

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



Dissertação

Caracterização morfoanatômica, ecofisiologia e controle de capim-rabo-de-burro

Adriana Almeida do Amarante

Pelotas, 2020

Adriana Almeida do Amarante

Caracterização morfoanatômica, ecofisiologia e controle de capim-rabo-de-burro

Dissertação 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 Mestre em Ciências (área de conhecimento: Herbologia).

Orientador: Dr. Dirceu Agostinetto

Co-Orientador (es): Dr^a. Caroline Scherer;
Dr^a. Juliana Fernando;
Dr. Mário Antônio Bianchi.

Pelotas, 2020

Esta página na versão impressa será substituída pela ficha catalográfica

Adriana Almeida do Amarante

Caracterização morfoanatômica, ecofisiologia e controle de capim-rabo-de-burro

Dissertação aprovada, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Fitossanidade (área de conhecimento: Herbologia), Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data da defesa: 2 de março de 2020.

Banca examinadora:

Eng. Agr. Dr. Dirceu Agostinetto (Orientador)

Professor da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel / UFPel

Eng. Agr. Dr. André Andres

Pesquisador Embrapa Clima Temperado

Eng. Agr. Dr. André da Rosa Ulguim

Professor da Universidade Federal de Santa Maria

Eng. Agr. Dr. Mario Antonio Bianchi (Co-orientador)

Pesquisador da CCGL-Tec

Dedico este trabalho a meus pais Maria Lúcia e Joaquim Henrique, meus avós e ao amigo Vagner Rolim Marostega.

Agradecimentos

À Deus por me conceder a vida, pelas oportunidades e conquistas alcançadas, pela saúde e possibilidade de correr atrás de meus objetivos.

À família, em especial aos pais, Maria Lúcia Almeida do Amarante e Joaquim Henrique Moraes do Amarante pelo amor, exemplo, dedicação, confiança e apoio em todos os momentos, por serem o alicerce nas dificuldades e parte fundamental em minha educação. Aos avós, Marlene, Jorge, Diva e Joaquim pelo amor, convivência, por serem exemplos e por terem estado sempre presentes em minha jornada enquanto a vida permitiu.

Aos amigos Italo, Mayse, Sergio e Mara pelo carinho, amizade, convivência e acolhimento.

Aos professores da Escola Doutor Flory Druck Krueel, do Instituto Federal Farroupilha – Campus Júlio de Castilhos e do curso de Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria pelos ensinamentos proporcionados. Em especial, aos professores Rosana Greff, Cleci Silveira e Luiz Fernando Pires pelo carinho e amizade e à Tatiana Ballem, Carla Bartagnolli, Jovani Luzzi, Arno Bernardo Heldwein, Evandro Zanini Righi e Thomé Lovato por aceitarem participar desta trajetória como orientadores, pelo apoio e ensinamentos. Ao professor André Ulgüim pelos ensinamentos e conselhos.

Ao grupo de Agrometeorologia pela convivência, pelas experiências vivenciadas, o auxílio e pela amizade, em especial à Jocélia Rosa, Leidiana Rocha, Silvane Brand e Andressa Puhl pela amizade conquistada.

Ao grupo PET-Agronomia pela convivência, os ensinamentos e as experiências que certamente contribuirão para o futuro profissional e pelas amizades conquistadas.

À Getagri Assistência e Assessoria Técnica Agropecuária Ltda. pelo recebimento, pelos ensinamentos proporcionados. Em especial à Bianca Portella e Elinara Carvalho pela amizade conquistada neste período.

À CAPES, à Universidade Federal de Pelotas e ao Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade e seus integrantes pela concessão da bolsa, pela oportunidade, pela estrutura fornecida para realização dos experimentos e pelo aprendizado nesse período.

Ao professor Dirceu Agostinnetto por aceitar fazer parte de minha formação profissional, como meu orientador, pelos ensinamentos, conselhos, amizade, paciência e disposição em todos os momentos para sanar dúvidas.

Ao Dr. Mário Antônio Bianchi pelos ensinamentos, pela disponibilidade e auxílio nos experimentos ao longo deste período e pela generosidade.

À professoras Juliana Fernando, Caroline Scherer e à laboratorista Thaize pelo auxílio nos experimentos desenvolvidos.

Aos colegas do Centro de Estudos em Herbologia pela convívio, amizade, ensinamentos e ajuda nesses dois anos. Em especial aos amigos Andressa Pitol, Francisco Goulart e Jaqueline Schmitt pela amizade, companheirismo conquistados, pelo convívio e todo auxílio. Ao colega Maicon Schimitz pela amizade, por todos os ensinamentos, puxões de orelha e, principalmente pelas correções e auxílio na escrita dos capítulos. Ao professor Renan Zandona pelo auxílio na realização deste trabalho.

Ao amigo Luiz Felipe Rossato pela amizade e por conceder a área para realização de experimento de controle.

Aos amigos pelos bons momentos, pelo ombro nos momentos difíceis, pela compreensão. Em especial Pamela Oruoski, Matheus Moreira, Leticia Santos, Lara Souza, Fabio Barbieri e Cassio Portela.

A todos fica meu eterno agradecimento e a certeza de que são essenciais em meu caminho.

*Não deixe que a saudade sufoque, que a rotina acomode, que o medo impeça de tentar.
Desconfie do destino e acredite em você. Gaste mais horas realizando que sonhando, fazendo que
planejando, vivendo que esperando porque, embora quem quase morre esteja vivo, quem quase vive
já morreu.*

Sarah Westphal

Resumo

AMARANTE, Adriana Almeida. **Caracterização morfoanatômica, ecofisiologia e controle de capim-rabo-de-burro**. 2020. 102f. Dissertação (Mestrado em Fitossanidade) – Programa de Pós-graduação em Fitossanidade, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2020.

Capim rabo-de-burro é o nome popular de duas poaceas perenes, *Andropogon bicornis* e *Schizachyrium microstachyum*, que vem aumentando seu nível de infestação nas lavouras de soja do Rio Grande do Sul. Considerando as limitadas informações sobre as espécies, o presente trabalho tem como objetivo diferenciar *A. bicornis* e *S. microstachyum* quanto à ocorrência de dormência primária, temperaturas limiars para germinação e morfoanatomia; avaliar o custo adaptativo de plantas de *S. microstachyum* provenientes de semente e afilho e a habilidade competitiva destes com a soja; e, propor alternativas de controle químico para *S. microstachyum*. Para atender aos objetivos do trabalho, estudos foram desenvolvidos em laboratório, casa de vegetação e campo. Observou-se com a análise dos resultados que *A. bicornis* apresenta dormência primária fisiológica e *S. microstachyum* apenas quiescência. A Tb de germinação é maior para *A. bicornis* (11,09°C) que *S. microstachyum* (9,99°C). As características morfológicas e anatômicas são semelhantes entre as espécies de capim-rabo-de-burro, diferindo apenas na maior estatura, comprimento de folha e maior densidade estomática na face adaxial para *A. bicornis* e maior densidade estomática abaxial para *S. microstachyum*. Avaliando desenvolvimento de *S. microstachyum*, plantas provenientes de afilho e semente apresentam desenvolvimento semelhante e, independentemente do tipo de reprodução, a espécie apresenta crescimento inicial lento, que lhe confere habilidade competitiva inferior à soja. Para controle de *S. microstachyum* em fases iniciais de desenvolvimento, glifosato, glufosinato de amônio, cletodim, haloxifope e setoxidim são eficientes. Para manejo de touceiras, os herbicidas glifosato, haloxifope, setoxidim e quizalofope isolados ou em associação demonstram eficiência superior a 80%. Pinoxaden e nicossulfuron não são eficientes para o controle de *S. microstachyum*.

Palavras-chave: *Schizachyrium microstachyum*, *Andropogon bicornis*; germinação, habilidade competitiva, valor adaptativo, manejo de plantas daninhas.

Abstract

AMARANTE, Adriana Almeida. **Morphoanatomical characterization, ecophysiology and control of capim-rabo-de-burro**. 2020. 102f. Dissertation (Masters in Crop Protection) - Faculty of Agronomy Eliseu Maciel, Federal University of Pelotas, Pelotas, 2020.

Ass-tailed grass is the common name of two perennial poeaceas, *Andropogon bicornis* and *Schizachyrium microstachyum*, which has been increasing its infestation's level in soybean crops in Rio Grande do Sul. Considering the limited information about these species, the present research aimed to differentiate *A. bicornis* and *S. microstachyum* regarding the occurrence of primary dormancy, threshold temperatures for germination and morphoanatomy; evaluate the fitness cost of *S. microstachyum* from seed and tillers and them competitive ability with soybean; and, to propose alternatives of chemical control for *S. microstachyum*. To meet the objectives of the work, studies were developed in the laboratory, greenhouse and field. It was observed with the analysis of the results that *A. bicornis* presents physiological primary dormancy and *S. microstachyum* only quiescence. The germination T_b is higher for *A. bicornis* (11.09°C) than *S. microstachyum* (9.99°C). The morphological and anatomical characteristics are similar between the species of ass-tailed grass, differing only in the greater stature, leaf length and greater stoma density on the adaxial side for *A. bicornis* and greater abaxial stomatal density for *S. microstachyum*. Assessing the development of *S. microstachyum*, plants from tillers and seeds show similar development and, regardless of the type of reproduction, the species shows slow initial growth, which gives it a competitive ability inferior to that of soybeans. For controlling *S. microstachyum* in the early stages of development, glyphosate, ammonium glufosinate, cletodim, haloxifop and setoxidim are effective. For the management of clumps, the herbicides glyphosate, haloxifop, setoxidim and quizalofop, alone or in combination, show efficiency greater than 80%. Pinoxaden and nicosulfuron are not efficient for the control of *S. microstachyum*.

Keywords: *Schizachyrium microstachyum*, *Andropogon bicornis*; germination, competitive ability, fitness cost, weed management.

Lista de Figuras

- Figura 1- Curva cumulativa de germinação para *A. bicornis* em diferentes temperaturas em função do tempo em dias. As linhas foram ajustadas conforme modelo de Weibull. FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2019.....33
- Figura 2- Linha de regressão ajustada aos resultados $1/T_{50}$, nas faixas de temperatura sub-ótima e supra-ótima em resposta a diferentes temperaturas para *A. bicornis*. Símbolos são observações e as linhas são as regressões lineares ajustadas. FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2019.....34
- Figura 3- Curvas cumulativas de germinação para *S. microstachyum* em diferentes temperaturas na primeira e segunda repetição do experimento em função do tempo em dias. As linhas foram ajustadas conforme modelo de Weibull. FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2019.....35
- Figura 4- Linha de regressão ajustada aos resultados $1/T_{50}$, nas faixas de temperatura sub-ótima e supra-ótima em resposta a diferentes temperaturas para *S. microstachyum*. Símbolos são observações e as linhas são as regressões lineares ajustadas. FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2019.....36
- Figura 5- Plântulas de *A. bicornis* (5a) e *S. microstachyum* (5b) aos quatorze dias após a semeadura, quando expostas a diferentes regimes de temperatura. FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2019.....37
- Figura 6- Secções transversais do limbo de *Andropogon bicornis* (A, B) e *Schizachyrium microstachyum* (C, D). UFPeI, Capão do Leão/RS, 2020.....48
- Figura 7- Número de afilhos de biótipos de *Schizachyrium microstachyum* proveniente de semente e afilho, avaliado dos 30 aos 360 dias após o transplante das plantas. FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2019/20.....61

- Figura 8- Estatura de plantas (cm planta⁻¹) de biótipos de *Schizachyrium microstachyum* proveniente de semente e afilho, avaliado dos 30 aos 360 dias após o transplante das plantas. FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2019/20.....62
- Figura 9- Massa seca da parte aérea (g) de biótipos de *Schizachyrium microstachyum* proveniente de semente e afilho, avaliado dos 30 aos 360 dias após o transplante das plantas. FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2019/20.....63
- Figura 10- Massa seca de raiz (g) de biótipos de *Schizachyrium microstachyum* proveniente de semente e afilho, avaliado dos 30 aos 360 dias após o transplante das plantas. FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2019/20.....64
- Figura 11- Área foliar (cm²) de *Schizachyrium microstachyum* proveniente de semente e afilho, avaliado dos 30 aos 360 dias após o transplante das plantas. FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2019/20.65
- Figura 12- Razão de área foliar (cm² g⁻¹ planta⁻¹) de *Schizachyrium microstachyum* proveniente de semente e afilho, avaliado dos 30 aos 360 dias após o transplante das plantas. FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2019/20.....66
- Figura 13- Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para área foliar (AF), estatura (EST), massa seca da parte aérea (MSPA) de plantas de *S. microstachyum* (capim-rabo-de-burro) proveniente de semente (a, c, e) e afilho (b, d, f) e soja c.v. NA5909. FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2019.....70

Lista de Tabelas

- Tabela 1- Germinação (%) e viabilidade de sementes remanescentes (%) de *A. bicornis* em função da superação de dormência. FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2019.....31
- Tabela 2- Parâmetros estimados (a, T_{50} , b, c) da função de Weibull ajustada a dados de temperaturas constantes de 20, 25, 30 e 35 °C na figura 1 para *Andropogon bicornis*. FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2019.....34
- Tabela 3- Parâmetros estimados (a, T_{50} , b, c) da função de Weibull ajustada a dados de temperaturas constantes de 15, 20, 25, 30 e 35 °C na figura 1 para *S. microstachyum*. FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2019.....35
- Tabela 4- Características morfológicas de *A. bicornis* e *S. microstachyum* coletados em campo nativo e lavoura de soja RR no estado do Rio Grande do Sul. UFPeI, Capão do Leão/RS, 2020.....45
- Tabela 5- Densidade estomática (estômatos mm^{-2}) e índice estomático (IE) de *A. bicornis* e *S. microstachyum* nas faces abaxial e adaxial foliares. FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2019.....49
- Tabela 6- Diferenças relativas de produtividade para as variáveis área foliar, massa seca da parte aérea, estatura e produtividade relativa total, nas proporções de plantas de *S. microstachyum* (capim-rabo-de-burro) e soja c.v. NA5909. FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 201971
- Tabela 7- Respostas para área foliar, matéria seca da parte aérea e estatura de *Schizachyrium microstachyum* (capim-rabo-de-burro) proveniente de semente e afilho, competindo com soja, c.v. NA5909, sob diferentes proporções de plantas. FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2019.....72
- Tabela 8- Índices de competitividade de soja, c.v. NA5909 competindo com *S. microstachyum* (capim-rabo-de-burro) proveniente de semente e afilho, expressos por competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamento relativo (K) e de competitividade (C). FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2019.....73

Tabela 9- Controle (%) de <i>S. microstachyum</i> em função do uso de herbicidas pós-emergentes avaliados aos 7; 14 e 21 dias após a aplicação (DAT). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2019.....	81
Tabela 10- Controle (%) de <i>S. microstachyum</i> em estágio de touceira, em função do uso de herbicidas pós-emergentes avaliados aos 15; 22 e 34, 49 e 63 dias após tratamento (DAT). Tupanciretã-RS, 2018.....	83
Tabela 11- Controle (%) de <i>S. microstachyum</i> em estágio de touceira, em função do uso de herbicidas pós-emergentes avaliados aos 8; 20, 41 e 56 dias após tratamento (DAT). Tupanciretã-RS, 2019.....	85

Sumário

1 Introdução geral.....	17
2. Capítulo I – Superação de dormência e temperaturas limiares para germinação de espécies de capim-rabo-de-burro.....	23
2.1 Introdução.....	23
2.2 Material e Métodos	25
2.2.1 Superação de dormência de espécies de capim-rabo-de-burro	26
2.2.2 Indução de dormência secundária pelo frio	27
2.2.3 Temperaturas limiares para germinação de capim-rabo-de-burro..	28
2.3 Resultados e Discussão	29
2.3.1 Superação de dormência de capim-rabo-de-burro	30
2.3.2 Indução de dormência secundária pelo frio	32
2.3.3 Temperaturas limiares para germinação de capim-rabo-de-burro..	32
2.4 Conclusões	39
3. Capítulo II – Diferenciação morfológica e anatomia foliar de espécies de capim rabo-de-burro ocorrentes no Estado do Rio Grande do Sul	40
3.1 Introdução.....	40
3.2 Material e Métodos	41
3.3.2 Caracterização anatômica das espécies de capim-rabo-de-burro..	42
3.3 Resultados e Discussão	44
3.3.1 Caracterização morfológica das espécies de capim-rabo-de-burro	44
3.3.2 Caracterização anatômica das espécies de capim-rabo-de-burro..	46
3.4 Conclusões	50
4. Capítulo III – Custo adaptativo e habilidade competitiva de <i>Schizachyrium microstachyum</i> em convivência com soja.....	52
4.1 Introdução.....	52
4.2 Material e Métodos	54

4.2.1 Custo adaptativo de <i>S. microstachyum</i> proveniente de semente e afilho.....	55
4.2.2 Habilidade competitiva de <i>S. microstachyum</i> , proveniente de semente e afilho, em convivência com soja.....	56
4.3 Resultados e Discussão	59
4.3.1 Custo adaptativo de <i>S. microstachyum</i> proveniente de semente ou afilho.....	59
4.3.2 Habilidade competitiva de <i>S. microstachyum</i> , proveniente de semente e afilho, em convivência com soja.....	68
4.4 Conclusões	75
5. Capítulo IV – Controle químico de <i>Schizachyrium microstachyum</i> em diferentes estádios de desenvolvimento	76
5.1 Introdução.....	76
5.2 Material e Métodos	78
5.2.1 Controle químico de <i>S. microstachyum</i> em estágio inicial de desenvolvimento	78
5.2.2 Controle químico de inverno de <i>S. microstachyum</i> em estágio de touceira	79
5.3 Resultados e Discussão	80
5.3.2 Controle químico de <i>S. microstachyum</i> em estágio inicial de desenvolvimento	81
5.3.2 Controle químico de inverno de <i>S. microstachyum</i> em estágio de touceira	81
5.4 Conclusões	89
6. Considerações finais.....	90
Referências	92

1 Introdução geral

O agronegócio corresponde a 21,1% do produto interno bruto (PIB) brasileiro e é responsável por 42,4% das exportações nacionais (CNA BRASIL, 2019). Nesse cenário, a soja se destaca como principal commodity, com 96.718.000 toneladas exportadas no ano de 2019.

O cultivo da soja é a atividade agrícola com maior incremento de produção e área no país nos últimos dez anos. São, em média, 103 milhões de toneladas produzidas e expansão de 1.244.000 hectares anuais neste período. Para 2019/20 estima-se produção de 122,4 milhões de toneladas, em área equivalente a 36,4 milhões hectares (CONAB, 2020). Neste cenário, o Rio Grande do Sul (RS) é o segundo maior produtor nacional, representando 16,7% do total produzido (CONAB, 2020).

A manutenção do potencial produtivo da soja é dependente do manejo de fatores que podem ser de origem abiótica e biótica. Dentre os fatores bióticos, a incidência de plantas daninhas reduzem a produtividade pela competição por recursos essenciais (VASCONCELOS; SILVA; LIMA, 2012). No entanto, o grau de interferência varia com a cultura, a espécie daninha e o período em que ocorre a interferência, sendo as fases iniciais de desenvolvimento da cultura as mais críticas em seu desenvolvimento (AGOSTINETTO et al., 2014).

Dentre as famílias botânicas com maior número de espécies daninhas está a Poaceae (KISSMANN, 1997). Nessa família, umas das principais e mais diversas tribos é Andropogoneae, com 85 gêneros e 960 espécies (ZANIN, 2001). No Brasil, a tribo representa 10% das espécies de poaceas catalogadas (HARTLEY, 1958).

Pertencem a esta tribo duas espécies daninhas emergentes nas lavouras de soja do RS. São elas *Andropogon bicornis* e *Schizachyrium microstachyum*, popularmente denominadas capim-rabo-de-burro. Apesar de pertencerem a gêneros distintos, as espécies se assemelham, principalmente pelo ciclo perene, ramos floríferos abundantes, alta produção de sementes com plumas e, em fase de senescência secam, dificultando o reconhecimento das características que as diferem. As espécies são ainda descritas como glabras, cespitosas, de porte ereto, com sistema radicular fasciculado, sem ocorrência de rizomas (NEVES, 2010; ZANIN; LONGHI-WAGNER, 2011).

A distinção das espécies de capim-rabo-de-burro é feita principalmente observando as estruturas reprodutivas, onde *A. bicornis* possui duas flores férteis por espiguetas, ausência de aristas, dois ramos floríferos por espatéola e conjunto de espiguetas dispostos em linha reta. Por outro lado, *S. microstachyum* apresenta uma flor fértil por espiguetas, um ramo florífero por espatéola e fruto aristado. Além disso, em estágio vegetativo, é possível identificar *A. bicornis* pela presença de pilosidades na lígula, que não ocorrem em *S. microstachyum*, e, de modo geral, o limbo foliar de *A. bicornis* é mais estreito e comprido (ZANIN; LONGHI-WAGNER, 2011; WELKER; LONGHI-WAGNER, 2012).

Quando se pensa em dinâmica populacional e sucessão de espécies, sabe-se que a predominância destas no ambiente é dependente das condições do local e da adaptação das plantas a estas condições. Estes aspectos são reflexo das características genéticas e ecofisiológicas das espécies, tais como exigência e eficiência na utilização de recursos, disseminação no tempo e espaço, produção de sementes, ciclo de vida e possibilidade de propagação vegetativa (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007). Nesse sentido, a sucessão e dominância de espécies é ditada por eventos naturais, ou provocados pelo homem, e os fatores que ocasionam na eliminação ou sobreposição de uma espécie são denominados agentes selecionadores, sendo os principais deles os fatores climáticos.

O rápido estabelecimento de uma planta está diretamente relacionado com a época e tempo de germinação, sendo seu comportamento ditado pelas características da espécie (KOGER; REDDY; POSTON, 2004). Nesse sentido, compreender a dinâmica do banco de sementes é fundamental para

compreensão da sucessão das espécies, de sua invasividade e para o desenvolvimento de estratégias de manejo integrado de plantas daninhas, além, permitir a diferenciação entre espécies de complexos semelhantes.

O processo germinativo tem início quando as condições ambientais são favoráveis, sendo que a planta desenvolve mecanismos genéticos, para evitar a germinação e desenvolvimento em condições desfavoráveis (GRAEBER et al., 2012; CHIANG et al., 2011). Os principais mecanismos desenvolvidos são a dormência e quiescência. A dormência pode ser primária, quando fatores endógenos impedem a germinação, mesmo em ambiente favorável; e secundária, quando fatores ambientais induzem a semente a entrar em dormência (FINCH-SAVAGE; LEUBNER-METZGER, 2006; HE et al., 2014). Já, a quiescência acontece quando as condições ambientais limitam a germinação da espécie (FLOSS, 2011).

Para estudos envolvendo germinação, emergência e ecofisiologia de plantas daninhas, é fundamental que as sementes trabalhadas não estejam dormentes, para uniformizar e padronizar as amostras e isolar os fatores, mantendo as demais condições constantes. Nesse sentido, existem diferentes métodos de superação de dormência e sua eficiência varia conforme o tipo de dormência da espécie. Dentre os métodos mais utilizados estão o uso de temperatura, hormônios e tempo de armazenamento, em caso de dormência fisiológica. Já água e ácido sulfúrico são comumente utilizados em casos de dormência física e morfológica (NÉE et al., 2017).

Quando não dormentes, o processo germinativo ocorre inicialmente com uma fase de rápida absorção de água, com posterior estabilização no conteúdo hídrico e, ao final, rápida absorção para protusão da raiz primária (BEWLEY; BLACK, 1994). Nesse sentido, a disponibilidade hídrica é fundamental para que ocorra a germinação. Quando o potencial hídrico do solo não é limitante, a temperatura torna-se o principal fator que define o fluxo de emergência das plantas (BLANCO, 2014).

As plantas possuem uma faixa de temperatura na qual a germinação ocorre, havendo três pontos básicos que definem a dinâmica de germinação, são estes, a temperatura basal, a ótima e a máxima. A temperatura base, corresponde a temperatura abaixo da qual não ocorre desenvolvimento do embrião ou da planta e a partir da qual haverá acúmulo térmico para

desenvolvimento, estando diretamente relacionada à velocidade de germinação e tolerância a baixas temperaturas. A temperatura ótima corresponde à expressão do potencial máximo de germinação em menor período de tempo (POPINIGIS, 1985). Desse modo, à partir da temperatura base, a velocidade de emergência aumenta, até alcançar a temperatura ótima, acima da qual ocorre queda no potencial germinativo até zerar na temperatura máxima, que corresponde ao ponto à partir do qual ocorre inviabilização das sementes.

Depois de estabelecida no ambiente, um dos fatores que irá determinar a predominância ou não da espécie é sua competitividade. Nesse sentido, conhecer seu ciclo de vida e a habilidade competitiva podem inferir a capacidade e eficiência na captação de recurso das espécies, bem como sua exigência. A partir do conhecimento destas características, é possível estimar os danos reais que determinada planta daninha irá causar na cultura, conforme a época de emergência (AGOSTINETTO et al., 2013).

Plantas perenes, tem seu desenvolvimento inicial lento, pelo investimento energético deslocado na produção de estruturas de reserva, que facilitem sua manutenção em condições adversas (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007). Desse modo, espera-se que a habilidade competitiva desta classe de plantas seja alterada ao longo dos anos, tendendo a aumentar à medida que suas estruturas de reserva aumentam, facilitando a captação de nutrientes e dificultando medidas de manejo.

Para determinação das interações competitivas entre culturas e plantas daninhas, existem vários métodos, que consideram fatores de densidade, proporção e arranjo espacial entre as plantas. Entretanto, estudos em série de adição, acompanhados de série de substituição são os mais utilizados por sua praticidade, além de manterem densidade e nicho constantes, permitindo avaliar a competição intra e interespecífica (AGOSTINETTO et al., 2009). Já, o valor adaptativo refere-se ao sucesso evolutivo combinando características de sobrevivência e reprodução, sendo utilizadas taxas de crescimento e produção de sementes, detectando assim possíveis diferenças funcionais e estruturais entre genótipos (HOLT; RADOSEVICH, 1983).

Em ambientes cultivados, os herbicidas são a principal forma de manejo de plantas daninhas (CÔRREA et al., 2014). Entretanto, para evitar a ocorrência de resistência e se ter bom controle de plantas daninhas, rotacionar

e associar diferentes mecanismos de ação herbicidas e, principalmente, saber a época de aplicação correta são informações fundamentais para um manejo eficiente (AGOSTINETTO; VARGAS, 2014).

Em estádios iniciais, as plantas são sensíveis aos herbicidas, exceto quando apresentam mecanismos de tolerância. Entretanto, a medida em que se tornam adultas, com o desenvolvimento das estruturas de reserva, maior taxa de lignificação e incremento no teor de cera das folhas, aumenta a tolerância das espécies ao herbicida, facilitando o rebrote. Desse modo, o ponto chave no incremento das populações de Poaceas perenes como capim-amargoso (*Digitaria insularis*), e mais recentemente capim-rabo-de-burro, ocorre principalmente quando a planta pereniza e já possui estruturas de reserva (GEMELLI et al., 2012).

Para evitar a perenização das espécies poaceas e controlar as touceiras já ocorrentes é necessário uso de herbicidas de ação sistêmica, que permitam a translocação para os órgãos de reserva. Com esse objetivo, as principais alternativas são os inibidores da 5-enolpiruvilshiquimato 3-fosfato-sintase (EPSPs) e da Acetil-CoA carboxilase (ACCase). A utilização desses dois mecanismos de ação vem sendo a principal alternativa no controle de poaceas anuais, como capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*) e perenes, como capim-amargoso, sendo que, para este último, a associação de herbicidas demonstra ter efeito sinérgico no controle de plantas estabelecidas, suprimindo a ocorrência de rebrotes em até 90% (BARROSO et al., 2010; PETERNELA et al., 2014).

Pensando na rotação de mecanismos de ação herbicida, outra alternativa no controle de poaceas perenes é o uso dos inibidores da GS. Estudos tem demonstrado que sua utilização isolada, ou em aplicações sequenciais tem obtido bons resultados de controle, quando ocorre na época adequada (BARROSO et al., 2014). Seu uso pode ser concentrado principalmente em manejo de dessecação ou para controle de escapes em lavouras de soja transgênica.

As espécies de capim-rabo-de-burro são novas plantas daninhas na cultura da soja com impacto ainda regional. Nesse sentido, são limitados os trabalhos encontrados na literatura que avaliem suas características morfológicas e anatômicas com o objetivo de elucidar sua relação com a

habilidade competitiva das espécies, a baixa eficiência dos herbicidas ou na adaptação ao ambiente. Sabe-se que a planta produz pouca biomassa vegetal, o que em teoria reduz sua habilidade competitiva. Entretanto, aspectos como seu porte alto e adaptação a ambientes adversos podem favorecer seu desenvolvimento. Além disso, a planta possui mecanismo fotossintético do tipo C4, que possui menor índice de fotorrespiração, aproveitando a energia luminosa de forma mais eficiente (FLOSS, 2011).

São limitadas também as informações acerca da ecofisiologia das espécies quanto à germinação e desenvolvimento vegetativo. Tampouco existem trabalhos que abordem sua habilidade competitiva quando em convívio com a cultura da soja, onde a sua ocorrência é mais frequente. Nesse sentido, é fundamental o desenvolvimento de estudos que visem sanar estas dúvidas e permitam elaborar estratégias de manejo, visando controlar e impedir a disseminação das espécies no ambiente.

Considerando as limitadas informações sobre as espécies, o presente trabalho tem como objetivo diferenciar *A. bicornis* e *S. microstachyum* quanto à ocorrência de dormência primária, temperaturas limiares para germinação e morfoanatomia; avaliar o custo adaptativo de plantas de *S. microstachyum* provenientes de semente e afilho e a habilidade competitiva das diferentes formas de propagação da planta daninhas com a soja; e, propor alternativas de controle químico para *S. microstachyum*. As hipóteses desse trabalho baseiam-se em que as espécies de capim-rabo-de-burro possuem dormência primária e quiescência e, o aumento da temperatura incrementa a germinação até aproximadamente 25°C, que plantas provenientes de propagação vegetativa apresentam desenvolvimento mais rápido do que quando provenientes de semente e que ambas formas de reprodução, quando em competição com a cultura da soja, apresentam menor habilidade competitiva e; quando em estágio inicial de desenvolvimento são bem controladas por herbicidas, sendo suas dificuldades de manejo provenientes de sua perenização e que a associação de inibidores de EPSPs e ACCase tem efeito sinérgico no manejo de touceiras.

2. Capítulo I – Superação de dormência e temperaturas limiares para germinação de espécies de capim-rabo-de-burro

2.1 Introdução

As plantas daninhas representam cerca de 34% das perdas de produtividade das culturas a nível mundial, sendo seu nível de dano dependente do estágio da cultura no momento da interferência e da espécie daninha ocorrente (DÉLYE; JASIENIUK; LE CORRE, 2013; AGOSTINETTO et al., 2014). Nesse sentido, espécies pertencentes à família Poaceae destacam-se em ambientes agrícolas principalmente por sua alta competitividade com culturas.

Dentre as espécies pertencentes à família Poaceae que vem ganhando destaque no setor agrícola, principalmente pelas dificuldades de manejo que apresentam, encontram-se *Andropogon bicornis* e *Schizachyrium microstachyum*, popularmente denominadas capim-rabo-de-burro. Ambas são espécies nativas, perenes, com alta e continuada produção de sementes, sendo estas pequenas e plumosas, constituindo a principal forma de propagação das espécies (ZANIN; LONGHI-WAGNER, 2006; WELKER; LONGHI-WAGNER, 2012).

As sementes dispersas no solo compõem o banco de sementes, mas a longevidade destas depende das características da semente (tegumento, tipo de reserva), do nível de dormência e das condições ambientais as quais é exposta. Nesse sentido, o banco de sementes é dividido em quatro categorias, onde as classes um e dois envolvem espécies transitórias, em geral poaceas, cujas sementes não persistem por mais de um ano no local, enquanto as classes três e quatro constituem o banco persistente, cujas sementes se

manterão longevas por maior período de tempo (REDDY; POSTON, 2004; RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007).

A longevidade do banco de sementes e sua dispersão no tempo é dependente da dormência, primária ou secundária e da quiescência (HE et al., 2014). A dormência primária é inata da espécie e a semente se desprende da planta mãe inapta para germinar, seja por fatores fisiológicos, morfológicos, morfofisiológico, e física/fisiológica (BASKIN; BASKIN, 2004; FLOSS, 2011). Em contrapartida, a dormência secundária ocorre quando condições ambientais induzem a semente a entrar em dormência após desprenderem da planta mãe, sendo puramente fisiológico (BASKIN; BASKIN, 2004). Ambos processos são regulados por fatores ambientais, tanto em sementes já existentes no banco, como aquelas ainda na planta mãe (GRAEBER et al., 2012). Em oposição à dormência, a quiescência ocorre quando um ou mais fatores ambientais são desfavoráveis para a espécie, limitando a germinação, impedindo que a planta inicie seu desenvolvimento em condições que não garantam o estabelecimento (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007).

Quando não dormentes, o processo germinativo tem início com a embebição da semente em quantidade suficiente para que ocorra a reativação dos processos metabólicos (BRAGA et al., 2009). Não havendo limitações na germinação pelo potencial hídrico, a temperatura passa a ser o fator definitivo no processo germinativo (BEWLEY; BLACK, 1994). Nesse sentido, a germinação ocorre em faixa de temperatura que varia conforme a espécie, tendo ponto mínimo, ótimo e máximo. Abaixo da temperatura mínima, não ocorre germinação, mas a semente fica quiescente ou pode ser induzida à dormência secundária (ALVARADO; BRADFORD, 2002). Por outro lado, na temperatura máxima a semente perde a viabilidade pela desnaturação das proteínas e rompimento de membranas (TAIZ et al., 2017). Cada espécie possui temperatura ótima para a germinação, ponto onde esta é mais rápida e uniforme e, a partir do qual o percentual de germinação reduz.

Esses parâmetros de temperatura determinam a velocidade dos fluxos de emergência no campo, mas dependem do nível de dormência da espécie. Assim, conhecer os mecanismos de dormência e temperaturas limiares que favorecem a germinação das espécies de capim-rabo-de-burro é essencial para compreender os padrões de emergência das espécies no campo,

auxiliando na compreensão da evolução das espécies no ambiente e nas áreas cultivadas, contribuindo na elaboração de estratégias de manejo integrado que visem a redução do banco de sementes.

O presente trabalho tem como hipóteses que ambas espécies possuem dormência primária e quiescência e, o aumento da temperatura incrementa a germinação até aproximadamente 25°C. Sendo assim, objetivou-se determinar os tipos e mecanismos de dormência de *A. bicornis* e *S. microstachyum*, o melhor método para sua superação e estimar as temperaturas limiares para germinação de ambas espécies.

2.2 Material e Métodos

Foram realizados experimentos de germinação com *A. bicornis* e *S. microstachyum* no laboratório do Centro de Estudos em Herbologia (CEHERB) da Universidade Federal de Pelotas (UFPel) no período de março a novembro de 2019. Para tal, coletaram-se sementes de cada espécie à partir de populações espontâneas localizadas nos municípios de Tupanciretã e Boa Vista do Cadeado, respectivamente. As plantas foram selecionadas com base na observação da inflorescência, sendo observada a maturidade fisiológica das sementes, armazenando o material selecionado em envelopes de papel para transporte.

Inicialmente estimou-se o percentual de sementes vazias por planta. Para tal, foram selecionadas amostras de cinco plantas para *A. bicornis* e dez para *S. microstachyum*, devido ao menor número de plantas encontradas no local, e selecionadas 500 cariopses ao acaso em cada amostra. Após, as sementes foram descascadas e feita a contagem de sementes vazias.

A amostra com menor percentual de sementes vazias, de cada espécie, foi selecionada e submetida aos testes de germinação e viabilidade e posteriormente utilizadas para realização dos experimentos de superação de dormência e temperatura. Para *S. microstachyum* foi realizado ainda estudo complementar avaliando a indução de dormência secundária pelo frio. Depois, realizou-se experimento para estimar as temperaturas limiares de germinação destas espécies.

2.2.1 Superação de dormência de espécies de capim-rabo-de-burro

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), com dez tratamentos e quatro repetições, onde cada unidade experimental consistiu em uma caixa gerbox contendo 50 sementes. As sementes previamente selecionadas e testadas quanto à ocorrência de dormência e viabilidade (dados não apresentados) foram submetidas a dez tratamentos, conforme segue:

- **Testemunha:** sem nenhum tratamento;
- **Nitrato de potássio (KNO₃):** as sementes foram colocadas em caixa gerbox com papel mata-borrão embebido com 12 mL da solução de KNO₃ a 0,2%;
- **Escarificação química (H₂SO₄):** as sementes foram colocadas em becker contendo ácido sulfúrico, com dois tempos de exposição, um e três minutos. Após as sementes foram retiradas com auxílio de peneira plástica de malha fina e lavadas com água destilada corrente por dois minutos;
- **Ácido giberélico (GA₃):** as sementes foram colocadas em becker contendo ácido giberélico a 2 ppm por dois diferentes tempos, três e sete dias;
- **Embebição em água:** as sementes foram colocadas em becker contendo água destilada, mantidas em BOD a 25°C por três e sete dias;
- **Água quente:** as sementes foram colocadas em recipiente contendo água destilada, aquecida a 60°C, por cinco minutos.
- **Frio:** as sementes foram acondicionadas e sacos de papel e caixa gerbox durante quinze dias dentro de um congelador, a temperatura de -6°C.

Após o tempo de realização de cada tratamento, as sementes foram distribuídas em caixas gerbox, contendo papel mata-borrão previamente umedecido com água destilada em volume equivalente a 2,5 vezes o peso do papel e mantidas em BOD a 25 °C e fotoperíodo de quatorze horas, por quatorze dias. Foram realizadas contagens de plântulas normais aos sete e quatorze dias após a aplicação dos testes. Ao final do período as cariopses foram descascadas, para verificar quantas estavam vazias e as sementes não germinadas foram submetidas a teste de tetrazolio.

Para o teste de viabilidade, as sementes foram cortadas transversalmente o mais próximo possível da base a fim de expor o embrião. Após, foram colocadas em becker protegido com papel alumínio, contendo a solução de sal de tetrazolio a 1% por 16 horas a 25°C. Foram consideradas sementes viáveis aquelas que apresentavam coloração rosa ou carmim (BRASIL, 2009).

Em posse do número de cariopses vazias e do número de sementes inviáveis, calculou-se o percentual de sementes germinadas e inviáveis. Os resultados obtidos foram analisados quanto à normalidade (teste de Shapiro Wilk) e homocedasticidade (teste de Hartley). Em sequência realizou-se a análise da variância ($p \leq 0,05$). Quando constatada significância estatística, os tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

2.2.2 Indução de dormência secundária pelo frio

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 3x6, onde o fator A representou as temperaturas e o fator B o tempo. Para tal, as sementes de *S. microstachyum* previamente selecionadas foram submetidas a três regimes de temperatura durante seis meses para avaliar a possível indução de temperatura ocasionada pelo frio. Para tal amostras mantidas dentro de envelope de papel foram colocadas em placas gerbox contendo 50 sementes e armazenadas dentro de congelador, a temperatura média de -6 °C; em geladeira, a temperatura média de 4 °C; e, em câmara de armazenamento, a temperatura média de 15 °C, todas com 14 horas de luz. Mensalmente foram retiradas das amostras 200 sementes para realização de teste de germinação.

Para o teste as sementes eram desaristadas e colocadas em placas gerbox com papel mata-borrão embebido em água com volume correspondente a 2,5 vezes o peso do papel. As placas foram levadas a BOD e mantidas a temperatura constante de 25 °C, sendo feitas contagens de germinação aos sete e quatorze dias após a instalação do experimento. Posteriormente eram contadas sementes vazias e feito teste de tetrazolio com as sementes remanescentes, obtendo-se o percentual de sementes germinadas, dormentes e inviáveis.

Os resultados obtidos foram analisados quanto à normalidade (teste de Shapiro Wilk) e homocedasticidade (teste de Hartley). Em sequência realizou-se a análise da variância ($p \leq 0,05$).

2.2.3 Temperaturas limiares para germinação de capim-rabo-de-burro

Visando obter as temperaturas limitares para germinação das espécies foi realizada curva de temperatura expondo as espécies a sete temperaturas (10, 15, 20, 25, 30, 35 e 40 °C). Os experimentos foram realizados em delineamento experimental DIC, com quatro repetições, sendo que para *A. bicornis*, realizou-se uma única vez devido ao limitado número de sementes e para *S. microstachyum* o experimento foi repetido duas vezes.

Foram distribuídas 50 sementes em cada caixa gerbox sobre papel mata-borrão, embebido com água em volume equivalente a 2,5 vezes o peso do papel. Para *A. bicornis* as sementes foram embebidas em ácido giberélico por cinco dias para superação da dormência. Após, os cinco dias as sementes eram colocadas em gerbox com papel mata-borrão. Já, para *S. microstachyum*, visando facilitar a colocação da semente no papel mata-borrão, as sementes eram desaristadas manualmente.

O material foi mantido em BOD nas temperaturas conforme os tratamentos e com fotoperíodo de 14 horas de luz. A contagem de germinação foi realizada diariamente, considerando como semente germinada aquela que apresentasse comprimento da radícula superior a 2 mm. Para *A. bicornis* considerou-se o dia em que as sementes foram embebidas enquanto para *S. microstachyum*, o ponto zero foi no dia da semeadura.

Para avaliar o efeito da temperatura na superação da dormência, as amostras de cada tratamento foram mantidas nas BOD's com sua respectiva temperatura durante o período de embebição. As contagens foram encerradas quando nenhuma germinação adicional foi observada por quatro dias. Posterior à finalização dos testes as cariopses foram descascadas para contar as vazias e, em seguida, as sementes não germinadas foram submetidas a teste de tetrazolio.

Os dados obtidos foram analisados quanto à normalidade (teste de Shapiro Wilk) e, homocedasticidade (teste de Hartley) e, posteriormente, submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$). Quando constatada significância estatística, fez-se análise de regressão por meio de scripts software R (R Core Team, 2012).

A partir do número de sementes germinadas nas diferentes temperaturas foi possível determinar as taxas de germinação cumulativa. Para cada temperatura a função logística de Weibull foi ajustada:

$$y = a \left[1 - e^{-\left(x - T_{50} + \frac{b \ln 2^{\frac{1}{c}}}{b}\right)c} \right]$$

onde: y é a porcentagem de emergência; x é o tempo expresso em dias; e , a , b , c e T_{50} são constantes derivadas empiricamente, sendo a o percentual máximo de emergência registrada; b a taxa de aumento; c o parâmetro de forma; e, T_{50} o tempo necessário para obter 50% de emergência.

O tempo necessário para a germinação de metade do total de sementes germinadas (T_{50}) foi calculado para cada temperatura. Assim, para determinar a temperatura base, ótima e máxima, a taxa de germinação foi estimada em $1/T_{50}$ e duas regressões lineares independentes (sub e supra ótima) foram geradas com as taxas de germinação das quatro repetições em função da temperatura de incubação (DUMUR et al., 1990). A temperatura base (T_b) e a máxima (T_{max}) foram estimadas como o intercepto da linha de regressão com a abscissa (eixo da temperatura). Então, a temperatura ótima (T_o) foi calculada da interceptação dessas duas linhas de regressão (DUMUR et al., 1990), usando os interceptos e a inclinação dessas duas equações de regressões:

$$T_o = (a_2 - a_1) / (b_1 - b_2)$$

onde os valores de a representam os percentuais máximos de emergência nos pontos e b as taxas de aumento, obtidas no passo anterior.

2.3 Resultados e Discussão

Os resultados serão apresentados segundo a ordem descrita no material e métodos.

2.3.1 Superação de dormência de capim-rabo-de-burro

Nos testes preliminares observou-se ocorrência de dormência apenas para *A. bicornis*, onde não obteve-se germinação, porém 94% das sementes cheias apresentaram viabilidade após teste de tetrazolio (dados não apresentados). Para *S. microstachyum* a germinação foi acima de 80% em todas as repetições, demonstrando não ocorrer dormência nesta espécie (dados não apresentados). Desta forma, seguiu-se o estudo apenas para *A. bicornis*.

A análise de variância indicou haver diferença estatística entre os métodos de superação de dormência utilizados. O único método que diferiu estatisticamente dos demais foi a embebição das sementes em ácido giberélico, sendo este o melhor método de superação dentre os testados (Tabela 1). Observa-se ainda que o incremento de tempo de embebição em ácido giberélico proporcionou incremento no percentual germinativo nas sementes de *A. bicornis*. Os outros tratamentos testados não foram eficientes no tempo e/ou concentração em que foram testados. Esses resultados indicam, que o mecanismo que ocasiona a dormência da espécie é de origem fisiológica.

As metodologias de superação de dormência que utilizaram água em temperatura ambiente, frio e KNO_3 , apesar de ineficientes, não interferiram na viabilidade das sementes, pois não diferiram da testemunha. Já a aplicação de água quente e de H_2SO_4 reduziram a viabilidade das sementes, sendo que, no primeiro caso esta reduziu 26,28% o potencial germinativo em relação à testemunha e, no caso de H_2SO_4 a integridade da semente foi danificada, não sendo possível realizar teste de tetrazolio (Tabela 1).

Tabela 1: Germinação (%) e viabilidade de sementes remanescentes (%) de *A. bicornis* em função da superação de dormência. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2019

Tratamento	Germinação 14 DAS (%)	Viáveis (%)	Inviáveis (%)
Testemunha	0,5 c	76,1 a	29,9 c
Água 3 dias	0,5 c	71,1 a	28,6 c
Água 10 dias	0,0 c	74,9 a	25,1 c
Água quente	1,0 c	56,1 b	43,9 b
Frio	0,0 c	72,7 a	27,3 c
KNO ₃	0,0 c	77,0 a	23 c
H ₂ SO ₄ T ₁	0,0 c	- -	100 a
H ₂ SO ₄ T ₂	0,0 c	- -	100 a
AG 3 dias	48,5 b	73,7 a	26,3 c
AG 7 dias	62,0 a	75,0 a	25 c
CV	39,1	6,8	7,1

* Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). DAS – dias após a semeadura; T₁ – tempo 1 (um minuto); T₂ – tempo 2 (três minutos); AG – ácido giberélico.

Corroborando com a ocorrência de dormência fisiológica da espécie, o armazenamento a 8 °C durante oito meses foi o que proporcionou maior incremento na germinação de *A. bicornis*, indicando a necessidade de vernalização da espécie para superação da dormência (FIGUEIREDO et al., 2012). No presente estudo a não superação da dormência da espécie pelo frio, indica ser necessário período de tempo superior aos quinze dias testados.

Para *A. leocostachyus*, o armazenamento das sementes em temperatura ambiente incrementou o percentual germinativo (FIGUEIREDO et al., 2012). Ao serem armazenadas por sete meses em temperatura ambiente, *A. bicornis* e *A. selbanus* tiveram incremento no percentual germinativo, sendo que, quanto maior a exposição à luz, maior o incremento no percentual germinativo (CARMONA; MARTINS; FÁVERO, 1998).

Efeito similar da aplicação de ácido giberélico foi obtido em *A. gayanus*, onde testou-se o efeito de diferentes concentrações de giberelina na germinação e qualidade fisiológica das sementes. Neste trabalho, houve incremento na germinação da espécie até a concentração de 225 mg L⁻¹ de ácido giberélico, concentração a partir da qual observou-se redução na germinação (FEITOSA et al., 2005).

A dormência fisiológica parece ser característica das espécies do gênero *Andropogon* sendo esta decorrente de diversos fatores, como embrião imaturo

ou dormente ou existência de substâncias inibidoras na semente que impedem sua germinação (CARMONA; MARTINS; FÁVERO, 1998; FEITOSA et al., 2005; FIGUEIREDO et al., 2012). Nos três casos, o armazenamento e/ou a aplicação de hormônio promotor da germinação mostram-se eficazes na superação da dormência (TAIZ et al., 2017).

A dormência é um mecanismo de sobrevivência das espécies que garante sua disseminação no tempo. De acordo com o tipo e grau de dormência ocorrem os fluxos de emergência ao longo do tempo, permitindo que parte da prole escape dos métodos de controle realizados nas lavouras e que a germinação ocorra nas épocas do ano mais favoráveis para o desenvolvimento da espécie (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007). Nesse sentido, *A. bicornis* é favorecido em relação a *S. microstachyum* por esse não possuir mecanismo de dormência. Entretanto este não parece ser fator limitante na invasividade de *S. microstachyum* nas lavouras, pois vem sendo observada com maior frequência em ambiente cultivado em detrimento de *A. bicornis* e foi a única observada nas lavouras estudadas até o momento (dados não apresentados).

2.3.2 Indução de dormência secundária pelo frio

Os resultados dos testes de homocedasticidade e normalidade para o experimento de germinação em função da temperatura e tempo, indicaram não ser necessária transformação dos dados para nenhuma das espécies. A análise de variância demonstrou não haver interação entre os fatores e não se verificou significância estatística (dados não apresentados). Para todos os tratamentos constatou-se germinação superior a 85%, indicando não haver indução de dormência pelo frio, bem como não ocorreu estímulo na germinação ocasionado pelas baixas temperaturas.

2.3.3 Temperaturas limiaries para germinação de capim-rabo-de-burro

Os resultados dos testes de homocedasticidade e normalidade para o experimento de germinação em função da temperatura, indicaram não ser

necessária transformação dos dados para nenhuma das espécies. De acordo com os resultados da análise de variância, a temperatura influencia na germinação *A. bicornis* e *S. microstachyum*. Em ambos casos, os dados se ajustaram a equação sigmoide de quatro parâmetros de Weibull (Figura 1), sendo que os valores de R^2 variaram de 0,94 a 0,99, para a primeira época e de 0,84 a 0,94 para a segunda época de germinação (Tabela 2).

A germinação de *A. bicornis* por sua vez, foi nula quando as sementes foram mantidas nas temperaturas de 10 °C, 15 °C e 40 °C (Figura 1). O percentual e velocidade de germinação cresceu linearmente entre os 20 °C até os 35 °C, ponto a partir do qual a germinação reduz novamente, indicando que a temperatura ótima para a espécie se encontra próxima a esse valor.

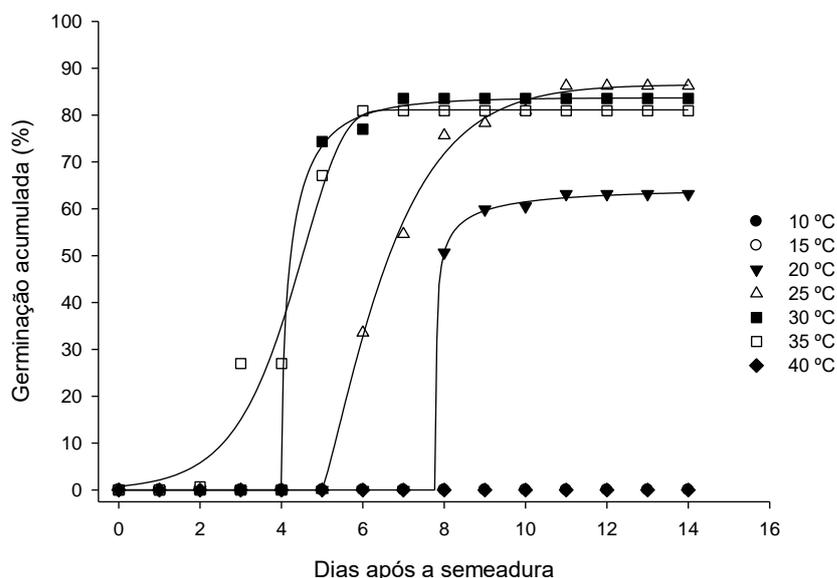


Figura 1: Curva cumulativa de germinação para *Andropogon bicornis* em diferentes temperaturas em função do tempo em dias. As linhas foram ajustadas conforme modelo de Weibull. FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2019

Os valores obtidos para o parâmetro a , que representam a taxa máxima de germinação, indicam que, entre os 25°C a 35°C encontra-se a faixa ótima de germinação para a espécie (Tabela 2). Entretanto, aos 20°C, a taxa reduz 34,1% em relação a temperatura de 25°C, que obteve maior taxa. Além da menor taxa germinativa, aos 20°C o tempo necessário para germinação de 50% das sementes também foi superior, necessitando aproximadamente duas vezes mais tempo que as temperaturas de 30°C e 35°C para germinação de 50% da amostra. Tratando das temperaturas cardiais, obtidas pelo inverso de

T_{50} (Figura 2), a temperatura base estimada foi de 11,092 °C, a ótima 31,95 °C e a máxima 39,90 °C.

Tabela 2: Parâmetros estimados (a, T_{50} , b, c) da função de Weibull ajustada a dados de temperaturas constantes de 20, 25, 30 e 35 °C na figura 1 para *Andropogon bicornis*. FAEM/UFPEL, Capão do Leão/RS, 2019

Temp.	a	T_{50}	b	C	R^2
20°C	64,51 ±9,30	7,82 ±0,96	0,04 ns	0,28 ns	0,99
25°C	86,50 ±3,06	6,37 ±0,15	1,88 ±0,35	1,21 ±0,08	0,94
30°C	83,72 ±1,29	4,14 ±0,41	0,27 ±0,01	0,56 ±0,09	0,99
35°C	81,11 ±1,46	4,20 ±0,26	ns	ns	0,94

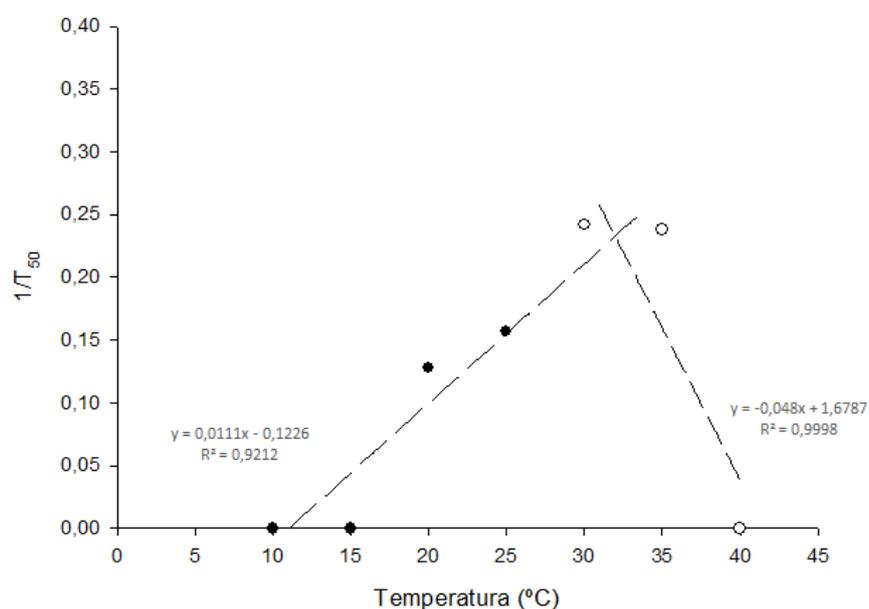


Figura 2: Linha de regressão ajustada aos resultados $1/T_{50}$, nas faixas de temperatura sub-ótima e supra-ótima em resposta a diferentes temperaturas para *Andropogon bicornis*. Símbolos são observações e as linhas são as regressões lineares ajustadas. FAEM/UFPEL, Capão do Leão/RS, 2019

Para *S. microstachyum* a germinação foi nula quando as sementes foram mantidas nas temperaturas de 10 °C e 40 °C em ambos experimentos (Figura 3). Já, aos 15 °C, observou-se atraso na germinação em relação às demais, sendo iniciado o processo germinativo aos 14 dias após o início das contagens. No primeiro experimento, constatou-se que, entre os 20 °C e 35 °C houve aumento na velocidade de germinação e, a partir desta temperatura o percentual e velocidade de germinação decaiu até se tornar nulo em 40 °C. Para o segundo experimento, verificou-se que o aumento na velocidade e percentual germinativo ocorreu dos 20°C aos 30 °C, com posterior redução na

velocidade e percentual germinativo a partir dos 35 °C, sendo, de modo semelhante a primeira época, nulo aos 40 °C.

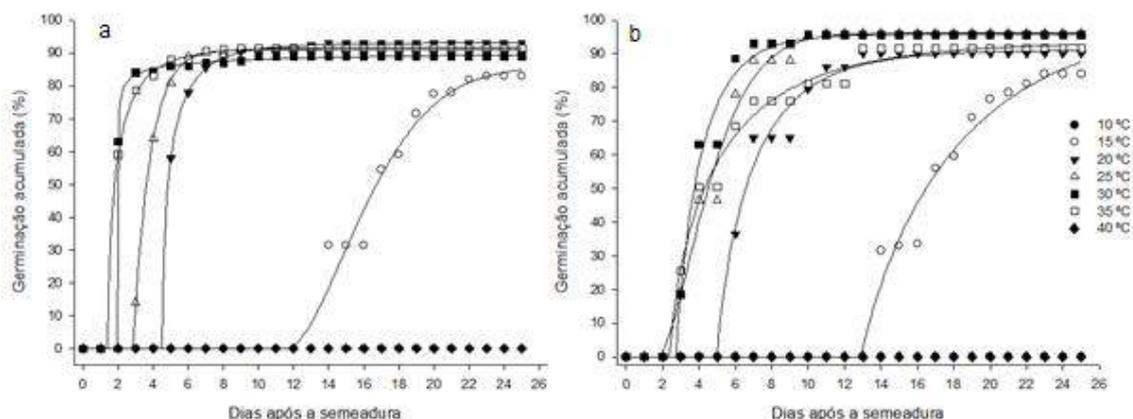


Figura 3: Curvas cumulativas de germinação para *Schizachyrium microstachyum* em diferentes temperaturas na primeira e segunda repetição do experimento em função do tempo em dias. As linhas foram ajustadas conforme modelo de Weibull. FAEM/UFPeL, Capão do Leão/RS, 2019

Os valores obtidos para o parâmetro a , variaram entre os experimentos, mas indicam que, *S. microstachyum* possui maior plasticidade de germinação. Entretanto, aos 15°C, ocorre atraso na germinação, sendo necessário aproximadamente quatro vezes mais tempo para que ocorra 50% da germinação total.

Tabela 3: Parâmetros estimados (a , T_{50} , b , c) da função de Weibull ajustada a dados de temperaturas constantes de 15, 20, 25, 30 e 35 °C na figura 3 para *Schizachyrium microstachyum*. FAEM/UFPeL, Capão do Leão/RS, 2019

Experimento 1									
Temp	a		T_{50}		b		c		R^2
15°C	85,95	$\pm 4,58^1$	16,08	$\pm 0,28$	5,48	1,08	1,68	$\pm 0,53$	0,94
20°C	93,04	$\pm 0,46$	4,78	$\pm 0,08$	0,52	$\pm 0,24$	0,58	$\pm 0,14$	0,99
25°C	48,44	$\pm 0,09$	4,42	$\pm 0,06$	1,01	$\pm 0,06$	1,17	$\pm 0,08$	0,99
30°C	39,99	$\pm 0,33$	3,34	ns	0,67	$\pm 0,09$	0,66	$\pm 0,09$	0,97
35°C	29,54	$\pm 0,04$	3,75	ns	1,86	$\pm 0,07$	1,56	$\pm 0,07$	0,97
Experimento 2									
15°C	101,37	$\pm 17,94$	16,55	$\pm 1,14$	5,50	$\pm 2,07$	0,88	$\pm 0,20$	0,94
20°C	91,06	$\pm 1,85$	6,32	$\pm 0,17$	2,06	$\pm 0,21$	0,82	$\pm 0,12$	0,94
25°C	96,08	$\pm 1,97$	4,40	$\pm 0,25$	0,34	$\pm 0,12$	0,48	$\pm 0,10$	0,84
30°C	95,80	$\pm 1,22$	3,67	$\pm 0,14$	1,37	$\pm 0,10$	0,97	$\pm 0,09$	0,93
35°C	93,69	$\pm 3,25$	4,06	$\pm 0,19$	2,75	$\pm 0,60$	0,72	$\pm 0,21$	0,92

As temperaturas cardeais para germinação de *S. microstachyum* foram calculadas usando as regressões lineares aplicadas ao inverso do tempo para 50% da germinação (T_{50}). Assim, utilizando os parâmetros das equações

obtidas pela reta na faixa sub-ótima e supra-ótima, a temperatura base estimada foi de 9,99 °C, a ótima 31,98 °C e a máxima 40 °C (Figura 4).

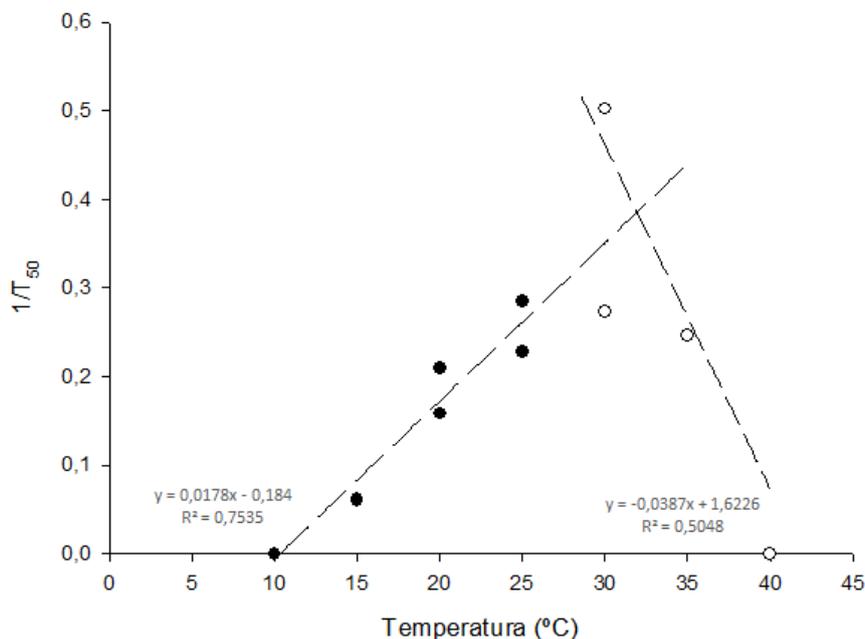


Figura 4: Linha de regressão ajustada aos resultados $1/T_{50}$, nas faixas de temperatura sub-ótima e supra-ótima em resposta a diferentes temperaturas para *Schizachyrium microstachyum*. Símbolos são observações e as linhas são as regressões lineares ajustadas. FAEM/UFPEl, Capão do Leão/RS, 2019

Para ambas espécies observou-se que maior percentual de germinação ocorreu nos primeiros sete dias após a instalação do experimento, nas temperaturas entre 20 °C a 35 °C (Figuras 1 e 3), sendo que o menor tempo para que ocorresse 50% da germinação do lote ocorreu com 30 °C, indicando que a temperatura ótima para germinação destas estava próxima a esta faixa de temperatura (Tabelas 2 e 3). Houve tendência de aumento linear no percentual e homogeneidade da germinação quanto maior a temperatura, até a faixa ótima ($\pm 31^{\circ}\text{C}$), a partir deste ponto verificou-se redução na homogeneidade e percentual germinativo até zerar no ponto máximo de temperatura, no qual ocorre inviabilização das sementes por conta da desnaturação de proteínas, ruptura de membranas e extravasamento celular (ALVARADO; BRADFORD, 2002).

Resultados semelhantes de temperaturas limiares foram encontrados para outras espécies que, apesar de anuais, pertencem à mesma família e tem sua fase reprodutiva em época semelhante à das espécies de capim-rabo-de-burro. Para *Eleusine indica* (capim-pé-de-galinha), embora a temperatura base para germinação tenha sido estimada em 5,0 °C, as temperaturas ótima e

máxima da espécie foram semelhantes à das espécies estudadas, sendo de 38,1 °C e 45,0 °C, respectivamente (SADEGHLOO; ASGHARI; GHADERI-FAR, 2013).

A. bicornis apresentou menor plasticidade e adaptação às condições ambientais para germinação, tendo em vista que aos 20 °C e aos oito dias após a instalação do experimento a germinação inicia e, ao final das contagens, o percentual germinativo é inferior aos demais tratamentos. Enquanto que para *S. microstachyum*, em média aos cinco dias já se obtém germinação maior que 50%. Além disso, *A. bicornis*, na temperatura de 20 °C adquiriu coloração avermelhada e desenvolvimento anormal, enquanto que *S. microstachyum*, mesmo aos 15 °C, embora em maior tempo, desenvolveu plântulas de desenvolvimento e coloração normal (Figura 5). Outro ponto que foi observado em *S. microstachyum*, é o alto percentual germinativo aos 35 °C, mas as plântulas originadas nesta temperatura reduziram visualmente seu tamanho tanto de radícula quanto de parte aérea, o que pode ser indicativo de estresse por alta temperatura.

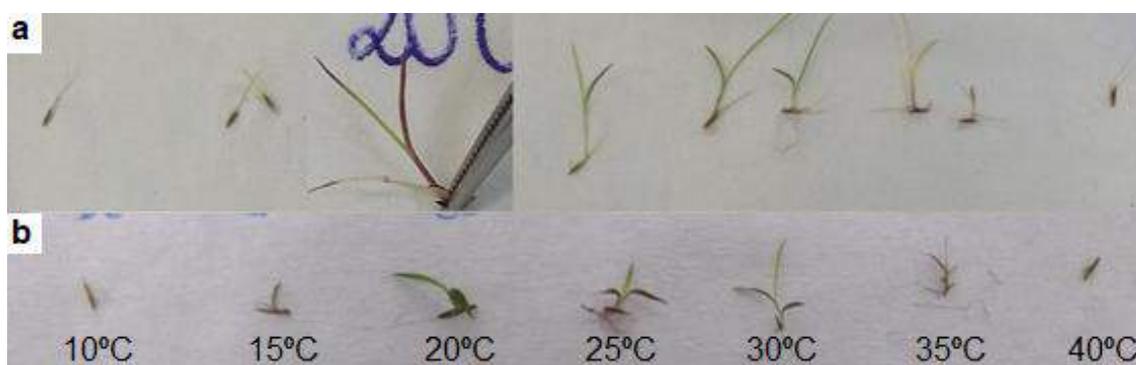


Figura 5: Plântulas de *Andropogon bicornis* (5a) e *Schizachyrium microstachyum* (5b) aos quatorze dias após a sementeira, quando expostas a diferentes regimes de temperatura. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2019

Apesar da diferença no comportamento germinativo das espécies nos diferentes regimes de temperatura, as temperaturas limiares de germinação das espécies foram semelhantes (Figuras 2 e 4). Essa similaridade pode ser justificada pelo fato de ambas pertencerem à mesma tribo, terem em comum seu centro de origem, ciclo de vida e período em que ocorrem os períodos reprodutivos. Além disso, o experimento de germinação de *A. bicornis* foi conduzido por menor tempo, sendo recomendada repetição do experimento

para observar o desenvolvimento das plântulas abaixo de 20°C, nas quais foi observado arroxamento. Esta coloração pode indicar estresse ambiental por baixas temperaturas e é típica de plântulas estimuladas a produzir etileno, sinalizando para a produção de clorofilases, responsáveis pela degradação de clorofilas, e maior formação de xantofilas (BURNS; HARTMOND; KENDER, 1999; FLOS, 2011). Nestas condições, se os experimento tivesse seguimento por maior período de tempo, como em *S. microstachyum*, provavelmente fosse observada morte de plântulas, indicativo de menor tolerância a baixas temperaturas ocasionando na elevação da Tb, o que auxiliaria na compreensão da predominância de *S. microstachyum*.

Nas temperaturas mais altas, observou-se que a superação da dormência de *A. bicornis* ocorreu mais rapidamente, sendo que aos 30 e 35 °C, em média no quarto dia já se obtinha germinação de 50% da amostra, demonstrando o efeito da temperatura na superação da dormência. Esse efeito pode ser decorrente da maior velocidade metabólica que acelera o balanço hormonal na semente, acelerando a superação da dormência (FLOSS, 2011).

Os dados obtidos com as curvas de temperatura, bem como no estudo de indução de dormência pelo frio para *S. microstachyum* demonstram que, abaixo dos 10 °C a semente não é induzida à dormência, apenas torna-se quiescente, por estar sendo exposta à temperatura inferior à base, tornando-se condição limitante para germinação. Entretanto, quando expostas à temperatura de 25°C aos quatorze dias de contagem já se observa germinação superior a 85%.

Grime (1977) elaborou a teoria de que a permanência de uma planta no ambiente está diretamente relacionada a sua capacidade e velocidade de utilização dos recursos. Para o autor, rápida germinação, estabelecimento e desenvolvimento são fundamentais em uma planta competitiva. Em contrapartida, Tilman (1988) considera que o sucesso competitivo é determinado pela menor exigência de recursos. Considerando as duas teorias, o atraso na germinação de *A. bicornis* em relação a *S. microstachyum*, lhe conferem desvantagem no ambiente, não só em relação ao segundo, como também às demais espécies daninhas e culturas. Além disso, pela maior sensibilidade à temperatura e outros fatores não estudados neste trabalho, a espécie possui desenvolvimento inicial lento, que facilita sua supressão no

ambiente, principalmente em regiões de clima frio (KISSMANN, 1997). Nesse sentido, sua permanência no ambiente é explicada principalmente por sua tolerância ao estresse e capacidade de sobrevivência com recursos limitados do que pela velocidade de utilização de recursos e desenvolvimento, sendo um exemplo da classe de competidora proposta por Tilman (TILMAN, 1988; HIROSE, 2013).

O fato de *S. microstachyum* não apresentar dormência e, à partir dos 10°C iniciar o processo germinativo pode ser outro fator que favorece a dominância da espécie em relação a *A. bicornis*. Isso porque, após liberadas pela planta mãe, as sementes estão aptas a germinar, ocasionando em elevados níveis de infestação. Além disso, a produção continuada de sementes, devido à emissão constante de ramos floríferos, como observado nos estudos de valor adaptativo, garante a produção escalonada de sementes, promovendo diferentes fluxos de emergência ao longo do tempo. Para solucionar o problema, a ausência de dormência facilita e potencializa o uso de herbicidas pré-emergentes.

Todos os fatores expostos neste estudo auxiliam na compreensão da dinâmica das espécies de capim-rabo-de-burro ocorrentes no Rio Grande do Sul e indicam um dos prováveis motivos de uma espécie ser mais dominante em ambiente cultivado. Entretanto, para melhor compreensão da invasividade e dinâmica no ambiente, mais trabalhos devem ser realizados, como levantamento das espécies e estudos genéticos, fenológicos e fisiológicos que as diferenciem.

2.4 Conclusões

A. bicornis apresenta dormência fisiológica e a embebição em ácido giberélico 2ppm por 7 dias é o melhor método de superação.

S. microstachyum possui apenas quiescência.

Ocorre aumento linear na germinação de *A. bicornis* e *S. microstachyum* à partir de aproximadamente 10°C.

O aumento no percentual germinativo de para *A. bicornis* e *S. microstachyum* ocorre até a faixa ótima de temperatura próxima aos 32°C.

A germinação de *A. bicornis* ou *S. microstachyum* é nula acima de 40°C.

3. Capítulo II – Diferenciação morfológica e anatomia foliar de espécies de capim rabo-de-burro ocorrentes no Estado do Rio Grande do Sul

3.1 Introdução

Capim-rabo-de-burro é o nome popular de *Andropogon bicornis* e *Schizachyrium microstachyum*, consideradas plantas daninhas emergentes em lavouras de soja do Rio Grande do Sul (RS). Ambas espécies são nativas, pertencentes à família Poaceae e tribo Andropogoneae, perenes, com alta produção de sementes plumosas, favorecendo a dispersão pelo vento e com algumas controvérsias quanto à ocorrência de propagação vegetativa (KISSMANN, 1997; NEVES, 2010; ZANIN; LONGHI-WAGNER, 2011; WELKER; LONGHI-WAGNER, 2012; HIROSE, 2013). A diferenciação entre as espécies ocorre principalmente por características no sistema reprodutivo, em que *A. bicornis* apresenta dois ramos floríferos por espatéola, espiguetas com duas flores férteis e sem aristas, enquanto *S. microstachyum* apresenta um ramo florífero por espatéola, espiguetas com uma única flor fértil e aristada (ZANIN; LONGHI-WAGNER, 2011; WELKER; LONGHI-WAGNER, 2012). Além disso, nas fases iniciais do desenvolvimento, observa-se em *A. bicornis* lígula pilosa e folhas mais compridas e estreitas que *S. microstachyum*.

Por serem plantas daninhas emergentes em lavouras do RS, as informações são limitadas e, portanto, é necessário analisar os mecanismos que auxiliaram as espécies a sobreviverem em ambiente cultivado e compreender o fato de *S. microstachyum* predominar neste ambiente em detrimento à *A. bicornis*. Estas informações auxiliarão na diferenciação das espécies, sua dinâmica e no desenvolvimento de estratégias de manejo integrado de plantas daninhas.

Sabe-se que o ambiente favorece as espécies mais adaptadas no processo denominado seleção natural. Nesse sentido, as características morfológicas e anatômicas das plantas podem auxiliar na compreensão dos mecanismos de sobrevivência e por que algumas espécies têm mais sucesso que outras (ETTERSON, 2004).

As características morfológicas representam a manifestação fenotípica das espécies, fator amplamente variável em cada condição e indicativo de maior ou menor variabilidade genética e elasticidade na adaptação às condições adversas (ZHENG; ZHENG; ZHANG, 2000). Entretanto, por sua variabilidade, e por consequência, baixa conservação, para estudos evolutivos, é necessária análise de características mais estáveis. Nesse sentido, características anatômicas menos suscetíveis às alterações ambientais são úteis em estudos de padrões evolutivos comportamentais intra e interespecíficos (STACE, 1991).

Importante evidenciar que compreender padrões comportamentais e diferenciar as espécies é fundamental no estabelecimento de estratégias no manejo de plantas daninhas, visando seu controle no ambiente agrícola. Diante do exposto, o presente trabalho objetivou descrever *A. bicornis* e *S. microstachyum* quanto às características morfoanatômicas que lhes diferenciam e que podem estar associadas à maior adaptação e competitividade de *S. microstachyum* em ambientes cultivados.

3.2 Material e Métodos

O estudo foi realizado no Laboratório de Morfologia Vegetal do Departamento de Botânica, localizado no Instituto de Biologia da UFPel, Capão do Leão/RS. Inicialmente, foram coletadas plantas adultas de *A. bicornis* e *S. microstachyum* em áreas onde ocorrem naturalmente, nos municípios de Boa Vista do Cadeado e Tupanciretã, respectivamente. As sementes de ambas as espécies foram semeadas em casa de vegetação; porém, *A. bicornis* apresentou crescimento lento, não atingindo o estágio reprodutivo até a época de avaliação, utilizou-se plantas adultas oriundas dos locais de coleta para a espécie.

As plantas foram previamente identificadas com auxílio de chave botânica proposta por Kissmann (1997), e, posteriormente, herborizadas e, as exsicatas depositadas no Herbário PEL, da Universidade Federal de Pelotas, sob o número de tombo 27.069.

A descrição morfológica consistiu na diferenciação das características fenotípicas ocorrentes entre as espécies. Sementes foram coletadas e semeadas para os estudos morfológicos. Para tal foram selecionadas quatro plantas de cada espécie, analisando-as quanto à estatura, existência e volume de afilhos, presença e volume de estrutura de reprodução vegetativa, sistema radicular, comprimento e largura da lâmina foliar, comprimento de lígula, tamanho de inflorescência, comprimento e largura da espiguetas, números de espiguetas por inflorescência, área foliar e demais características morfológicas qualitativas, capazes de auxiliar na diferenciação das espécies. As medições foram realizadas com auxílio de régua e a área foliar com auxílio do medidor de área foliar modelo LI 3100C (LINCOR, Lincoln, USA).

As características quantitativas foram analisadas quanto à normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e, homocedasticidade (teste de Hartley) e, posteriormente, submetidas à análise de variância ($p \leq 0,05$). Em caso de se obter diferença estatística significativa entre as médias, por se tratar de duas espécies, o teste F foi conclusivo.

3.3.2 Caracterização anatômica das espécies de capim-rabo-de-burro

As análises anatômicas foram realizadas no Laboratório de Anatomia Vegetal/UFPel. As sementes coletadas de ambas espécies foram semeadas, sendo previamente realizada embebição de *A. bicornis* em ácido giberélico por quatro dias para superação da dormência, sendo mantidas em BOD a 25 °C. Posteriormente, as plantas foram transplantadas em bandejas de solo, aclimatadas por dois dias em ambiente sombreado e, em seguida levadas à casa de vegetação. Para *S. microstachyum* não foi necessária superação de dormência.

Plantas de *S. microstachyum* com três folhas completamente expandidas foram seccionadas na região mediana do limbo. As amostras foram fixadas em solução de Karnovsky (KARNOVSKY, 1965), modificado com a utilização de tampão fosfato pH 7,2, desidratadas em série etílica ascendente e infiltradas em resina plástica (Technovit 7100[®]), segundo as instruções do fabricante. As amostras foram seccionadas em micrótomo rotativo manual (ANCAP) com navalha descartável (Feather). As secções com 7 µm de espessura foram coradas com azul de toluidina 0,05% (SAKAI, 1973) em tampão fosfato e citrato (MCILVAINE, 1921) pH 4,5 e montadas em resina sintética “Entellan” (Merck[®]).

Para *A. bicornis* foram realizadas secções transversais do limbo foliar utilizando lâmina de barbear. O material foi clarificado em água sanitária com 10, 20 e 50% de concentração e, posteriormente, lavadas em água destilada, banhados em ácido acético 5% e água destilada. Os cortes foram corados com azul de astra e safranina (BUKATSCH, 1972).

Para análise da superfície epidérmica foram selecionadas plantas com quatro folhas expandidas, uma fina camada de esmalte incolor no terço mediano das faces abaxial e adaxial. Após seco o esmalte, a impressão da folha foi realizada com auxílio de fita adesiva transparente e fixado em lâminas histológicas.

A determinação do índice estomático e densidade estomática foram realizadas a parti de três observações por folha em área equivalente a 1 mm² por região analisada. A densidade estomática representa o número de estômatos por mm², enquanto o índice estomático foi calculado pela fórmula:

$$IE = NE / (CE + NE) \times 100$$

onde: IE é o índice estomático, NE é o número de estômatos e CE é o número de células epidérmicas (CUTTER, 1986).

As análises de superfície foram feitas com microscópio óptico (Motic, modelo BA200) e a documentação fotográfica com câmara digital acoplada (Moticam 2500, modelo 5.0 MPixel USB 2.0), utilizando o programa AxioVision 2.0. Os dados foram avaliados quanto a sua normalidade (teste de Shapiro-Wilk), homocedasticidade (teste de Hartley) e análise da variância.

3.3 Resultados e Discussão

Os resultados serão apresentados seguindo a ordem exposta no material e métodos.

3.3.1 Caracterização morfológica das espécies de capim-rabo-de-burro

A caracterização morfológica confirmou que os biótipos coletados em campo nativo de Boa Vista do Cadeado e lavoura de Tupanciretã tratavam-se de *A. bicornis* e *S. microstachyum*. As plantas caracterizam-se pelo ciclo perene, cespitosas, sem rizomas, colmos simples e eretos, com folhas glabras, com lígula membranoso-ciliolada e sem aurícula. As inflorescências são muito ramificadas, congestas, corimbiformes, com sementes pequenas e plumosas, as caracterizações gerais corroboram com as descrições já realizadas para as espécies (KISSMANN, 1997; NEVES, 2010; ZANIN; LONGHI-WAGNER, 2011; WELKER; LONGHI-WAGNER, 2012; HIROSE, 2013).

A estatura de *A. bicornis*, foi 38,3% superior a *S. microstachyum* (Tabela 4), o que pode conferir maior vantagem competitiva, evidenciando a absorção de luz em maior quantidade e qualidade, possibilitando ainda a supressão de competidores (PONTES et al., 2003; FLECK et al., 2008).

As folhas de *A. bicornis* foram em média duas vezes mais compridas que *S. microstachyum*, entretanto a largura foliar das espécies é semelhante (Tabela 4). O fato também pode ser indicativo de vantagem de *A. bicornis*, tendo em vista que pode auxiliar na supressão de competidores e na absorção de luz para fotossíntese (GALVAN, 2009). Além disso *A. bicornis* concentraram maior quantidade de folhas em seu terço inferior, enquanto para *S. microstachyum* a distribuição foi regular ao longo do colmo. As espécies diferiram ainda no diâmetro do colmo, comprimento da espatéola, comprimento de espiguetas e lema, sendo em todos os casos, superior para *S. microstachyum* (Tabela 4).

Tabela 4: Características morfológicas de *Andropogon bicornis* e *Schizachyrium microstachyum* coletados em campo nativo e lavoura de soja RR no estado do Rio Grande do Sul. UFPel, Capão do Leão/RS, 2020

Variável	<i>A. bicornis</i>	<i>S. microstachyum</i>	CV (%)
Estatura de planta (cm)	143,3 a ¹	87,8 b	10,2
Comp. menor lâmina (cm)	19,1 a	9,4 b	17,6
Comp. maior lâmina (cm)	41,3 a	24,2 b	15,1
Larg. menor lâmina (cm)	0,3 ns	0,4	19,7
Larg. maior lâmina (cm)	0,5 ns	0,6	12,8
Comp. lígula (cm)	0,1 ns	0,1	28,9
Diâmetro do colmo (cm)	0,6 b	1,0 a	17,7
Comp. inflorescência (cm)	5,0 ns	18,7	20,2
Número de inflorescências	24,0 ns	19,0	34,8
Comp. espatéola (cm)	1,4 b	2,2 a	17,9
Comp. ramo florífero (cm)	3,0 ns	4,3	17,0
Espiguetas por inflorescência	10,0 ns	9,0	35,3
Comp. espiguetas (cm)	0,3 b	0,5 a	11,8
Larg. espiguetas (cm)	0,1 ns	0,1	11,7
Comp. lema (cm)	0,3 b	0,4 a	11,5
Larg. lema (cm)	0,1 ns	0,1	13,7
Comp. pálea (cm)	ausente	ausente	-
Larg. pálea (cm)	ausente	ausente	-
Estrutura de ligação de afilhos	0,1 b	0,3 a	22,4
Comp. arista (cm)	ausente	0,6	-
Larg. arista (cm)	ausente	0,1	-
Comp. semente (cm)	0,2 ns	0,3	24,9

¹Médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem significativamente pelo teste F ($p \leq 0,05$).

Analisando características morfológicas que possam estar envolvidas na maior competitividade das espécies, *A. bicornis* apresenta maior estatura e comprimento de folhas. Estas características estão diretamente relacionadas à captação de luz e supressão de vizinhos (FLECK et al., 2008). Entretanto, apesar da maior estatura e comprimento de folhas, *A. bicornis* apresenta baixa densidade de folhas quando compara a outras espécies nativas da tribo, com reduzido volume de biomassa, por consequência o potencial de sombreamento e proteção do solo (HIROSE, 2013).

Pensando na identificação das espécies no campo, principalmente em estádios iniciais de desenvolvimento, a lígula pilosa e menor diâmetro de colmo auxiliam na diferenciação das espécies. Além disso, por apresentarem folhas mais compridas, observou-se que as folhas de *A. bicornis* facilmente prostravam. Em fase reprodutiva, a presença de dois ramos floríferos por espatéola em *A. bicornis* e um em *S. microstachyum* e maior comprimento de

espatéola, lema e espiguetas e presença de arista em *S. microstachyum* também auxiliam na identificação.

Por suas semelhanças morfológicas gerais, principalmente nos estádios reprodutivo e senescente, relatava-se apenas ocorrência de *A. bicornis* em ambiente cultivado, sendo limitado o conhecimento acerca de *S. microstachyum*. Entretanto, após coletas de biótipos em áreas de campo nativo e lavoura nos municípios de Cruz Alta, Tupanciretã, Boa Vista do Cadeado e Pelotas, todos no Estado do Rio Grande do Sul (RS) e, posterior identificação, constatou-se ocorrência de *S. microstachyum* nas lavouras visitadas dos quatro municípios, sendo encontrado *A. bicornis* apenas em área de campo nativo no município de Boa Vista do Cadeado.

O desenvolvimento inicial de *A. bicornis*, quando oriundo de semente é lento (KISSMAN, 1997), sendo observado no decorrer dos estudos desenvolvimento mais lento que *S. microstachyum* (dados não apresentados). Nesse sentido, apesar da maior vantagem em altura e tamanho de folha, seu atraso no desenvolvimento permite que espécies com taxa de crescimento mais rápido utilizem recursos e se estabeleçam antes de serem suprimidas por *A. bicornis*.

3.3.2 Caracterização anatômica das espécies de capim-rabo-de-burro

As espécies de capim-rabo-de-burro apresentam anatomia foliar característica de seus gêneros. *A. bicornis* apresenta folha em forma côncava, em formato de U, com nervura central bem definida (Figura 6a), corroborando com a descrição realizada por Zanin (2001). Já, *S. microstachyum* apresenta folhas em formato de “V”, também com nervura central destacada (Figura 6c), corroborando com a descrição de biótipos argentinos (PEICHOTO, 2003).

O mesófilo de ambas espécies é homogêneo e os feixes vasculares mostram-se envoltos pela bainha do feixe. A anatomia Kranz é comum a todas as espécies da tribo e característica de plantas com sistema de assimilação de carbono do tipo C₄ (ZANIN, 2001).

O fato de serem plantas C4 pode ser indicativa de maior competitividade em relação a culturas C3, como é o caso da soja, pela maior eficiência fotossintética e menores taxas de fotorrespiração (FLOSS, 2011). O que torna as plantas C4 fotossinteticamente mais eficientes é a cooperação de dois tipos de células especializadas, as células da bainha do feixe vascular e as células do mesofilo. Essas células possuem enzimas-chave com função de concentrar gás carbônico (CO₂) no ambiente intracelular, para que não ocorra competição entre CO₂ e O₂ pelo centro ativo da Rubisco, que também possui atividade oxigenase, o que a torna enzima pouco específica e aumenta a taxa de fotorrespiração na planta, processo que, além de envolver gasto energético, reduz a assimilação líquida de CO₂ (TAIZ et al., 2017). Além disso, plantas com mecanismo C4 tendem a ter maior eficiência no uso da água, melhor utilização do nitrogênio e da radiação atmosférica (LAMBERS; CHAPIM; PONS, 2008). Entretanto, apesar de poder trazer vantagens competitivas em relação outras espécies, não é fator de distinção entre as espécies de capim-rabo-de-burro.

As células buliformes ocuparam a maior parte da epiderme adaxial das folhas de ambas espécies, sendo evidentes na nervura central, em conjuntos de 12 células em *A. bicornis* e 14 em *S. microstachyum* (Figura 6). Estas células possuem parede celular delgada e estão relacionadas ao enrolamento foliar em condições de estresse hídrico e térmico (APPEZZATO-DA-GLÓRIA; CARMELLO-GUERREIRO, 2006). Estas células e sua distribuição estão diretamente relacionadas a variações na sensibilidade a estresses ambientais, sendo que, em populações de *Andropogon gerardii* submetidos a diferentes regimes hídricos, verificaram-se alterações na anatomia foliar quanto ao padrão de distribuição e quantidade de células buliformes (OLSEN et al., 2013). Entretanto, a laminação e dobragem de folhas nas poaceas pode ter papel limitado na perda de água, pois os estômatos normalmente fecham antes de enrolar ou dobrar as folhas durante os períodos de estresse hídrico, sendo a densidade estomática mais determinante à tolerância por estresse hídrico (REDMANN, 1983).

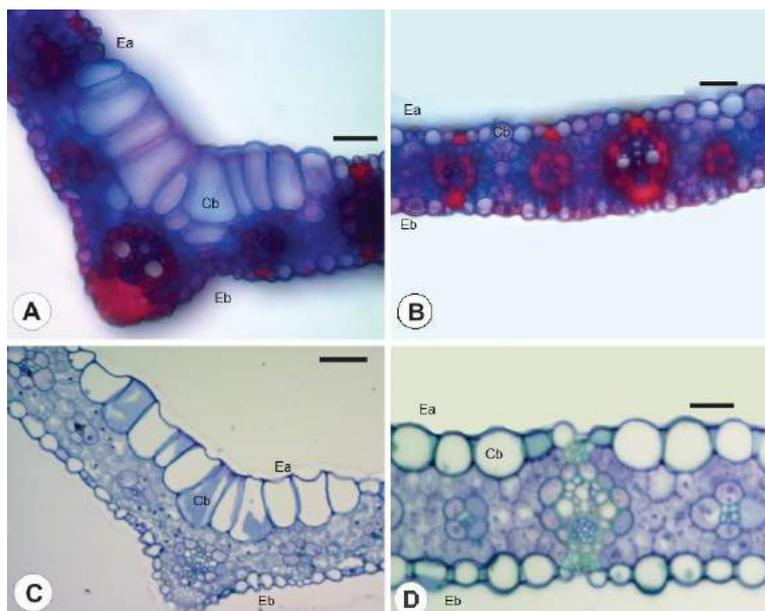


Figura 6: Secções transversais do limbo de *Andropogon bicornis* (A, B) e *Schizachyrium microstachyum* (C, D). UFPel, Capão do Leão/RS, 2020. Ea = Epiderme adaxial; Eb = Epiderme abaxial; Cb = Células buliformes. Barras A, B, C e D = 50 μ m

Ambas espécies apresentaram folha anfiestomática, com estômatos distribuídos em fileiras, sendo este o padrão de distribuição estomática de Poaceae (CUTTER, 1987). Estas análises de superfície permitiram unicamente caracterização e contagem estomática, não sendo observados tricomas, o que não indica ausência destes nas espécies.

Ambas espécies apresentaram folha anfiestomática, porém, para espécies de *Andropogon*, o padrão hipoestomático foi relatado para *A. selloanus*, *A. ternatus* e padrão epainfiestomático também foi observado em *A. virgatus*. Para *Schizachyrium*, análises da superfície epidérmica evidenciaram padrão hipoestomático para *S. condensatun*, *S. imberbe* e *S. tenerun* (ZANIN, 2001), embora tenha sido observado para *S. microstachyum* estômatos em ambas superfícies foliares.

Quanto à densidade estomática, *A. bicornis* apresenta maior número de estômatos por mm² na face adaxial quando comparada a *S. microstachyum*, sendo que este possui em média dois estômatos por mm², 91% a menos que *A. bicornis* (Tabela 5). Por outro lado, *S. microstachyum* apresenta maior densidade estomática na face abaxial, contudo ambas espécies apresentam maior densidade em sua face abaxial, característica comum em espécies que apresentam distribuição anfiestomática (LU; QUIÑONES; ZEIGER, 1993).

Tabela 5: Densidade estomática (estômatos mm⁻²) e índice estomático (IE) de *A. bicornis* e *S. microstachyum* nas faces abaxial e adaxial foliares. FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2019

Espécie	Densidade estomática		Índice Estomático	
	Adaxial	Abaxial	Adaxial	Abaxial
<i>A. bicornis</i>	22 a	36 b	19 a	24 B
<i>S. microstachyum</i>	02 b	54 a	3 b	29 A
CV (%)	10,5	4,2	15,83	6,28

* Médias seguidas de letra minúscula distinta na coluna diferem pela análise de variância ($p \leq 0,05$).

Os estômatos são estruturas fundamentais presentes na célula vegetal, responsáveis pelo controle transpiratório e de trocas gasosas, principalmente de dióxido de carbono e oxigênio (TAIZ et al., 2017). Sua presença e funcionamento são fundamentais na adaptação das espécies às diferentes condições ambientais, principalmente pela evapotranspiração, mecanismo que auxilia na regulação e manutenção da temperatura da planta, mantendo o turgor celular e conferindo maior ou menor grau de tolerância a estresses ocasionados por diferenças no potencial hídrico e térmico do ambiente (CHAERLE; SAIBO; VAN DER STRAETEN, 2005; CASSON; GRAY, 2008).

A menor densidade estomática em *S. microstachyum* na face adaxial das folhas, bem como densidade superior na face abaxial, podem indicar favorecimento da espécie em condições adversas e maior eficiência fotossintética. Por serem controladores de trocas gasosas, pressão de turgor e evapotranspiração, sua maior ocorrência na face abaxial, onde estão mais protegidos, pode favorecer a manutenção da temperatura da planta, reduzindo a evapotranspiração e favorecendo a maior assimilação de carbono (LU et al., 1993). Também se constatou maior atividade e condutância dos estômatos contidos na face abaxial (LU et al., 1993; PEARSON; DAVIES; MANSFIELD, 1995). Desse modo, a maior densidade estomática observada em *S. microstachyum* na face abaxial da folha evita que a fotossíntese seja limitada sob condições ambientais adversas (LIMA JR. et al., 2006).

Os resultados indicam que as distinções na morfologia e anatomia das espécies, principalmente envolvendo aspectos relacionados à tolerância a estresses ambientais, podem auxiliar na compreensão do padrão de distribuição das espécies e sua sucessão no ambiente, entretanto, não são determinantes, tampouco únicos. A predominância de *S. microstachyum* nas lavouras do RS provavelmente está associada à ecofisiologia da espécie e,

consequentemente, sua resposta fenotípica ao ambiente. Nesse sentido, para confirmar a ocorrência exclusiva de *S. microstachyum* nas lavouras do RS é necessário levantamento das espécies, assim como estudos complementares de variabilidade genética, fenológicos de crescimento e desenvolvimento abrangendo diferentes regiões

Cabe ressaltar que quando *A. bicornis* e *S. microstachyum* foram colocadas em local aberto, semiaberto e casa de vegetação fechada; e, consequentemente submetidas a diferentes regimes de temperatura, observou-se que *S. microstachyum* em temperaturas elevadas, aumenta o diâmetro do colmo reduzindo a flexibilidade e tornando-se mais rígido (dados não apresentados). Além disso, em casa de vegetação semiaberta, *S. microstachyum* inicia processo de senescência, porém não adquiriu coloração palha característica de sua fase dormente e emitiu continuamente novos afilhos verdes, enquanto *A. bicornis*, nas mesmas condições, iniciou processo de senescência.

Produtores relatam que a incidência das plantas de capim- rabo-de-burro na lavoura aumentaram com a expansão de suas áreas para locais próximos a banhados, sendo este o foco inicial das infestações. Além disso, relatam que as primeiras infestações de *S. microstachyum* foram observadas em anos em que os invernos foram menos rigorosos. Estes relatos podem indicar que as alterações no ambiente estão diretamente relacionadas com esta invasão de *S. microstachyum* nas lavouras do RS, sendo necessários estudos para comprovar esta hipótese.

3.4 Conclusões

As espécies de capim-rabo-de-burro, em geral, são semelhantes quanto às características que podem conferir maior competitividade, sendo observada maior estatura e comprimento de folha em *A. bicornis*.

A lígula pilosa, menor diâmetro de colmo, ausência de arista, presença de dois ramos floríferos por espatéola, menor comprimento de espatéola, lema e espiguetas auxiliam na distinção das espécies de capim-rabo-de-burro.

A anatomia das espécies de capim-rabo-de-burro são semelhantes e *A. bicornis* supera *S. microstachyum* na densidade estomática adaxial, enquanto *S. microstachyum* apresenta maior densidade estomática na face abaxial.

4. Capítulo III – Custo adaptativo e habilidade competitiva de *Schizachyrium microstachyum* em convivência com soja

4.1 Introdução

A soja está entre as culturas mais cultivadas no mundo, ocupando aproximadamente 123,5 milhões de hectares e perspectiva de produção de 337,5 milhões de toneladas (USDA, 2019). Para o Brasil, na safra 2019/20 a expectativa de produção é de 122,4 milhões de toneladas, superior à média dos últimos dez anos, equivalente a 103 milhões de toneladas (CONAB, 2019; USDA, 2019). Estes números tornam o país o maior competidor dos Estados Unidos pela primeira colocação no ranking mundial de produção da cultura (USDA, 2019).

A produtividade das culturas é influenciada por fatores que podem ter origem biótica e abiótica. Dentre os fatores bióticos, a competição com plantas daninhas responde por até 34% das perdas de produtividade das culturas, ultrapassando 26 bilhões de dólares, perdidos por ano por sua incidência em lavouras dos Estados Unidos (OERKE, 2006; DÉLYE; JASIENIUK; LE CORRE, 2013). Essas perdas ocorrem principalmente pela competição por recursos, ocasionada pelas altas infestações das plantas daninhas nas áreas agrícolas, principalmente quando o estabelecimento da cultura se dá em condições de competição (DOURADO et al., 2009; SOUZA, 2014).

Entre as plantas daninhas que infestam lavouras de soja encontra-se *Schizachyrium microstachyum* (capim-rabo-de-burro) que, nos últimos anos, vem incrementando seus níveis de infestação e dificuldade de controle nas lavouras do Rio Grande do Sul (RS). A espécie é nativa e a mais frequente do gênero no Estado, sendo poaceae perene, propagada por sementes, estas

produzidas em grande quantidade e com estrutura plumosa que facilita sua disseminação pelo vento, seu habitat natural são campos secos e terrenos alterados (WELKER; LONGHI-WAGNER, 2012). Apesar de nativa, por se tratar de uma espécie que recentemente migrou para o ambiente agrícola, são limitadas as informações referentes ao seu desenvolvimento e competitividade em relação à soja.

A competição ocorre quando um ou mais recursos essenciais ao desenvolvimento das espécies não se encontra em quantidade ou disponibilidade suficiente para suprir as necessidades dos indivíduos que o ocupam determinado nicho (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007). Pode ocorrer entre indivíduos de uma mesma espécie (intraespecífica) ou de espécies distintas (interespecífica), sendo que, quanto maior a semelhança entre as espécies, maior o grau de competição (RIGOLI et al., 2008).

Espécies perenes geralmente apresentam desenvolvimento inicial lento, investindo grande parte dos fotoassimilados na alocação em estruturas de reserva que garantam sua sobrevivência quando em condições de estresse. Assim, nos primeiros anos de sucessão, espécies anuais predominam no ambiente (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007). De maneira geral, as dificuldades de controle de plantas perenes ocorrem à partir de sua perenização, quando as estruturas de reserva estão formadas, aumentando os níveis de infestação devido à dificuldade no controle e aumentando o potencial de competição (GEMELLI et al., 2012). Desse modo, conhecer o desenvolvimento de espécies daninhas e seu potencial de competição auxilia na elaboração es estratégias de manejo integrado.

Para determinação das interações competitivas entre as espécies existem várias metodologias, das quais, todas consideram a densidade, proporção e arranjo espacial entre plantas (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007). Dentre estes métodos, a associação entre séries de adição e substituição são comumente utilizadas por permitirem a avaliação da competitividade intra e interespecífica entre cultura e planta daninha, permitindo a compreensão dos mecanismos envolvidos na competição, o que torna possível o desenvolvimento de práticas mais eficientes de manejo cultural que favoreçam o fortalecimento da competitividade da cultura (CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO, 2003; AGOSTINETTO et al., 2009).

A soja demonstra rápida germinação, estabelecimento e utilização de recursos, o que a torna boa competidora, quase sempre superando as plantas daninhas em estudos de competição (SHAW et al., 1997; BIANCHI et al., 2006; AGOSTINETTO et al., 2013). Entretanto, em alguns casos a planta daninha pode apresentar competitividade semelhante ou superior à cultura (CARVALHO et al., 2010). A maior competitividade com a cultura irá depender da espécie daninha e de fatores como sua velocidade de crescimento e desenvolvimento, índice de área foliar e produção acumulada de matéria seca (AGOSTINETTO et al., 2014).

Estudos que avaliem respostas de *S. microstachyum* com relação ao seu desenvolvimento, custo adaptativo e habilidade competitiva são fundamentais na compreensão da dinâmica da planta no ambiente, auxiliando no entendimento de sua invasividade e nos reais prejuízos que pode ocasionar às culturas. O entendimento destas características propicia a elaboração de estratégias de manejo, reduzindo o potencial de dano ocasionado pelas espécies.

Este estudo teve como hipótese que plantas de *S. microstachyum* provenientes de propagação vegetativa apresentam desenvolvimento mais rápido do que quando provenientes de semente e que ambas formas de reprodução, quando em competição com a cultura da soja, apresentam menor habilidade competitiva. Objetivou-se com este trabalho identificar e comparar o desenvolvimento de *S. microstachyum* proveniente de semente e de propagação vegetativa e avaliar a habilidade competitiva da espécie, em ambas formas de propagação, quando em convivência com a cultura da soja.

4.2 Material e Métodos

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação pertencente ao Centro de Herbologia (CEHERB) da Universidade Federal de Pelotas (UFPeI), Capão do Leão/RS. Para ambos foram utilizadas plantas propagadas por semente e vegetativamente. As sementes e o material vegetativo foram obtidos de plantas coletadas em lavoura de soja Roundup R[®](RR) no município de Tupanciretã/RS (LAT 28°59'0,71''S; LONG 53°40'3,72''O).

4.2.1 Custo adaptativo de *S. microstachyum* proveniente de semente e afilho

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), com cinco repetições e em esquema fatorial 2 x 12, onde o fator A consistiu na forma de propagação das plantas (vegetativa ou semente) e o fator B as datas de coleta. O experimento foi realizado no período de dezembro de 2018 a janeiro de 2020, sendo as coletas realizadas a cada 30 dias. As unidades experimentais consistiram em embalagens de vasos de 5 L, com 20 cm de diâmetro, contendo 5,55 Kg de solo previamente peneirado, classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo de textura franco-arenosa, pertencente à unidade de mapeamento Pelotas/RS (EMBRAPA, 2013).

Para obtenção das plantas provenientes de sementes estas foram previamente semeadas em bandejas de plástico contendo substrato e mantidas em BOD a 25 °C até o início de sua emergência. Posteriormente foram acondicionadas em ambiente sombreado onde permaneceram por três dias para aclimação e, após esse período foram levadas para casa de vegetação. Quando apresentavam duas folhas desenvolvidas, realizou-se o transplante para os vasos, onde permaneceram até o momento da coleta. Já, para obtenção das plantas de propagação vegetativa, cortou-se as touceiras cultivadas em vaso rente ao solo, esperou-se o início da brotação e posteriormente, quando os rebrotes apresentavam aproximadamente o mesmo tamanho que as plantas oriundas de semente realizou-se o transplante.

As variáveis de crescimento analisadas em cada época foram: estatura de plantas (EP), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca da raiz (MSR), área foliar (AF) e razão de área foliar (RAF). A EP foi quantificada com auxílio de régua milimétrica, medindo-se o comprimento rente ao solo até o ápice da inflorescência mais alta. Para a determinação da MSPA e MSR o material foi cortado rente ao solo, separando parte aérea e raiz e mantido em estufa de circulação de ar forçada a 60 °C por três dias, sendo posteriormente pesado em balança analítica. Já, para determinação da AF utilizou-se o medidor LI 3100C (LINCOR, Lincoln, USA). Para calcular RAF, relação entre a AF e a MSPA, utilizou-se a equação:

$$RAF = (AF_1 + AF_2) / (MSPA_1 + MSPA_2)$$

Os dados foram analisados quanto à normalidade (teste de Shapiro Wilk) e homocedasticidade (teste de Hartley), posteriormente submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$) e, sendo constatada diferença estatística significativa, procedeu-se análise de regressão para o fator época de avaliação, para todas as variáveis, utilizando o modelo matemático ao qual os dados melhor se ajustaram adotando-se como parâmetro o maior valor de R^2 e o menor valor do quadrado médio do erro.

Os modelos utilizados foram sigmoidal logístico:

$$y = a / [1 + (x / x_0)^b]$$

em que: y representa a taxa de crescimento; x são os dias após a emergência; e a , x_0 e b são os parâmetros da equação, sendo que a é a diferença entre os pontos máximo e mínimo da curva, x_0 são os dias que proporcionam 50% de resposta da variável e b é a declividade da curva. O terceiro modelo testado foi o sigmoidal de três parâmetros:

$$y = a / 1[e^{(x-x_0)/b}]$$

onde: y representa a variável resposta; x são os dias após a emergência; e a , x_0 e b são parâmetros da equação, em que a é a diferença entre os pontos máximo e mínimo da curva, x_0 são os dias que proporcionam 50% de resposta da variável e b é a declividade da curva. A análise foi realizada utilizando o software SigmaPlot 12.5.

4.2.2 Habilidade competitiva de *S. microstachyum*, proveniente de semente e afilho, em convivência com soja

Para o estudo de habilidade competitiva foram realizados experimentos em série aditiva e substitutiva, o primeiro no verão de 2018 e o segundo em 2019, para ambos foi testada competição de soja em convivência com *S. microstachyum* propagado por semente e afilho. A obtenção das plantas foi realizada do mesmo modo que para o estudo de valor adaptativo. Para os experimentos com propagação vegetativa, cada planta de *S. microstachyum* foi

mantida com três afilhos, com aproximadamente duas folhas desenvolvidas. As unidades experimentais consistiram de vasos com capacidade de 4L, diâmetro de 20 cm e 4,450 Kg de solo, conforme descrito anteriormente. A fertilidade foi corrigida seguindo as recomendações para a cultura da soja (SBCS, 2016).

A série aditiva foi realizada com a finalidade de determinar a densidade populacional baseando-se na capacidade de suporte do ambiente (K), sendo essa denominada de “Lei da produção final constante”, onde a massa seca da parte aérea (MSPA) por unidade de área (g m^{-2}) torna-se constante, independentemente da população (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA 2007). Para tal, foram instalados monocultivos de *S. microstachyum* em populações crescentes de 1; 2; 4; 8; 12; 16; 32; 64 plantas por vaso no caso de plantas provenientes de sementes (equivalentes às densidades de 17,5; 35; 70; 140; 280; 560; 1120; 2240 plantas m^{-2}) e para plantas provenientes de afilhos chegou-se à densidade máxima de 1120 plantas m^{-2} . Para soja o experimento aditivo não foi realizado e utilizou-se a densidade de 280 plantas m^{-2} , determinadas por Ruchel (2018).

A variável MSPA foi analisada aos 50 dias após o transplante (DAT), de modo semelhante ao descrito no experimento anterior. Em posse desses dados, foi feita análise pelo método da produção recíproca, proposta por Spitters (1983), obtendo-se a população a ser utilizada no experimento de série de substitutiva.

A série substitutiva, que visa quantificar a habilidade competitiva da cultura da soja com a planta daninhas, consistiu em manter as duas espécies em monocultivo ou associadas em proporções variáveis, mas com população final constante. As combinações utilizadas foram: 100:0 (estande puro de soja), 75:25, 50:50, 25:75 e 0:100% (estande puro de *S. microstachyum*). A soja foi submetida à competição com plantas de *S. microstachyum* provenientes de semente e afilho. Aos 50 dias após o transplante, coletou-se os materiais e foram avaliadas as variáveis: área foliar (AF), estatura de planta (EP) e MSPA de todas as plantas que compõe cada unidade experimental. Para determinação utilizou-se a metodologia descrita anteriormente.

Para análise das variáveis foi utilizado método de análise gráfica para experimentos substitutivos (ROUSH et al., 1989; COUSENS, 1991; RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007), que consiste na construção de

diagramas com base na produtividade relativa (PR) e produtividade relativa total (PRT), pelas proporções de 0, 25, 50, 75 e 100% da cultura (soja) e da planta daninha (*S. microstachyum*). Para cálculo da PR foi utilizado o quociente entre a média da associação pela média do monocultivo, acrescentando no cálculo a média por planta de cada biótipo em cada vaso. A PRT foi obtida pela soma das produtividades relativas da cultura (soja) e do competidor (*S. microstachyum*), em suas respectivas proporções de plantas (HOFFMAN; BUHLER, 2002).

Os diagramas de PR e PRT foram realizados pela comparação dos resultados encontrados com uma reta teórica unindo os pontos 0 e 100% para PR, e ligando os pontos 100% para PRT. Em caso de PR igual à reta teórica, não houve interferência entre as espécies, se a linha foi côncava indica prejuízo no crescimento de um ou de ambos e, quando PR formou linha convexa houve benefício no crescimento de um ou de ambos. O mesmo critério foi seguido para PRT.

Também foram calculados índices de competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamento relativo (K) e de competitividade (CM) na proporção de 50% entre capim rabo-de-burro e a soja. O CR refere-se ao crescimento comparativo da espécie daninha com a soja; K indica a dominância relativa de um sobre o outro; e, CM aponta qual espécie é mais competitiva (COUSENS, 1991). A cultura é considerada mais competitiva que a planta daninha quando $CR > 1$, $K_{soja} > K_{competidor}$ e $CM > 0$. O oposto ocorre quando $CR < 1$, $K_{soja} < K_{competidor}$ e $CM < 0$. As equações destes índices são dadas a seguir, de acordo com Hoffman e Buhler (2002):

$$CR = ((1 - p)/p) (PRC/PRD)$$

$$KC = ((1 - p)/p) (PRC/(1 - PRC))$$

$$KD = ((1 - p)/p) (PRD/(1 - PRD))$$

$$CM = (PRC/2p) - (PRD/(2(1 - p)))$$

A soja foi semeada nas unidades experimentais, com a população necessária para cada tratamento, considerando seu potencial germinativo e fazendo-se desbaste caso necessário. Já, *S. microstachyum* foi previamente semeado ou propagado em bandejas, transplantando-os para os vasos quando as duas espécies se encontravam em estádios e tamanhos semelhantes. O

transplante da planta daninha foi realizado antes da cultura devido ao seu lento estabelecimento inicial, mesmo quando propagada de forma vegetativa. A irrigação foi realizada diariamente, visando manter a umidade do solo próxima à capacidade de campo.

Para análise estatística da produtividade relativa, foi calculada a diferença de PR, ou seja, as diferenças relativas de produtividade (DPR), obtidas nas proporções de 25, 50 e 75% de plantas, em relação aos valores pertencentes às retas hipotéticas nas respectivas proporções. Posteriormente foi realizado teste “t” a 5% de probabilidade, para verificar as diferenças nos índices DPR, PRT, CR, K e CM (ROUSH et al., 1989; HOFFMAN e BUHLER, 2002). O critério adotado para considerar se as curvas de PR e PRT foram diferentes das retas teóricas foi que, no mínimo em duas proporções, ocorra diferença significativa pelo teste “t”. De modo similar, para os índices CR, K e CM, foi considerada ocorrência de diferença em competitividade quando, no mínimo em dois deles, houve diferença significativa pelo teste “t” (BIANCHI; FLECK; LAMEGO, 2006).

Os resultados médios obtidos para as variáveis AF, MS, EP e NA foram avaliados quanto à normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e homocedasticidade (teste de Hartley) e, posteriormente, submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$). Caso constatada significância estatística, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Dunnett ($p \leq 0,05$).

4.3 Resultados e Discussão

Os resultados serão apresentados seguindo a sequência apresentada nos materiais e métodos.

4.3.1 Custo adaptativo de *S. microstachyum* proveniente de semente ou afilho

A análise de variância indicou ocorrer interação entre o tipo de propagação e épocas para as variáveis número de afilhos (NA), massa seca da parte aérea (MSPA), área foliar (AF) e razão de área foliar (RAF) (Figuras 7,9, 11 e 12). as variáveis estatura de planta (EP) e massa seca de raiz (MSR), não

diferiram entre os tipos de propagação e ocorrendo efeito simples apenas para época (Figuras 8 e 10). Os valores de NA, MSPA, MSR, AF e RAF foram melhor ajustados ao modelo sigmoidal de três parâmetros, enquanto EP ajustou-se melhor ao modelo sigmoidal logístico de três parâmetros.

Para NA, observou-se diferença entre os tipos de propagação, onde, de modo geral, plantas propagadas por semente foram superiores às propagadas vegetativamente (Figura 7). Na última data de avaliação o NA das plantas propagadas por semente foi 50% superior ao propagado por afilhos. Os valores de R^2 para cada tipo de propagação foi de 0,72 e 0,66, respectivamente, indicando baixo ajuste dos dados ao modelo (Figura 7). Para ambos foi observado um ponto à partir do qual o NA tendeu a estabilizar, entretanto o número máximo de afilhos foi alcançado antes por plantas propagadas por sementes.

O parâmetro “b”, que representa a declividade da curva, foi 54,1% superior para plantas de afilho, sendo que, quanto maior o valor de “b”, menor o tempo necessário para que ocorra a estabilização da variável (Figura 7). Analisando x_0 , parâmetro que indica os dias que proporcionam 50% de resposta da variável, observou-se que o tempo necessário para produção de 50% do NA foi de 88 dias para plantas oriundas de sementes e de 135 para plantas oriundas de afilho. Para o parâmetro “a”, que indica a diferença entre os pontos máximo e mínimo da equação, constatou-se valor 4,5% superior para plantas oriundas de semente. Os dados indicam que, apesar de não haver significância para a maioria das datas de avaliação, plantas provenientes de semente tenderam ao maior e mais rápido afilhamento.

O potencial de afilhamento de poaceas é fundamental para garantir a elasticidade da espécie ao meio, sendo mecanismo de compensação das espécies desta família em condições em que não há limitações de espaço e promovendo ainda a maior supressão de concorrentes (RADOSEVICH. HOLT; GHERSA, 2007; TIRONI et al., 2014). Nesse sentido, plantas oriundas de semente apresentaram vantagem na ocupação do espaço quando comparada com plantas de propagação vegetativa (Figura 7).

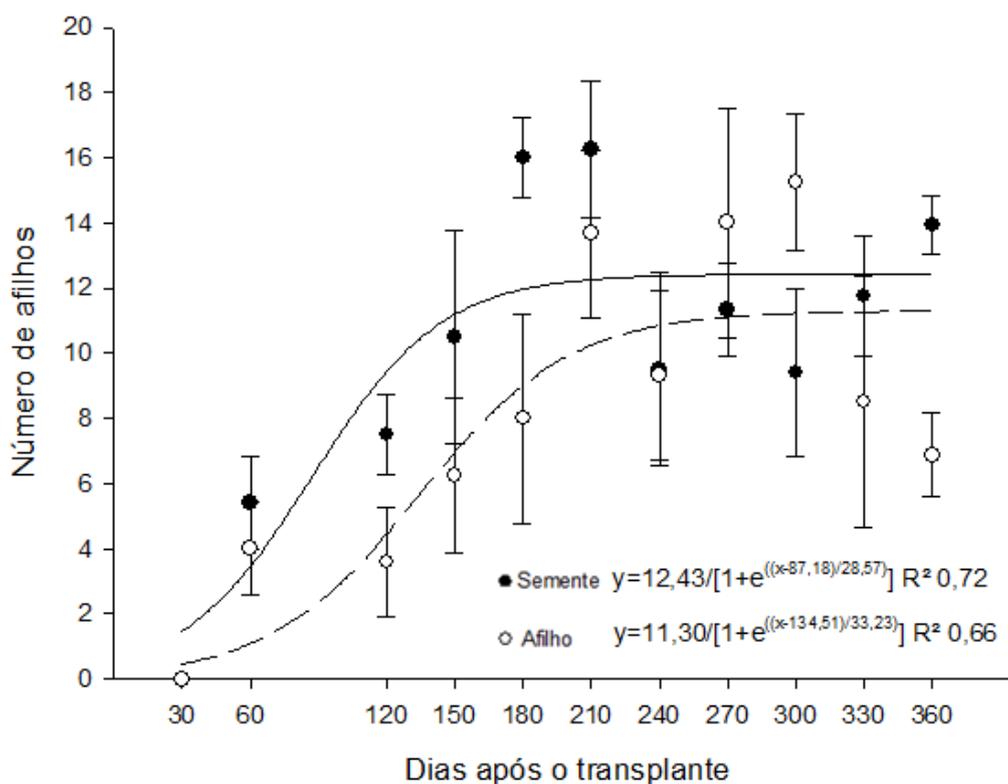


Figura 7- Número de afillhos de *Schizachyrium microstachyum* proveniente de semente e afillho, avaliado dos 30 aos 360 dias após o transplante das plantas. FAEM/UFPEL, Capão do Leão/RS, 2019/20. Os pontos representam os valores médios das repetições dos biótipos e, as barras, representam os intervalos de confiança em cada época.

A análise de EP indicou não haver interação entre o tipo de reprodução e época de avaliação (Figura 8). Analisando os fatores isoladamente, constatou-se diferença apenas entre épocas, onde, a partir dos 180 dias observou-se tendência de estabilização de EP. O tamanho médio das plantas de *S. microstachyum* em fase adulta variou de 70 a 140 m, corroborando com os dados das descrições e sinopses da ocorrência da espécie no RS (NEVES, 2010; WELKER; LONHI-WAGNER, 2012). A estatura de plantas está associada à captação de luz, onde plantas mais altas tendem a suprimir as competidoras de menor porte, reduzindo seu desenvolvimento e mesmo levando-lhes à morte, além de favorecer o processo fotossintético pela absorção de luz de maior qualidade (RADOSEVICH. HOLT; GHERSA, 2007; FLECK et al., 2008). Nesse aspecto, ambos biótipos apresentam capacidade semelhante.

Analisando os parâmetros das equações, observou-se que o tempo necessário para alcançar os 50% de EP foi de aproximadamente 75 dias (Figura 8). Observou-se que nos primeiros 30 dias o crescimento da planta foi

lento, o que no campo pode representar desvantagem competitiva para a espécie, facilitando sua supressão por espécies de desenvolvimento mais rápido (JANNINKI et al., 2001; PONTES et al., 2003).

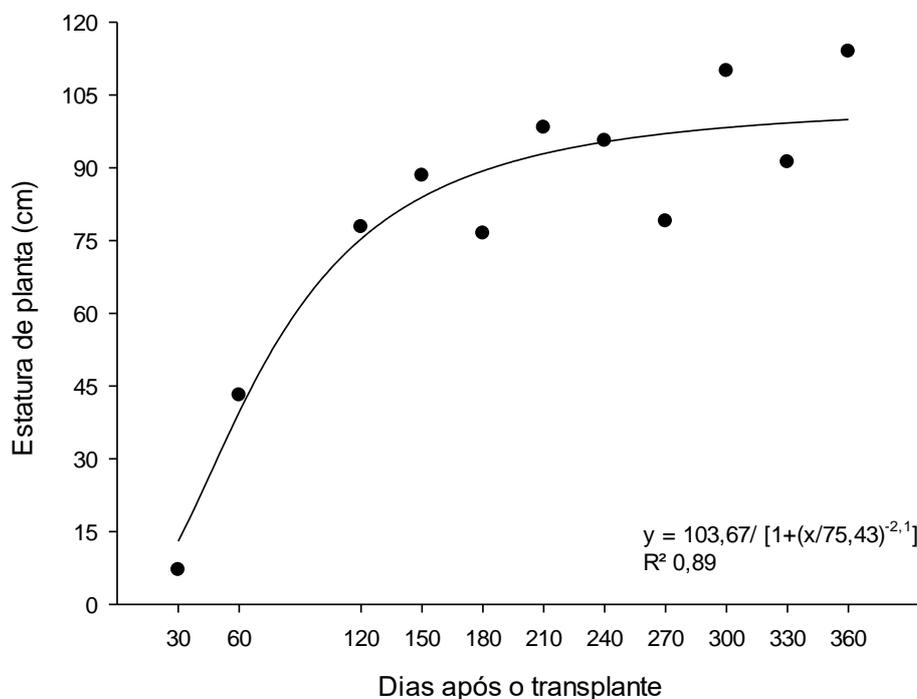


Figura 8- Estatura de plantas (cm planta⁻¹) de *Schizachyrium microstachyum* proveniente de semente e afilho, avaliado dos 30 aos 360 dias após o transplante das plantas. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2019/20. Os pontos representam os valores médios entre as formas de propagação.

A massa seca da parte aérea (MSPA) foi semelhante entre os tipos de reprodução até os 330 dias após o transplante, sendo constatada diferença estatística apenas aos 360 dias após o transplante, ocasião que as plantas oriundas de semente possuíam MSPA 40% superiores as oriundas de afilho (Figura 9). Para ambos biótipos não foi observada estabilização da MSPA, o que refletiu nos altos valores de “b”, que representa a declividade da curva. Para plantas provenientes de afilhos, observou-se tendência de estabilização a partir dos 270 dias após o transplante; enquanto, que plantas de semente não observou-se crescimento exponencial, o que reflete no valor de “b” 33% superior para estes biótipos, e conseqüente maior tempo necessário para alcançar 50% da MSPA do biótipo (x_0). O acúmulo de MSPA é a principal variável que indica o crescimento e eficiência na captação e uso de recursos,

sendo que plantas que acumulam maiores quantidades de matéria seca normalmente são mais competitivas e possuem capacidade de suprimir seus competidores (FLECK et al., 2006).

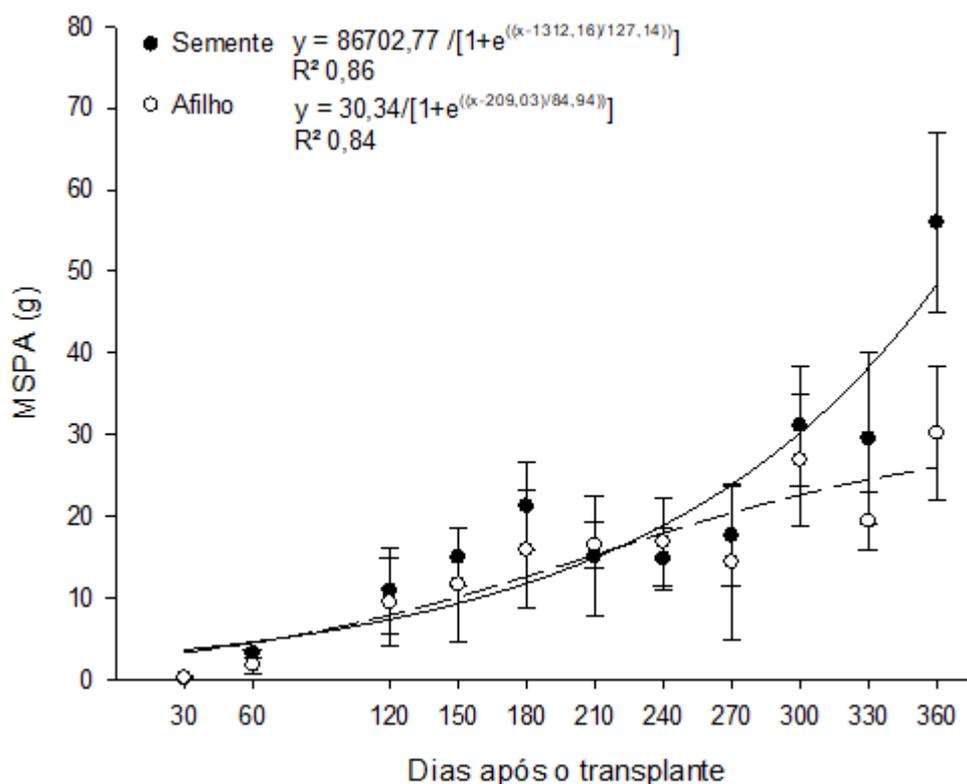


Figura 9- Massa seca da parte aérea (MSPA) (g) de *Schizachyrium microstachyum* proveniente de semente e afilho, avaliado dos 30 aos 360 dias após o transplante das plantas. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2019/20. Os pontos representam os valores médios das repetições das formas de propagação e, as barras, representam os intervalos de confiança em cada época.

Para MSR o comportamento das plantas foi semelhante em todas as datas de avaliação, independente do tipo de reprodução, não havendo diferença entre os mesmos (Figura 10). A partir dos 150 dias após o transplante a matéria seca das raízes tendeu a se estabilizar, não havendo incremento significativo para a variável. Esta estabilização coincidiu com o período em que as plantas alcançaram o estágio de pleno florescimento, podendo a estabilização estar relacionada com a maior alocação de recursos da planta para o desenvolvimento de estruturas reprodutivas e produção de sementes.

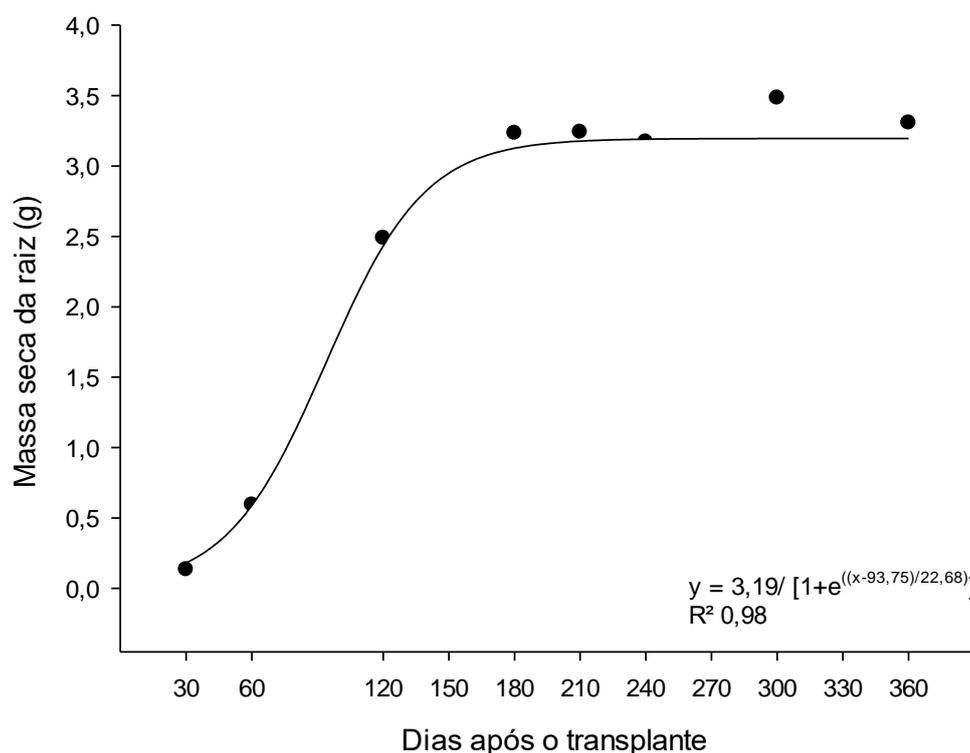


Figura 10- Massa seca de raiz (g) de *Schizachyrium microstachyum* proveniente de semente e afilho, avaliado dos 30 aos 360 dias após o transplante das plantas. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2019/20. Os pontos representam os valores médios entre as formas de propagação.

A AF de plantas oriundas de semente superou as de afilho aos 120 dias após o transplante e à partir dos 300 dias (Figura 11). Houve tendência de estabilização da AF à partir dos 90 dias após o transplante. Desse modo, a diferença percentual dos parâmetros entre um tipo de reprodução e outro foi menor, sendo que as plantas de semente apresentaram “b” 20% superior e “x₀” 8,5% superior que plantas de afilho.

Os valores de AF estão diretamente relacionados com a captação de luz e capacidade fotossintética, sendo indicativo de plantas com maior potencial competitivo (OIKAWA; AINSWORTH, 2016). Além disso, plantas com maior IAF tem maior capacidade de sombrear o dossel, sendo importante na supressão de plantas daninhas e cobertura do solo (OIAKAWA et al., 2016).

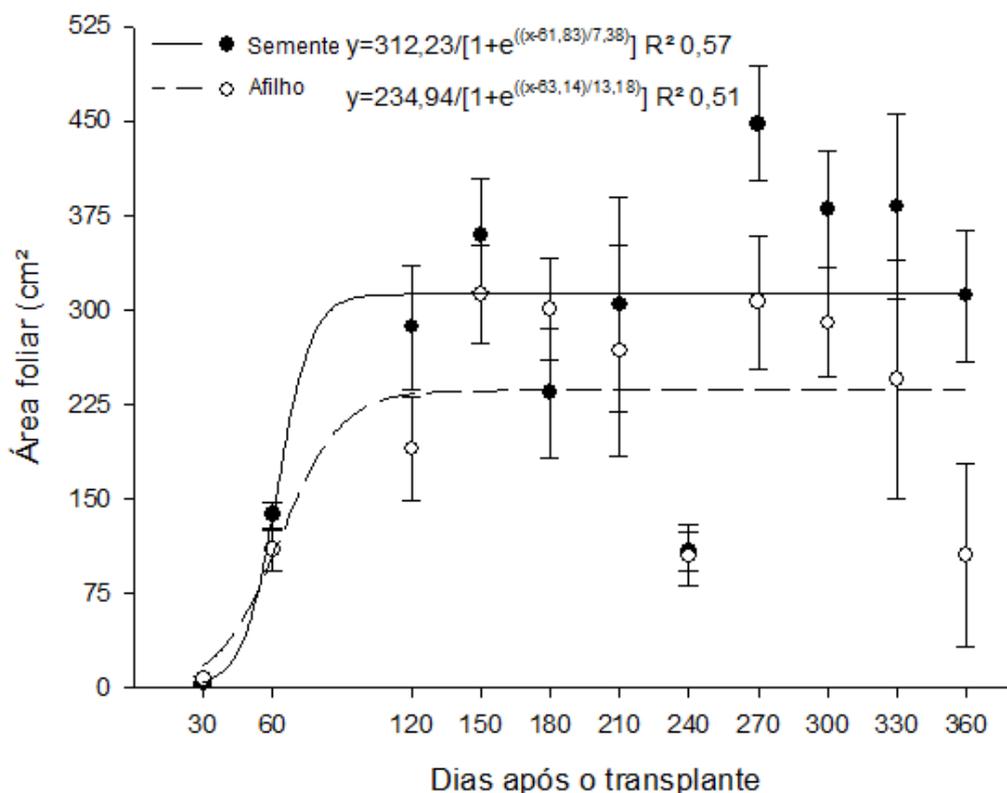


Figura 11- Área foliar (cm²) de *Schizachyrium microstachyum* proveniente de semente e afilho, avaliado dos 30 aos 360 dias após o transplante das plantas. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2019/20. Os pontos representam os valores médios das repetições dos tipos de propagação e, as barras, representam os intervalos de confiança em cada época.

Para RAF houve interação entre os fatores, sendo observada diferença entre as datas de avaliação e tipo de reprodução (Figura 12). Inicialmente observa-se RAF superior para plantas de afilho, na segunda data de avaliação, entretanto, plantas oriundas de semente superam as de afilho e, à partir dos 180 dias os biótipos se igualam. A RAF é a resposta da planta ao longo de seu ciclo em função da conversão dos fotoassimilados para órgãos de reserva e produção, quanto maior sua redução, maior o desvio de fotoassimilados para órgãos de reserva e de reprodução (URCHEU et al., 2000). Quanto maiores os valores de RAF, maior a capacidade de interceptação de energia pela planta, bem como sua elasticidade para compensar baixas densidades populacionais (FERREIRA et al., 2008).

Plantas provenientes de afilho iniciaram o período reprodutivo cerca de 30 dias antes que as oriundas de semente (dados não apresentados). Nesse sentido, alocaram fotoassimilados para estas estruturas mais precocemente, o que reflete no decréscimo mais acentuado de RAF. Por essa razão, o parâmetro “b”, que indica a declividade da curva, foi 25,4% superior para

plantas oriundas de afilho, sendo seu tempo necessário para alcançar 50% da RAF 19,7% superior.

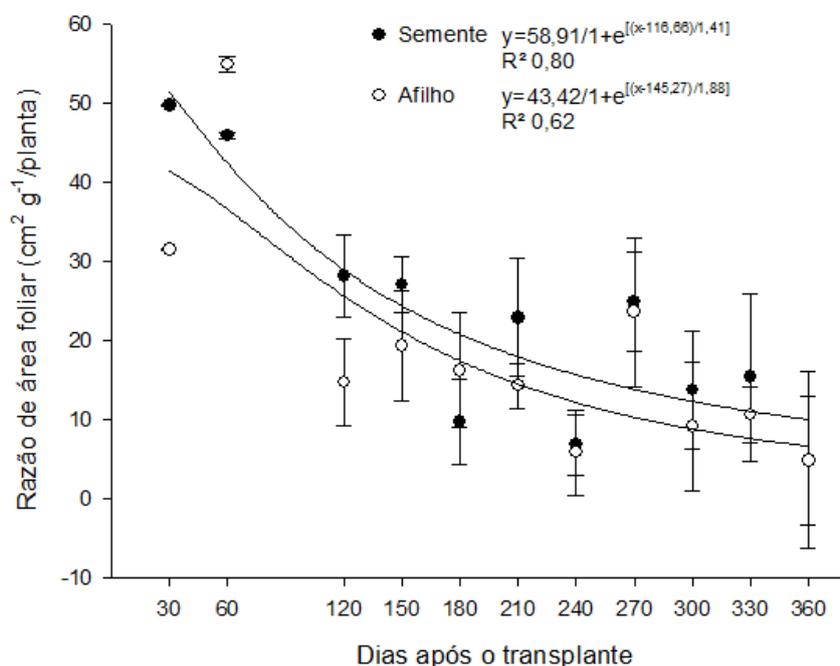


Figura 12- Razão de área foliar ($\text{cm}^2 \text{g}^{-1} \text{planta}^{-1}$) de *Schizachyrium microstachyum* proveniente de semente e afilho, avaliado dos 30 aos 360 dias após o transplante das plantas. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2019/20. Os pontos representam os valores médios das repetições dos tipos de propagação e, as barras, representam os intervalos de confiança em cada época.

As plantas provenientes de semente e afilho demonstraram comportamento semelhante para a maioria das variáveis, entretanto, para as variáveis AF e MSPA plantas de semente demonstraram superioridade em determinadas datas de avaliação. Essas variáveis são as principais ao se comparar plantas em sua capacidade fotossintética, competitiva e produtiva (HAEFELE et al., 2004; OLESEN et al., 2004). O resultado pode ser atribuído ao fato de que as plantas originadas de afilhos iniciaram o estágio reprodutivo aproximadamente 30 dias antes do que plantas oriundas de semente. Nesse sentido, a captação e desvio de recursos para o processo reprodutivo ocorreu antes, reduzindo a energia disponível para produção de AF e MS.

A comparação no desenvolvimento das plantas daninhas na ausência de competição é comum em estudos que visam estimar a adaptabilidade entre biótipos, sendo utilizada principalmente na comparação de plantas daninhas suscetíveis e resistentes (GRAY et al., 1995). Nesse sentido, estudos de valor

adaptativo envolvendo *Lolium multiflorum* (azevém), resistente a iodosulfuron-metílico e fluazifop; *Amaranthus palmeri* (caruru palmeri), resistente ao glifosato; *Bidens subalternans* (picão-preto), resistente a inibidores da ALS; e, *Sagittaria montevidensis* (sagitária), resistente aos inibidores do FSII, demonstraram desenvolvimento semelhante entre biótipos suscetíveis e resistentes, havendo diferenças pontuais principalmente na AF e MSPA dos biótipos em determinadas datas de avaliação, mas não suficiente para afirmar superioridade de um em relação a outro (LAMEGO et al., 2011; FRAGA et al., 2013; VILA-AIUB et al., 2014; MARIANI et al., 2016; PITOL, 2019).

Biótipos resistentes podem apresentar inferioridade em relação ao suscetível, como observado por *Lolium multiflorum* resistente ao glifosato, que teve todas suas variáveis de crescimento reduzidas e *Amaranthus tuberculatus* (caruru), em que o biótipo resistente apresentou desenvolvimento inicial inferior (YANNICCARI et al., 2016; BUTTS et al., 2018). Comparando biótipos de azevém tetraploide e diploide também se constatou superioridade do primeiro quanto ao NA, AF, MSR (SCHIMITZ et al., 2019).

A ideia inicial de realização do trabalho surgiu pela possibilidade de que capim-rabo-burro fosse rizomatoso, havendo controvérsias quanto à presença de rizomas na espécie (KISSMANN, 1997; NEVES, 2010; ZANIN; LONGHI-WAGNER, 2011; HIROSE, 2013). Caso confirmada a ocorrência de rizomas, estes poderiam ser importante ferramenta de propagação das espécies, que, em fase de touceira poderiam facilitar e aumentar sua velocidade de desenvolvimento, aumentando a habilidade competitiva das plantas. Entretanto, ao não serem identificados rizomas nas plantas de ambas espécies, prosseguiu-se os experimentos, porém utilizando afillhos.

Observou-se que plantas oriundas de afillho, após o transplante demoraram mais para se estabelecer, fato pode ser explicado porque o corte submete a planta à uma condição de estresse, que a induz ao gasto de reservas para produção de nova parte aérea. Esse conhecimento pode ser importante no desenvolvimento de estratégias de manejo para a planta daninha. Por não ser rizomatoso, o uso de corte mecânico (colheitadeira ou roçadeira) com intuito de reduzir as reservas da parte aérea, fazendo com que a planta gaste reservas para retomada do crescimento; e, sendo isso seguido de controle químico, pode ser importante ferramenta no controle de touceiras

em lavouras que apresentam alto nível de infestação da espécie e onde o controle químico isolado não é eficiente.

4.3.2 Habilidade competitiva de *S. microstachyum*, proveniente de semente e afilho, em convivência com soja

Os experimentos de série aditiva indicaram que a capacidade de suporte do ambiente (K), para plantas de *S. microstachyum* proveniente de sementes, era de 16 plantas. Já, para as plantas oriundas de afilhos, o K foi alcançado com 12 plantas por unidade experimental. Para a cultura da soja foi utilizado o valor de 8 plantas, definido por Ruchel (2018). Nesse sentido, a densidade de plantas na unidade experimental para estudos substitutivos foi mantida constante em 12 e 10 plantas por vaso para experimento com *S. microstachyum* oriundo de semente e afilho, respectivamente.

Análise gráfica da variável EP evidenciou que os valores de PR não diferiram das linhas hipotéticas para plantas oriundas de semente e para a cultura da soja e, quando em competição com plantas oriundas de afilho, a cultura apresentou linha convexa e PRT variável conforme a proporção entre as espécies (Figura 13 a e b; Tabela 6). A significância para o segundo caso foi confirmada, considerado diferença significativa de mais de duas associações (BIANCHI; FLECK. LAMEGO, 2006).

A menor estatura de *S. microstachyum* mesmo quando em maior proporção em relação à soja pode ser atribuída à maior AF da cultura quando a densidade da planta daninha era superior (Figura 13 a e b; Tabela 6). A soja apresenta boa elasticidade, compensando a menor densidade de plantas no meio. A maior AF (SHAW et al., 1997), além de proporcionar maior captação de luz também é importante na supressão de plantas concorrentes, sombreamento do dossel e redução da quantidade e qualidade luz que aos concorrentes (FLECK et al., 2006).

Analisando o comportamento da AF, observou-se linha convexa para PR da cultura quando em competição com *S. microstachyum*, independentemente do tipo de propagação deste. Para a planta daninha, observou-se linha

côncava quando oriundo de semente e semelhante à reta hipotética quando proveniente as plantas provinham de afilhos, sendo côncava apenas quando a soja representou 25% da população, não apresentando diferença significativa de acordo com os critérios do método (Figura 13 c e d; Tabela 6). Os resultados indicam que a presença da planta daninha não promoveu redução da AF da cultura em nenhuma das densidades de convivência, entretanto, para a planta daninha, a convivência com soja promoveu redução da AF. Quando avaliada a PRT em ambos experimentos, observou-se linha côncava, teoricamente indicando benefício das espécies em convivência. Entretanto, pela linha de PR individuais das espécies conclui-se que o resultado deve-se à maior participação da soja na produtividade total.

Para a variável MSPA os valores de PR da cultura e da planta daninha propagada por semente foram inferiores ao esperado pelas linhas hipotéticas e para PRT obteve-se valores inferiores a um, com retas côncavas em todos os casos (Figura 13 e; Tabela 6). Neste caso, houve prejuízo mútuo e os recursos do meio foram limitantes para o crescimento e desenvolvimento da cultura, acarretando na competição entre as espécies. O oposto ocorre na competição de soja com *S. microstachyum* proveniente de afilho, onde foram verificadas linha convexa para soja e linhas côncavas para a planta daninha (Figura 13 f; Tabela 6). A PRT apresentou comportamento variável conforme a proporção das associações, sendo convexa quando na proporção de 75% de soja e côncava quando a cultura estava nas proporções de 50 e 25%, indicando reduções na MSPA nessas associações.

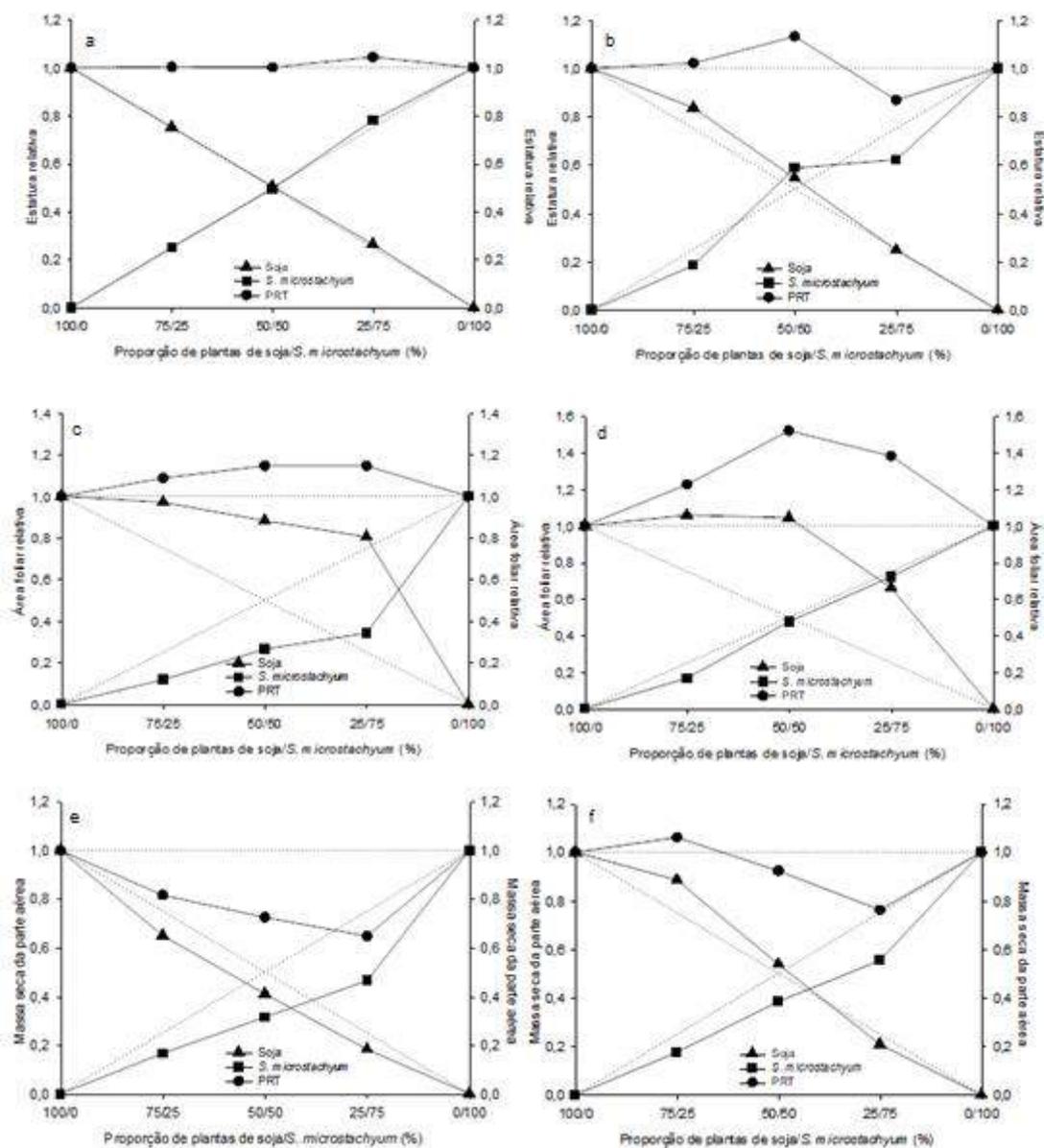


Figura 13 - Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para área foliar (AF), estatura (EST), massa seca da parte aérea (MSPA) de plantas de *S. microstachyum* (capim-rabo-de-burro) proveniente de semente (a, c, e) e soja c.v. NA5909. FAEM/UFPEl, Capão do Leão/RS, 2019. Triângulos (▲) representam a PR de soja, quadrados (■) a PR de capim-rabo-de-burro e círculos (●) indicam a PRT. Linhas pontilhadas referem-se às produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.

Tabela 6 - Diferenças relativas de produtividade para as variáveis área foliar, massa seca da parte aérea, estatura e produtividade relativa total, nas proporções de plantas de *S. microstachyum* (capim-rabo-de-burro) e soja c.v. NA5909. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2019.

	Proporção (%) de plantas associadas (capim: soja)		
	75:25	50:50	25:75
Competição com plantas provenientes de semente			
Estatura			
Soja	0,0 ($\pm 0,02$) ^{ns}	0,01 ($\pm 0,01$) ^{ns}	0,01 ($\pm 0,01$) ^{ns}
<i>S. microstachyum</i>	0,0 ($\pm 0,01$) ^{ns}	0,0 ($\pm 0,01$) ^{ns}	0,03 ($\pm 0,02$) ^{ns}
Total	1,0 ($\pm 0,03$) ^{ns}	1,0 ($\pm 0,02$) ^{ns}	1,04 ($\pm 0,02$) ^{ns}
Área foliar			
Soja	0,22 ($\pm 0,08$) ^{ns}	0,38 ($\pm 0,09$)*	0,55 ($\pm 0,03$)*
<i>S. microstachyum</i>	-0,13 ($\pm 0,02$)*	-0,24 ($\pm 0,03$)*	-0,41 ($\pm 0,05$)*
Total	1,09 ($\pm 0,06$) ^{ns}	1,15 ($\pm 0,07$) ^{ns}	1,15 ($\pm 0,03$)*
Massa seca da parte aérea			
Soja	-0,01 ($\pm 0,04$) ^{ns}	-0,09 ($\pm 0,01$)*	-0,07 ($\pm 0,01$)*
<i>S. microstachyum</i>	-0,08 ($\pm 0,0$)*	-0,19 ($\pm 0,01$)*	-0,28 ($\pm 0,01$)*
Total	0,82 ($\pm 0,04$)*	0,72 ($\pm 0,02$)*	0,65 ($\pm 0,01$)*
Competição com plantas provenientes de afilho			
Estatura			
Soja	0,09($\pm 0,02$)*	0,40($\pm 0,04$)*	0,0($\pm 0,01$) ^{ns}
<i>S. microstachyum</i>	-0,07($\pm 0,02$)*	0,09($\pm 0,07$) ^{ns}	-0,13($\pm 0,07$) ^{ns}
Total	1,02($\pm 0,02$)*	1,13($\pm 0,08$)*	0,87($\pm 0,07$)*
Área foliar			
Soja	0,31($\pm 0,08$) ^{ns}	0,54($\pm 0,12$)*	0,41($\pm 0,02$)*
<i>S. microstachyum</i>	-0,08 ($\pm 0,02$)*	-0,02 ($\pm 0,05$) ^{ns}	-0,03($\pm 0,15$) ^{ns}
Total	1,23($\pm 0,10$) ^{ns}	1,52($\pm 0,15$)*	1,38($\pm 0,15$) ^{ns}
Massa seca da parte aérea			
Soja	0,14 ($\pm 0,06$) ^{ns}	0,92 ($\pm 0,01$)*	0,76 ($\pm 0,01$)*
<i>S. microstachyum</i>	-0,07($\pm 0,01$)*	-0,02($\pm 0,02$)*	-0,20($\pm 0,01$) ^{ns}
Total	1,06 ($\pm 0,06$) ^{ns}	0,04($\pm 0,01$)*	-0,04($\pm 0,01$)*

^{ns} Não significativo e * significativo pelo teste t ($p \leq 0,05$). Valores entre parênteses representam os erros padrões das médias.

No experimento de competição entre soja e *S. microstachyum* proveniente de semente, cultura e planta daninha mantiveram a EP constante independente da densidade de plantas, entretanto apresentaram comportamento distinto quando avaliada a AF (Tabela 7). Para soja a AF incrementou a medida em que se aumentava a densidade da planta daninha, enquanto para *S. microstachyum* obteve-se resultado inverso, sendo prejudicado pela convivência com a cultura. Quando avaliada a MSPA, observou-se que ambas espécies foram prejudicadas pela presença da outra, com valores inferiores aos monocultivos. Em ambos casos, mesmo que soja

tenha sido prejudicada, as maiores perdas foram apresentadas por *S. microstachyum* (Tabela 7).

Observou-se que para cultura da soja, o aumento na densidade de *S. microstachyum* proveniente de afilho ocasionou incremento de AF, enquanto que, para as demais variáveis não houve diferença em relação ao monocultivo (Tabela 7). Para a planta daninha foi observada diferença apenas para a variável MSPA, sendo que, o aumento na densidade da cultura, ocasionou em redução no acúmulo de MSPA da planta daninha. Os resultados indicam maior competição intraespecífica para soja e interespecífica para *S. microstachyum*.

Tabela 7 – Respostas para área foliar, matéria seca da parte aérea e estatura de *Schizachyrium microstachyum* (capim-rabo-de-burro) proveniente de semente e afilho, competindo com soja, c.v. NA5909, sob diferentes proporções de plantas. FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2019.

	Proporção de plantas associadas (soja: capim)					C.V.(%)
	Competição com plantas provenientes de semente					
	100:0	75:25	50:50	25:75	0:100	
	Estatura (cm/planta)					
Soja	37,70	37,8 ^{ns}	38,2 ^{ns}	39,8 ^{ns}	-	6,0
<i>S. microstachyum</i>	-	44,7 ^{ns}	44,1 ^{ns}	46,3 ^{ns}	44,5	7,2
Espécie	Área Foliar (cm ² /planta)					
Soja	619,32	800,7 ^{ns}	1092,8*	1992,4*	-	9,0
<i>S. microstachyum</i>	-	27,5*	30,9*	26,6*	58,4	24,8
	Massa seca da parte aérea (g/planta)					
Soja	98,23	85,1	80,6*	71,7*	-	9,5
<i>S. microstachyum</i>	-	23,0*	21,8*	21,5*	34,6	7,7
	Competição com plantas provenientes de afilho					
	Estatura (cm/planta)					
Soja	69,1	77,1 ^{ns}	75,3 ^{ns}	68,3 ^{ns}	-	7,7
<i>S. microstachyum</i>	-	24,6 ^{ns}	39,2 ^{ns}	27,7 ^{ns}	33,4	20,4
Espécie	Área Foliar (cm ² /planta)					
Soja	675,6	954,1 ^{ns}	1411,8*	1787,6*	-	16,9
<i>S. microstachyum</i>	-	21,1 ^{ns}	30,2 ^{ns}	30,5 ^{ns}	31,7	27,2
	Massa seca da parte aérea (g/planta)					
Soja	87,45	103,2 ^{ns}	94,2 ^{ns}	73,0 ^{ns}	-	9,3
<i>S. microstachyum</i>	-	22,93*	25,0 ^{ns}	24,0*	32,5	7,9

^{ns} Não significativo e * significativo em relação ao respectivo monocultivo (100%), pelo teste de Dunnett (p≤0,05). C. V. – Coeficiente de variação.

Através dos índices CR, K e C, que indicam a capacidade de competitividade e supressão de uma espécie em relação a outra e considerando que, para que uma espécie seja considerada mais competitiva que outra, haja diferença em ao menos dois dos índices (BIANCHI; FLECK.

LAMEGO, 2006), observou-se que a soja foi mais competitiva que *S. microstachyum* quando consideradas as variáveis AF e MSPA, tendo em vista que, para estas variáveis CR foi superior a um e C foi positivo, independentemente da forma de propagação de *S. microstachyum* (Tabela 8).

Tabela 8 - Índices de competitividade de soja, 7c.v. NA5909 competindo com *S. microstachyum* (capim-rabo-de-burro) proveniente de semente e afilho expressos por competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamento relativo (K) e de competitividade (C). FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2019.

	CR	Ka ⁴	Kb ⁵	C
Competição com plantas provenientes de semente				
EST ¹	1,02(±0,02) ^{ns}	0,70(±0,03) ^{ns}	0,46(±0,02)	0,10(±0,01)*
AF ²	3,45(±0,34)*	13,29(±5,52) ^{ns}	0,37(±0,06)	0,62(±0,02)*
MSPA ³	1,31(±0,04)*	1,03(±0,05)*	0,98(±0,04)	0,01(±0,01) ^{ns}
Competição com plantas provenientes de afilhos				
EP ³	0,69(±0,09)*	2,0(±0,49) ^{ns}	1,70(±0,58)	-0,04(±0,06) ^{ns}
AF ¹	2,25(±0,03)*	1,69(±0,03) ^{ns}	0,96(±0,19)	0,57(±0,12)*
MSPA ²	1,41(±0,08)*	1,17(±0,03)*	0,63(±0,05)	0,15 (0,02)*

¹Área foliar; ²Massa seca da parte aérea; ³Estatura; ⁴Ka - soja; ⁵Kb - *S. microstachyum*; ^{ns} Não significativo e * significativo pelo teste t (p<0,05). Valores entre parênteses representam os erros padrões das médias.

Os resultados observados em ambos experimentos permitem inferir que a soja é melhor competidora que *S. microstachyum*, sendo a competição intraespecífica mais importante que a interespecífica. Para a planta daninha a competição interespecífica é mais prejudicial. Resultados semelhantes foram apresentados para a poaceae perene *Digitaria insularis* (capim-amargoso) em que foram obtidas linhas convexas para soja e côncavas para a planta daninha para as variáveis MSPA, AF e EP (VARGAS, 2019). De igual modo, para *Sorghum halepense* (capim-massambará) também se obteve comportamento semelhante, sendo menos competitivo que soja, entretanto sua competitividade foi variável conforme as condições ambientais, onde, em ano com maiores condições de estresse suas maiores densidades reduziram a MSPA da cultura (VARGAS, 2019).

A maior competitividade da soja já era esperada, devido ao seu rápido desenvolvimento e aprisionamento de recursos, o que lhe proporcionará maior AF e produção de MS (SHAW et al., 1997; HAEFELE et al., 2004). Nesse sentido, geralmente a cultura, por seu melhoramento genético visando rápido aprisionamento de recursos para convertê-los em produtividade, é melhor competidora que a planta daninha e o efeito negativo destas na redução da

produtividade na lavoura é decorrente principalmente do fato de que, por serem espontâneas e de maior variabilidade genética, apresentam maior adaptação ao meio, ocorrendo em altas densidades o que mascara sua baixa competitividade individual (BIANCHI; FLECK; LAMEGO, 2006; KUVURMACI et al., 2010). Exemplos de estudos que indicaram competitividade superior para soja envolveram *Bidens pilosa* (picão-preto); *Sida rhombifolia* (guanxuma); *Digitaria ciliares* (milhã); *Chenopodium álbum* (ançarinha-branca); *Digitaria sanguinalis* (capim-colchão); *Amaranthus quitensis* (caruru colorado); *Setaria verticillata* (carrapiço); *Tagetes minuta* (cravo-de-defunto); e, *Eleusine indica* (capim-pé-de-galinha) (BIANCHI; FLECK; FEDERAZZI, 2006; AGOSTINETTO et al., 2013; GUGLIELMINI et al., 2016; FRANCO et al., 2017).

Algumas plantas daninhas apresentam características como estatura, área foliar, incremento de matéria seca elevados além de modificar a duração das etapas do ciclo fenológico, o que às faz serem melhores competidoras que as culturas (FLECK et al., 2007). Exemplos na cultura da soja foram relatados para *Urochloa plantaginea* (papuã) e *Cenchrus echinatus* (capim-carrapicho) (NEPOMUCENO et al., 2007; AGOSTINETTO et al., 2009). Em alguns casos a competitividade de cultura e planta daninha são semelhantes, como relatado para *Commelina benghalensis* (trapoeraba) e *Echinochloa* spp. (capim-arroz) (CARVALHO et al., 2010; DIAS et al., 2010; BASTIANI et al., 2016).

Plantas perenes de maneira geral apresentam desenvolvimento inicial lento, investindo energia principalmente na produção de estruturas de reserva que facilitem sua sobrevivência em condições desfavoráveis, isso faz com que sua permanência no ambiente ocorra principalmente pelo seu potencial de tolerância ao estresse do que pela competitividade (RADOSEVICH. HOLT; GHERSA, 2007). Neste sentido, a espécie *S. scoparium*, planta nativa e predominante em locais xéricos dos Estados Unidos apresenta gradiente de ocorrência que diminui com a redução do nível de estresse da área, sendo sua distribuição justificada pela tolerância ao estresse, que favorece sua predominância em locais alterados e sua baixa competitividade com outras espécies em ambientes produtivos, principalmente pelo desenvolvimento e captação de recursos lentos (BAZZAZ; PARRISH, 1982; FOSTER, 2002). Para *Sorghum halepense* em convivência com milho observou-se diferença na competitividade da planta daninhas, onde em condições ótimas não influenciou

no desenvolvimento do milho, mas em condições de estresse reduziu a produtividade da cultura (LEGUIZAMÓN et al., 2011).

Avaliando o valor adaptativo dos biótipos de *S. microstachyum* observou-se que nos primeiros 30 dias o desenvolvimento da planta foi lento, havendo pouco incremento nas variáveis estudadas, mesmo as plantas não tendo vizinhos para competir no vaso. Nesse sentido, quando em convivência com a soja, espécie de rápido desenvolvimento e aprisionamento de recursos, a planta daninha é rapidamente sombreada, sendo que a menor quantidade e qualidade de luz tornam-se fatores limitantes para seu desenvolvimento (SHAW et al., 1997).

Os problemas com plantas daninhas perenes geralmente não são ocasionados no primeiro ano das plantas no ambiente, mas sim quando estas já estão perenizadas, com estruturas de reserva formadas, aumentando o nível de dano e as dificuldades em seu controle (GEMELLI et al., 2012). Nesse sentido, a permanência de *S. microstachyum* no ambiente e seu potencial de dano são decorrentes principalmente do seu ciclo de vida, tolerância ao estresse e alta produção de sementes, essas sem dormência; o que favorece a infestação da espécie, sendo a densidade das plantas daninhas na lavoura o principal fator que ocasiona nas perdas e não seu potencial competitivo unitário.

4.4 Conclusões

Plantas de *S. microstachyum* provenientes de semente e afilho apresentaram comportamento semelhante em todos parâmetros de crescimento.

A soja apresenta maior habilidade competitiva que *S. microstachyum*, sendo que, em geral, para a cultura a competição intraespecífica prevaleceu, enquanto que para a planta daninha a competição interespecífica foi mais prejudicial para seu desenvolvimento.

5. Capítulo IV – Controle químico de *Schizachyrium microstachyum* em diferentes estádios de desenvolvimento

5.1 Introdução

A incidência de plantas daninhas em lavouras é indesejada devido à redução no desenvolvimento e consequente produtividade das culturas agrícolas, em virtude da competição por recursos limitantes como água, luz e nutrientes (MELO et al., 2015). Nesse sentido, estratégias de manejo são realizadas visando manter a cultura livre da convivência com plantas daninhas, principalmente nos estádios iniciais de desenvolvimento (DOURADO et al., 2009).

O uso de herbicidas tornou-se a principal ferramenta no manejo de plantas daninhas pela praticidade, tempo e custo de implementação, sendo, em muitos casos, a única medida de manejo adotada (OLIVEIRA Jr. et al., 2011). Entretanto, sua eficiência é limitada por fatores intrínsecos da espécie e extrínsecos, que envolvem características do herbicida e do ambiente (DÉLYE; JASIENIUK; LE CORRE, 2013). Os fatores intrínsecos relacionam-se à variabilidade genética intraespecífica e à capacidade inata ou adquirida dos biótipos em sobreviver quando expostos à dose recomendada do produto (AGOSTINETTO; VARGAS, 2014). Por outro lado os extrínsecos envolvem a dinâmica do herbicida no ambiente e sua capacidade de absorção e translocação até o local de ação, em quantidade suficiente para ocasionar a morte da planta (DÉLYE; JASIENIUK; LE CORRE, 2013). Considerando esses fatores, alguns biótipos sobrevivem após os tratamentos, produzem sementes, acarretando em maiores níveis de infestação, dificultando o manejo e, por

consequência, aumentando sua importância no cenário agrícola (TIMOSSI, 2009).

Exemplo deste cenário ocorre com *Schizachyrium microstachyum*, popularmente denominado capim-rabo-de-burro, espécie pertencente à família Poaceae, sendo considerada planta daninha nas lavouras de soja do Rio Grande do Sul. O ciclo perene e a formação de touceiras que, quando secas, seguem protegendo os novos filhotes são as principais estratégias de sobrevivência da espécie à aplicação de herbicidas. Nesse sentido, o uso de herbicidas sistêmicos é a principal estratégia no manejo de plantas daninhas perenes, pela possibilidade de translocação para raízes e órgãos de reserva, quando existentes (MELO et al., 2012). Herbicidas inibidores da 5-enolpiruvilshikimato-3-fosfato sintase (EPSPs), acetil-CoA carboxilase (ACCase) e acetolactato sintase (ALS) são as principais alternativas encontradas no mercado com estas características, sendo o uso de glifosato, setoxidim, haloxifope, fluazifope e cletodim as principais alternativas de manejo de plantas daninhas perenes como *Digitaria insularis* e *Sorghum halepense*, obtendo-se eficiência de até 90% (WINTON-DANIELS; FRANS; MCCLELLAND, 1990; MELO et al., 2012; BARROSO et al. 2014).

O uso de herbicidas de contato para esse tipo de espécies fica restrito devido à não translocação e maior probabilidade de rebrote. Entretanto, sua utilização é comum em aplicações sequenciais, visando esgotar as reservas da planta e potencializar a eficiência de herbicidas sistêmicos (JOHNSON; NORSWORTHY, 2014; CORREIA; ACRA; BALEIRO, 2015). Para esta classe de herbicidas, com a proibição de paraquat, tem-se um mercado potencial para os inibidores da glutamina sintetase (GS), que com uso de cultivares transgênicas, podem ser alternativas tanto em manejo de dessecação quanto em pós-emergência da cultura (LANDRY; STEPHESON; WOOLAN, 2016).

Para garantir a eficiência no controle, além do herbicida correto, o estágio de desenvolvimento e as condições ambientais de aplicação também devem ser considerados. Nesse sentido, as principais estratégias de manejo devem ser focadas no esgotamento e prevenção da realimentação do banco de sementes (WALSH; POWLES, 2007). Quando isso não é possível, controlar as plantas em início de rebrote, em manejo pós-colheita da soja, aumenta a probabilidade de controle, pelo fato de que, nesta fase, ocorre maior gasto de

reservas para o desenvolvimento de novos filhos, aumentando a probabilidade de translocação de herbicidas em quantidade suficiente para ocasionar a morte da planta para estas estruturas (GONZALEZ et al. 1989; CORREIA; ACRA; BALEIRO, 2015).

Na literatura não foram observados trabalhos científicos abordando controle de *S. microstachyum*, o que dificulta a tomada de decisão quanto à época e herbicidas a serem aplicados, não havendo herbicidas registrados para a espécie (AGROFIT, 2020). Nesse sentido, estudos referentes ao estágio e alternativas de controle químico a serem utilizados no controle de *S. microstachyum* são necessárias para evitar disseminação da planta daninha, auxiliando no desenvolvimento de estratégias de prevenção da resistência e propiciando que tais medidas sejam tomadas antes da ocorrência de infestações em estágio crítico.

Considerando os aspectos mencionados, o presente trabalho tem como hipótese que as plantas de *S. microstachyum*, quando em estágio inicial de desenvolvimento são bem controladas por herbicidas, sendo suas dificuldades de manejo provenientes de sua perenização e que a associação de inibidores de EPSPs e ACCase tem efeito sinérgico no manejo de touceiras. Nesse sentido, objetivou-se com este trabalho avaliar a eficiência de diferentes doses de herbicidas inibidores da EPSPs, ACCase e ALS, isolados ou em associação, no controle de *S. microstachyum* em diferentes estágios de aplicação.

5.2 Material e Métodos

Foram realizados três experimentos de controle, sendo o primeiro com plantas pequenas com até um filhote e o segundo e terceiro envolvendo manejo de inverno, com plantas perenizadas.

5.2.1 Controle químico de *S. microstachyum* em estágio inicial de desenvolvimento

O experimento foi realizado em casa de vegetação pertencente ao Centro de Herbologia (CEHERB/FAEM/UFPel) no período de janeiro a abril de

2019. Para tal foram coletadas sementes de biótipos de *S. microstachyum* provenientes de lavoura de soja do município de Tupanciretã (LAT 28°59'0,71"S; LONG 53°40'3,72"O), região onde tem-se relatado problemas de controle da espécie.

O material foi semeado em bandejas de plástico, contendo solo e substrato na proporção de 3:1, e mantido em BOD a 25°C até a emergência. Posteriormente, quando as plântulas apresentavam duas folhas desenvolvidas foram transplantados para vasos de 2L e, quando apresentavam quatro folhas desenvolvidas, já iniciando o desenvolvimento do primeiro afilho, foi realizada a aplicação dos herbicidas. O experimento foi delineado em blocos inteiramente casualizados com dez tratamentos herbicidas, com quatro repetições.

Os tratamentos herbicida testados foram glifosato (1440 g e.a. ha⁻¹); glufosinato de amônio (600 g i.a. ha⁻¹), pinoxaden (60 g i.a. ha⁻¹); cletodim (108 g i.a. ha⁻¹); haloxifope-p-metilico (60 g i.a. ha⁻¹); setoxidim (230 g i.a. ha⁻¹), além das misturas de glifosato com cletodim ou haloxifope-p-metilico ou setoxidim, nas doses citadas acima. A adição de óleo mineral foi realizada seguindo as indicações do fabricante. As aplicações foram realizadas com pulverizador costal pressurizado com CO₂, equipado com bico XR 110.02, com volume de calda de 150 L ha⁻¹.

As avaliações de controle foram realizadas visualmente aos 7, 14 e 21 dias após o tratamento (DAT), utilizando escala visual de 0-100, na qual 0% representa ausência de sintomas e 100% a morte total da planta (FRANS; CROWLEY, 1986). Os resultados foram avaliados quanto à normalidade e homocedasticidade e submetidos à análise da variância pelo teste F e, em caso de diferença estatística significativa foi realizado teste de Duncan a 5% de probabilidade.

5.2.2 Controle químico de inverno de *S. microstachyum* em estágio de touceira

Os estudos de controle de inverno foram realizados em área cultivada com soja RR durante o verão e pastejo de azevém no inverno, localizada no município de Tupanciretã/RS, nos anos de 2018 e 2019. O experimento foi

conduzido com apoio do grupo de pesquisa em herbologia da Cooperativa Central Gaúcha Ltda. (CCGL-Tec).

Em 2018 os herbicidas testados foram fluazifope (187,5 e 375 g i. a. ha⁻¹); setoxidim (230 e 460 g i. a. ha⁻¹); fenoxaprope (110 e 220 g i. a. ha⁻¹); cletodim (120 e 240 g i. a. ha⁻¹); quizalofope (75 e 150 g i. a. ha⁻¹), haloxifope (135,2 e 270 g i. a. ha⁻¹); nicossulfuron (60 e 120 g i. a. ha⁻¹) e glifosato (1323 e 2646 g e. a. ha⁻¹). No segundo ano de condução do experimento foram mantidos os tratamentos utilizados no ano anterior, exceto nicossulfuron. Além disso, foram incluídas as misturas de glifosato (1323 g e. a. ha⁻¹) com cletodim (120 g i.a. ha⁻¹), com quizalofope (75 g i. a. ha⁻¹), com haloxifope (135,2 g i.a. ha⁻¹) e com setoxidim (230 g i.a. ha⁻¹). Como alternativa de produto não sistêmico, foi adicionado glufosinato de amônio (600 g i.a. ha⁻¹). Para todos os tratamentos, exceto para quizalofope, foram adicionados 500 mL óleo mineral.

As aplicações foram realizadas com pulverizador costal pressurizado com CO₂, equipado com bico TT110015, com volume de calda de 100 L ha⁻¹. O estágio de aplicação ocorreu quando as touceiras se encontravam com os afilhos expostos, com aproximadamente 10-15 cm de estatura.

As avaliações de controle foram realizadas visualmente aos 16, 22, 34, 48 e 63 DAT no primeiro ano e 8, 20, 41 e 56 DAT no segundo ano de condução do experimento. As notas eram dadas considerando escala percentual, conforme descrito anteriormente. Os resultados foram avaliados quanto à normalidade e homocedasticidade e submetidos à análise da variância pelo teste F e, em caso de se obter diferença estatística significativa foi realizado teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

5.3 Resultados e Discussão

O teste de Shapiro-Wilk indicou normalidade dos dados, exceto no experimento de controle de touceiras em 2019, havendo a necessidade de transformação por Arcoseno raiz. A análise de variância evidenciou diferença entre os herbicidas testados em todos os experimentos, indicando sensibilidade diferencial de *S. microstachyum*. Os resultados são apresentados abaixo, conforme exposto na metodologia.

5.3.2 Controle químico de *S. microstachyum* em estágio inicial de desenvolvimento

Para o controle de plantas aos 7 DAT, todos os tratamentos obtiveram controle inferior a 80%, sendo verificado para pinoxaden, haloxifope e setoxidim os menores percentuais de controle, inferiores a 50%. Aos 14 DAT glifosato isolado ou em associação com setoxidim apresentaram controle superior a 95%, valor considerado eficiente. Nesta data de avaliação ocorreu a maior variabilidade de controle entre os tratamentos, no entanto pinoxaden se manteve com o menor percentual de controle, não diferindo estatisticamente da testemunha sem aplicação. Além deste, cletodim e haloxifope também não apresentaram eficiência satisfatória. Apesar das diferenças na velocidade de manifestação dos sintomas e morte da planta, na avaliação aos 21 DAA, observou-se que, a excessão de pinoxaden, todos os tratamentos obtiveram controle superior a 90%, não diferindo estatisticamente entre si (Tabela 9).

Tabela 9 – Controle (%) de *Schizachyrium microstachyum* em estágio inicial de desenvolvimento, em função do uso de herbicidas pós-emergentes avaliados aos 7; 14 e 21 dias após a aplicação (DAT). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2019.

Tratamento	Dose (g i.a. ha ⁻¹)	7 DAT	14 DAT	21 DAT
Glifosato	1440	70,0 ab	96,8 a	100,0 a
Glufosinato	600	69,3 ab	91,8 ab	98,3 a
Pinoxaden	60	41,3 c	8,0 d	11,3 b
Cletodim	108	42,7 c	67,3 c	94,0 a
Haloxifope	60	46,7 c	76,0 bc	98,5 a
Setoxidim	230	57,3 bc	83,0 abc	98,5 a
Gli + Cle	1440+108	54,3 bc	78,5 abc	97,8 a
Gli + Hal	1440+60	55,3 bc	85,8 ab	93,8 a
Gli + Set	1440+230	76,0 a	95,0 a	99,8 a
Testemunha		0,0 d	0,0 d	0,0 c
CV (%)		20,63	16,27	5,38

¹ Médias seguidas por letras distintas minúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$); ² Coeficiente de variação. Gli: glifosato; Cle: cletodim; Hal: haloxifope; Set: setoxidim

5.3.2 Controle químico de inverno de *S. microstachyum* em estágio de touceira

Para o controle de touceiras em rebrote no ano de 2018, observou-se que glifosato, independente da dose utilizada apresentou melhor controle em

todas as datas de avaliação (Tabela 10). Quanto aos demais tratamentos, para as duas primeiras datas de avaliação o controle foi inferior a 80%. À partir dos 49 DAT, haloxifope, quizalofope e cletodim igualaram estatisticamente o controle com glifosato, além de fluazifope e setoxidim em duas doses mais altas, com controle superior a 80%.

O incremento na dose proporcionou aumento de controle para os tratamentos com fluazifope, setoxidim, quizalofope e nicossulfuron (Tabela 10). Entretanto, no caso de nicossulfuron, mesmo quando utilizada a maior dose, o controle foi insatisfatório. Já para glifosato, haloxifope e setoxidim não houve diferença estatística significativa entre as doses testadas, e ambas foram eficientes.

Na comparação entre herbicidas inibidores de ACCase, observou-se maiores médias de controle para haloxifope, setoxidim e cletodim, que apresentaram controle acima de 80% quando testada dose de registro, não diferindo de glifosato (Tabela 10). Na média das duas doses testadas fenoxapropate apresentou os menores valores de controle em todas as datas de avaliação, seguido de quizalofope e fluazifope. O aumento de dose não incrementou o controle de fenoxapropate, mas resposta positiva foi observada por quizalofope e fluazifope.

Tabela 10 – Controle (%) de *S. microstachyum* em estágio de touceira, em função do uso de herbicidas pós-emergentes avaliados aos 15; 22 e 34, 49 e 63 dias após tratamento (DAT). Tupanciretã-RS, 2018.

Tratamento	Dose (g i.a. ha ⁻¹)	Controle (%)					
		15DAT	22DAT	34DAT	49DAT	63DAT	
Glifosato	1080	88 a	88 a	94 a	93 a	94 a	
Glifosato	2160	90 a	92 a	93 a	89 a	96 a	
Fluazifope	187,5	42 c	57 c	67 d	68 b	78 b	
Fluazifope	375	57 b	64 b	74 c	75 a	87 a	
Setoxidim	230	48 c	58 c	77 c	70 b	87 a	
Setoxidim	460	52 b	60 b	80 c	81 a	90 a	
Fenoxaprope	110	43 c	54 c	73 d	60 b	63 c	
Fenoxaprope	220	31 d	50 c	70 d	48 c	69 b	
Cletodim	120	54 b	62 b	78 c	78 a	85 a	
Cletodim	240	58 b	61 b	78 c	82 a	91 a	
Quizalofope	75	60 b	64 b	83 b	76 a	76 b	
Quizalofope	150	51 c	62 b	79 c	82 a	82 a	
Haloxifope	120	58 b	68 b	83 b	86 a	93 a	
Haloxifope	240	60 b	65 b	82 b	86 a	94 a	
Nicossulfuron	60	44 c	60 b	69 d	50 c	26 d	
Nicossulfuron	120	56 b	65 b	75 c	65 b	58 c	
Testemunha	0	0 e	0 e	0 e	0 d	0 e	
CV(%)	-	13,86	10,30	6,47	13,17	9,14	

¹ Médias seguidas por letras distintas minúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$); ² Coeficiente de variação

No experimento de controle de capim rabo-de-burro realizado em 2019, na primeira época de avaliação (8 DAT), não observou-se controle superior a 60% em nenhum dos tratamentos entretanto, os tratamentos com glifosato e sua associação com setoxidim apresentaram melhor controle (Tabela 11). Aos 20 DAT glifosato isolado e em mistura com inibidores da ACCase, a excessão de cletodim, apresentaram controle acima de 80%, indicando sinergismo de glifosato na ação dos poaecidas. À partir dos 41 DAT glufosinato de amônio que até então apresentava controle intermediário, também superou os 80% de controle.

Na última data de avaliação, aos 56 DAT, apesar da diferença estatística entre os tratamentos, todos apresentaram controle acima de 80%, destacando glifosato, haloxifope, glufosinato de amônio e as misturas de glifosato com os inibidores da ACCase, com controle superior 95% (Tabela 11). A mistura de herbicidas de diferentes mecanismos de ação só apresentou incremento significativo de controle, em relação aos produtos isolados, nas misturas de glifosato com setoxidim e cletodim.

Tabela 11 – Controle (%) de *S. microstachyum* em estágio de touceira, em função do uso de herbicidas pós-emergentes avaliados aos 8; 20, 41e 56 dias após tratamento (DAT). Tupanciretã-RS, 2019.

Tratamento	Dose (g i.a. ha ⁻¹)	Controle (%)			
		8DAT	20DAT	41DAT	56DAT
Glifosato	1080	46,2 a	82,5 a	91,5 a	97,2 a
Glifosato	2160	53,7 a	90,5 a	96,2 a	98,5 a
Cletodim	120	20,0 c	52,5 c	61,2 b	92,0 b
Cletodim	240	31,2 b	56,2 c	62,5 b	93,0 b
Quizalofope	75	25,0 b	50,0 c	68,7 b	93,7 b
Quizalofope	150	13,7 c	50,0 c	70,0 b	94,7 b
Haloxifope	104	10,0 c	53,7 c	66,2 b	96,5 a
Haloxifope	208	17,5 c	59,5 c	67,5 b	95,5 a
Setoxidim	230	21,2 c	52,0 c	66,5 b	87,5 c
Setoxidim	460	25,0 b	57,5 c	67,5 b	91,2 b
GLI + CLE	1080+120	37,5 b	73,7 b	93,2 a	97,7 a
GLI + QUI	1080+75	30,0 b	81,2 a	88,5 a	97,5 a
GLI + HAL	1080+104	37,5 b	80,5 a	95,2 a	98,2 a
GLI + SET	1080+230	43,7 a	80,0 a	93,7 a	98,2 a
Glufosinato de amônio	600	32,5 b	68,7 b	86,2 a	96,0 a
Testemunha	0	0 d	0 d	0 c	0 d
CV(%)	-	16,99	9,86	8,34	4,43

¹ Médias seguidas por letras distintas minúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$); ² Coeficiente de variação. Gli: glifosato; Cle: cletodim; Hal: haloxifope; Set: setoxidim; Qui: quizalofope

Os baixos níveis de controle de pinoxaden e nicossulfuron podem ser decorrentes de diversos fatores. O mais provável deles é a rápida metabolização, realizada por enzimas detoxificadoras, em especial o grupo das glicosil transferases, citocromo P450 monoxigenase e glutaciona-s-transferase, estando também entre os principais mecanismos de resistência envolvendo este mecanismo de ação (YUAN et al., 2007; YU; POWLES, 2014).

O uso de glifosato e inibidores da ACCase para controlar poaceas perenes tem sido a principal estratégia de manejo desse grupo de espécies, com relatos de eficiência superior a 90% (CULPEPPER et al., 2000; GRIFFIN; MILLER; SALASSI, 2006; CORREIA et al., 2015; CASSOL et al., 2019). Entretanto, apesar dos resultados positivos, a eficiência está diretamente relacionada à aplicação no estádio e condições ideais. Quando isso não ocorre o controle torna-se insatisfatório e, apesar dos danos ocasionados à parte aérea, o rebrote é alto, reduzindo em até 50% a eficiência do tratamento (JOHNSON; NORSWORTHY, 2014; PETERNELA et al., 2014).

A maior eficiência de glifosato no controle das touceiras de capim-rabo-de-burro já era esperada, isso em decorrência de seu mecanismo de ação, sendo, de todos os herbicidas testados, o de maior flexibilidade e menores restrições quanto ao estádio de aplicação (DUKE; POWLES, 2008). Para que um herbicida aplicado na parte aérea possa ser translocado até órgãos subterrâneos, é necessário que este se movimente pelo floema (BROMILOW; CHAMBERLAIN; EVANS, 1990). Além disso, a maior ou menor translocação será ocasionada pelas características físico-químicas do herbicida (COBB; READE, 2010).

A translocação é favorecida também em estádios de gasto energético, como ocorreu nos experimentos de inverno, posteriores à colheita da soja. Com o reinício do crescimento, proteínas e carboidratos armazenados nas estruturas de reserva são utilizados pela planta para desenvolvimento de novas folhas (GONZALEZ et al. 1989; LEE et al., 2009). Nesse período o controle é facilitado por dois motivos principais envolvendo a ocorrência de folhas com tecidos jovens, que facilitam a absorção de herbicidas; e, a menor concentração de carboidratos no sistema subterrâneo da planta, que favorece a translocação de herbicidas translocados pelo floema em quantidade suficiente para ocasionar a morte da planta (LEE et al., 2009; CORREIA; ACRA; BALEIRO, 2015). Além disso, nestes períodos de pós-colheita da

soja, a ausência de culturas aumenta a gama de herbicidas que podem ser utilizados, reduzindo a pressão de seleção imposta a um único mecanismo de ação.

Os inibidores da ACCase quando aplicados isoladamente apresentaram evolução mais lenta do quadro sintomatológico e morte das plantas, quando comparada com glifosato. O fato pode ter duas justificativas principais, relacionadas ao seu modo de ação e a interação das condições ambientais no sucesso do controle. Sabe-se que, quando em regime de baixas temperaturas ocorre a alteração nas constantes de Michaelis-Mentem (k_m), reduzindo a eficiência dos processos enzimáticos e, por consequência o metabolismo da planta (OKUTMAN TAS; PAVLOSTATHIS, 2007).

A diferença no tempo de controle também pode ser explicada pelo modo de ação dos herbicidas. O glifosato inibe a rota do ácido chiquímico o que, além de paralisar a produção de aminoácidos aromáticos, promove o acúmulo de ácido chiquímico e, por consequência, estresse oxidativo pela produção de espécies reativas de oxigênio que promoverá a peroxidação lipídica e morte celular, o que faz com que a morte da planta seja mais rápida e a manifestação dos sintomas ocorra nos órgãos já desenvolvidos da planta (ORCARAY et al., 2009; GILL; TUTEJA, 2010). Por sua vez, os inibidores da ACCase, bloqueiam a síntese de lipídeos, atuando principalmente em tecidos meristemáticos, prejudicando a formação de membranas e desestruturando tecidos em formação, desse modo, agem inicialmente nos órgãos em formação da planta, sendo seu primeiro sintoma a ruptura do meristema apical, fazendo com que sintomas visuais demorem mais a aparecer (NALEWAJA et al. 1994; BURKE et al., 2006). Desse modo, ação dos herbicidas pertencentes a este grupo é mais lenta, principalmente em condições de baixa temperatura, onde o metabolismo da planta é mais lento, principalmente em espécies com crescimento e desenvolvimento inicial lentos, como observado em *S. microstachyum* ao longo da realização dos estudos (MATZRAFI et al., 2016).

A diferenciação na eficiência de ingredientes ativos de mesmo mecanismo de ação está relacionada às características físico-químicas de cada produto e como estas interferem em seu movimento na planta. Os inibidores da ACCase tem característica lipofílica e, de maneira geral sua translocação pode ocorrer tanto via xilema, quando floema. Entretanto, comparando haloxifope que, dentre os inibidores da ACCase, obteve melhores percentuais de controle, este possui maior probabilidade de ser aprisionado no floema, e, por consequência, de chegar aos

órgãos de reserva, aumentando seu potencial de controle e de prevenção de rebrote (BARROSO et al., 2015). Os demais ingredientes ativos, de modo geral, são mais lipofílicos, tendo sua absorção mais rápida, mas também são mais passíveis de serem translocados via xilema, impedindo sua translocação de basipetal (OLIVEIRA Jr. et al., 2011).

A mistura de inibidores da ACCase com glifosato nas plantas em estágio inicial de desenvolvimento, não ocasionou incremento de controle. Entretanto, quando aplicados em plantas entouceiradas, promoveu rapidez no controle proporcionado pelos poaecidas, principalmente cletodim e setoxidim. Efeito sinérgico nessas associações foi observado em mistura de cletodim e haloxifope com glifosato, quando utilizados no controle de plantas com 6 a 10 afilhos e em touceiras estabelecidas de *D. insularis*, com percentuais de controle acima de 90% e com baixas taxas de rebrote e de *S. halepense* (WINTON-DANIELS; FRANS; McCLELLAND, 1990; MILLER; SALASSI, 2006; ZOBIOLE et al., 2016; CASSOL et al., 2019).

O efeito sinérgico das misturas de glifosato e inibidores da ACCase é mais perceptível no controle de plantas que já ultrapassaram o estágio recomendado de aplicação, dificultando a translocação até mesmo de glifosato para os órgãos de reserva (CASSOL et al., 2019). Nesse sentido, ao ser aplicado um herbicida que inibe a síntese de ácidos graxos, que atuam em diferentes regiões meristemáticas, pode haver a potencialização da translocação do herbicida pela despolarização de membranas e pela inversão da relação fonte/dreno (COBB; READE, 2010). Além disso, a associação entre herbicidas se justifica também pela inibição de dois sítios de ação ao mesmo tempo, dificultando a evolução da resistência (AGOSTINETTO; VARGAS, 2014).

O fato do incremento na dose não resultar em incremento no controle, demonstra que não há necessidade de ultrapassar a dose recomendada do produto para que haja controle efetivo. Nesse sentido, o uso da dose recomendada é o mais indicado por questões econômicas e de manejo. O uso de doses superiores à recomendada é uma medida que deve ser evitada por aumentar a probabilidade de resistência dos biótipos (AGOSTINETTO; VARGAS, 2014). No campo, as populações são geneticamente heterogêneas e dentro de uma população existem indivíduos com diferentes graus de sensibilidade aos herbicidas.

Naturalmente os herbicidas agem como agentes selecionadores, eliminando as plantas mais sensíveis e permitindo a reprodução daquelas que desenvolveram mecanismos diferenciais que garantem sua sobrevivência. Sendo assim, o uso de superdoses auxilia na seleção mais rápida de biótipos resistentes, principalmente aqueles envolvendo alterações no local de ação (AGOSTINETTO; VARGAS, 2014). Desse modo, o uso de doses acima da recomendada deve ser a última alternativa a ser utilizada. Entretanto, como para a espécie não existem herbicidas registrados, são necessários estudos que avaliem melhor dose de aplicação de cada um dos herbicidas.

Observou-se que os estádios iniciais de desenvolvimento e rebrote são estádios efetivos no controle de *S. microstachyum*. As dificuldades de controle que ocorrem na lavoura podem estar envolvidas no fato de a planta, quando senescente secar, protegendo os novos afilhos. Além disso, por seu desenvolvimento lento, quando comparado a outras espécies daninhas, quando são realizadas as aplicações de herbicidas inicialmente não possuem estrutura vegetativa suficiente para absorção herbicida em quantidade suficiente para ocasionar a morte da planta e, posteriormente, se desenvolvem, ultrapassando o estágio ideal de controle.

5.4 Conclusões

Os herbicidas glifosato, glufosinato de amônio, cletodim, haloxifope e setoxidim são eficientes no controle de *S. microstachyum* nos estádios iniciais de desenvolvimento.

Para manejo de touceiras, os herbicidas glifosato e haloxifope isolados demonstraram eficiência superior a 90% independente da dose e cletodim e setoxidim na dose mais alta.

Associação de herbicidas inibidores da EPSPS e ACCase melhora a ação dos poaecidas.

Pinoxaden e nicossulfuron não são alternativas no controle de *S. microstachyum*.

6. Considerações finais

A. bicornis apresenta dormência primária fisiológica, superada com a aplicação de ácido giberélico, enquanto *S. microstachyum* possui apenas quiescência. Entretanto *A. bicornis* precisa de mais tempo para germinar e se estabelecer, o que facilita o estabelecimento de outras espécies.

As características morfológicas e anatômicas são semelhantes entre as espécies de capim-rabo-de-burro, diferindo apenas na maior estatura, comprimento de folha e maior densidade estomática na face adaxial para *A. bicornis* e maior densidade estomática abaxial para *S. microstachyum*, não sendo suficiente para explicar a diferenciação na ocorrência das espécies.

Os resultados obtidos nos dois primeiros capítulos, diferenciando capim-rabo-de-burro e as observações realizadas ao longo da realização dos experimentos, indicam que a distinção das espécies quanto a sua invasividade em ambientes cultivados está mais relacionada a fatores como taxa de crescimento, velocidade de desenvolvimento e tolerância ao estresse e distúrbios, sendo necessários estudos que confirmem esta hipótese.

Plantas de *S. microstachyum* provenientes de afilho e semente apresentam desenvolvimento semelhante, com vantagem para plantas de semente na MSPA, AF e seus derivados, dependendo da data de avaliação. Os resultados indicam que estratégias de manejo mecânico podem ser utilizadas no manejo integrado da espécie, com a finalidade de reduzir as reservas, auxiliando o controle químico.

Plantas de *S. microstachyum* independentemente do tipo de reprodução apresentam crescimento inicial lento, que lhe confere habilidade competitiva inferior à soja. Os problemas de controle com a planta são ocasionados principalmente pelas altas infestações que ocorrem no campo e, por não apresentar dormência, os fluxos de emergência provavelmente serão altos e só ocorrerão quando as características do ambiente forem favoráveis, considerando que a espécie possui

quiescência. Além disso, os problemas de controle e competição com a planta ocorrem principalmente após a perenização, quando as touceiras já estão estabelecidas. No primeiro ano, como observado nos experimentos de habilidade competitiva, a espécie é facilmente suprimida, não aphilando, produzindo pouca matéria seca e estiolando, entretanto permanece viva e acumulando reservas, posteriormente formando touceiras e dificultando o manejo.

Os herbicidas glifosato, glufosinato de amônio, cletodim, haloxifope e setoxidim são eficientes no controle inicial de *S. microstachyum*, indicando a suscetibilidade das espécies a estes e que, os problemas de controle são ocasionados pela tolerância da espécie quando forma touceiras. Para manejo de touceiras, os herbicidas glifosato, haloxifope, setoxidim e quizalofope isolados ou em associação demonstram eficiência superior a 80%. Pinoxaden e nicossulfuron não são eficientes no controle de *S. microstachyum*.

Referências

- AGOSTINETTO, D.; FONTANA, L.C.; VARGAS, L.; MARKUS, C.; OLIVEIRA, E. Habilidade competitiva relativa de milhã em convivência com arroz irrigado e soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, p.1315-1322, 2013.
- AGOSTINETTO, D.; FONTANA, L.C.; VARGAS, L.; PERBONI, L.T.; POLIDORO, E.; SILVA, B.M. Competition periods of crabgrass with rice and soybean crops. **Planta Daninha**, v.32, n.1, p.31-38, 2014.
- AGOSTINETTO, D.; RIGOLI, R.P.; GALON, L.; MORAES, P.V.D. de; FONTANA, L. C. Competitividade relativa da soja em convivência com papuã (*Brachiaria plantaginea*). **Scientia Agrária**, v.10, p.185-190, 2009.
- AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L. Resistência de plantas daninhas a herbicidas. In: Resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil. Pelotas:Editora UFPel, 2014. p.09-32.
- ALVARADO, V; BRADFORD, K.J. A hidrotermal time model explains the cardinal temperatures for seed germination. **Plant Cell & Environment**, v.25, p.1061-1069, 2002.
- APPEZZATO DA GLÓRIA, Beatriz; CARMELLO-GUERREIRO, Sandra Maria. **Anatomia vegetal**. 2ed. Universidade de São Paulo:ESALQ, 1992. p.303-311.
- BARROSO, A.A.M.; ALBRECHT, A.J.P.; REIS, F.C.; FILHO R.V. Interação entre herbicidas inibidores da ACCase e diferentes formulações de glyphosate no controle de capim-amargoso. **Planta Daninha**. v.32, p.619-627, 2014.
- BARROSO, A. L. L.; DAN, H. A.; PROCÓPIO, S. O.; TOLEDO, R. E. B.; SANDANIEL, C. R.; BRAZ, G. B. P.; CRUVINEL, K. L. Eficácia de herbicidas inibidores da ACCase no controle de gramíneas em lavouras de soja. **Planta daninha**, v.28, p.149-157, 2010.
- BARROSO, A.A.M.; GALEANO, E.; ALBRECHT, A.J.P.; REIS, F.C. dos; VICTORIA FILHO, R. Does sourgrass leaf anatomy influence glyphosate resistance?. **Comunicata Scientiae**, v.6, p.445-453, 2015.
- BASTIANI, M.O.; LAMEGO, F.P.; AGOSTINETTO, D.; LANGARO, A.C.; SILVA, D.C. Competitividade relativa de cultivares de soja com capim-arroz. **Bragantia**, v.75, p.435-45, 2016.
- BAZZAZ, F.A.; PARRISH J.A.D. Organization of grassland communities. In: Grasses and Grassland Communities. Oklahoma State University Press:Stillwater, 1982. p.233-254.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds physiology of development and germination**. 1ed. New York:Plenum Press. 1994. p.445.

BIANCHI, M. A.; FLECK, N. G.; FEDERIZZI, L. C. Características de plantas de soja que conferem habilidade competitiva com plantas daninhas. **Bragantia**, v.65, p.623-632, 2006.

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, p.1380-1387, 2006.

Blanco, F.M.G. Classificação e mecanismos de sobrevivência das plantas daninhas. In: Aspectos da biologia e manejo das plantas daninhas. São Paulo:SBCPD, 2014. p.33-59.

BRAGA, L.F.; SOUSA, M.P.; ALMEIDA, T.A. Germinação de sementes de *Enterolobium schomburgkii* (Benth.) Benth. submetidas a estresse salino e aplicação de poliamina. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.11, p.63-70, 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários – AGROFIT. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>> Acesso em: 15 jan. 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2009. p.399.

BROMILOW, R.H.; CHAMBERLAIN, K.; EVANS, A.A. Physicochemical aspects of phloem translocation of herbicides. **Weed Science**, v.38, p.305-314, 1990.

BUKATSCH, F. Bemerkungen zur Doppelfärbung Astrablau-Safranin. **Mikrokosmos**, v.61, p.255, 1972.

BURKE, I.C.; THOMAS, W.E.; BURTON, J.D.; SPEARS, J.F.; WILCUT, J.W.A seedling assay to screen aryloxyphenoxypropionic acid and cyclohexanedione resistance in johnsongrass (*Sorghum halepense*). **Weed Technology**, v.20, p.950-955, 2006.

BURNS, J.K.; HARTMOND, U.; KENDER, W.J. Acetolactate synthase inhibitors increase ethylene production and cause fruit drop in citrus. **HortScience**, v.34, p.908-910, 1999.

BUTTS, T.R.; VIEIRA, B.C.; LATORRE, D.O.; WERLE, R.; KRUGER, G.R. Competitiveness of herbicide-resistant waterhemp (*Amaranthus tuberculatus*) with soybean. **Weed Science**, v.66, p.729-737, 2018.

CARMONA, R.; MARTINS, C. R.; FÁVERO, A. P. Fatores que afetam a germinação de sementes de gramíneas nativas do cerrado. **Revista Brasileira de Sementes**, v.20, p.16-22, 1998.

CASSOL, M.; MATTIUZZI, M.D.; ALBRECHT, A.J.P.; ALBRECHT, L.P.; BACCIN, L.C.; SOUZA, C.N.Z. Efficiency of isolated and associated herbicides to control glyphosate-resistant sourgrass. **Planta Daninha**, v.37, p.1-8, 2019.

CASSON, S.; GRAY, J.E. Influence of environmental factors on stomatal development. **New Phytologist**, v.178, p.9-23, 2008.

CHAERLE, L.; SAIBO, N.; VAN DER STRAETEN, D. Tuning the pores: towards engineering plants for improved water use efficiency. **Trends in biotechnology**, v.23, p.308-315, 2005.

CHIANG, C.K.; BARTSCH, M.; BARUA, D.; NAKABAYASHI, K.; DEBIEU, M.; KRONHOLM, I.; KOORNNEEF, M.; SOPPE, W.J.J.; DONOHUE, K.; DE MEAUX, J. DOG1 expression is predicted by the seed-maturation environment and contributes to geographical variation in germination in *Arabidopsis thaliana*. **Molecular Ecology**, v.20, p.3336-3349, 2011.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; LÓPEZ-OVEJERO, R. Principais aspectos da resistência de plantas daninhas ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, v.21, p.507-515, 2003.

COBB, A.H.; READE, J.P.H. **Herbicides and Plant Physiology**. 2ed. Newport:Wiley-Blackwell, 2010. 286p.

CONAB (2019). **Acompanhamento da safra brasileira: grãos, oitavo levantamento**. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos> > Acesso em: 13 dez. 2019.

CONAB (2020). **Acompanhamento da safra brasileira: grãos, quarto levantamento**. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos> > Acesso em: 20 jan. 2020.

CÔRREA, M. da C.; CAMPOS, M.B.S. de; MONQUERO, P.A. Impacto de herbicidas utilizados em cana-de açúcar sobre *Cotesia flavipes*. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v.24, p.53-60, 2014.

CORREIA, N.M.; ACRA, L.T.; BALIEIRO, G. Chemical control of different *Digitaria insularis* populations and management of a glyphosate-resistant population. **Planta Daninha**, v.33, p.93-101, 2015.

CNA Brasil (2019) – **Balanco Comercial do Agronegócio**. Disponível em: <http://www.cnabrasil.org.br/sites/default/files/sites/default/files/uploads/05_balancacomercialagro.pdf> Acesso em: 10 dez. 2019

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO.2016. Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina; SBCS-NRS:Porto Alegre. 10 ed. 376p.

COUSENS, R. Aspects of the design and interpretation of competition (interference) experiments. **Weed Technology**, v.5, p.664-673, 1991.

CULPEPPER, A.S.; YORK, A.C.; BATTS, R.B.; JENNINGS, K.M. Weed management in glufosinate-and glyphosate-resistant soybean (*Glycine max*). **Weed Technology**, v.14, p.77-88, 2000.

CUTTER, E.G. **Anatomia vegetal: Células e tecidos**. 2ed. São Paulo:Roca, 1986. 304p.

DÉLYE, C.; JASIENIUK, M. LE CORRE, V. Deciphering the evolution of herbicide resistance in weeds. **Trends in Genetics**, v.29, p.649-658, 2013.

DIAS, A.C.R.; CARVALHO, S.J.P.; MARCOLINI, L.W.; MELO, M.S.C.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Competitiveness of alexandergrass or bengal dayflower with soybean. **Planta Daninha**, v.28, p.515-522, 2010.

DOURADO, J.; SOUSA, E.; CALHA, I.M.; GONZÁLEZ-ANDÚJAR, J.L.; FERNÁNDEZ-QUINTANILLA, C. Predicting weed emergence in maize crops under two contrasting climatic conditions. **Weed Research**, v.49, p.251-260, 2009.

DUKE, S.O.; POWLES, S.B. Glyphosate: a once-in-a-century herbicide. **Pest Management Science: Formerly Pesticide Science**, v.64, p.319-325, 2008.

DUMUR, D.; PILBEAM, C.J.; CRAIGON, J. Use of the Weibull function to calculate cardinal temperatures in faba bean. **Journal of Experimental Botany**, v.41, p.1423-1430, 1990.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2013. 353p.

FEITOSA, F.M.; JÚNIOR, I.O.; DAVID, A.M.S.; RODRIGUES, B.R.A.; DAMASCENA, N.S.; ARAÚJO, E.D.; AMARO, H.T.R. Efeito dos reguladores giberelina e citocinina na quebra de dormência de sementes de capim-andropogon. **Revista de Ciências Agrárias**, v.38, p.34-40, 2015.

FERREIRA, E.A.; CONCENÇO, G.; SILVA, A.A.; REIS, M.R.; VARGAS, L.; VIANA, R.G.; GUIMARÃES, A.A.; GALON, L. Potencial competitivo de biótipos de azevém (*Lolium multiflorum*). **Planta Daninha**, v.26, p. 261-269, 2008.

FIGUEIREDO, M.A.; BAÊTA, H.E.; KOZOVITS, A.R. Germination of native grasses with potential application in the recovery of degraded areas in Quadrilátero Ferrífero, Brazil. **Biota Neotropica**, v.12, p.118-123, 2012.

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.; 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, p.425-434, 2006.

FLECK, N.G.; LAMEGO, F.P.; SCHAEGLER, C.E.; FERREIRA, F.B. Resposta de

cultivares de soja à competição com cultivar simuladora da infestação de plantas concorrentes. **Scientia Agraria**, v.8, p.213-218, 2007.

FLECK, N.G.; LAZAROTO, C.A.; SCHAEGLER, C.E.; FERREIRA, F.B. Controle de papuã (*Brachiaria plantaginea*) em soja em função da dose e da época de aplicação do herbicida clethodim. **Planta Daninha**, v.26, p.375-383, 2008.

FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas**: o estudo que está por trás do que se vê. 5ed. Passo Fundo:Universidade de Passo Fundo, 2011. 734p.

FOSTER, B.L. Competition, facilitation, and the distribution of *Schizachyrium scoparium* along a topographic-productivity gradient. **Ecoscience**, v.9, p.355-363, 2002.

FRAGA, D.S.; AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L.; NOHATTO, M.A.; THÜRMER, L.; HOLZ, M.T. Adaptive value of ryegrass biotypes with low-level resistance and susceptible to the herbicide fluazifop and competitive ability with the wheat culture. **Planta Daninha**, v.31, p.875–885, 2013.

FRANCO, J.J.; AGOSTINETTO, D.; LANGARO, A.C.; PERBONI, L.T.; VARGAS, L. Relative competitiveness of goosegrass biotypes and soybean crops. **Revista Caatinga**, v.30, p.271-277, 2017.

FRANS, R.; CROWLEY, H. Experimental design and techniques for measuring and analyzing plant responses to weed control practices. In: SOUTHERN WEED SCIENCE SOCIETY. **Research Methods in Weed Science**. 3.ed., p.29-45, 1986.

GEMELLI, A.; OLIVEIRA JR, R.S. de; CONSTANTIN, J.; BRAZ, G.B.P.; JUMES, T.M. de C.; OLIVEIRA NETO, A.M. de; DAN, H. de A.; BIFFE, D.F. Aspectos da biologia de *Digitaria insularis* resistente ao glyphosate e implicações para o seu controle. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.11, p.231-240, 2012.

GILL, S.S.; TUTEJA, N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant Physiology Biochemistry**, v.48, p.909-930, 2010.

GONZALEZ, B.; BOUCAUD, J.; SALETTE, J.; LANGLOIS, J.; DUYME, M. Changes in stubble carbohydrate content during regrowth of defoliated perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) on two nitrogen levels. **Grass and Forage Science**, v.44, p.411-415, 1989.

GRAEBER, K.; NAKABAYASHI, K.; MIATTON, E.; LEUBNER-METZGER, G.; SOPPE, W.J.J. Molecular mechanisms of seed dormancy. **Plant, Cell and Environment**, v.35, p.1769-1786, 2012.

GRAY, J.A.; STOLTENBERG, D.E.; BALKE, N.E. Productivity and intraspecific competitive ability of a velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) biotype resistant to atrazine. **Weed Science**, v.43, p.619-626, 1995.

GRIFFIN, J.L.; MILLER, D.K.; SALASSI, M.E. Johnsongrass (*Sorghum halepense*) control and economics of using glyphosate-resistant soybean in fallowed sugarcane fields. **Weed Technology**, v.20, p.980-985, 2006.

GRIME, J.P. Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. **The American Naturalist**, v.111, p.1169-1194, 1977.

GUGLIELMINI, A.C.; VERDÚ, A.M. C.; SATORRE, E.H. Competitive ability of five common weed species in competition with soybean. **International Journal of Pest Management**, v.63, p.30-36, 2017.

HAEFELE, S.M.; JOHNSON, D.E.; BODJ, D.M.; WOPEREIS, M.C.S.; MIEZAN, K.M. Field screening of diverse rice genotypes for weed competitiveness in irrigated lowland ecosystems. **Field Crops Research**, v.88, p.39-56, 2004.

HARTLEY, W. Studies on the origin, evolution and distribution of the Gramineae. I. The tribe Andropogoneae. **Australian Journal of Botany**, v.6, p.116-128, 1958.

HE, H.; VIDIGAL, D.S.; SNOEK, L.B.; SCHNABEL, S.; NIJVEEN, H.; HILHORST, H.; BENTSINK, L. Interaction between parental environment and genotype affects plant and seed performance in *Arabidopsis*. **Journal of Experimental botany**, v.65, p.6603-6615, 2014.

HIROSE, Alice Takako. **Potencial de contribuição de espécies nativas de hábitos distintos para o controle de erosão e restauração de margens de corpos hídricos**. 2013. 240f. Tese (Doutorado em Ciências)-Escola de Agronomia Luiz de Queiroz, Piracicaba.

HOFFMAN, M.L.; BUHLER, D.D. Utilizing *Sorghum* as a functional model of crop-weed competition. I. Establishing a competitive hierarchy. **Weed Science**, v.50, p.466-472, 2002.

HOLT, J.S.; RADOSEVICH, S.R. Differential growth of two common groundsel (*Senecio vulgaris*) biotypes. **Weed Science**, v.31, p.112-120, 1983.

KARNOVSKY, M.J. A formaldehyde-glutaraldehyde fixative of high osmolality for use in electron microscopy. **Journal of Cell Biology**, v.27, p.137-138, 1965.

KISSMANN K.G; GROTH D. **Plantas infestantes e nocivas: Plantas inferiores e monocotiledôneas**. 2ed. São Paulo: BASF, 1997. 798p.

KOGER, C.H.; REDDY, K.N.; POSTON, D.H. Factors affecting seed germination, seedling emergence and survival of texasweed (*Caperonia palustris*). **Weed Science**, v.52, p.989-995, 2004.

JANNINK, J.L.; ORF, J.H.; JORDAN, N.R.; SHAW, R.G. Index selection for weed suppressive ability in soybean. **Crop Science**, v.40, p.1087-1094, 2000.

JOHNSON, D.B.; NORSWORTHY, J.K. Johnsongrass (*Sorghum halepense*) management as influenced by herbicide selection and application timing. **Weed Technology**, v.28, p.142-150, 2014.

LAMBERS, H.; CHAPIN, F.S.; PONS, T.L. Symbiotic associations. In: Plant physiological ecology. New York, NY:Springer, 2008. p.403-443.

LAMEGO, F.P.; VIDAL, R.A.; BURGOS, N.R. Competitiveness of ALS inhibitors resistant and susceptible biotypes of greater beggarticks (*Bidens subalternans*). **Planta Daninha**, v.29, p.457-464, 2011.

LANDRY, R.L.; STEPHENSON, D.O.; WOOLAM, B.C. Glufosinate rate and timing for control of glyphosate-resistant rhizomatous Johnsongrass (*Sorghum halepense*) in glufosinate-resistant soybean. **International Journal of Agronomy**, v.2016, p.1-7, 2016.

LEE, J.M.; DONAGHY, D.J.; SATHISH, P.; ROCHE, J.R. Interaction between water-soluble carbohydrate reserves and defoliation severity on the regrowth of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.)-dominant swards. **Grass and Forage Science**, v.64, p.266-275, 2009.

LEGUIZAMÓN, E.S.; YANNICCARI, M.E.; GUIAMET, J.J.; ACCIARESI, H.A. Growth, gas exchange and competitive ability of *Sorghum halepense* populations under different soil water availability. **Canadian Journal of Plant Science**, v.91, p.1011-1025, 2011.

LIMA JR, É.D.C.; ALVARENGA, A.A.D.; CASTRO, E.M.D.; VIEIRA, C.V.; BARBOSA, J. P. R. A. D. Aspectos fisiológicos de plantas jovens de *Cupania vernalis* Camb. submetidas a diferentes níveis de sombreamento. **Revista Árvore**, v.30, p.33-41, 2006.

LU, Z.; QUINONES, M.A.; ZEIGER, E. Abaxial and adaxial stomata from Pima cotton (*Gossypium barbadense* L.) differ in their pigment content and sensitivity to light quality. **Plant, Cell & Environment**, v.16, p.851-858, 1993.

MARIANI, F.; VARGAS, L.; AGOSTINETTO, D.; NOHATTO, M.A.; LANGARO, A.C.; DUARTE, T.V. Valor adaptativo e habilidade competitiva de azevém resistente e suscetível ao iodosulfuron em competição com o trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.51, p.710-719, 2016.

MATZRAFI, M.; SEIWERT, B.; REEMTSMA, T.; RUBIN, B.; PELEG, Z. Climate change increases the risk of herbicide-resistant weeds due to enhanced detoxification. **Planta**, v.244, p.1217-1227, 2016.

MCILVAINE, T.C. A buffer solution for colorimetric comparison. **Journal of Biological Chemistry**, v.49, p.183-186, 1921.

MELO, M.S.C. de; ROSA, L.E.; BRUNHARO, C.A.D.C.G.; NICOLAI, M.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Alternativas para o controle químico de capim-amargoso

(*Digitaria insularis*) resistente ao glyphosate. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.11, p.195-203, 2012.

MELO, M.S.C. de; SILVA, D.C.P. da; ROSA, L.E.; NICOLAI, M.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Herança genética da resistência de capim-amargoso ao glyphosate. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.14, p.296-305, 2015.

NALEWAJA, J.D.; MATYSIAK, R.; SZELEZNIAK, E.F. Sethoxydim response to spray chemical properties and environment. **Weed Technology**, v.8, p.591-597, 1994.

NÉE, G.; XIANG, Y.; SOPPE, W.J. The release of dormancy, a wake-up call for seeds to germinate. **Current Opinion In Plant Biology**, v.35, p.8-14, 2017.

NEPOMUCENO, M.; ALVES, P.L.C.A.; DIAS, T.C.S.; PAVANI, M.C.M.D. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da soja nos sistemas de semeadura direta e convencional. **Planta Daninha**, v.25, p.43-50, 2007.

NEVES, Bárbara Toncic. **Andropogoneae Dumort. (Poaceae) nativas e subspontâneas da ilha de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil**. 2010. 121f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal)-Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

OERKE, E. C. Crop losses to pests. **The Journal of Agricultural Science**, v.144, p.31-43, 2006.

OIKAWA, S.; AINSWORTH, E.A. Changes in leaf area, nitrogen content and canopy photosynthesis in soybean exposed to an ozone concentration gradient. **Environmental Pollution**, v.215, p.347-355, 2016.

OKUTMAN TAS, D.; PAVLOSTATHIS, S.G. Temperature and pH effect on the microbial reductive transformation of pentachloronitrobenzene. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.55, p.5390-5398, 2007.

OLSEN, J.T.; CAUDLE, K.L.; JOHNSON, L.C.; BAER, S.G.; MARICLE, B.R. Environmental and genetic variation in leaf anatomy among populations of *Andropogon gerardii* (Poaceae) along a precipitation gradient. **American Journal of Botany**, v.100, p.1957-1968, 2013.

OLESEN, J.E.; HANSEN, P.K.; BERNTSEN, J.; CHRISTENSEN, S. Simulation of above-ground suppression of competing species and competition tolerance in winter wheat varieties. **Field Crops Research**, v.89, p.263-280, 2004.

OLIVEIRA JR., R.S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M.H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. 22ed. Curitiba:Ominipax, 2011. 362p.

ORCARAY, L.; IGAL, M.; MARINO, D.; ZABALZA, A.; ROYUELA, M. The possible role of quinate in the mode of action of glyphosate and acetolactate synthase inhibitors. **Pest Management Science: formerly Pesticide Science**, v.66, p.262-269, 2010.

PEARSON, M.; DAVIES, W.J.; MANSFIELD, T.A. Asymmetric responses of adaxial and abaxial stomata to elevated CO₂: impacts on the control of gas exchange by leaves. **Plant, Cell & Environment**, v.18, p.837-843, 1995.

PEICHOTO, M.C. Anatomía foliar de las especies de *Schizachyrium* (Poaceae: Andropogoneae) que viven en la Argentina y regiones limítrofes. **Sociedad Argentina de Botánica**, v.38, p.277-293, 2003.

PETERNELA, A.; OLIVEIRA NETO, A.M. de; GUERRA, N.; OLIVEIRA, N.C. de; BOTTEGA, E.L.; GOES MACIEL, C.D. de. Eficiência de herbicidas na supressão de rebrote de touceiras de capim-amargoso. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.13, p.73-79, 2014.

PONTES, L.D.S.; NABINGER, C.; CARVALHO, P.C.D.F.; TRINDADE, J.K.D.; MONTARDO, D.P.; SANTOS, R.J.D. Variáveis morfogênicas e estruturais de azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.) manejado em diferentes alturas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.814-820, 2003.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. 2ed. Brasília, DF:AGIPLAN, 1985. 289p.

PITOL, Andressa. *Sagittaria montevidensis*: **superação de dormência, valor adaptativo e habilidade competitiva em convivência com arroz irrigado**. 2019. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Capão do Leão.

RADOSEVICH, R.S.; HOLT, J.S.; GHERSA, C. **Ecology of weeds and invasive plants**: relationship to agriculture and natural resource management. 3ed. New York:Wiley, 2007. 475p.

R Development Core Team. R: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2012.

REDMANN, R. E. Structural and physiological adaptations in the leaves of xeric grasses. **American Journal of Botany**, v.70, p.96,1983.

RIGOLI, R.P.; AGOSTINETTO, D.; SCHAEGLER, C.E.; DAL MAGRO, T.; TIRONI, S. Habilidade competitiva relativa do trigo (*Triticum aestivum*) em convivência com azevém (*Lolium multiflorum*) ou nabo (*Raphanus raphanistrum*). **Planta Daninha**, v.26, p.93-100, 2008.

ROUSH, M.L.; RADOSEVICH, S.R.; WAGNER, R.G.; MAXWELL, B.D.; PETERSEN, T.D. A comparison of methods for measuring effects of density and proportion in plant competition experiments. **Weed Science**, v.37, p.268-275, 1989.

RUCHEL, Queli. **Respostas da cultura da soja (*Glycine max* L.) e de plantas daninhas C3 e C4 quando em competição e submetidas a estresses abióticos**. 2018. 219f. Tese (Doutorado em Fitossanidade)-Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Capão do Leão.

SADEGHLOO, A.; ASGHARI, J.; GHADERI-FAR, F. Seed germination and seedling emergence of Velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) and barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*). **Planta Daninha**, v.31, p.259-266, 2013.

SAKAI, W.S. Simple method for differential staining of paraffin embedded plant material using toluidine blue. **Stain Technology**, v.48, p.247-249, 1973.

SCHMITZ, M.; CECHIN, J.; HENCKES, J.; PIASECKI, C.; AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L. Fitness cost and competitive ability to different ploidy levels in ryegrass genotypes. **Planta Daninha**, v.37, p.1-12, 2019.

SHAW, D.R.; RANKINS JR., A.; RUSCOE, J.T. Sicklepod (*Senna obtusifolia*) interference with soybean (*Glycine max*) cultivars following herbicide treatments. **Weed Technology**, v.11, p.510-514, 1997.

SOUZA, Guilherme Sasso Ferreira. **Intensidades luminosas e profundidade de semeadura na emergência e desenvolvimento de espécies de plantas daninhas**. 2014. 130f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu.

SPITTERS, C.J.T. An alternative approach to the analysis of mixed cropping experiments. Estimation of competition effects. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, v.31, p.1-11, 1983.

STACE, C.A. **Plant taxonomy and biosystematics**. Cambridge University Press, 1991.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 7ed. Artmed, 2017. 888p.

TIMOSSI, P. C. Manejo de rebrotes de *Digitaria insularis* no plantio direto de milho. **Planta Daninha**, v.27, p.175-179, 2009.

TIRONI, S.P.; GALON, L.; SILVA, A.F. da; FIALHO, C.M.T.; ROCHA, P.R.R.; FARIA, A.T.; ASPIAZÚ, I.; FORTE C.T.; SILVA, A.A. DA; RADÜNZ, A.L. Época de emergência de azevém e nabo sobre a habilidade competitiva da cultura da cevada. **Ciência Rural**, v.44, p.1527-1533, 2014.

USDA. National Agricultural Statistics Service. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>>. Acesso em: 24 dez. 2019.

VARGAS, Andrés Antônio Monge. **Dormência, competitividade com soja e qualidade de sementes de plantas daninhas em solo de terras baixas**. 2019. 155f. Tese (Doutorado em Ciências)-Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Capão do Leão.

VASCONCELOS, M.C.C.; SILVA, A.F.A.; LIMA, R.S. Interferência de plantas daninhas sobre plantas cultivadas. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.8, p.1-6, 2012.

VILA-AIUB, M.M.; GOH, S.S.; GAINES, T.A.; HAN, H.; BUSI, R.; YU, Q.; POWLES, S. B. No fitness cost of glyphosate resistance endowed by massive EPSPs gene amplification in *Amaranthus palmeri*. **Planta**, v.239, p.793-801, 2014.

WALSH, M.J.; POWLES, S.B. Management strategies for herbicide-resistant weed populations in Australian dryland crop production systems. **Weed Technology**, v.21, p.332-338, 2007.

WELKER, C.A.D.; LONGHI-WAGNER, H.M. Sinopse do gênero *Schizachyrium* Nees (Poaceae-Andropogoneae) no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia. Série Botânica**. v.67, p.199-223, 2012.

WINTON-DANIELS, K.; FRANS, R.; MCCLELLAND, M. Herbicide systems for johnsongrass (*Sorghum halepense*) control in soybeans (*Glycine max*). **Weed Technology**, v.4, p.115-122, 1990.

YANNICCARI, M.; VILA-AIUB, M.; ISTILART, C.; ACCIARES, H.; CASTRO, A.M. Glyphosate resistance in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) is associated with a fitness penalty. **Weed Science**, v.64, p.71-79, 2016.

YU, Q.; POWLES, S. Metabolism-based herbicide resistance and cross-resistance in crop weeds: a threat to herbicide sustainability and global crop production. **Plant Physiology**, v.166, p.1106-1118, 2014.

YUAN, J. S.; TRANEL, P. J.; STEWART JR, C. N. Non-target-site herbicide resistance: a family business. **Trends in Plant Science**, v.12, p.6-13, 2007.

ZANIN, Ana. **Revisão de *Andropogon* L. (Poaceae–Panicoideae–Andropogoneae) no Brasil**. 2001. 401f. Tese (Doutorado em Ciências) –Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

ZANIN, A.; WAGNER, H. M. L. Sinopse do gênero *Andropogon* L. (Poaceae - Andropogoneae) no Brasil. **Revista Brasil. Botânica**, v.29, p.289-299, 2006.

ZANIN, A.; WAGNER, H. M.L. Revisão de *Andropogon* (Poaceae Andropogoneae) para o Brasil. **Rodriguésia**, v.62, p.171-202, 2011.

ZHENG, W.J.; ZHENG, X.P.; ZHANG, C.L. A survey of photosynthetic carbon metabolism in 4 ecotypes of *Phragmites australis* in northwest China: Leaf anatomy, ultrastructure, and activities of ribulose 1, 5-bisphosphate carboxylase, phosphoenolpyruvate carboxylase and glycolate oxidase. **Physiologia Plantarum**, v.110, p.201-208, 2000.

ZOBIOLE, L.H.S.; KRENCHINSKI, F.H.; ALBRECHT, A.J.P.; PEREIRA, G.; LUCIO, F.R.; ROSSI, C.; SILVA RUBIN, R. da. Controle de capim-amargoso perenizado em pleno florescimento. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.15, p.157-164, 2016.