na MMSPA foi encontrado com a utilização dos herbicidas 2,4-D, atrazina, paraquat e glyphosate, mais uma vez indo ao encontro dos resultados de fitotoxicidade. Diante disto, pode-se afirmar que à exceção do graminicida haloxifop, os herbicidas flumetsulan e iodossulfuron-metílico para cornichão e, flumetsulan e bentazon para trevo-branco e trevo-vermelho, são potenciais para indicação de uso como seletivos para as forrageiras em questão.

5.3.2 Estudo a campo – Associação de alternativas de manejo

No experimento de campo realizado com cornichão apenas, na avaliação de seletividade, não houve interação significativa entre os fatores estudados (modalidade de semeadura, densidade de semeadura e herbicidas). Somente ocorreram diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos herbicidas para todos os momentos avaliados (Tabela 12). A população de plantas de cornichão avaliada aos 45 DAS, indicou que na densidade de 8 kg ha^{-1} a população média estabelecida foi de $398 \text{ plantas m}^{-2}$, e na densidade de 16 kg ha^{-1} a população média foi de $704 \text{ plantas m}^{-2}$.

O herbicida iodossulfuron-metílico apresentou maiores níveis de fitotoxicidade ao cornichão que o flumetsulan, diferindo estatisticamente também da testemunha sem aplicação de herbicida, em todos os momentos de avaliação. Aos 7DAA os níveis iniciais de fitotoxicidade foram baixos, ficando em 5% para o iodossulfuron-metílico e 1% para o flumetsulan (Tabela 12). Aos 14DAA, iodossulfuron-metílico causou fitotoxicidade média de 38%, valor este que aumentou para 52% aos 21 DAA. Todavia, nas avaliações realizadas posteriormente, os níveis de fitotoxicidade foram reduzindo gradativamente, chegando a 15% aos 45DAA, mostrando que as plantas de cornichão apresentaram uma boa capacidade de recuperação das injúrias causadas pelo herbicida.

Tabela 12 - Fitotoxicidade (%) de plantas de cornichão (cv. BRS Posteiro) e controle visual de plantas daninhas (%) aos 7, 14, 21, 28 e 45 dias após a aplicação (DAA) dos herbicidas. FAEM/UFPEL, Capão do Leão/RS, 2016

Fitotoxicidade					
Tratamentos	7DAA	14DAA	21DAA	28DAA	45DAA
Testemunha	0 b ¹	0 c	0 c	0 b	0 c
Flumetsulan	1 b	8 b	8 b	4 b	6 b
Iodossulfuron-metílico	5 a	38 a	52 a	43 a	15 a
CV%	54,43	33,79	37,72	40,78	31,42
Controle					
Tratamentos	7DAA	14DAA	21DAA	28DAA	45DAA
Testemunha	0 b	0 b	0 b	0 b	0 b
Flumetsulan	12 a	37 a	77 a	90 a	91 a
Iodossulfuron-metílico	13 a	39 a	69 a	82 a	90 a
CV%	30,78	21,86	10,42	6,61	7,36

¹Letras semelhantes não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Quando foi utilizado o herbicida flumetsulan, os níveis de fitotoxicidade foram baixos (< 10% em todos os momentos de avaliação), demonstrando a alta seletividade do herbicida para a forrageira. O flumetsulan foi considerado um herbicida bastante promissor para uso no manejo de plantas daninhas em plantas forrageiras, apresentando baixos níveis de fitotoxicidade sobre as mesmas (GAWN; HARRINGTON; MATTHEW, 2012). Trabalhos conduzidos no Sul do Brasil também evidenciaram a seletividade deste produto ao cornichão (DA SILVA, 2016). Um dos grandes destaques talvez esteja na sua atividade residual que permite o estabelecimento das plantas forrageiras em área livre de infestação de planta daninha.

As principais plantas daninhas presentes na área experimental foram *Raphanus raphanistrum* (193 plantas m⁻²), *S. gallica* (4,5 plantas m⁻²), e em menor proporção foram encontradas *Sonchus oleraceus* L., *Bowlesia incana* Ruiz & Pav., *Senecio brasiliensis* (Spreng.) Less. e *Solanum americanum* Mill.; essas, em conjunto resultaram em uma população de 10 plantas m⁻².

Para a variável controle das plantas daninhas, também não houve interação entre os fatores estudados. Novamente, somente ocorreram diferenças entre os tratamentos herbicidas, onde os herbicidas testados diferiram da testemunha sem controle, mas não diferiram entre si, em todos os momentos de avaliação (Tabela12). O controle das plantas daninhas aos 7DAA foi de 12% para o herbicida flumetsulan e de 13% para o herbicida iodossulfuron-metílico. Aos 14DAA os percentuais de controle se situaram entre 37 e 39%, respectivamente. Os percentuais de controle foram aumentando com o passar do tempo, chegando ao nível de 91% para o herbicida flumetsulan e de 90% para o herbicida iodossulfuron-metílico aos 45DAA.

O herbicida flumetsulan, aplicado em pós emergência, apresentou controle para plantas daninhas dicotiledôneas (GAWN; HARRINGTON; MATTHEW, 2012). Na cultura da alfafa, o flumetsulan também apresentou controle satisfatório das plantas daninhas, sem causar danos significativos sobre a cultura (M. C. ARREGUI, D. SÁNCHEZ, 2001). Essa constatação, juntamente com o fato de o herbicida causar baixos níveis de fitotoxicidade sobre as plantas de cornichão, indicam que o mesmo pode ser considerado uma boa alternativa para o manejo de plantas daninhas de folha larga em áreas cultivadas com a forrageira. Da mesma forma, nota-se o potencial de uso do herbicida iodossulfuron-metílico, o qual apresentou níveis elevados de fitotoxicidade logo após a aplicação, mas que foram sendo reduzidos com o passar do tempo, chegando a níveis totalmente aceitáveis aos 45DAA.

O controle exercido por iodossulfuron-metílico abrange desde plantas daninhas dicotiledôneas, até algumas espécies de plantas daninhas monocotiledôneas como do gênero *Lolium* e *Avena* (BARROS; BASCH; DE CARVALHO, 2007), favorecendo o manejo em áreas onde o espectro de plantas daninhas abrange plantas de diferentes classes. A eficiência de controle do iodossulfuron-metílico sobre plantas daninhas dicotiledôneas, também foi comprovada com a utilização de diferentes doses, inclusive com uma dose abaixo da registrada (BARROS et al., 2016). Talvez o estágio precoce de aplicação deste produto no cornichão possa explicar a fitotoxicidade tão elevada observada no estudo.

Ambos herbicidas se mostraram boas opções para o manejo de plantas daninhas em áreas de cornichão, tanto para produção de forragem, quanto para produção de sementes. Por outro lado, em termos de controle de plantas daninhas, os diferentes métodos de semeadura avaliados bem como a densidade de semeadura apresentaram pouco ou nenhum efeito sobre a eficiência de controle das mesmas.

Em contrapartida, o efeito dos métodos de semeadura e da densidade de semeadura de cornichão apresentaram influência na produção de MMSPA de cornichão aos 45DAA dos herbicidas. Para esta variável, houve interação significativa entre os três fatores avaliados (Tabela13).

No tratamento testemunha, sem a aplicação de herbicidas, nos dois métodos de semeadura, a produção de MMSPA foi superior quando a densidade de semeadura utilizada foi o dobro da recomendada. Tal fato se repete para o tratamento com a aplicação de flumetsulan nos dois métodos de semeadura, e também com o tratamento com aplicação do herbicida iodossulfuron-metílico semeado em linha. Quando o herbicida iodossulfuron-metílico foi aplicado e a semeadura realizada a lanço, não houve diferença entre as densidades de semeadura. Neste caso, a não ocorrência da diferença pode ser devido à desuniformidade na distribuição das plantas na área, uma vez que em métodos de semeadura a lanço a distribuição não ocorre de maneira uniforme, sofrendo forte influência de como essas sementes são distribuídas na área. Adequada produção de MMSPA é dependente de boa e uniforme cobertura do solo, pois a taxa de crescimento das plantas é afetada pela capacidade das plantas em captar a luz e a sua eficiência em converter essa luz em biomassa, principalmente no investimento em folhas (DEN HOLLANDER; BASTIAANS; KROPFF, 2007b) e a eficiente captação da luz é dependente de cobertura do solo uniforme.

Tabela 13 - Matéria seca da parte aérea (MMPSA) aos 45 dias após a aplicação dos tratamentos e produção de sementes (kg ha⁻¹) de plantas de cornichão (cv. BRS Posteiro) em função da modalidade de semeadura (linha ou lanço), densidade de semeadura (recomendada ou dobro) e herbicidas. FAEM/UFPEL, Capão do Leão/RS, 2016

Massa da Matéria Seca da Parte Aérea (kg ha ⁻¹)												
Modalidade de Semeadura												
Tratamentos	Lanço				Linha							
	Densidade de semeadura											
	8kg ha ⁻¹		16kg ha ⁻¹		8kg ha ⁻¹		16kg ha ⁻¹					
Testemunha	A ¹	2052	a	A	4243	a	B	2129	b	A	6896 ^{*2}	a
Flumetsulan	A	3761	a	A	6022	a	B	3940	a	A	5648	ab
Iodossulfuron-metílico	A	2315	a	A	1895	b	B	1921	b	A	4039 [*]	b
CV%	25,02											
Produção de sementes (kg ha ⁻¹)												
Modalidade de Semeadura												
Tratamentos	Lanço				Linha							
	Densidade de semeadura											
	8kg ha ⁻¹		16kg ha ⁻¹		8kg ha ⁻¹		16kg ha ⁻¹					
Testemunha	B	140	b	A	366	a	B	199	a	A	351	a
Flumetsulan	A	344	a	A	426	a	A	283	a	A	358	a
Iodossulfuron-metílico	A	214	b	A	314	a	B	107	a	A	410 [*]	a
CV%	28,48											

¹Letras maiúsculas nas linhas e minúsculas na coluna, para cada uma das variáveis não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ²*A presença do * indica diferença entre os métodos de semeadura para cada densidade de semeadura ao nível de 5% de probabilidade.

Em condições de uniformidade na distribuição das plantas, a maior densidade de semeadura, tende a refletir em maior produção de MMSPA; isto se comprovou nas demais condições testadas, onde no dobro da densidade de semeadura recomendada, a produção de MMSPA foi superior a densidade recomendada de semeadura. Em estudos onde se utilizou a densidade de semeadura de 150% e 200% do recomendado, houve um incremento na produção de forragem, quando comparada a densidades de semeadura inferiores, refletindo diretamente na MMSPA disponível (DA SILVEIRA et al., 2015).

Na semeadura a lanço, as maiores produções de MMSPA foram encontradas com a aplicação do herbicida flumetsulan, nas duas densidades de semeadura. No tratamento com aplicação do herbicida iodossulfuron-metílico, a produção de MMSPA foi menor, não diferindo da testemunha na densidade recomendada de semeadura. E no dobro da densidade de semeadura, o tratamento com iodossulfuron-metílico, teve produção de MMSPA inferior à da testemunha, sem aplicação de herbicida, que conviveu todo o período com a competição de plantas daninhas, refletindo em um

prejuízo por fitotoxicidade superior ao prejuízo da competição com as plantas daninhas.

Em condição de aplicação de duas doses de flumetsulan para o controle de plantas daninhas, com e sem a adição de adjuvantes, observou-se produção de MMSPA superior ao tratamento sem a aplicação de herbicida (GAWN; HARRINGTON; MATTHEW, 2012), mostrando que o herbicida foi eficiente no controle das plantas daninhas, não causou problemas de fitotoxicidade na cultura e diminuiu drasticamente os efeitos da competição das plantas daninhas que ocorreu onde o herbicida não foi aplicado.

Quando é analisada a semeadura em linha, o herbicida flumetsulan alcançou as maiores produções de MMSPA, sendo do que na densidade recomendada de semeadura, diferiu dos tratamentos testemunha e de iodossulfuron-metílico, que não diferiram entre si. Esse resultado corrobora com os resultados encontrados por DIMITROVA (2010), que ressaltou a importância de um controle de plantas daninhas eficiente. Já, quando foi usado o dobro da densidade de semeadura, o tratamento com o herbicida flumetsulan não diferiu da testemunha sem aplicação de herbicida.

O tratamento com aplicação de iodossulfuron-metílico foi o que apresentou a menor produção de MMSPA, quando comparada ao tratamento testemunha, embora não tenha diferido do tratamento com aplicação de flumetsulan.

Comparando as densidades de semeadura dentro dos métodos de semeadura (linha X lanço), as únicas diferenças encontradas para a produção de MMSPA foram quando foi utilizado o dobro da densidade de semeadura, onde para a testemunha e iodossulfuron-metílico a produção de MMSPA foi superior quando semeados em linha, em relação a semeadura a lanço. Novamente este resultado pode estar relacionado a uniformidade na distribuição das sementes, que é melhor na semeadura em linha.

Em se tratando de forrageiras, a produção de MMSPA é fator importante, pois está diretamente relacionada à disponibilidade de forrageira para os animais, seja para pastejo direto, corte ou para a produção de feno. Como o objetivo da área semeada com cornichão foi a produção de sementes, o efeito dos tratamentos herbicidas e testemunha foi avaliado sobre essa variável (produtividade de grãos ou sementes).

Houve interação entre todos os fatores avaliados para a produtividade de sementes (Tabela13). No tratamento testemunha, nos dois métodos de semeadura, linha e lanço, as maiores produtividades foram alcançadas com a utilização do dobro

da densidade de semeadura, não havendo diferença significativa entre as modalidades de semeadura, nas duas densidades, indicando que o método de semeadura não teve influência na produtividade de sementes da forrageira.

Quando foi utilizado o herbicida flumetsulan, não houve diferenças entre os sistemas de semeadura, nem entre as densidades utilizadas. Já com o uso do herbicida iodossulfuron-metílico, na semeadura em linha, a produtividade de sementes foi superior quando utilizado o dobro da densidade de semeadura em linha. A distribuição das plantas, em linha, igualmente espaçadas em 17cm, propiciou maiores rendimentos, em função da distribuição uniforme e equidistante das plantas, que é favorecida nesse sistema de semeadura em relação à semeadura à lanço.

Na comparação entre os herbicidas, flumetsulan sempre apresentou as maiores produtividades de sementes, em todos os métodos e densidades de semeadura utilizadas, mostrando ser uma alternativa altamente eficiente, pelos elevados níveis de controle de plantas daninhas alcançados e pela baixa fitotoxicidade causada nas plantas de cornichão. WASNIK et al. (2017) relataram que as maiores produtividades de forrageiras foram encontradas nos tratamentos com ausência ou menor competição com plantas daninhas, caso do tratamento com o herbicida flumetsulan, que apresentou elevado controle das plantas daninhas presentes na área. Além da produtividade, o herbicida flumetsulan foi o que resultou em maior produção de MMSPA por parte das plantas de cornichão, demonstrando a relação que existe entre MMSPA e produtividade.

Outro aspecto interessante, foi o fato de que, nos dois métodos de semeadura, mesmo utilizando o dobro da densidade de semeadura, não houve diferenças significativas entre os tratamentos testemunha e herbicidas. Diferenças somente foram encontradas quando da utilização da densidade recomendada de semeadura, onde na semeadura em linha, as maiores produtividades foram com os herbicidas flumetsulan e iodossulfuron-metílico, que não diferiram entre si, porém o herbicida iodossulfuron-metílico não diferiu da testemunha sem aplicação de herbicidas. Tal comportamento, onde os tratamentos com herbicidas, principalmente o herbicida flumetsulan, alcançaram produtividade superior à testemunha, destacam a importância e a necessidade de um efetivo controle das plantas daninhas, fato também relatado por DIMITROVA (2010).

A aplicação dos herbicidas foi eficiente em controlar as plantas daninhas presentes na área, com destaque para o flumetsulan, que se diferenciou

estatisticamente da testemunha. Já o herbicida iodossulfuron-metílico, que mesmo apresentando produtividade semelhante à do flumetsulan, não diferiu estatisticamente da testemunha sem herbicida. Tal resultado pode ser atribuído ao fato de que o herbicida iodossulfuron-metílico causou uma leve fitotoxicidade nas plantas de cornichão, que mesmo em níveis baixos, pode ter afetado a produtividade da cultura. A fitotoxicidade causada por herbicidas, foi capaz de reduzir em 11% a produtividade de grãos de cornichão (DIMITROVA, 2010).

A menor produtividade da cultura do cornichão, quando utilizada a densidade de semeadura recomendada e semeada em linha, também é explicada pelo fato deste tratamento ter apresentado a menor produção de MMSPA, demonstrando a relação existente entre essas variáveis.

A ideia de analisar os métodos de semeadura, juntamente à densidade de semeadura e o controle químico com herbicidas, é interessante visando compor o manejo integrado de plantas daninhas em campos de produção de sementes de cornichão. Nota-se que a prática de utilizar uma densidade de semeadura além da recomendada, com semeadura em linha, favorecendo uma maior uniformidade de estabelecimento, numa população que possa competir com a diversidade de um banco de sementes de plantas daninhas, dá vantagem competitiva ao cornichão para se estabelecer e ocupar o nicho ecológico. Tudo isto acaba sendo complementado pelo uso do herbicida, caracterizando o manejo integrado de plantas daninhas.

5.3.3 Estudo a campo - Seletividade de herbicidas potenciais

Após a análise conjunta dos experimentos, os efeitos dos tratamentos sobre a estatura das plantas de cornichão estão na Tabela 14. Para facilitar o entendimento, a estatura foi calculada em relação ao tratamento padrão - testemunha capinada, considerada assim pois não houve a competição com as plantas daninhas (testemunha infestada) e nem efeito fitotóxico dos herbicidas avaliados nos demais tratamentos.

Em nenhum dos momentos de avaliação houve interação significativa entre os fatores para a estatura de plantas, somente houveram diferenças entre os tratamentos e os anos de condução do experimento.

Tabela 14 - Estatura relativa à testemunha capinada de plantas de cornichão, cv. BRS Posteiro, em área de primeiro ano, aos 7, 14, 21, 28 dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos e na colheita. Embrapa/ETB, Capão do Leão/RS, 2017/18 e 2018/19.

Tratamento	Estatura				
	7DAA	14DAA	21DAA	28DAA	COLHEITA
Testemunha capinada	100 ab ¹	100 a	100 a	100 a	100 ns ²
Testemunha infestada	95 abc	101 a	98 a	99 a	105
Flumetsulan pré emergência	95 abc	99 a	99 a	96 a	103
Flumetsulan pós emergência	92 bc	94 a	89 a	92 a	98
Flumetsulan floração	103 a	99 a	101 a	105 a	107
Iodossulfuron-metílico pós emergência	87 c	68 b	64 b	74 b	97
Iodossulfuron-metílico floração	104 a	100 a	97 a	103 a	106
2017	94 b	94 ns	92 ns	94 ns	104 ns
2018	99 a	94	93	97	101
CV%	7,56	10,00	9,41	9,67	7,20

¹Letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ²ns: diferenças não significativas ao nível de 5% de probabilidade.

Somente houve diferenças entre os anos de condução na avaliação realizada aos 7DAA, onde o no ano de 2017, a estatura das plantas foi menor que no ano de 2018, nos demais momentos de avaliação, não houve diferença entre os anos. A aplicação do iodossulfuron-metílico em pós emergência causou maior redução na estatura das plantas nas avaliações aos 7, 14, 21 e 28DAA, indicando que neste estágio de desenvolvimento das plantas de cornichão, o herbicida teve efeito negativo sobre o desenvolvimento das plantas.

Aos 7DAA, além da aplicação do iodossulfuron-metílico em pós emergência os tratamentos testemunha infestada, flumetsulan em pré e pós emergência causaram uma redução significativa na estatura das plantas, com destaque negativo para a aplicação do flumetsulan em pós emergência. As aplicações dos herbicidas na floração tiveram pouco efeito sobre a estatura das plantas, mas afetou outras variáveis importantes para o desenvolvimento das plantas de cornichão. Já na avaliação realizada na colheita, não houve diferença significativa entre os tratamentos testados, indicando que as plantas de cornichão mostraram plena recuperação na sua estatura.

Avaliando a fitotoxicidade dos herbicidas para o cornichão (Tabela15), houve interação significativa entre os fatores nas avaliações realizadas aos 7, 14, 21DAA e na colheita do cornichão. Na avaliação realizada aos 28DAA, não houve interação entre os fatores tratamentos e ano de condução dos experimentos.

Tabela 15 - Fitotoxicidade (%) de plantas de cornichão (cv. BRS Posteiro), aos 7, 14, 21, 28 dias após a aplicação(DAA) dos tratamentos e na colheita. Embrapa/ETB, Capão do Leão/RS, 2017/18 e 2018/19.

Tratamento	Fitotoxicidade																
	7DAA		14DAA		21DAA		28DAA	COLHEITA									
	2017	2018	2017	2018	2017	2018		2017	2018								
Testemunha capinada	A ¹	0 c	A	0 d	A	0 d	A	0 c	A	0 b	A	0 c	0 d	A	0 d	A	0 b
Testemunha infestada	A	0 c	A	0 d	A	0 d	A	0 c	A	0 b	A	0 c	0 d	A	0 d	A	0 b
Flumetsulan pré emergência	A	0 c	A	0 d	A	1 cd	A	1 c	A	8 b	A	8 c	15 c	A	8 c	A	4 b
Flumetsulan pós emergência	B	6 b	A	11 c	A	11 bc	A	14 b	B	9 b	A	24 b	14 c	A	8 c	A	5 b
Flumetsulan floração	B	6 b	A	29 a	B	18 ab	A	31 a	A	28 a	B	20 b	23 bc	B	15 b	A	23 a
Iodossulfuron-metílico pós emergência	A	15 a	A	12 c	A	28 a	A	26 a	A	36 a	A	36 a	32 a	A	6 cd	A	6 b
Iodossulfuron-metílico floração	B	5 bc	A	19 b	B	16 b	A	31 a	A	36 a	B	23 b	25 ab	B	23 a	A	28 a
2017													15 ns ²				
2018													16				
CV%		32,71			37,70			30,13			36,75			37,25			

¹Letras maiúsculas nas linhas e minúsculas na coluna, para cada uma das variáveis não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

²ns: diferenças não significativas ao nível de 5% de probabilidade.

Aos 7DAA, houve diferença entre os anos apenas nas aplicações de flumetsulan em pós emergência e na floração e na aplicação de iodossulfuron-metílico na floração, onde observou-se maior fitotoxicidade no ano de 2018, tendência que se manteve aos 14DAA e na colheita do cornichão.

Aos 7DAA, em 2017 as maiores fitotoxicidades foram verificadas com a aplicação do iodossulfuron-metílico em pós emergência do cornichão, seguido das aplicações de flumetsulan em pós emergência e na floração e da aplicação do iodossulfuron-metílico na floração. Em 2018, as maiores fitotoxicidades foram encontradas com a aplicação de flumetsulan na floração, seguido de iodossulfuron-metílico também na floração. O comportamento foi semelhante nas avaliações até os 21DAA, onde as aplicações do flumetsulan na floração e de iodossulfuron-metílico em pós emergência e na floração resultaram nos maiores níveis de fitotoxicidade.

A aplicação de iodossulfuron-metílico em pós emergência sempre se manteve com níveis elevados de fitotoxicidade, apresentando pouca variação entre os anos e momentos de avaliação até os 28DAA. Ainda aos 28DAA, não houve diferença entre os anos de condução para o nível de fitotoxicidade das plantas de cornichão. E entre os tratamentos, novamente a aplicação do iodossulfuron-metílico em pós emergência e na floração causou as maiores fitotoxicidades nas plantas de cornichão.

Na avaliação de fitotoxicidade realizada na colheita do cornichão, houve diferença entre os anos apenas nas aplicações realizadas na floração, em que as fitotoxicidades foram maiores no ano de 2018. Nos demais tratamentos não foram encontradas diferenças significativas entre os anos de condução dos experimentos. Analisando o comportamento dos tratamentos em cada um dos anos é possível verificar que as aplicações dos herbicidas flumetsulan e iodossulfuron-metílico na floração do cornichão apresentaram os maiores níveis de fitotoxicidades, indicando que não houve tempo para que as plantas se recuperassem dos efeitos negativos da aplicação dos herbicidas, como ocorreu com a aplicação dos herbicidas em pós emergência do cornichão, confirmando que as aplicações na floração são prejudiciais e com maior fitotoxicidade no momento da colheita do cornichão.

Também foi verificado que a aplicação do herbicida flumetsulan em pré emergência sempre apresentou baixos níveis de fitotoxicidade, indicando ser uma prática com potencial de uso no manejo de plantas daninhas em áreas de produção de sementes de cornichão.

Nas avaliações referentes à aplicação realizada na floração, foi visível a queda ou abortamento de flores. Porém, verificou-se emissão de novas flores, mostrando um potencial de recuperação da forrageira.

Além da seletividade sobre as forrageiras, os tratamentos foram testados quanto à eficiência de controle sobre as plantas daninhas presentes na área (Tabela 16). No ano de 2017/18, as principais plantas daninhas presentes na área de cornichão eram do gênero *Echinochloa* spp. (92 plantas m⁻²), do gênero *Cyperus* spp (62 plantas m⁻²), *S. gallica* (21 plantas m⁻²) e algumas plantas magnoliopsidas que não puderam ser identificadas (146 plantas m⁻²). Os resultados, de maneira geral, indicam uma boa eficiência no controle das infestantes. Em 2018/19, as plantas daninhas presentes foram praticamente da mesma espécie do ano anterior, porém em uma população de plantas menor. Dentre elas, plantas do gênero *Echinochloa* spp. (43 plantas m⁻²), do gênero *Cyperus* spp (25 plantas m⁻²), *S. gallica* (6 plantas m⁻²) e outras plantas magnoliopsidas que não foram identificadas (75 plantas m⁻²).

Nas avaliações de controle de plantas daninhas houve interação entre os fatores tratamentos e ano de condução dos experimentos nas avaliações realizadas aos 14 e 28DAA, onde sempre que houve a diferença entre os anos, os níveis de controle de 2018 foi superior ao ano de 2017. Na avaliação realizada na colheita do cornichão, nos tratamentos onde houve diferença entre os anos, o nível de controle do ano de 2017 foi superior ao de 2018, contrariando as avaliações anteriores. Na avaliação realizada aos 21DAA, não houve interação entre os fatores estudados, somente houve diferença significativa entre os tratamentos.

Aos 14DAA em 2017 o melhor controle foi alcançado com a aplicação do herbicida flumetsulan em pré emergência, que não diferiu estatisticamente da testemunha capinada que foi mantida na ausência de plantas daninhas durante todo o desenvolvimento do cornichão. Os demais tratamentos com aplicação de herbicidas resultaram em menores níveis de controle. No ano de 2018 os melhores níveis de controle aos 14DAA foram verificados quando da aplicação do herbicida flumetsulan em pré e em pós emergência e com a aplicação do iodossulfuron-metílico em pós emergência.

Tabela 16 - Controle de plantas daninhas (%) em área de cornichão (cv. BRS Posteiro), aos 7, 14, 21, 28 dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos e na colheita. Embrapa/ETB. Capão do Leão/RS, 2017/18.

Tratamento	Controle															
	14DAA				21DAA	28DAA				COLHEITA						
	2017		2018			2017		2018		2017		2018				
Testemunha capinada	A ¹	100	a	A	100	a	100	a	A	100	a	A	100	a		
Testemunha infestada	A	0	c	A	0	d	0	d	A	0	d	A	0	b		
Flumetsulan pré emergência	A	95	a	A	96	ab	98	a	A	97	ab	A	98	a		
Flumetsulan pós emergência	B	45	b	A	81	ab	79	b	B	89	bc	A	96	a		
Flumetsulan floração	A	35	b	A	36	c	57	c	B	84	c	A	93	ab		
Iodossulfuron-metílico pós emergência	B	40	b	A	73	b	57	b	B	81	c	A	99	a		
Iodossulfuron-metílico floração	A	24	bc	A	23	cd	48	c	A	83	c	A	84	b		
2017							65 ns ²									
2018							66									
CV%	21,19				16,78				5,39				3,77			

¹Letras maiúsculas nas linhas e minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ²ns: diferenças não significativas ao nível de 5% de probabilidade.

Na avaliação realizada aos 21DAA não houve diferença significativa entre os anos para o nível de controle de plantas daninhas. Na média dos tratamentos nos dois anos de condução, o melhores foram a testemunha capinada e a aplicação do flumetsulan em pré emergência, seguidos da aplicação de flumetsulan e iodossulfuron-metílico em pós emergência.

A eficiência de flumetsulan aplicado em pré semeadura se manteve em todas as avaliações realizadas até a colheita. Os demais tratamentos foram aumentando sua eficiência com o passar do tempo, com um destaque para as aplicações realizadas em pós emergência, fase em que as plantas daninhas se encontravam em estádios de desenvolvimento inferiores aos estádios em que se encontravam quando da aplicação na floração do cornichão. Isso fica bem claro na avaliação realizada aos 28DAA, onde todos os tratamentos apresentaram níveis de controle satisfatórios.

O mesmo comportamento foi verificado na avaliação realizada na colheita do cornichão, onde mais uma vez, todos os tratamentos apresentaram nível de controle acima de 90%, não diferindo da testemunha capinada, que foi mantida no limpo durante todo o desenvolvimento da cultura no ano de 2017. Já em 2018, a aplicação de iodossulfuron-metílico na floração resultou no menor nível de controle (84%), indicando que esta aplicação realizada tardiamente, resultou em menor eficiência de controle das plantas daninhas presentes na área.

Aos 21DAA dos tratamentos realizados na floração do cornichão 2017/18, percebeu-se que houve uma drástica redução no número de flores (Tabela17). Optou-se então pela contagem do número de flores por m², visando quantificar o efeito dos tratamentos e os resultados indicam que na contagem realizada aos 21DAA dos herbicidas na floração, houve interação entre os fatores estudados.

No ano de 2017, os tratamentos que resultaram em maior número de flores foram com a aplicação do iodossulfuron-metílico em pós emergência, seguido da aplicação do flumetsulan em pré e pós emergência e da testemunha capinada. Nessa avaliação o tratamento com aplicação de iodossulfuron-metílico na floração foi o que resultou em menor número de flores do cornichão.

No ano de 2018 o comportamento foi distinto do ano anterior, onde que aos 21DAA dos tratamentos, as plantas de cornichão mostraram uma grande recuperação, com emissão de novas flores a partir da aplicação dos herbicidas na floração, tendo estes tratamentos resultado no maior número de flores de cornichão, mas essas novas flores não chegaram a produzir sementes, como pode ser visto na

produtividade de sementes de cornichão (Tabela18), que nestes tratamentos foi significativamente inferior aos demais tratamentos, mas isso será discutido posteriormente.

Tabela 17 - Número de flores (flores m⁻²) de cornichão (cv. BRS Posteiro) aos 21 e 28 dias após (DAA) dos tratamentos na floração e número de legumes (legumes m⁻²) de cornichão (cv. BRS Posteiro) na colheita. Embrapa/ETB. Capão do Leão/RS, 2017/18.

Tratamento	Número de flores						Número de legumes	
	21DAA						28DAA	Colheita
	2017			2018				
Testemunha capinada	A	398	abc	A	186	bc	482 ns	4489 ns
Testemunha infestada	A	278	bc	A	232	bc	451	3032
Flumetsulan pré emergência	A	524	ab	B	136	c	436	3891
Flumetsulan pós emergência	A	310	abc	A	182	bc	530	4181
Flumetsulan floração	B	190	bc	A	662	a	733	3102
Iodossulfuron-metílico pós emergência	A	638	a	B	254	bc	302	3450
Iodossulfuron-metílico floração	B	68	c	A	528	ab	595	2723
2017							357 ns	3921 ns
2018							651	3183
CV%	49,95			63,83			48,96	

¹Letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

²ns: diferenças não significativas ao nível de 5% de probabilidade.

Todavia, aos 28DAA dos tratamentos na floração, não houveram diferenças significativas mostrando que houve recuperação das flores após a aplicação dos herbicidas, via emissão de novas inflorescências pelas plantas possivelmente.

Por ocasião da colheita do cornichão foi realizada contagem do número de legumes de cornichão m⁻² (Tabela17), não sendo constatada diferença estatística significativa.

Para a MMSPA avaliada na pré-colheita, não houveram diferenças significativas entre os tratamentos avaliados (Tabela18). A produtividade de sementes de cornichão apresentou interação significativa entre os fatores estudados (Tabela18).

As produtividades do experimento semeado em 2018 só não foram maiores que o de 2017 no tratamento com aplicação do iodossulfuron-metílico na floração do cornichão, que em 2017 alcançou produtividade de apenas 4 kg de sementes.ha⁻¹. Em 2017, as melhores produtividades de sementes foram alcançadas com a aplicação do flumetsulan em pré emergência e do iodossulfuron-metílico em pós emergência, que em números absolutos alcançou a maior produtividade de sementes. Estes dois tratamentos não diferiram estatisticamente da testemunha capinada e da aplicação do flumetsulan em pós emergência.

As menores produtividades foram obtidas nos tratamentos com aplicação de flumetsulan e iodossulfuron-metílico na floração, causando prejuízos significativos na produtividade de sementes do cornichão de 93 e 98%, respectivamente, em relação ao tratamento mais produtivo (iodossulfuron-metílico em pós emergência) dos tratamentos.

Tabela 18 - Massa da matéria seca da parte aérea (MMSPA) (kg ha⁻¹) na pré-colheita, produtividade de grãos (kg ha⁻¹) e germinação de sementes (%) de cornichão (cv. BRS Posteiro) pós-colheita, submetido a diferentes tratamentos. Embrapa/ETB. Capão do Leão/RS, 2017/18.

Tratamento	MMSPA	Produtividade		Germinação	
		2017	2018	2017	2018
Testemunha capinada	3946 ns ¹	B ² 137 ab	A 423 a	A 53 a	B 39 ab
Testemunha infestada	3596	B 52 bc	A 395 a	A 54 a	B 29 abc
Flumetsulan pré emergência	3880	B 182 a	A 416 a	A 48 ab	B 37 ab
Flumetsulan pós emergência	4105	B 93 abc	A 408 a	A 49 ab	A 41 a
Flumetsulan floração	4422	B 14 c	A 86 c	A 22 c	A 28 abc
Iodossulfuron-metílico pós emergência	2900	B 195 a	A 288 b	A 45 ab	B 26 bc
Iodossulfuron-metílico floração	3838	A 4 c	A 57 c	A 37 b	B 16 c
2017	3557 ns				
2018	4068				
CV%	34,90	24,07		30,32	

¹ns: diferenças não significativas ao nível de 5% de probabilidade. ²Letras maiúsculas nas linhas e minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A análise de viabilidade de sementes realizada através do teste de germinação das sementes colhidas no experimento demonstra que houve interação significativa entre os fatores estudados e que a mesma foi afetada pelos tratamentos (Tabela18).

De maneira geral, quando houve diferença entre os anos, a germinação das sementes colhidas no experimento de 2018 foi menor que a das sementes de 2017. Na análise das sementes colhidas do experimento de 2017, a aplicação do flumetsulan na floração foi o tratamento que resultou em menor viabilidade das sementes, indicando que a aplicação tardia de flumetsulan, além de efeitos na produtividade causou danos na qualidade da semente. Por outro lado, o herbicida iodossulfuron-metílico aplicado na floração, embora tenha causado redução na produtividade de sementes, não afetou a germinação de sementes comparativamente aos tratamentos com aplicação dos herbicidas em pré e pós emergência.

No experimento de 2018 a aplicação do iodossulfuron-metílico na floração foi o tratamento que resultou em menor viabilidade das sementes, indicando que a aplicação tardia de iodossulfuron-metílico, além de efeitos na produtividade causou danos na qualidade da semente. Todavia, de maneira geral, a germinação não

superou 54% indicando que algum outro fator pode estar afetando a germinação (dormência ou dureza, possivelmente).

A dormência de sementes é um fator que se manifesta de diferentes formas, e ocorre muito em fabáceas, pelo fenômeno da dureza de sementes. Diversos trabalhos têm sido realizados buscando métodos eficientes para superação da dormência em sementes de fabáceas forrageiras, incluindo medidas físicas, como o uso de lixa ou de água quente, e medidas químicas, como o uso de substâncias ácidas (MITTELMANN et al., 2012).

Analisando os experimentos de trevo-branco, o resultado de estatura das plantas indica algumas diferenças entre os tratamentos nas diferentes avaliações (Tabela19), que acabam sendo niveladas na colheita.

A fitotoxicidade sobre as plantas de trevo-branco pode ser verificada na Tabela20. A partir dos 7 DAA, todos os tratamentos herbicida parecem afetar de forma fitotóxica o trevo-branco. Todavia, aos 28DAA flumetsulan na floração em 2017 e em pós emergência em 2018 se destaca, chegando a 38%, o que cai para 19% na colheita. Bentazon aplicado em pós emergência causou a menor fitotoxicidade entre os tratamentos testados, indicando a boa seletividade deste herbicida, quando aplicado em pós emergência sobre o trevo-branco, cv. BRS Entrevero. Mesmo os tratamentos que apresentaram as maiores fitotoxicidades, essas foram consideradas aceitáveis afetando de maneira pouco significativa a produtividade das culturas.

No experimento com trevo-branco em 2017/18, a infestação de plantas daninhas foi composta por plantas de *Echinochloa* spp. (202 plantas m⁻²), do gênero *Cyperus* spp (59 plantas m⁻²), *S. gallica* (38 plantas m⁻²) e outras plantas magnoliopsidas que não puderam ser identificadas (238 plantas m⁻²). E em 2018/19 consistiu de plantas de *Echinochloa* spp. (22 plantas m⁻²), do gênero *Cyperus* spp (12 plantas m⁻²), *S. gallica* (9 plantas m⁻²) e outras plantas que não foram identificadas (53 plantas m⁻²). Os resultados de controle de plantas daninhas podem ser visualizados na Tabela21.

Tabela 19 - Estatura relativa a testemunha capinada de plantas de trevo-branco (cv. BRS Entrevero) aos 7, 14, 21, 28 dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos e na colheita. Embrapa/ETB, Capão do Leão/RS, 2017/18.

Tratamentos	Estatura														COLHEITA					
	7DAA		14DAA				21DAA				28DAA									
			2017		2018		2017		2018		2017		2018							
Testemunha capinda	100	ns	A	100	b	A	100	ns	A	100	ab	A	100	b	A	100	ns	100	ns	
Testemunha infestada	109		A	116	ab	A	111		A	127	a	A	110	ab	A	129	a	A	113	95
Flumetsulan pré emergência	100		A	100	b	A	99		A	99	b	A	97	b	A	98	b	A	98	99
Flumetsulan pós emergência	111		A	98	b	A	98		A	114	ab	B	94	b	A	119	ab	B	86	94
Flumetsulan floração	105		A	125	a	B	103		A	115	ab	A	98	b	A	97	b	A	106	101
Bentazon pós emergência	114		A	103	b	A	108		A	121	ab	B	102	b	A	124	ab	B	105	102
Bentazon floração	102		A	118	ab	B	98		B	112	ab	A	132	a	A	109	ab	A	114	103
	2017	112	a																89	b
	2018	99	b																108	a
CV%		14,39				9,11				11,21					11,58				12,20	

¹ns: diferenças não significativas ao nível de 5% de probabilidade. ²Letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 20 - Fitotoxicidade (%) de plantas de trevo-branco (cv. BRS Entrevero) aos 7, 14, 21, 28 dias após a aplicação(DAA) dos tratamentos e na colheita. Embrapa/ETB, Capão do Leão/RS, 2017/18.

Tratamentos	Fitotoxicidade																														
	7DAA		14DAA				21DAA				28DAA				COLHEITA																
			2017		2018		2017		2018		2017		2018		2017	2018															
Testemunha capinda	A ¹	0	c	A	0	c	A	0	c	A	0	d	A	0	d	A	0	c	A	0	c										
Testemunha infestada	A	0	c	A	0	c	A	0	c	A	0	d	A	0	d	A	0	c	A	0	c										
Flumetsulan pré emergência	A	0	c	A	0	c	A	6	bc	A	5	bc	A	11	bc	A	9	cd	A	18	a	A	18	bc	B	15	a	B	5	bc	
Flumetsulan pós emergência	B	6	b	A	14	a	A	16	a	A	20	a	B	16	ab	A	47	a	B	13	ab	A	38	a	B	5	bc	A	19	a	
Flumetsulan floração	A	11	ab	A	14	a	B	18	a	A	28	a	A	24	a	A	23	b	A	21	a	A	19	b	B	10	ab	A	19	a	
Bentazon pós emergência	A	8	ab	A	5	b	A	10	ab	A	6	bc	A	6	cd	A	13	c	A	6	bc	A	8	cd	A	6	bc	A	8	bc	
Bentazon floração	A	6	b	A	5	b	A	8	bc	A	10	b	A	14	bc	A	9	cd	A	18	a	B	10	bcd	A	8	abc	A	10	b	
CV%																						46,07									

¹Letras maiúsculas nas linhas e minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 21 - Controle de plantas daninhas (%) em área de trevo-branco (cv. BRS Entrevero) aos 7, 14, 21, 28 dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos e na colheita. Embrapa/ETB. Capão do Leão/RS, 2017/18.

Tratamentos	Controle																	
	7DAA		14DAA				21DAA				28DAA				COLHEITA			
	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018						
Testemunha capinda	A ¹	100 a	A	100 a	A	100 a	A	100 a	A	100 a	A	100 a	A	100 a	A	100 a	100 a	
Testemunha infestada	A	0 f	A	0 e	A	0 c	A	0 e	A	0 d	A	0 d	A	0 f	A	0 b	0 c	
Flumetsulan pré emergência	A	84 b	A	83 b	A	91 a	A	86 ab	A	94 a	A	93 ab	A	98 a	A	95 a	79 b	
Flumetsulan pós emergência	B	8 e	A	15 c	B	26 b	A	65 bc	A	74 ab	A	78 ab	B	85 b	A	95 a	87 ab	
Flumetsulan floração	A	11 de	A	13 cd	B	24 b	A	41 d	A	48 bc	A	65 bc	B	69 c	A	93 a	87 ab	
Bentazon pós emergência	A	16 d	B	8 d	B	14 bc	A	45 cd	B	28 cd	A	73 abc	B	23 e	A	94 a	83 ab	
Bentazon floração	A	26 c	B	13 cd	A	30 b	A	19 e	A	51 bc	A	46 c	B	55 d	A	91 a	86 ab	
	2017																72 b	
	2018																	80 a
CV%		7,90			21,27					22,07					6,41			17,55

¹Letras maiúsculas nas linhas e minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Aos 7DAA, a aplicação do flumetsulan em pré emergência apresentou os melhores níveis de controle de plantas daninhas. Aos 14DAA, a aplicação do flumetsulan em pré emergência manteve o excelente nível de controle das invasoras (Tabela21). As aplicações de flumetsulan em pós emergência e na floração melhoraram seu desempenho, embora ainda o controle tenha sido considerado baixo, o mesmo ocorreu com os tratamentos com aplicação de bentazon em pós emergência e na floração, mas também em níveis de controle abaixo do desejável.

Aos 28DAA os melhores controles foram dos tratamentos com aplicação do herbicida flumetsulan em pré e pós emergência. Até esta avaliação, tratamentos com bentazon apresentaram baixo controle das plantas daninhas, não se mostrando como uma alternativa eficiente no manejo das invasoras nas áreas de trevo-branco; porém na colheita, não houveram diferenças significativas entre os tratamentos testados, e todos os tratamentos apresentaram um satisfatório nível de controle das plantas daninhas.

O número de flores do trevo-branco foi avaliado aos 21 e 28 DAA da aplicação na floração e os resultados encontram-se na Tabela22. Na primeira contagem, flumetsulan apresentou o menor número de flores m^{-2} , resultado que se repetiu aos 28DAA dos herbicidas na floração em 2017, e em 2018 não houve diferenças significativas entre os tratamentos testados.

Tabela 22 - Número de inflorescências (inflorescência m^{-2}) de trevo-branco (cv. BRS Entrevero) aos 21 e 28 dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos na floração e numero de capítulos (capítulos m^{-2}) de de trevo-branco (cv. BRS Entrevero) na colheita. Embrapa/ETB. Capão do Leão/RS, 2017/18.

Tratamentos	Inflorescências				Capítulos				
	21DAA	28DAA		Colheita		2017	2018	2017	2018
		2017	2018	2017	2018				
Testemunha capinda	74 a	A	142 a	B	40 ns	A	292 ns	A	420 abc
Testemunha infestada	63 a	A	82 ab	A	52	A	280	B	428 abc
Flumetsulan pré emergência	77 a	A	138 a	B	48	B	288	A	552 a
Flumetsulan pós emergência	79 a	A	96 ab	B	36	A	356	A	296 bc
Flumetsulan floração	11 b	A	56 b	A	36	A	380	A	228 c
Bentazon pós emergência	68 a	A	96 ab	B	28	A	312	A	372 abc
Bentazon floração	70 a	A	86 ab	A	68	B	288	A	484 ab
	2017	68 ns							
	2018	58							
CV%	45,11		39,81				31,32		

¹Letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Na contagem de capítulos (se considerou capítulo, a inflorescência que estava madura e “seca” no momento da contagem), não foram observadas diferenças

significativas entre os tratamentos testados em 2017/18 (Tabela22). Já em 2018/19, o maior número de capítulos foi encontrado no tratamento com aplicação de flumetsulan em pré emergência, e o menor número de capítulos foi encontrado no tratamento com aplicação de flumetsulan na floração, repetindo resultado encontrado para número de inflorescências.

As avaliações realizadas na pré e na colheita do trevo-branco em 2017/18 (Tabela23), indicam que a produção de MMSPA não diferiu entre os tratamentos avaliados, indicando a boa seletividade da planta forrageira. Somente foram verificadas diferenças entre os anos de condução, em que em 2018 a produção de MMSPA foi superior a do ano de 2017. Em relação à produtividade de sementes também não foram observadas diferenças no ano de 2017, somente em 2018, onde as menores produtividades foram verificadas nos tratamentos com aplicação de flumetsulan em pós emergência e na floração e as maiores produtividades foram verificadas nos tratamentos com aplicação do bentazon em pós emergência e na floração, na aplicação de flumetsulan em pré emergência e na testemunha capinada..

Tabela 23 - Massa da matéria seca da parte aérea (MMSPA) (kg ha^{-1}) na pré-colheita, produtividade de grãos (kg ha^{-1}) e germinação de sementes (%) de trevo-branco (cv. BRS Entrevero), submetidas a diferentes tratamentos. Embrapa/ETB. Capão do Leão/RS, 2018/19.

Tratamentos	MMSPA	Produtividade				Germinação
		2017		2018		
Testemunha capinda	3250 ns	B	52 ns	A	181 a	37 ab
Testemunha infestada	4040	A	79	A	133 ab	36 ab
Flumetsulan pré emergência	3843	B	84	A	149 a	41 a
Flumetsulan pós emergência	2579	A	66	A	50 b	36 ab
Flumetsulan floração	3174	A	51	A	55 b	30 b
Bentazon pós emergência	2975	B	63	A	212 a	33 ab
Bentazon floração	3399	B	49	A	167 a	31 ab
	2017		2750 b			2017 43 a
	2018		3896 a			2018 26 b
CV%	32,94			40,22		17,93

¹ns: diferenças não significativas ao nível de 5% de probabilidade.

A germinação das sementes foi afetada negativamente pela aplicação de flumetsulan na floração, indicando que este herbicida não deve ser aplicado na floração do trevo-branco, uma vez que afeta a produtividade e a qualidade das sementes colhidas. E o tratamento que resultou em melhor qualidade de sementes, bem como produtividade elevada foi a aplicação do flumetsulan em pré emergência, mostrando ser uma alternativa viável no manejo de plantas daninhas em áreas de produção de sementes de trevo-branco.

Na sequência, serão abordados os resultados dos experimentos semeados em 2017/18 de trevo-branco e de cornichão, que foram avaliados em 2018/19, chamados de experimentos de segundo ano. A estatura de planta para o cornichão em segundo ano, mostrou não diferir entre os tratamentos 7DAA (Tabela24). Na colheita, não foi verificada diferença significativa entre os tratamentos também.

Tabela 24 - Estatura relativa a testemunha capinada de plantas de cornichão (cv. BRS Posteiro), área de segundo ano, aos 7, 14, 21, 28 dias após a aplicação(DAA) dos tratamentos e na colheita. Embrapa/ETB, Capão do Leão/RS, 2018/19.

Tratamentos	Estatura				
	7DAA	14DAA	21DAA	28DAA	COLHEITA
Testemunha capinada	100 ns ¹	100 bc ²	100 ns	100 ab	100 ns
Testemunha infestada	114	116 abc	127	129 a	83
Flumetsulan pré emergência	100	100 bc	99	98 b	86
Flumetsulan pós emergência	133	98 c	114	119 ab	81
Flumetsulan floração	107	125 a	115	97 b	96
Iodossulfuron-metílico pós emergência	126	103 bc	121	124 ab	91
Iodossulfuron-metílico floração	107	118 ab	112	108 ab	91
CV%	16,48	7,13	11,15	11,53	10,87

¹ns: diferenças não significativas ao nível de 5% de probabilidade. ²Letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Na avaliação de fitotoxicidade, flumetsulan aplicado logo após roçada como tratamento “pré emergente” e em pós emergência, foram aqueles que causaram as menores fitotoxicidades sobre as plantas de cornichão (Tabela25), não diferindo estatisticamente das testemunhas.

Tabela 25 - Fitotoxicidade (%) de plantas de cornichão (cv. BRS Posteiro), área de segundo ano, aos 7, 14, 21, 28 dias após a aplicação(DAA) dos tratamentos e na colheita. Embrapa/ETB, Capão do Leão/RS, 2018/19.

Tratamento	Fitotoxicidade				
	7DAA	14DAA	21DAA	28DAA	COLHEITA
Testemunha capinada	0 b ¹	0 e	0 b	0 c	0 b
Testemunha infestada	0 b	0 e	0 b	0 c	0 b
Flumetsulan pré emergência	0 b	1 e	7 b	15 ab	0 b
Flumetsulan pós emergência	5 b	10 d	7 b	5 bc	2 b
Flumetsulan floração	24 a	72 a	40 a	15 ab	10 a
Iodossulfuron-metílico pós emergência	17 a	29 c	27 a	20 a	2 b
Iodossulfuron-metílico floração	17 a	62 b	41 a	18 ab	12 a
CV%	43,88	11,34	41,97	58,65	38,45

¹Letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Na avaliação realizada aos 28DAA, os níveis de fitotoxicidade apresentaram uma grande redução, com baixo potencial de dano à cultura; destaque deve ser dado

para o tratamento com aplicação do flumetsulan em pós emergência, que apresentou a menor fitotoxicidade (equivalente a 5%). Por ocasião da colheita, as fitotoxicidades novamente foram baixas, onde os tratamentos com aplicação dos herbicidas na floração se diferenciaram estatisticamente dos demais tratamentos com uma fitotoxicidade superior, porém em um nível baixo, com pouco potencial de dano à cultura. Como as plantas de cornichão são de segundo ano, cabe ressaltar aqui possivelmente a menor fitotoxicidade causada por iodossulfuron-metílico em pós-emergência, uma vez que as plantas já tinham um bom estabelecimento quando da aplicação.

A infestação de plantas daninhas na área de cornichão em segundo ano foi muito baixa, possivelmente em função do controle exercido no ano anterior (2017/18) que impediu as plantas de produzirem sementes, e da cobertura do solo exercida pelo cornichão, que impediu o surgimento de novas infestações. Somente plantas de *Solanum americanum*, *Lolium multiflorum* L. e do gênero *Rumex* foram contabilizadas, e em uma população de 5, 15 e 12 plantas m⁻² respectivamente, porém eram plantas adultas. Para o controle de plantas daninhas (Tabela 26), até 21DAA a eficiência dos mesmos foi considerada baixa, com poucas diferenças, destacando-se geralmente flumetsulan em pré emergência.

Tabela 26 - Controle de plantas daninhas (%) em área de cornichão (cv. BRS Posteiro), de segundo ano, aos 7, 14, 21, 28 dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos e na colheita. Embrapa/ETB. Capão do Leão/RS, 2018/19.

Tratamento	Controle				
	7DAA	14DAA	21DAA	28DAA	COLHEITA
Testemunha capinada	100 a ¹	100 a	100 A	100 a	100 a
Testemunha infestada	0 f	0 c	0 D	0 d	0 e
Flumetsulan pré emergência	87 b	95 a	97 A	97 a	91 b
Flumetsulan pós emergência	9 de	16 b	35 C	57 bc	79 c
Flumetsulan floração	15 cd	24 b	27 C	30 cd	74 cd
Iodossulfuron-metílico pós emergência	6 ef	24 b	57 B	75 ab	82 c
Iodossulfuron-metílico floração	16 c	24 b	26 C	29 cd	72 cd
CV%	9,05	15,05	18,4	24,49	15,35

¹Letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O que manteve um padrão de comportamento foi a aplicação de flumetsulan logo após a roçada da área, que apresentou ótimo nível de controle desde a primeira avaliação, sendo possível perceber a ação conjunta da roçada com o químico, evitando o rebrote das plantas daninhas e um bom controle sobre aquelas que por ventura viessem a emergir após a roçada.

Aos 28DAA, os tratamentos com a aplicação do flumetsulan logo após a roçada e de iodossulfuron-metílico em pós emergência apresentaram os melhores níveis de controle das plantas daninhas, seguidos do tratamento com aplicação do flumetsulan em pós emergência, que apresentou nível de controle superior ao nível das aplicações realizadas na floração, mas ainda considerado um nível baixo de controle.

Os tratamentos com a aplicação dos herbicidas na floração foram os que apresentaram os menores níveis de controle das plantas daninhas. Nessas aplicações, as plantas daninhas novamente se encontravam com um desenvolvimento superior àquelas que estavam presentes nas aplicações em pós emergência, o que aumenta as dificuldades de controle. Ainda, sem contar que plantas que foram roçadas, conseguiram rebrotar e seguir seu desenvolvimento e as plantas que emergiram após a roçada já se encontravam em estádios de desenvolvimento mais avançados.

Na colheita do experimento, o melhor controle foi exercido pela aplicação do herbicida flumetsulan logo após a roçada da área. Os tratamentos com aplicação dos herbicidas em pós emergência apresentaram nível de controle inferior ao tratamento com aplicação do flumetsulan logo após a roçada, mas mesmo assim ainda apresentaram um nível de controle satisfatório. Já os níveis de controle de plantas daninhas quando os herbicidas foram aplicados na floração foram inferiores aos demais tratamentos, não apresentando um nível satisfatório, indicando que aplicações realizadas de maneira tardia, têm eficiência reduzida em função da presença de plantas daninhas mais desenvolvidas. De maneira geral, nos experimentos avaliados no ano (2017/18 e 2018/19), os tratamentos propostos foram eficientes no controle de plantas daninhas e na seletividade ao cornichão. Por sua vez, na área onde o cornichão era de 2º ano, os níveis de controle só foram satisfatórios quando os herbicidas foram aplicados logo após a roçada (flumetsulan) ou em pós emergência (flumetsulan e iodossulfuron-metílico), sendo que aplicações na floração não resultaram em níveis satisfatórios de controle.

Em relação ao número de flores esse foi mais afetado no tratamento com aplicação do flumetsulan na floração juntamente a iodossulfuron-metílico (Tabela27). A partir dos 14DAA, ocorreu uma recuperação na floração destes tratamentos, ocorrendo a emissão de novas flores, como pode ser verificado na avaliação realizada aos 21DAA, onde estes tratamentos se destacaram como sendo os que apresentaram o maior número de flores, juntamente com a aplicação do flumetsulan logo após a

roçada e a testemunha capinada. Nessa avaliação, os tratamentos que anteriormente apresentaram mais flores, apresentaram uma redução na floração, muito em função do início da formação dos legumes do cornichão.

Tabela 27 - Número de flores (flores m⁻²) de cornichão (cv. BRS Posteiro), em área de segundo ano, aos 7, 14, 21 e 28 dias após (DAA) dos tratamentos na floração. Embrapa/ETB. Capão do Leão/RS, 2018/19.

Tratamento	Número de flores			
	7DAA	14DAA	21DAA	28DAA
Testemunha capinada	1190 a ¹	1974 a	1842 a	3250 ns ²
Testemunha infestada	760 ab	1736 ab	970 bc	4610
Flumetsulan pré emergência	912 ab	2212 a	1368 abc	5170
Flumetsulan pós emergência	712 ab	1832 ab	594 c	4310
Flumetsulan floração	404 b	668 b	1502 ab	5250
Iodossulfuron-metílico pós emergência	1340 a	1672 ab	788 bc	5040
Iodossulfuron-metílico floração	742 ab	632 b	1196 abc	6240
CV%	38,13	35,45	30,63	34,82

¹Letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

²ns: diferenças não significativas ao nível de 5% de probabilidade.

Para a variável legumes m⁻² de cornichão neste segundo ano, de maneira geral, não houveram diferenças significativas entre os tratamentos testados (Tabela28).

Tabela 28 - Número de legumes (legumes m⁻²) de cornichão (cv. BRS Posteiro), em área de segundo ano, aos 7, 14, 21 e 28 dias após (DAA) dos tratamentos na floração. Embrapa/ETB. Capão do Leão/RS, 2018/19.

Tratamento	Número de legumes			
	7DAA	14DAA	21DAA	28DAA
Testemunha capinada	668 ns ¹	1360 ns	2312 a ²	3250 Ns
Testemunha infestada	778	710	1500 ab	2690
Flumetsulan pré emergência	548	990	2134 a	3240
Flumetsulan pós emergência	710	874	1932 ab	2660
Flumetsulan floração	752	728	1000 b	960
Iodossulfuron-metílico pós emergência	1030	972	2080 ab	2400
Iodossulfuron-metílico floração	572	574	1412 ab	2300
CV%	78,88	46,47	26,39	41,75

¹ns: diferenças não significativas ao nível de 5% de probabilidade. ²Letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Na avaliação aos 21DAA dos herbicidas na floração, o tratamento com aplicação de flumetsulan na floração resultou em menor número de legumes de cornichão m⁻²; nessa avaliação o maior número de legumes foi encontrado nos tratamentos testemunha capinada e com a aplicação de flumetsulan na floração. Em função do excesso de chuva no momento da colheita desse experimento, não foi

possível realizar a determinação do número de legumes de cornichão m^{-2} na colheita, mas baseado nos experimentos anteriores, e na avaliação aos 28DAA, é possível que novamente esta variável tenha sido pouco afetada pelos tratamentos.

No experimento de cornichão, em função do excesso de chuvas no período pré colheita, não foi possível realizar a determinação da produção de MMSPA. O excesso de chuvas teve efeito também na produtividade (Tabela29), onde o potencial produtivo das plantas foi afetado e nivelado de tal modo que os efeitos de tratamento não puderam ser verificados, visto que não houve diferença significativa entre os mesmos.

Tabela 29 - Produtividade de grãos ($kg\ ha^{-1}$) e germinação de sementes (%) de cornichão (cv. BRS Posteiro), em área de segundo ano, submetidas a diferentes tratamentos. Embrapa/ETB. Capão do Leão/RS, 2018/19.

Tratamento	Produtividade ($kg\ ha^{-1}$)	Germinação (%)
Testemunha capinada	78 ns ¹	53 a ²
Testemunha infestada	51	52 a
Flumetsulan pré emergência	83	45 a
Flumetsulan pós emergência	66	49 a
Flumetsulan floração	51	23 b
Iodossulfuron-metílico pós emergência	62	44 a
Iodossulfuron-metílico floração	49	31 b
CV%	42,87	27,83

¹ns: diferenças não significativas ao nível de 5% de probabilidade. ²Letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Porém, na análise de germinação de sementes (Tabela29), foi possível verificar claramente o efeito dos herbicidas aplicados na floração, uma vez que tanto flumetsulan quanto iodossulfuron-metílico reduziram significativamente o poder germinativo das mesmas comparativamente aos demais tratamentos e às testemunhas. Deste modo, quando o objetivo é a produção de sementes de cornichão, fica claro que o manejo de plantas daninhas dever ser realizado em um momento anterior ao início da antese das plantas.

A estatura relativa das plantas de trevo-branco, em 2018, na área de segundo ano, indica que somente aos 7 e 14DAA dos tratamentos apresentaram diferenças significativas (Tabela30). Nos dois momentos de avaliação, a aplicação do flumetsulan na floração causou uma redução significativa na estatura das plantas em relação à testemunha capinada. Todavia, a partir de 21 DAA não foram observadas diferenças.

Tabela 30 - Estatura relativa a testemunha capinada de plantas de trevo-branco (cv. BRS Entrevero), em área de segundo ano, aos 7, 14, 21, 28 dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos e na colheita Embrapa/ETB, Capão do Leão/RS, 2018/19.

Tratamento	Estatura				
	7DAA	14DAA	21DAA	28DAA	COLHEITA
Testemunha capinada	100 a ¹	100 a	100 ns ²	100 ns	100 ns
Testemunha infestada	98 a	96 a	98	102	95
Flumetsulan pré emergência	98 a	97 a	97	96	95
Flumetsulan pós emergência	90 ab	89 ab	94	99	96
Flumetsulan floração	77 b	82 b	96	98	99
Bentazon pós emergência	89 ab	89 ab	100	98	95
Bentazon floração	89 ab	90 ab	94	96	93
CV%	6,78	6,31	5,97	6,64	7,62

¹Letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

²ns: diferenças não significativas ao nível de 5% de probabilidade.

No segundo ano do trevo-branco, a fitotoxicidade foi causada pela aplicação do flumetsulan na floração pontualmente (Tabela31). As menores fitotoxicidades foram causadas pelas aplicações de flumetsulan em pós emergência e de bentazon nos dois momentos de aplicação, pós emergência e floração.

Tabela 31 - Fitotoxicidade (%) de plantas de trevo-branco (cv. BRS Entrevero), área de segundo ano, aos 7, 14, 21, 28 dias após a aplicação(DAA) dos tratamentos e na colheita. Embrapa/ETB, Capão do Leão/RS, 2018/19.

Tratamento	Fitotoxicidade				
	7DAA	14DAA	21DAA	28DAA	COLHEITA
Testemunha capinada	0 c ¹	0 c	0 c	0 c	0 c
Testemunha infestada	0 c	0 c	0 c	0 c	0 c
Flumetsulan pré emergência	0 c	6 bc	6 b	17 a	0 c
Flumetsulan pós emergência	7 b	11 b	11 b	6 bc	0 c
Flumetsulan floração	15 a	35 a	26 a	19 a	7 a
Bentazon pós emergência	9 b	9 b	6 bc	5 bc	0 c
Bentazon floração	4 bc	12 b	9 b	10 ab	4 b
CV%	43,39	34,2	30,21	50,82	95,93

¹Letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Na colheita, foi possível verificar que as plantas se recuperaram dos efeitos fitotóxicos causados pelos herbicidas, apresentando baixos níveis de fitotoxicidades, em todos os tratamentos. Mas mesmo assim, ainda os tratamentos com a aplicação dos herbicidas na floração apresentaram diferenças significativas em relação aos demais tratamentos, porém com níveis que não chegaram a 10% de fitotoxicidade.

Em relação à presença de plantas daninhas na área quando em segundo ano, plantas de *Solanum americanum*, *Lolium multiflorum* e do gênero *Rumex* spp em população de 15, 19 e 25 plantas m⁻² foram observadas. Os resultados de controle

das plantas daninhas apresentaram algumas discrepâncias em relação aos demais experimentos, onde na avaliação aos 7DAA, os melhores níveis de controle foram obtidos com a aplicação do flumetsulan logo após a roçada e na floração do trevo-branco, apresentando controle superior aos 80% (Tabela32). Os demais tratamentos apresentaram baixos níveis de controle, novamente em função do tamanho das plantas daninhas, que já se encontravam em estádios de desenvolvimentos avançados.

Tabela 32 - Controle de plantas daninhas (%) em área de trevo-branco (cv. BRS Entrevero), de segundo ano, aos 7, 14, 21, 28 dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos e na colheita. Embrapa/ETB. Capão do Leão/RS, 2018/19.

Tratamento	Controle				
	7DAA	14DAA	21DAA	28DAA	COLHEITA
Testemunha capinada	100 a ¹	100 a	100 a	100 a	100 a
Testemunha infestada	0 d	0 b	0 c	0 b	0 b
Flumetsulan pré emergência	84 b	89 a	94 a	97 a	96 a
Flumetsulan pós emergência	11 d	14 b	77 a	99 a	94 a
Flumetsulan floração	84 b	86 a	86 a	95 a	93 a
Bentazon pós emergência	7 d	9 b	41 b	89 a	95 a
Bentazon floração	44 c	85 a	92 a	95 a	94 a
CV%	14,34	15,19	17,47	6,15	5,13

¹Letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Na avaliação dos 21DAA, somente a aplicação de bentazon em pós emergência foi o único tratamento que ainda não apresentou bom nível de controle das invasoras. Mas aos 28DAA e na colheita, todos os tratamentos apresentaram níveis superiores de controle das plantas daninhas, novamente indicando a eficiência dos tratamentos avaliados, indicando que eles podem ser utilizados no manejo de plantas daninhas em trevo-branco.

Para o número de flores de trevo-branco, não foram observadas diferenças significativas (Tabela33), de maneira geral.

Tabela 33 - Número de flores (flores m⁻²) de trevo-branco (cv. BRS Entrevero), em área de segundo ano, aos 7, 14, 21 e 28 dias após (DAA) dos tratamentos na floração. Embrapa/ETB. Capão do Leão/RS, 2018/19.

Tratamento	Número de flores			
	7DAA	14DAA	21DAA	28DAA
Testemunha capinada	206 ns ¹	130 ns	82 ab ²	62 ns
Testemunha infestada	206	130	106 ab	38
Flumetsulan pré emergência	208	144	98 ab	48
Flumetsulan pós emergência	232	152	90 ab	60
Flumetsulan floração	164	70	28 b	30
Bentazon pós emergência	206	138	146 a	42
Bentazon floração	198	112	76 ab	44
CV%	24,19	28,86	38,08	41

¹ns: diferenças não significativas ao nível de 5% de probabilidade. ²Letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Em relação ao número de capítulos, assim como para as flores m⁻², de maneira geral, não houveram diferenças significativas entre os tratamentos testados (Tabela34).

Tabela 34 - Número de capítulos (capítulos m⁻²) de trevo-branco (cv. BRS Entrevero), em área de segundo ano, aos 7, 14, 21 e 28 dias após (DAA) dos tratamentos na floração e na colheita. Embrapa/ETB. Capão do Leão/RS, 2018/19.

Tratamento	Número de capítulos				
	7DAA	14DAA	21DAA	28DAA	COLHEITA
Testemunha capinada	64 ns ¹	156 ns	204 ns	322 ab ²	292 ns
Testemunha infestada	72	132	174	366 ab	392
Flumetsulan pré emergência	68	114	212	400 a	400
Flumetsulan pós emergência	76	148	174	400 a	264
Flumetsulan floração	94	214	194	218 b	292
Bentazon pós emergência	68	112	210	374 ab	352
Bentazon floração	60	144	240	372 ab	276
CV%	49	34	18,7	22	37,53

¹ns: diferenças não significativas ao nível de 5% de probabilidade. ²Letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A produção de MMSPA do trevo-branco de segundo ano não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos testados (Tabela35). No experimento de trevo-branco semeado em 2017/18, mas avaliado em 2018 (2º ano), a aplicação do flumetsulan na floração causou uma redução significativa na produtividade de grãos da cultura (Tabela35); as maiores produtividades foram obtidas a partir dos tratamentos testemunha capinada e aplicação de bentazon na floração, indicando a alta seletividade e o baixo potencial de dano deste herbicida quando aplicado tardiamente na cultura do trevo-branco. Já a germinação das sementes desse experimento não foi afetada significativamente pelos diferentes tratamentos testados

(Tabela35), e de modo geral, mais uma vez apresentando um baixo poder germinativo (possivelmente pela “dureza” das sementes).

Tabela 35 - Massa da matéria seca da parte aérea (MMSPA) (kg ha⁻¹) na pré-colheita, produtividade de grãos (kg ha⁻¹) e germinação de sementes (%) de trevo-branco, cv. BRS Entrevero, em área de segundo ano, submetidas a diferentes tratamentos. Embrapa/ETB. Capão do Leão/RS, 2018/19.

Tratamento	MMSPA colheita (kg ha ⁻¹)	Produtividade (kg ha ⁻¹)	Germinação (%)
Testemunha capinada	5202 ns ¹	147 a ²	28 ns
Testemunha infestada	5620	139 ab	30
Flumetsulan pré emergência	4866	110 ab	28
Flumetsulan pós emergência	5547	103 ab	27
Flumetsulan floração	5002	62 b	28
Bentazon pós emergência	5690	129 ab	35
Bentazon floração	5056	144 a	29
CV%	16,27	28,32	21,68

¹ns: diferenças não significativas ao nível de 5% de probabilidade. ²Letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O controle de plantas daninhas nas primeiras fases de desenvolvimento das forrageiras resulta em maiores produtividades pois o período de competição entre elas é reduzido (CHURKOVA; BOZHANSKA, 2016). A aplicação de herbicidas em pré emergência apresenta bons resultados na produtividade das forrageiras (KUMAR; KUMAR; SINGH, 2018; WASNIK et al., 2017), pois permite que as mesmas se estabeleçam na ausência de plantas competidoras. A aplicação de herbicidas em pré emergência já havia se apresentado como uma boa alternativa no manejo de invasoras, resultando em ótimos níveis de controle (KAUTHALE; TAKAWALE; PATIL, 2016), contudo dependem de condições de umidade para um bom funcionamento e sua dose é regulada conforme o tipo de solo, visando evitar fitotoxicidade à planta cultivada.

Na comparação da aplicação do herbicida bentazon com flumetsulan no trevo-branco, o mesmo foi o que resultou nas maiores estaturas de planta, indicando o seu baixo efeito danoso sobre a cultura (CLARK; MAHANTY, 1991; MACHADO et al., 2013). A aplicação do herbicida bentazon em estádios iniciais de desenvolvimento da cultura do trevo-branco, no primeiro trifólio em expansão, resulta em baixos níveis de fitotoxicidade (MACHADO et al., 2013). A redução na estatura das plantas de trevo-branco, causada pela aplicação de herbicidas, pode alterar a oferta de forragem e a produção da cultura, podendo inclusive aumentar a suscetibilidade da cultura à competição com plantas daninhas, uma vez que tende a reduzir a cobertura do solo

(MACHADO et al., 2013). Como no presente estudo essa variável foi pouco afetada pelos herbicidas testados, nos diferentes momentos de aplicação, pode-se indicar que os mesmos são seletivos a cultura.

Embora na ausência de controle das plantas daninhas não tenha havido redução na produção de MMSPA, em função da baixa infestação de plantas daninhas na área, o prejuízo causado pelo não controle de invasoras, pode chegar até a 28% na produção de MMSPA (WASNIK et al., 2017). O tratamento com aplicação do bentazon resultou em uma maior produção de MMSPA, quando comparada a outros herbicidas que não se apresentaram seletivos a cultura do trevo-branco (MACHADO et al., 2013). A seletividade dos herbicidas também é comprovada pelo fato de não ter havido diferença na produção de MMSPA, uma vez que em um estudo com diferentes herbicidas aplicados sobre trevo alexandrino, resultaram em reduções na produção de MMSPA, quando comparadas ao tratamento testemunha sem herbicidas e mantida sem infestação por plantas daninhas (KAUTHALE; TAKAWALE; PATIL, 2016).

As plantas de trevo-branco apresentam boa capacidade de recuperação da fitotoxicidade causada pelos herbicidas, com o passar do tempo. Uma fitotoxicidade que chegou aos 23,75% aos 21DAA, reduziu para 2,5% aos 84DAA (MACHADO et al., 2013), indicando que a ausência de fitointoxicação das plantas é resultado da tolerância da espécie ao herbicida (MCCURDY; MCELROY; FLESSNER, 2013b)

De um modo geral, flumetsulan quando aplicado na pré emergência do trevo-branco e bentazon aplicado em pós emergência e na floração, causaram baixa fitotoxicidade sobre as plantas. Além de causar baixa fitotoxicidade, o herbicida bentazon também causa menor interferência no desenvolvimento das bactérias fixadoras de nitrogênio nas plantas de trevo-branco, resultando em melhores condições de desenvolvimento e produção da cultura (CLARK; MAHANTY, 1991). Por outro lado, quando o flumetsulan foi aplicado em pós emergência e na floração, causou danos que podem ser considerados importantes para a produção de sementes da forrageira.

Um bom nível de controle das plantas daninhas com a aplicação de iodossulfuron-metílico em cornichão foi atingido quando a aplicação foi realizada com as plantas daninhas em um menor estágio de desenvolvimento (3 – 4 pares de folhas), o que resultou em uma maior sensibilidade das plantas ao herbicida (BARROS et al., 2016). Este herbicida apresenta boa eficiência de controle sobre um grande leque de espécies de plantas daninhas latifoliadas, dentre elas *S. gallica*. Nesse caso, quando

as aplicações foram realizadas um pouco mais tardiamente sobre plantas maiores, foi necessária uma dose mais elevada para se alcançar uma boa eficiência de controle das mesmas (BARROS et al., 2016).

A avaliação do controle das plantas daninhas exercido pelos tratamentos na colheita é de fundamental importância, pois a presença de plantas daninhas nesse momento pode resultar na presença de sementes das invasoras nas sementes das forrageiras, e o uso de sementes com a presença de contaminantes é um dos principais fatores para a dispersão de plantas daninhas para áreas até então consideradas limpas (TYAGI et al., 2018).

Além do fato da maior fitotoxicidade quando o herbicida é aplicado na floração, entra a questão do controle da competição que ocorre entre as forrageiras e as plantas daninhas, onde se recomenda que as mesmas cresçam livres da competição o maior tempo possível. Para tanto, a cultura deve se estabelecer na ausência de plantas daninhas e assim se manter por até 35 a 40 dias (WASNIK et al., 2017).

Em áreas de segundo ano, mantidas para produção de sementes, a aplicação de herbicidas logo após a roçada se mostra como uma ferramenta viável no manejo de plantas daninhas, resultando em boas produtividades de grãos (KAUTHALE; TAKAWALE; PATIL, 2016), embora problemas climáticos não permitiram verificar tal comportamento nesse estudo. Apesar do bom rendimento de grãos nos tratamentos sem controle de plantas daninhas, a competição com as invasoras pode causar prejuízos significativos, podendo chegar até 45% (WASNIK et al., 2017). A boa produtividade de grãos quando nenhuma medida de controle foi adotada pode ser atribuída à baixa infestação de plantas daninhas na área onde foram conduzidos os experimentos.

5.4 Conclusões

O herbicida flumetsulan é altamente seletivo para cornichão (cv. BRS Posteiro), trevo-branco (cv. BRS Entrevero) e trevo-vermelho (linhagem UFRGS-2002-4), quando aplicado em pré e pós emergência, devendo-se evitar aplicações na floração das forrageiras.

O herbicida iodossulfuron-metílico é altamente seletivo para cornichão (cv. BRS Posteiro) e aliado ao uso do dobro da densidade de semeadura resulta em melhores produtividades de sementes.

O herbicida bentazon é altamente seletivo para trevo-branco (cv. BRS Entrevero) e trevo-vermelho (linhagem UFRGS-2002-4) quando aplicado em pós emergência.

Em áreas de produção de sementes de segundo o ano o herbicida flumetsulan deve ser utilizado logo após a roçada de uniformização das forrageiras.

6 Considerações finais

Em um cenário em que a produção de sementes de espécies forrageiras de clima temperado carece de maior estruturação e organização, e o conhecimento sobre o tema é ainda, de certa forma, escasso, estudos que venham encontrar soluções para os problemas encontrados pelos produtores de sementes apresentam fundamental importância.

O conhecimento do comportamento da germinação das sementes de *S. gallica*, importante planta daninha que infesta as áreas de produção de sementes de forrageiras de clima temperado, possibilita a programação de ferramentas de manejo da espécie nessas áreas. Ao conhecer a temperatura preferencial para a germinação é possível prever o momento em que se inicia a germinação das sementes no campo, e medidas de manejo podem ser adotadas visando controlar as plantas daninhas antes do estabelecimento das forrageiras.

Aliado as temperaturas, o fato de a espécie apresentar preferência pela germinação na presença de luz, também fornece subsídios para que medidas de manejo sejam adotadas, de modo que evitem que as sementes de *S. gallica* recebam luz, que estimula sua germinação.

Outro importante aspecto relacionado a interação entre *S. gallica* e as espécies forrageiras de clima temperado é o potencial competitivo das espécies, onde que a espécie que apresenta potencial competitivo superior, tende a levar vantagem na convivência, podendo causar prejuízos sobre a produção da espécie concorrente. Como no presente estudo não foi possível determinar quais as espécies apresentam potencial competitivo superior, medidas de manejo devem ser adotadas para evitar que ocorra a competição entre as mesmas, tais como a semeadura no limpo, que permite que as forrageiras se estabeleçam de maneira antecipada em relação as plantas daninhas, fazendo com que levem vantagem na interação competitiva.

Outro fator que pode ser considerado limitante para a produção das forrageiras, é a ausência de herbicidas registrados para o uso no manejo de plantas daninhas. As

constatações de que os herbicidas flumetsulan em pré e pós emergência das forrageiras trevo-branco e cornichão, iodossulfuron metílico em pós emergência para cornichão e bentazon em pós emergência para trevo-branco apresentam alta seletividade sobre as forrageiras, e um bom nível de controle de plantas daninhas, desde que não sejam aplicados na floração das forrageiras, pois reduzem a produtividade das mesmas e afetam negativamente a qualidade das sementes produzidas, trazem mais alternativas de manejo das plantas daninhas nas áreas de produção de sementes de forrageiras de clima temperado.

Para auxiliar os herbicidas no manejo de plantas daninhas, e fazer parte de um sistema de manejo integrado de plantas daninhas em áreas de produção de sementes das forrageiras de clima temperado, pode-se afirmar que a utilização do dobro da densidade de semeadura, aliada ao uso de herbicida para o controle de plantas daninhas (iodossulfuron-metílico), resulta em maiores produções de massa da matéria seca da parte aérea e maior produtividade de sementes pelo cornichão.

Em áreas que são mantidas para produção de sementes em um segundo ano, o herbicida flumetsulan aplicado na sequência de roçada da forrageira, demonstra potencial para uso seletivo em cornichão (cv. BRS Posteiro) e trevo-branco (cv. BRS Entrevero), sendo eficiente no controle de plantas daninhas.

De modo geral, várias alternativas foram encontradas para auxiliar o produtor de sementes de forrageiras de clima temperado na condução de suas áreas, fazendo com que a produção seja facilitada e aumentada, e com isso o produtor tenha maior rentabilidade e incentivo a se manter na cadeia produtiva.

Referências

- AARSSSEN, L. W. Ecological Combining Ability and Competitive Combining Ability in Plants: Toward a General Evolutionary Theory of Coexistence in Systems of Competition. **The American Naturalist**, v. 111, n. 6, p. 707–731, 1983.
- ADAMI, M. F. F. et al. White clover tolerance to herbicides applied at different rates and phenological stages. **African Journal of Agricultural Research**, v. 12, n. 28, p. 2336–2341, 2017.
- ADLER, P. B. et al. Competition and coexistence in plant communities : intraspecific competition is stronger than interspecific competition. **Ecology Letters**, v. 21, n. 9, p. 1319–1329, 2018.
- AGOSTINETTO, D. et al. Período crítico de competição de plantas daninhas com a cultura do trigo. **Planta Daninha**, v. 26, n. 2, p. 271–278, 2008.
- ALVARADO, V.; BRADFORD, K. J. A hydrothermal time model explains the cardinal. **Plant, Cell and Environment**, v. 25, p. 1061–1069, 2002.
- AMINPANA, H.; JAVADI, M. Competitive Ability of Two Rice Cultivars (*Oryza sativa* L .) With Barnyardgrass. **Advances in Environmental Biology**, v. 5, n. 9, p. 2669–2675, 2011.
- ANGUS, J. F. et al. Phasic development in field crops I. Thermal response in the seedling phase. **Field Crops Research**, v. 3, n. C, p. 365–378, 1980.
- ARREGUI, M. C.; SÁNCHEZ, D.; SCOTTA, R. Weed Control in Established Alfalfa (*Medicago sativa*) with Postemergence Herbicides. **Weed Technology**, v. 15, n. 3, p. 424–428, 2001.
- ASCHEHOUG, E. T. et al. The Mechanisms and Consequences of Interspecific Competition Among Plants. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 47, p. 263–281, 2016.
- ASLANI, S.; SAEEDIPOUR, S. Competitive interaction of canola (*Brassica napus*) against wild mustard (*Sinapis arvensis*) using replacement series method. **Walia journal**, v. 31, n. S2, p. 111–116, 2015.
- BALBINOT JR., A.A.; FLECK, N.G.; BARBOSA NETO, J.F. AND RIZZARDI., M. A. Características de plantas de arroz e a habilidade competitiva com plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 21, n. 2, p. 165–174, 2003.

BALL, D. M.; HOVELAND, C. S.; LACEFIELD, G. D. **Southern forages**. 4. ed. Lawrenceville, Georgia: International Plant Nutrition Institute (IPNI).

BALLARE, C. L.; CASAL, J. J. Light signals perceived by crop and weed plants. **Field Crops Research** **67**, v. 67, p. 149–160, 2000.

BAP, U. **Silene gallica**. 2005. Disponível em: <http://jncc.defra.gov.uk/_speciespages/575.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2019.

BARCELLOS, A. de O. et al. Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína, nos trópicos brasileiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. SPECIALISSUE, p. 51–67, 2008.

BARROS, J. C. et al. Effect of different doses of post-emergence-applied iodosulfuron on weed control and grain yield of malt barley (*Hordeum distichum* L.), under Mediterranean conditions. **Journal of Plant Protection Research**, v. 56, n. 1, p. 15–20, 2016.

BARROS, J. F. C.; BASCH, G.; DE CARVALHO, M. Effect of reduced doses of a post-emergence herbicide to control grass and broad-leaved weeds in no-till wheat under Mediterranean conditions. **Crop Protection**, v. 26, n. 10, p. 1538–1545, 2007.

BASKIN, J. M.; BASKIN, C. C. A classification system for seed dormancy. **Seed Science Research**, v. 14, n. 1, p. 1–16, 2004.

BASTIANI, M. O. et al. Germinação De Sementes De Capim-Arroz Submetidas a Condições De Luz E Temperatura. **Planta Daninha**, v. 33, n. 3, p. 395–404, 2015.

BASTIANI, M. O. et al. Competitividade relativa de cultivares de soja com capim-arroz. **Bragantia**, v. 75, n. 4, p. 435–445, 2016.

BATLLA, D.; BENECH-ARNOLD, R. L. A framework for the interpretation of temperature effects on dormancy and germination in seed populations showing dormancy. **Seed Science Research**, v. 25, n. 2, p. 147–158, 2015.

BATLLA, D.; KRUK, B. C.; BENECH-ARNOLD, R. L. Very early detection of canopy presence by seeds through perception of subtle modifications in red:Far red signals. **Functional Ecology**, v. 14, n. 2, p. 195–202, 2000.

BERTHOLDSSON, N. O. Breeding spring wheat for improved allelopathic potential. **Weed Research**, v. 50, n. 1, p. 49–57, 2010.

BIANCHI, M. A.; FLECK, N. G.; LAMEGO, F. P. Proporção entre plantas de soja e plantas competidoras e as relações de interferência mútua. **Ciência Rural**, v. 36, n. 5, p. 1380–1387, 2006.

BIFFE, D. F. et al. Período de interferência de plantas daninhas em mandioca (*Manihot esculenta*) no noroeste do Paraná. **Planta Daninha**, v. 28, n. 3, p. 471–

478, 2010.

BLACKSHAW, R. E. Influence of Soil Temperature, Soil Moisture, and Seed Burial Depth on the Emergence of Round-Leaved Mallow (*Malva pusilla*). **Weed Science**, v. 38, n. 6, p. 518–521, 1990.

BOZSA, R. C.; OLIVER, L. R. Critical Period of Weed Control in Spring Canola. **Weed Science**, v. 41, p. 34–37, 1993.

BRADFORD, K. J. Applications of hydrothermal time to quantifying and modeling seed germination and dormancy. **Weed Science**, v. 50, n. 2, p. 248–260, 2002.

BRASIL, M. da A. P. e A. **Regras para análise de sementes**. Brasília. 2009

BRASIL, M. da A. P. e A. **Instrução Normativa MAPA 33/2010. Dispões sobre as normas de produção de sementes de espécies forrageiras de clima temperado, bem como seus padrões de identidade e qualidade**, 2010

BRASIL, M. da A. P. e A. **Instrução Normativa MAPA 46/2013. Dispõe sobre a relação de espécies de sementes nocivas toleradas e proibidas na produção, na comercialização e no transporte de sementes nacionais e importadas de grandes culturas, forrageiras, olerícolas, flores, ornamen**, 2013.

BRIGHENTI, A. M.; OLIVEIRA, M. F. **Seletividade de herbicidas para culturas e plantas daninhas**. Curitiba: 2011.

BURMEIER, S. et al. Rapid burial has differential effects on germination and emergence of small and large-seeded herbaceous plant species. **Seed Science Research**, v. 20, n. 3, p. 189–200, 2010.

BUTLER, T. J. et al. Temperature affects the germination of forage legume seeds. **Crop Science**, v. 54, n. 6, p. 2846–2853, 2014.

CARADUS, J. R. et al. Variation within white clover (*Trifolium repens* L.) for phenotypic plasticity of morphological and yield related characters, induced by phosphorus supply. **New Phytologist**, v. 123, n. 1, p. 175–184, 1993.

CARTA, A. et al. Photoinhibition of seed germination: Occurrence, ecology and phylogeny. **Seed Science Research**, v. 27, n. 2, p. 131–153, 2017.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012.

CARVALHO, P. C. de F. et al. **Forrageiras De Clima Temperado**. Viçosa: 2008.

CASPER, B. B.; JACKSON, R. B. Plant competition belowground. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 28, p. 545–570, 1997.

CHANTRE, G. R. et al. Germination parameterization and development of an after-ripening thermal-time model for primary dormancy release of *Lithospermum arvense*

seeds. **Annals of Botany**, v. 103, n. 8, p. 1291–1301, 2009.

CHAPMAN, D. F. et al. White clover: The forgotten component of high-producing pastures? **Animal Production Science**, v. 57, n. 7, p. 1269–1276, 2017.

CHATER, A.O.; WALTERS, S. M. **Silene L. In Flora Europae**. Cambridge. 1964.

CHAUHAN, B. S.; JOHNSON, D. E. Seed Germination Ecology of Junglerice (*Echinochloa colona*): A Major Weed of Rice . **Weed Science**, v. 57, n. 3, p. 235–240, 2009.

CHRISTOFFOLETI, P. J. et al. Alternative herbicides to manage Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam) resistant to glyphosate at different phenological stages. **Journal of Environmental Science and Health - Part B Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes**, v. 40, n. 1, p. 59–67, 2005.

CHURKOVA, B.; BOZHANSKA, T. Influence of some herbicides on weed infestation and productivity of bird's-foot trefoil. **Banat's Journal of Biotechnology**, v. 7, n. 14, p. 24–29, 2016.

CLARK, S. A.; MAHANTY, H. K. Influence of herbicides on growth and nodulation of white clover, *Trifolium repens*. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 23, n. 8, p. 725–730, 1991.

COUSENS, R. Aspects of the Design and Interpretation of Competition (Interference) Experiments. **Weed Technology**, v. 5, n. 3, p. 664–673, 1991.

COUSENS, R.; O'NEILL, M. Density Dependence of Replacement Series Experiments. **Oikos**, v. 66, n. 2, p. 347–352, 1993.

D. DUMUR; C. J. PILBEAM; J. CRAIGON. Use of the Weibull Function to Calculate Cardinal Temperatures in Faba Bean. **Journal of Experimental Botany**, v. 41, n. 232, p. 1423–1430, 1990.

DA SILVA, B. M. **Seletividade de herbicidas para cornichão e controle de plantas daninhas**. 2016. Universidade Federal de Pelotas, [Dissertação].

DA SILVEIRA, M. F. et al. Produção e qualidade da forragem de cornichão sobressemeado em diferentes densidades de semeadura em pastagem de estrela africana e azevém. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 6, p. 1801–1808, 2015.

DE CARVALHO, S. J. P. et al. Herbicide selectivity by differential metabolism: Considerations for reducing crop damages. **Scientia Agricola**, v. 66, n. 1, p. 136–142, 2009.

DEN HOLLANDER, N. G.; BASTIAANS, L.; KROPFF, M. J. Clover as a cover crop for weed suppression in an intercropping design I. Characteristics of several clover species. **European Journal of Agronomy**, v. 26, n. 2, p. 92–103, 2007.

DEN HOLLANDER, N. G.; BASTIAANS, L.; KROPFF, M. J. Clover as a cover crop

for weed suppression in an intercropping design. II. Competitive ability of several clover species. **European Journal of Agronomy**, v. 26, n. 2, p. 104–112, 2007.

DESFEUX, C. et al. Evolution of reproductive systems in the genus *Silene*. In: PROCEEDINGS ROYAL SOCIETY LONDON 1996, London. **Anais...** London

DIAS, A. C. R. et al. Competitiveness of alexandergrass or Bengal dayflower with soybean. **Planta Daninha**, v. 28, n. 3, p. 515–522, 2010.

DIMITROVA, T. On the problem of weeds and their control in seed production of birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus* L.). **Herbologia**, v. 11, n. 1, p. 47–57, 2010.

DONATO, L. et al. Base temperatures for germination of selected weed species in Iran. **Plant Protection Science**, v. 54, n. 1, p. 60–66, 2018.

DORS, C. A. et al. Suscetibilidade de genótipos de *Lolium multiflorum* ao herbicida glyphosate **Planta Daninha**, v. 28, n. 2, p. 401–410, 2010.

EMBRAPA, C. N. de P. de S. (CNPS). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2ª ed. Brasília. 2006.

ERGON et al. Species interactions in a grassland mixture under low nitrogen fertilization and two cutting frequencies: 1. dry-matter yield and dynamics of species composition. **Grass and Forage Science**, v. 71, n. 4, p. 667–682, 2016.

EVANS, J. A. et al. Managing the evolution of herbicide resistance. **Pest Management Science**, v. 72, n. 1, p. 74–80, 2016.

FAZLIOĞLU, F.; WAN, J. S. H.; BONSER, S. P. Phenotypic plasticity and specialization along an altitudinal gradient in trifolium repens. **Turkish Journal of Botany**, v. 42, n. 4, p. 440–447, 2018.

FERRIS, D. **Autumn cleaning *Ornithopus compressus* L. (yellow serradella) pastures: a novel, broad-spectrum weed-control option that exploits delayed germination**. 2008.

FINCH-SAVAGE, W. E.; LEUBNER-METZGER, G. Seed dormancy and the control of germination. **New Phytologist**, v. 171, p. 501–523, 2006.

FLECK, N. G. Competição de azevém (*Lolium multiflorum* L.) com duas cultivares de trigo. **Planta Daninha**, v. 3, n. 2, p. 61–67, 1980.

FLECK, N. G. et al. Competitividade relativa entre cultivares de arroz irrigado e biótipo de arroz-vermelho. **Planta Daninha**, v. 26, n. 1, p. 101–111, 2008.

FLECK, N. G.; BIANCHI, M. A.; RIZZARDI, M.A. AGOSTINETTO, D. Interferência de *Raphanus sativus* sobre cultivares de soja durante a fase vegetativa de desenvolvimento da cultura. **Planta Daninha**, v. 24, n. 3, p. 425–434, 2006.

FONTANELI, R. S.; FONTANELI, R. S. **FORAGEIRAS PARA INTEGRAÇÃO LAVOURA-**

Pecuária-Floresta na Região Sul-Brasileira. Passo Fundo. 2009.

FORCELLA, F. et al. Modeling seedling emergence. **Field Crops Research**, v. 67, p. 123–139, 2000.

FORMOSO, F. **Producción de semillas de especies forrajeras.** 2011. p. 190

FORTE, C. T. et al. Habilidade competitiva de cultivares de soja transgênica convivendo com plantas daninhas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 2, p. 185–193, 2017.

GALON, L. et al. Competitive interaction between sweet sorghum with weeds. **Planta Daninha**, v. 36, n. e018173689, p. 1–13, 2018.

GARCÍA, J.; REBUFFO, M.; FORMOSO, F.; ASTOR, D. **Producción de semillas forrajeras, tecnologías en uso.** Serie Técnica (2). 1991.

GAWN, T. L.; HARRINGTON, K. C.; MATTHEW, C. Weed control in establishing mixed swards of clover, plantain and chicory. **New Zealand Plant Protection**, v. 65, n. Young, p. 59–63, 2012.

GIARETTA, H.; JAMARDO, A.; CATALOGNE, E. V. A. Sementes nocivas que ocorreram em amostras de sementes de azevém (*Lolium multiflorum*), analisadas no rio grande do sul nos anos de 1978 e 1979. In: 14º CONGRESSO BRASILEIRO HERBOLOGIA, ERVAS DANINHAS E 6º CONGRESSO LATINOAMERICANO DE MALEZAS. 1982, Campinas. **Anais...**

GOMES, P. S. da C. F. **Florescimento e produção de sementes de Lotus subbiflorus Lag. cv. El Rincón.** 2009. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009

GONZAGA, S. S. **Inoculação de sementes de leguminosas,** Embrapa Pecuária Sul, 2002.

GRUNDY, A. C. et al. Modeling weed emergence as a function of meteorological records. **Weed Science**, v. 48, n. 5, p. 594–603, 2000.

HADI, S. M. S. et al. Seed germination and seedling growth responses of Toothbrush tree (*Salvadora persica* Linn.) to different interacting abiotic stresses. **Flora**, v. 243, n. March, p. 45–52, 2018.

HARPER J L. **Population biology of plants.** London: Academic Press, 1977.

HARRINGTON, K. C. et al. Pasture damage from spot-sprayed herbicides. **New Zealand Plant Protection**, v. 70, p. 179–185, 2017.

HAWKINS, N. J. et al. The evolutionary origins of pesticide resistance. **Biological Reviews**, v. 94, n. 1, p. 135–155, 2019.

HOFFMAN, M. L.; BUHLER, D. D. Utilizing Sorghum as a functional model of crop–

weed competition. II. Effects of manipulating emergence time or rate. **Weed Science**, v. 50, n. 4, p. 466-472–478, 2002.

HUWER, R. K. et al. Can an integrated management approach provide a basis for long-term prevention of weed dominance in Australian pasture systems? **Weed Research**, v. 45, n. 3, p. 175–192, 2005.

IBGE, I. B. de G. e E.-. **Confronto dos resultados dos dados estruturais dos Censos Agropecuários Rio Grande do Sul - 1975/2017**. 2017. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/21814-2017-censo-agropecuario.html?=&t=downloads>>.

IBGE, I. B. de G. e E.-. **Efetivo de bovinos em 31.12 e participações relativa e acumulada no efetivo total, segundo as Unidades da Federação e os 20 municípios com os maiores efetivos, em ordem decrescente**. Disponível em: <<http://www.ibge.com.br>>.

JANNINK, J. L. et al. Index selection for weed suppressive ability in soybean. **Crop Science**, v. 40, n. 4, p. 1087–1094, 2000.

JENSEN, S. M. et al. A note on the analysis of germination data from complex experimental designs. **Seed Science Research**, v. 27, p. 321–327, 2017.

JHA, P. et al. Annual changes in temperature and light requirements for *Ipomoea purpurea* seed germination with after-ripening in the field following dispersal. **Crop Protection**, v. 67, p. 84–90, 2015.

JÜRGENS, A. Flower scent composition in diurnal *Silene* species (Caryophyllaceae): Phylogenetic constraints or adaption to flower visitors? **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 32, n. 10, p. 841–859, 2004.

KAUTHALE, V. K.; TAKAWALE, P. S.; PATIL, S. D. Weed management in berseem. **Indian Journal of Weed Science**, v. 48, n. 3, p. 300–303, 2016.

KEBREAB, E.; MURDOCH, A. J. The effect of water stress on the temperature range for germination of *Orobanche aegyptiaca* seeds. **Seed Science Research**, v. 10, n. 2, p. 127–133, 2000.

KOZLOWSKI, L. A. Critical Period of Weed Interference in Corn Crop Based on Crop Phenology. **Planta Daninha**, v. 20, n. 3, p. 365–372, 2002.

KRUIDHOF, H. M.; BASTIAANS, L.; KROPFF, M. J. Ecological weed management by cover cropping : effects on weed growth in autumn and weed establishment in spring. **Weed Research**, v. 48, p. 492–502, 2008.

KUMAR, B.; KUMAR, S.; SINGH, U. K. Yield and Economics of Berseem (*Trifolium alexandrinum* L.) influenced by herbicide under slight acidic Alfisol soil of Jharkhand. **International Journal of Chemical Studies**, v. 6, n. 1, p. 83–86, 2018.

LAIRD, A. S. et al. Residual Effect of Herbicides Used in Pastures on Clover

- Establishment and Productivity. **Weed Technology**, v. 30, n. 04, p. 929–936, 2016.
- LEBLANC, M. L. et al. The use of thermal time to model common lambsquarters (*Chenopodium album*) seedling emergence in corn. **Weed Science**, v. 51, n. 5, p. 718–724, 2006.
- LEWIS, T. R. et al. Tolerance of newly sown cocksfoot-clover pastures to the herbicide imazethapyr. **Journal of New Zealand Grasslands**, v. 172, n. 79, p. 173–180, 2017.
- LONATI, M. et al. Thermal time requirements for germination, emergence and seedling development of adventive legume and grass species. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 52, n. 1, p. 17–29, 2009.
- LOPES, R. R.; FRANKE, L. B. Aspectos térmico-biológicos da germinação de sementes de cornichão anual sob diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 2011, p. 2091–2096, 2011.
- LÓPEZ, A. S. et al. Seed responses to temperature indicate different germination strategies among *Festuca pallescens* populations from semi-arid environments in North Patagonia. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 272–273, n. April, p. 81–90, 2019.
- LORENZETTI, F. Achieving potential herbage seed yields in species of temperate regions. **Proc. Of the XVII International Grasslands Congress**, p. 1621–1628, 1993.
- LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional**. 6. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2006.
- LORITE, M. J. et al. The Rhizobia-Lotus symbioses: Deeply specific and widely diverse. **Frontiers in Microbiology**, v. 9, n. 2055, p. 1–17, 2018.
- LUSTOSA, S. B. C. et al. Experiências De Integração Lavoura-Pecuária Na Região Central Do Paraná. **Synergismus ascyentifica**, v. 6, n. 2, 2011.
- ARREGUI, D. SÁNCHEZ, R. S. Weed Control in Established Alfalfa (*Medicago sativa*). **Weed Technology**, v. 15, n. 3, p. 424–428, 2001.
- MACHADO, D. et al. Seletividade de herbicidas em trevo-branco no estágio fenológico de expansão do primeiro trifólio. **Ciência Rural**, v. 43, n. 12, p. 2132–2138, 2013.
- MALIK, M. S. et al. Temperature and Light Requirements for Wild Radish (*Raphanus raphanistrum*) Germination over a 12-Month Period following Maturation. **Weed Science**, v. 58, n. 2, p. 136–140, 2010.
- MARCHIORETTO, M. S. M. S. M. S. et al. Análise Da Distribuição Geográfica Da Família Caryophyllaceae No Rio Grande Do Sul. **Pesquisas Botânica**, v. 61, n. 61, p. 205–218, 2010.

- MARTINKOVA, Z.; HONEK, A.; LUKAS, J. Seed age and storage conditions influence germination of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*). **Weed Science**, v. 54, n. 02, p. 298–304, 2006.
- MARTINS, C. C. et al. Comportamento germinativo de sementes de leiteiro (*Peschiera fuchsiaefolia*): efeito da temperatura e luz. **Planta Daninha**, v. 18, n. 1, p. 85–91, 2000.
- MASIN, R. et al. Can alternating temperatures be used to estimate base temperature for seed germination? **Weed Research**, v. 57, n. 6, p. 390–398, 2017.
- MCCURDY, J. D. et al. Tolerance of Three Clovers (*Trifolium* spp.) to Common Herbicides. **Weed Technology**, v. 30, n. 2, p. 478–485, 2016.
- MCCURDY, J. D.; MCELROY, J. S.; FLESSNER, M. L. Differential Response of Four Trifolium Species to Common Broadleaf Herbicides: Implications for Mixed Grass-Legume Swards . **Weed Technology**, v. 27, n. 1, p. 123–128, 2013.
- MCGRAW, R. L.; BEUSELINCK, P. R. Growth and Seed Yield Characteristics of Birdsfoot Trefoil. **Agronomy Journal**, v. 75, n. 3, p. 443, 1983.
- MCMANUS, C. et al. Dynamics of Cattle Production in Brazil. **Plos One**, v. 11, n. 1, p. 1–15, 2016.
- MCNAIR, J. N.; SUNKARA, A.; FROBISH, D. How to analyse seed germination data using statistical time-to-event analysis: Non-parametric and semi-parametric methods. **Seed Science Research**, v. 22, n. 2, p. 77–95, 2012.
- MELO, P. T. B. . S.; BARROS, A. C. S. A. Situação da produção de sementes de trevo branco (*trifolium repens* L.), cornichão (*lotus corniculatus* L.) e lotus anual (*lotus subbiflorus* Lag.) no rio grande do sul. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 11, n. 1, p. 13–18, 2005.
- MESCHEDE, D. K. et al. Período anterior a interferência de plantas daninhas em soja: estudo de caso com baixo estande e testemunhas duplas. **Planta Daninha**, v. 22, n. 2, p. 239–246, 2004.
- MILBERG, P. Weed seed germination after short-term light exposure: germination rate, photon fluence response and interaction with nitrate. **Weed Research**, v. 37, n. 3, p. 157–164, 1997.
- MOOT, D. J. et al. Base temperature and thermal time requirements for germination and emergence of temperate pasture species. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 43, n. 1, p. 15–25, 2000.
- NUNES, A. L. et al. Tolerância De Espécies De Inverno a Herbicidas Residuais Tolerance. **Scientia Agraria**, v. 8, n. 4, p. 443–448, 2007.
- O'DONOVAN, J. T. et al. Wild Oat (*Avena fatua*) Interference in Barley (*Hordeum vulgare*) is Influenced by Barley Variety and Seeding Rate. **Weed Technology**, v.

14, n. 3, p. 624–629, 2006.

OLIVEIRA, J. C. P.; KÖPP, M. M.; BARRES, A. F. **Produção de sementes de cornichão**. Bagé.

PAGE, E. R. et al. Shade avoidance: An integral component of crop-weed competition. **Weed Research**, v. 50, n. 4, p. 281–288, 2010.

PAIM, N. R. Research on *Lotus* spp. in Rio Grande do Sul, Southern Brazil. **Lotus**, v. 19, p. 37–43, 1988.

PARMOON, G. et al. Quantifying cardinal temperatures and thermal time required for germination of *Silybum marianum* seed. **Crop Journal**, v. 3, n. 2, p. 145–151, 2015.

PAULA JÚNIOR, T. J. de P. et al. Regulamentação e uso de produtos à base de agentes biológicos para o controle de doenças de plantas e pragas no Brasil. **Informe Agropecuário**, v. 34, n. 276, p. 50–57, 2013.

PEDROSO, R. M. et al. Modeling germination of smallflower umbrella sedge (*Cyperus difformis* L.) seeds from rice fields in California across suboptimal temperatures. **Weed Technology**, p. 1–6, 2019.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba: ESALQ, 2009.

PITELLI, R. A. Competição e controle das plantas daninhas em áreas agrícolas. **Série Técnica IPEF**, v. 4, n. 12, p. 1–24, 1987.

PRIYANKA et al. Studies on Chemical Weed Control in Berseem (*Trifolium alexandrinum* L.). **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 7, n. 1, p. 2669–2673, 2018.

RADOSEVICH, S. R. Methods to Study Interactions Among Crops and Weeds. **Weed Technology**, v. 1, n. 3, p. 190–198, 1987.

RADOSEVICH, S. R. ; HOLT, J. S.; GHERSA, C. M. **Ecology of weeds and invasive plants: Relationship to agriculture and natural resource management**. 3. ed.: Hoboken: John Wiley & Sons, 2007.

RANA, S.; RANA, M. **Principles and Practices of Weed Management**. 2. ed. Palampur: Department of Agronomy - CSK Himachal Pradesh Krishi Vishvavidyalaya, 2018.

REZAEIEH, A. D.; AMINPANAH, H.; SADEGHI, S. M. Competition between rice (*Oryza sativa* L.) and (barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv.) as affected by methanol foliar application. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 87, n. 2, p. 879–890, 2015.

RIGOLI, R. P. et al. Potencial competitivo de cultivares de trigo em função do tempo de emergência. **Planta Daninha**, v. 27, n. 1, p. 41–47, 2009.

RIOS, A. **Manejo de malezas em pasturas.**, Atividades de difusão N° 483, 2007.

RITZ, C.; PIPPER, C. B.; STREIBIG, J. C. Analysis of germination data from agricultural experiments. **European Journal of Agronomy**, v. 45, p. 1–6, 2013.

RIZZARDI, M. A. et al. Competição por recursos do solo entre ervas daninhas e culturas. **Ciência Rural**, v. 31, n. 4, p. 707–714, 2001.

ROMAN, E. S. et al. Modeling germination and seedling elongation of common lambsquarters (*Chenopodium album*) . **Weed Science**, v. 47, n. 2, p. 149–155, 1999.

ROUSH, M. L. et al. A Comparison of Methods for Measuring Effects of Density and Proportion in Plant Competition Experiments. **Weed Science**, v. 37, p. 268–275, 1989.

SAKANOUE, S. Thermal time approach to predicting seedling emergence dates of red clover, white clover and lucerne in farm fields. **Grass and Forage Science**, v. 65, n. 2, p. 212–219, 2010.

SARMENTO, M. B. Cadeia de sementes forrageiras temperadas no Rio Grande do Sul. **Agropampa**, v. 1, n. 2, p. 158–168, 2016.

SCHERNER, A. et al. Germination of Winter Annual Grass Weeds under a Range of Temperatures and Water Potentials. **Weed Science**, v. 65, n. 4, p. 468–478, 2017.

SCHMIDT, A. K. R.; AAMLID, T. S. Cover crop and plant density in seed production of white clover (*Trifolium repens* L.). **Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science**, v. 67, n. 5, p. 416–424, 2017.

SCHUSTER, M. Z. et al. Interferência de plantas daninhas no estabelecimento do trevo branco como cultura forrageira Interference of weeds in the establishment of white clover as forage crop. **Ciência Rural**, v. 43, n. 12, p. 2148–2153, 2013.

SEEFELDT, S. S. et al. Quantifying the impact of a weed in a perennial ryegrass-white clover pasture. **Weed Science**, v. 53, n. 1, p. 113–120, 2005.

SILVA, G.M, MAIA, M.B., MAIA, M. S. Qualidade de Sementes Forrageiras de Clima Temperado. **Embrapa: documentos on line**, p. 22, 2011.

SINARE, B. T.; PARDESHI, H. P.; GAVIT, M. G. Sequential use of herbicides for weed control in Egyptian clover. **Indian Journal of Weed Science**, v. 49, n. 3, p. 269, 2017.

SOCIEDADE, S. B. da C. das plantas D. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina - PR. 2005.

SOCIEDADE, S. B. de C. do S. – N. R. S.-C. de Q. e F. do S. **MANUAL de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa**

Catarina.2004.

SWANTON, C. J.; NKOA, R.; BLACKSHAW, R. E. Experimental Methods for Crop–Weed Competition Studies. **Weed Science**, v. 63, n. SP1, p. 2–11, 2015.

SZYMURA, M. et al. Can native grass species outcompete invasive goldenrods? Results of a replacement series experiment. **Weed Research**, v. 58, n. 4, p. 304–317, 2018.

TANVEER, A. et al. Germination ecology of wild onion: A rainfed crop weed. **Planta Daninha**, v. 32, n. 1, p. 69–80, 2014.

TAYLOR, G. B. Hardseededness in Mediterranean annual pasture legumes in Australia: a review. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 56, n. 7, p. 645–661, 2005.

THOMPSON, P. A. Geographical adaptations of seeds. In: (W. Heydecker, Ed.)PROC. NINETEENTH EASTER SCHOOL IN AGRICULTURAL SCIENCE 1972, Nottingham. **Anais...** Nottingham: University of Nottingham, 1972.

TRACY, B. F. et al. Evaluating grass–legume forage mixtures across different environments. **Crops & Soils magazine**, v. 51, n. 3, p. 30, 2018.

TRANEL, P. J.; WRIGHT, T. R. Resistance of weeds to ALS-inhibiting herbicides: what have we learned? **Weed Science**, v. 50, n. 6, p. 700–712, 2002.

TUESCA, D.; PURICELLI, E.; PAPA, J. C. A long-term study of weed flora shifts in different tillage systems. **Weed Research** v.41, n. 2125, p. 369–382, 2001.

TYAGI, V. C. et al. Weed Management in Berseem (*Trifolium alexandrinum* L.): A Review. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 7, n. 05, p. 1929–1938, 2018.

VASILEVA, V.; ATHAR, M. Studies on Nodulating Capacity of Some Forage Legumes Grown Alone or in Mixtures. **Planta Daninha**, v. 36, n. e018171642, p. 1–6, 2018.

VIGNOLIO, O. R.; CAMBARERI, G. S.; MACEIRA, N. O. Seed production of *Lotus tenuis* (Fabaceae), a forage legume: Effects of row spacing, seeding date, and plant defoliation. **Crop and Pasture Science**, v. 61, n. 12, p. 1027–1035, 2010.

VIVIAN, R. et al. Dormência em sementes de plantas daninhas como mecanismo de sobrevivência - Breve revisão. **Planta Daninha**, v. 26, n. 3, p. 695–706, 2008.

VIVIAN, R. et al. Interactions between soybean and weeds in a replacement series system, considering the effects of water stress. **Planta Daninha**, v. 31, n. 4, p. 749–763, 2013.

VLEESHOUWERS, L. M.; BOUWMEESTER, H. J.; KARSSSEN, C. M. Redefining Seed Dormancy: An Attempt to Integrate Physiology and Ecology. **The Journal of**

Ecology, v. 83, n. 6, p. 1031–1037, 1995.

WALL, D. A.; MORRISON, I. N. Competition between *Silene vulgaris* (Moench) Garcke and alfalfa (*Medicago sativa* L.). **Weed Research**, v. 30, p. 145–151, 1990.

WANDSCHEER, A. C. D. et al. Competitividade de capim-pé-de-galinha com soja. **Ciencia Rural**, v. 43, n. 12, p. 2125–2131, 2013.

WASNIK, V. K. et al. Efficacy of different herbicides on weed flora of berseem (*Trifolium alexandrinum* L.). **Range Management and Agroforestry**, v. 38, n. 2, p. 221–226, 2017.

WERLE, R. et al. Environmental Triggers of Winter Annual Weed Emergence in the Midwestern United States. **Weed Science**, v. 62, n. 01, p. 83–96, 2014.

WITT, T. **Reproduktions biologie von Caryophyllaceen (Unterfamilie Caryophylloideae) unter besonderer Berücksichtigung der Nektar produktion**. 2003. University of Ulm.

XIA, X. et al. Interplay between reactive oxygen species and hormones in the control of plant development and stress tolerance. **Journal of Experimental Botany**, v. 66, n. 10, p. 2839–, 2015.

YOUNG, S. **New Zealand Novachem agrichemical manual**. Agrimedia Ltd, 2012.

VITA

Dalvane Rockenbach é filho de Vilson Mathias Rockenbach e Dirce Maria Rockenbach. Nasceu em 16 de maio de 1988, no município de Chapada, Rio Grande do Sul. cursou o ensino fundamental na Escola Estadual Israelina Martins Silveira, no distrito de Boi Preto, Chapada-RS. cursou o ensino médio concomitantemente com o curso de Técnico em Agropecuária na Escola Estadual Técnica Celeste Gobbato, em Palmeira das Missões-RS. No ano de 2006 ingressou no curso de Agronomia da Universidade de Cruz Alta (UNICRUZ), onde graduou-se como Engenheiro Agrônomo em 2011. No período de 2008 a 2009 foi bolsista de Iniciação Científica do Programa Institucional de Iniciação Científica (PIBIC) da UNICRUZ, onde desenvolveu pesquisas na área da ciência das plantas daninhas. Em 2010 casou-se com Cristiane Menezes Barbosa e em 2011 nasce sua filha, Helena Barbosa Rockenbach. No período de 2011 a 2015 atuou como pesquisador na Cooperativa Central Gaúcha - LTDA (CCGL), onde desenvolveu pesquisas na área de fitotecnia das culturas da soja e trigo. Em 2012 ingressou no curso de Mestrado em Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria, sob orientação do Prof. Dr. Sérgio Luiz de Oliveira Machado, tendo concluído em 2014. Em 2015 ingressou no curso de doutorado no Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade da FAEM, UFPel, em Capão do Leão-RS, sob orientação da Prof. Dr^a. Fabiane Pinto Lamego.