

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



**Dissertação**

*Sagittaria montevidensis*: **superação de dormência, valor adaptativo e habilidade competitiva em convivência com arroz irrigado**

**Andressa Pitol**

**Pelotas, 2019**

**Andressa Pitol**

*Sagittaria montevidensis*: **superação de dormência, valor adaptativo e habilidade competitiva em convivência com arroz irrigado**

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. André Andres

Co-Orientador (es): Dr. Dirceu Agostinetto  
Dr. Fábio Schreiber

Pelotas, 2019

Andressa Pitol

***Sagittaria montevidensis*: superação de dormência, valor adaptativo e habilidade competitiva em convivência com arroz irrigado**

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: 9 de setembro de 2019.

Banca examinadora:

Eng. Agr. Dr. André Andres (Orientador)

Pesquisador Embrapa Clima Temperado

Eng. Agr. Dr. Dirceu Agostinetto (Co-orientador)

Professor da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel / UFPel

Eng. Agr. Dr. Carlos Eduardo Schaedler

Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense

Eng. Agr. Dr. Leandro Vargas

Pesquisador Embrapa Trigo

**Dedico este trabalho a meus pais João e Vera, meu irmão Andrei e ao meu namorado Jonas.**

## **Agradecimentos**

A Deus e aos espíritos de luz, por guiarem meus passos pelo caminho do bem, fornecendo forças para seguir adiante, mostrando-me que as dificuldades são passageiras e estas se transformam em aprendizado.

Aos meus pais João e Vera, meu irmão Andrei, pelo amor incondicional, todo o apoio, compreensão e carinho, sem os quais não chegaria até aqui.

Ao meu namorado Jonas, pela paciência, ajuda, incentivo e apoio nos momentos de dificuldade, obrigada por trazer alegria aos meus dias.

Agradeço a Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel e a Universidade Federal de Pelotas pelo acolhimento acadêmico e estrutura que me foi concedida.

Ao programa de Pós-Graduação em Fitossanidade pela oportunidade e aos professores que contribuíram para minha formação profissional e pessoal.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de mestrado.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, pela disponibilidade do material para a condução dos experimentos. Ao grupo de pesquisa em Herbologia da Embrapa Clima temperado - ETB, pela oportunidade de aprendizado e pela experiência adquirida.

Ao orientador Pesquisador Dr. André Andres pelo incentivo no momento inicial desta jornada, orientação e ensinamentos dedicados.

Ao Pesquisador Dr. José Noldin pela oferta das sementes dos biótipos a serem utilizados nesta pesquisa.

Aos estagiários Cédrick Benetti, Diego Chiapinotto, Francisco Itamar, Gabriela Torino, Ihan Rebhahn, Ivana Moisinho, João Pedro Beheck, Kemili Melo, Mariane Coradini, Roberson Faco, William Ceolin e Ygor Sulzbach pela amizade e vezes que puderam dedicar tempo em meu auxílio.

Ao Centro de Herbologia (CEHERB), por todos ensinamentos, vivências, oportunidades, experiências, fazer parte deste grupo permitiu ver a herbologia de outra maneira, sou grata pelas amizades que construí.

Ao co-orientador Professor Dr. Dirceu Agostinnetto por toda orientação, ajuda, conselhos, ensinamentos, incentivos, “puxões de orelha” e amizade.

Aos amigos/colegas de pós-graduação Alcimar Mazon, Andres Vargas, Anderson Feijó, Bruna Ceolin, Caroline Nemitz, Cristiano Piasecki, Dalvane

Rockenbach, Fernanda Caratti, Lariza Benedetti, Jaqueline Schmitt, Jonas Henckes, Juliano Gazola, Maicon Schmitz, Marcus Fipke, Marlon Bastiani, Matheus Martins, Matheus Nogueira, Renan Zandoná, Vinicius Gehrke e Queli Ruchel, pelo incentivo, auxílio e momentos de convívio. Peço desculpas pelos dias que não fui uma pessoa agradável.

Aos estagiários Alessandro Neutzling, Angélica Cruz, Jonathan Torchelsen, José Silva, Marlon Teixeira, Roberto Neto, Silvio Raphaelli, João Goebel, Kevin Weissahn e Richard Quevedo pela amizade e auxílio na execução dos experimentos.

Aos pós-doutorandos Dra. Ananda Scherner, Dr. Fábio Schreiber (Co-orientador), Dra. Elisa Lemes, Dr. João Paulo Refatti e Dra. Magali Kemmerich pela colaboração em minha formação científica e condução dos estudos.

As queridas amigas que acompanharam de camarote esta árdua jornada, Andrisa Balbinot e Adriana Almeida do Amarante, muito mais que colegas de PPG, companheiras de disciplinas e jogos do colorado, obrigada por toda a ajuda, sem vocês eu não estaria aqui.

Raíssa Martins, amiga e colega de apartamento, benção em meus dias, obrigada por tudo, você trouxe luz, obrigada pelas conversas e conselhos.

Ao amigo e colega Joanei Cechin, sem ele eu não teria chegado até aqui. Gratidão por todos ensinamentos, conselhos, incentivos e palavras de amizade.

Isaac Merlo e Máisa Marson, amigos de longa data, a vida é melhor com vocês ao meu lado, obrigada pelo apoio e incentivo incondicional.

Aos amigos da Oficina Do Maquinário. Cada um de um canto, cada um com um jeito, cada um com sua crença, mas todos honrando nossa profissão e a definição de amizade.

Por fim, meus agradecimentos a todos os que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização deste estudo.

Muito obrigado!

*Que me valeria a vida se no perigo eu fosse disparar?  
O que vale é a liberdade pra quem é covarde e não sabe pelear?  
Um homem o mundo não leva quando tem sangue nas veias,  
Eu venho vindo da terra onde o touro berra e o taura peleia.*

*Que me valeria a vida se no perigo eu fosse disparar?  
O que vale é a liberdade pra quem é covarde e não sabe pelear?  
Amigo bota outro trago e saiba porque peleei  
Foi porque os homens mudaram e se acadelaram e eu não acompanhei.*

*Mano Lima*

## Resumo

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

A sagitária (*Sagittaria montevidensis*) é considerada uma das principais plantas daninhas que infesta as áreas orizícolas dos Estados de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul, especialmente onde é utilizado o sistema de cultivo pré-germinado. O conhecimento sobre os aspectos ecofisiológicos da planta daninha sagitária é uma das chaves na busca por estratégias de manejo em áreas de arroz irrigado a fim de garantir sustentabilidade e reduzir danos. Neste sentido, o presente estudo tem como objetivos elucidar características ecofisiológicas da planta daninha sagitária, existência de diferenças no desenvolvimento do biótipo resistente e em relação suscetível e habilidade competitiva quando em convivência com a cultura do arroz irrigado. Assim, três estudos foram conduzidos, sendo: 1) Determinar a superação da dormência, temperatura ótima de germinação e profundidade de emergência de plântulas de sagitária; 2) Valor adaptativo de biótipo suscetível e biótipo com resistência múltipla a herbicidas inibidores do fotossistema II (FSII) e acetolactato sintase (ALS); e, 3) Avaliar a habilidade competitiva de sagitária em convivência com a cultura do arroz irrigado (*Oryza sativa*). Os resultados demonstram que as sementes de sagitária apresentam dormência física, sendo a escarificação física do tegumento o método eficaz em superar a dormência das sementes. A temperatura ótima de germinação de sagitária encontra-se entre 26 e 27° C e sementes enterradas em profundidades superiores a 0,78 cm do solo apresentam menores taxas de germinação e emergência. Os biótipos resistente e suscetível a herbicidas ALS e FSII, apresentam comportamento de desenvolvimento semelhante. Para a habilidade competitiva, em geral, as espécies não disputaram os mesmos recursos no meio, ficando evidente a ocorrência de incremento para a variável MMSPA, para ambas quando estiveram associadas, independente da proporção. A planta daninha mostrou-se mais competitiva para a variável estatura de plantas e a cultura mostrou-se mais competitiva para a variável AF. Na competição entre arroz e sagitária, de modo geral, a competição intraespecífica foi mais prejudicial para ambas.

Palavras-chave: Ecofisiologia; *Oryza sativa*; Sagitária; Resistência.

## Abstract

PITOL, Andressa. *Sagittaria montevidensis*: **dormancy overcoming, adaptive value and competitive ability coexistence with irrigated rice crop**. Supervisor: André Andres. 2019. 68f. Dissertation (Masters in Crop Protection) - Faculty of Agronomy Eliseu Maciel, Federal University of Pelotas, Pelotas, 2019.

The arrowhead (*Sagittaria montevidensis*) is considered one of the main weeds that infest rice production areas in Santa Catarina and Rio Grande do Sul, especially where the crop is water-seeded. The knowledge about the ecophysiological aspects of this species is one of the keys to develop management strategies in irrigated rice areas in order to assure the sustainability of the system and reduce losses. Therefore, the present work aimed to elucidate the ecophysiological characteristics of arrowhead, the existence of differences on the development of herbicide resistant- and herbicide susceptible-biotypes and its competitive ability when living with the irrigated rice crop. Thus, three studies were conducted: 1) Determination of dormancy overcoming, optimal germination temperature and emergence depth of arrowhead seeds; 2) Adaptive value of susceptible biotype and multiple resistance biotype to photosystem II inhibitor herbicides (FSII) and acetolactate synthase (ALS); and, 3) To evaluate the competitive ability of arrowhead in coexistence with irrigated rice crop (*Oryza sativa*). The results show that the arrowhead seeds have physical dormancy, and the physical scarification of the integument is an effective method to overcome seed dormancy. The optimum germination temperature of arrowhead is between 26 and 27° C and seeds buried at depths greater than 0.78 cm from the soil have lower germination and emergence rates. Herbicide resistant and susceptible biotypes ALS and FSII have similar developmental behavior. For the competitive ability, in general, the species did not dispute the same resources in the environment, being evident the increase of the variable MMSPA, for both when they were associated, regardless of the proportion. The weed was more competitive for plant height variable and crop was more competitive for variable AF. In competition between rice and arrowhead, in general, intraspecific competition was more detrimental to both.

Keywords: Ecophysiology; *Oryza sativa*; arrowhead; Resistance.

## Lista de Figuras

- Figura 1- Contagem final de germinação (%) de biótipos de sagitária aos 14 dias após a instalação do teste, em função da temperatura (°C). FAEM/UFPEL, Capão do Leão/RS, 2018.....29
- Figura 2- Germinação final (%) de sagitária em função da profundidade de enterramento das sementes (cm). FAEM/UFPEL, Capão do Leão/RS, 2018.....31
- Figura 3- Estatura de plantas (cm.planta<sup>-1</sup>) de biótipos de sagitária resistente (sagmo32) e suscetível (sagmo35) aos herbicidas inibidores do FSII e inibidores da ALS, avaliada dos 15 aos 150 dias após a emergência das plantas. FAEM/UFPEL, Capão do Leão/RS, 2019.....38
- Figura 4- Massa da matéria seca da parte aérea (g.planta<sup>-1</sup>) de biótipos de sagitária resistente (sagmo32) representado pelo círculo preto (●) aos herbicidas inibidores do FSII e inibidores da ALS e sagitária suscetível (sagmo35) representada pelo círculo branco (○), avaliado dos 15 aos 150 dias após a emergência. FAEM/UFPEL, Capão do Leão/RS, 2019..39
- Figura 5- Área foliar (cm<sup>2</sup>.planta<sup>-1</sup>) de biótipos de sagitária resistente (sagmo32) aos herbicidas inibidores do FSII e inibidores da ALS representado pelo círculo preto (●) e sagitária suscetível (sagmo35) representada pelo círculo branco (○), avaliado dos 15 aos 150 dias após a emergência. FAEM/UFPEL, Capão do Leão/RS, 2019.....40
- Figura 6- Índice de área foliar (cm<sup>2</sup>.cm<sup>-2</sup>) de biótipos de sagitária resistente (sagmo32) aos herbicidas inibidores do FSII e inibidores da ALS representado pelo círculo preto (●) e sagitária suscetível (sagmo35) representada pelo círculo branco (○), avaliado dos 15 aos 150 dias após a emergência. FAEM/UFPEL, Capão do Leão/RS, 2019.....41
- Figura 7- Razão da área foliar (cm<sup>2</sup>.g<sup>-1</sup> planta<sup>-1</sup>) de biótipos de sagitária resistente (sagmo32) aos herbicidas inibidores do FSII e inibidores da ALS representado pelo círculo preto (●) e sagitária suscetível (sagmo35) representada pelo círculo branco (○), avaliado dos 15 aos 150 dias após a emergência. FAEM/UFPEL, Capão do Leão/RS, 2019.....42

- Figura 8- Taxa de crescimento absoluto ( $\text{g}^{-1}.\text{planta}^{-1}$ ) de biótipos de sagitária resistente (sagmo32) aos herbicidas inibidores do FSII e inibidores da ALS representado pelo círculo preto (●) e sagitária suscetível (sagmo35) representada pelo círculo branco (o), avaliado dos 15 aos 150 dias após a emergência. FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2019.....43
- Figura 9- Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para estatura de plantas (EP), área foliar (AF) e massa da matéria seca de parte aérea (MMSPA) de arroz e sagitária. FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2019. Círculos pretos representam a cultura (●), círculos brancos representam a planta daninha (o) e triângulos (▲) indicam a PRT. Linhas pontilhadas referem-se às produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.....52

## Lista de Tabelas

Tabela 1-	Tabela 1– Germinação (%) e sementes remanescentes vivas não germinadas (teste de tetrazólio) de sagitária ( <i>Sagittaria montevidensis</i> ) em função da metodologia de superação de dormência. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.....	28
Tabela 2-	Diferenças relativas de produtividade (PR) e produtividade relativa total (PRT), para as variáveis estatura, área foliar e massa seca da parte aérea, nas proporções plantas arroz ( <i>Oryza sativa</i> ) e sagitária ( <i>Sagittaria montevidensis</i> ). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2019.....	53
Tabela 3-	Respostas para estatura de plantas (EP), área foliar (AF) e massa da matéria seca da parte aérea (MMSPA) de arroz ( <i>Oryza sativa</i> ), competindo com sagitária ( <i>Sagittaria montevidensis</i> ), sob diferentes proporções de plantas. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2019.....	54
Tabela 4-	Índices de competitividade de sagitária competindo com arroz, expressos por competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamento relativo (K) e de competitividade (C). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2019.....	55

## Sumário

<b>1 Introdução Geral.....</b>	<b>14</b>
<b>2 Capítulo 1 - Superação de dormência, temperatura de germinação de sementes e profundidade de emergência de <i>Sagittaria montevidensis</i>.....</b>	<b>21</b>
2.1 Introdução.....	21
2.2 Materiais e Métodos.....	23
2.3 Resultados e Discussão.....	27
2.4 Conclusões.....	32
<b>3 Capítulo 2 - Valor adaptativo de <i>Sagittaria montevidensis</i> resistente e suscetível a herbicidas.....</b>	<b>33</b>
3.1 Introdução.....	33
3.2 Material e métodos.....	35
3.3 Resultados e discussão.....	37
3.4 Conclusões.....	44
<b>4 Capítulo 3 - Habilidade competitiva de <i>Sagittaria montevidensis</i> em convivência com a cultura do arroz (<i>Oryza sativa</i>) irrigado conduzido em sistema pré germinado .....</b>	<b>45</b>
4.1 Introdução.....	45
4.2 Material e métodos.....	47
4.3 Resultados e Discussão.....	50
4.4 Conclusões.....	56
<b>5 Considerações finais.....</b>	<b>57</b>
<b>6 Referências.....</b>	<b>58</b>
<b>VITA.....</b>	<b>68</b>

## 1 Introdução Geral

O arroz (*Oryza sativa L.*) é uma das principais culturas alimentares para mais de 3,5 bilhões de pessoas, estando diretamente associado com a segurança alimentar global (LI et al., 2018). A alta produção e demanda são justificadas pelo fato de ser o cereal mais consumido e fazer parte da dieta básica de aproximadamente metade da população mundial, principalmente por sua composição nutritiva (NASCIMENTO et al., 2016). O Brasil é o nono país em produção em escala mundial, sendo o maior produtor das Américas e apontado como produtor primordial entre os países ocidentais (CONAB, 2019; USDA, 2019). A produção nacional chega a 12 milhões de toneladas produzidas em 3 milhões de hectares, com 80% da produção concentrada nos Estados do Rio Grande do Sul (RS) e Santa Catarina (SC), sendo o RS o principal produtor brasileiro, respondendo por cerca de 70% da produção (SOSBAI, 2018).

O estabelecimento da cultura no Sul do Brasil ocorre principalmente sob os sistemas de cultivo mínimo, convencional e pré-germinado, ocupando principalmente áreas com solo mal drenado, caracterizados pela presença de horizonte B textural (Bt), permitindo inundação durante o ciclo da cultura. Estes sistemas de cultivo diferenciam-se, basicamente, quanto à forma e à época de preparo do solo, aos métodos de semeadura e ao manejo inicial da água. No sistema cultivo mínimo, a implantação do arroz é realizada pela semeadura direta em solo previamente preparado, de forma a haver tempo suficiente para formação de cobertura vegetal, que é controlada pelo uso de herbicidas; o sistema convencional, o preparo do solo é realizado pouco tempo antes da semeadura do arroz, nestes dois sistemas a entrada da água ocorre quando as plantas de arroz estão com quatro folhas; enquanto, no sistema pré-germinado, a implantação da cultura com sementes pré-germinadas, distribuídas a lanço, em solo previamente inundado com lâmina de água de cerca de 5 cm (SOSBAI, 2018).

A produtividade do arroz pode ser limitada por diversos fatores bióticos ou abióticos. Dentre os fatores bióticos, a incidência de plantas daninhas é a principal causa de perdas na cultura pela competição por recursos do meio (ANDRES; MACHADO, 2004). No sistema de produção irrigado, o manejo da água está diretamente relacionado ao potencial produtivo da cultura, pois a submersão promove supressão de plantas daninhas que não são adaptadas a ambientes

alagados (ROUCHAUD et al., 2000). Entretanto, assim como controla algumas espécies, outras que são adaptadas a ambientes alagados são favorecidas. Nesse sentido, em sistema pré-germinado, onde o preparo do solo ocorre em área mantida sob lâmina de água, geralmente 30 dias antes da semeadura do arroz, o desenvolvimento de plantas daninhas aquáticas como chapéu-de-couro (*Sagittaria guayanensis*) e sagitária (*Sagittaria montevidensis*), predominam, sendo estas consideradas principais infestantes neste sistema de cultivo.

*S. montevidensis* pertence à família botânica Alismataceae, nativa da região meridional da América do Sul, que ocorre principalmente em regiões subtropicais de todos os continentes à exceção do europeu (KISSMANN, 1997; POTT; POTT, 2000). A espécie é caracterizada por seu desenvolvimento aquático, ciclo perene, folhas eretas de morfologia variável e limbo sagitado, com estatura entre 0,5 a 1,5 m dependendo do ambiente onde ocorrem (KISSMANN, 1997). Assim como o caule, as folhas são ricas em tecido aerenquimatoso que permite sua flutuação. A propagação ocorre por sementes e tubérculos (MATIAS et al, 2016).

A espécie se estabelece principalmente em áreas de cultivo com baixa densidade de semeadura competindo por luz e nutrientes. Desenvolve-se principalmente em água estagnada e poluída, servindo de indicadora de ambientes eutrofizados (POTT; POTT, 2000). Entretanto, seus impactos negativos não se restringem apenas a lavouras de arroz irrigado, ocupando ainda corpos hídricos de reservatórios, rios, lagos, dentre outros (FIORILLO, 2007).

Estudos com sagitária apontaram baixo potencial competitivo da espécie com arroz irrigado em sistema pré-germinado, onde a presença de até 200 plantas m<sup>-2</sup> não causou redução significativa da produtividade da cultura (GIBSON et al., 2001). Todavia, o nível de dano é variável e depende do manejo empregado na lavoura. Nesse sentido, o manejo de água nos períodos de pré e pós-semeadura é determinante no nível de infestação da planta daninha e na redução da produtividade e custos da lavoura (ANDRES; MACHADO, 2004).

O controle de plantas daninhas é obrigatório para que elevadas produtividade de grãos na cultura do arroz possam ser atingidos, sendo o químico o método mais utilizado na cultura do arroz irrigado (AGOSTINETTO et al., 2008). No entanto, dispor somente do manejo químico para o controle de plantas daninhas, mesmo que efetivo, além de causar a evolução de resistência de plantas daninhas a herbicidas, reduz a eficiência das tecnologias atualmente disponíveis.

Com a ocorrência de biótipos resistentes, tem-se limitação no manejo, principalmente tendo em vista o baixo número de moléculas herbicidas eficientes no manejo de sagitária (POWLES; YU, 2010; MOURA et al., 2015). No Brasil, biótipos resistentes ao herbicida pyrazosulfuron-ethyl, inibidor da enzima acetolactato sintase (ALS), foram identificados pela primeira vez no ano 1999. Atualmente, há registros de biótipos resistentes aos herbicidas inibidores da ALS em praticamente todos os municípios produtores de arroz irrigado de SC e algumas áreas do RS (CONCENÇO et al., 2007). Mais recentemente, biótipos desenvolveram resistência múltipla aos herbicidas inibidores da ALS e do fotossistema II (FS II), restringindo o manejo químico (MOURA et. al., 2015).

O não controle de sagitária pode acarretar em aumento populacional de biótipos resistentes (CASSOL et al., 2008). Entretanto, mesmo com o problema exposto, são poucos os estudos que relacionam formas alternativas de manejo e, geralmente, apenas são desenvolvidos quando o problema atinge níveis críticos (BURGOS et al., 2013). Desse modo, para evitar que o problema tome proporções difíceis de serem controladas, compreender os aspectos ecofisiológicos da espécie constitui ferramenta importante para mitigar os efeitos e disseminação da resistência, auxiliando no momento de encontrar alternativas de controle e reduzir o impacto negativo sobre o arroz irrigado.

O estabelecimento desta planta daninha em áreas de cultivo ocorre principalmente pela germinação do banco de sementes (ROBERTS, 1981; EVANS et al., 2016). Nesse sentido, as sementes de plantas daninhas estão distribuídas ao longo do perfil em profundidades distintas e, tem sua germinação influenciada por fatores endógenos e exógenos que permitem sua sobrevivência ao longo do tempo (GRAEBER et al., 2012). Além disso, no caso da espécie, a hidrocoria pode ser considerada um dos mais eficientes métodos de disseminação de plantas daninhas (MOHLER, 2001; SWANTON; BOOTH, 2004).

Considerando a importância do banco de sementes na manutenção da espécie no ambiente, é essencial compreender as condições ambientais que favorecem a germinação, emergência e desenvolvimento da planta daninhas na lavoura, para prever os padrões de infestação da planta, auxiliando nas tomadas de decisão referente aos melhores períodos de controle e métodos de controle.

A germinação das sementes ocorrerá quando as condições ambientais forem favoráveis garantindo a sobrevivência da espécie no campo. Tendo em vista

essa necessidade de perpetuar a espécie e garantir o fluxo de emergência em momentos favoráveis, as plantas desenvolveram mecanismos que favorecem sua sobrevivência, dentre eles a dormência (GRAEBER et al., 2012).

A dormência é um processo natural, baseado no estado fisiológico e físico, que ocorre ainda durante a maturação das sementes na planta mãe e regulado ao longo do desenvolvimento por fatores do ambiente como temperatura e luz, considerados os principais fatores que influenciam o nível de dormência (HE et al., 2014). Há situações onde ocorrem variações de dormência entre plantas e dentro da mesma planta manifestada na progênie de forma individual que regulam a germinação e impedem seu fluxo de forma simultânea (SIMONS; JOHNSTON, 2006). Cabe ressaltar que os fatores do ambiente são considerados chave na regulação da dormência de sementes da planta mãe e daquelas contidas no solo através do banco de sementes (GRAEBER et al., 2012).

A temperatura e a luz têm papel múltiplo na regulação da germinação devido sua capacidade de controlar a dormência primária e atuar sobre reguladores hormonais como ácido abscísico (ABA) e giberelina ( $GA_3$ ), bem como na expressão de genes específicos (CHIANG et al. 2011). Resultados demonstram que 42% das 66 espécies aquáticas têm sua germinação promovida pela alternância de temperatura (THOMPSON; GRIME, 1983). No campo, essas flutuações de temperatura entre o período diurno e noturno apresentam variação, especialmente se considerarmos a localização no perfil do solo (STOLLER; WAX, 1973). Ao avaliar a dormência à nível de perfil do solo, em áreas úmidas, foi observado que temperatura do solo e concentração de oxigênio regulam os níveis de dormência dos bancos de sementes (BATLLA; BENECH-ARNOLD, 2007).

A superação da dormência é fundamental para a germinação de sementes de várias espécies de plantas. Dessa forma, a escolha do método eficiente de superação depende do tipo de dormência, podendo ser fisiológica, morfológica, morfofisiológica, física ou pela combinação das classes (BASKIN; BASKIN, 2004; FINCH-SAVAGE; LEUBNER-METZGER 2006). Entre os métodos mais utilizados para superação da dormência estão o uso temperatura (quente, frio e alternada), hormônios (ABA,  $GA_3$ ), escarificação, utilização de intensidade luminosa, raios X, nitratos e, mais recentemente, através do silenciamento de genes supressores da germinação (NÉE et al., 2017).

Além do entendimento ecofisiológico, a busca por métodos eficientes que resultem na redução do banco de sementes e da evolução da resistência deve ser considerada, especialmente onde o manejo químico é limitado (WALSH; NEWMAN, POWLES, 2013). Estudos de viabilidade permitem avaliar o potencial de uma espécie em colonizar determinada área de cultivo e causar dano.

Nas condições locais de cultivo e irrigação, a emergência da espécie pode ocorrer de forma distinta com base nas flutuações de temperatura diagnosticadas no período de cultivo e pelo manejo da água. Essa plasticidade, juntamente com alterações nos atributos morfológicos, possibilita sua manutenção para crescimento e sobrevivência da espécie (BRANDLE, 1991). A presença de cavidades aéreas encontrada em muitas espécies aquáticas emergentes confere resistência mecânica onde há mudanças em função da altura da lâmina de água (SORRELL et al., 2002). Em plantas de ponta-de-flecha chinesa (*Sagittaria trifolia*) foram evidenciados que a emergência em períodos onde a temperatura é mais elevada resultam em maior massa seca das folhas, hastes e rizomas e redução no número de inflorescências com redução na quantidade de sementes produzidas (DAIMON; MIURA; TOMINAGA, 2014).

A caracterização do ciclo de vida da espécie auxilia na elaboração e aplicação de estratégias de manejo nas culturas agrícolas. Além disso, alterações morfofisiológicas podem ocorrer em biótipos resistentes a herbicidas, sendo considerada estratégia na proteção contra estresses. Resultados de pesquisa em biótipos resistentes de capim arroz (*Echinochloa crus-galli*) reportam existência de diferenças fisiológicas e morfológicas que alteram a absorção e translocação do herbicida após exposição (HAMZA et al., 2012).

A comparação da habilidade competitiva e valor adaptativo da cultura com a planta daninha podem estar relacionados à capacidade de apreensão ou menor necessidade dos recursos do meio, bem como a emergência antecipada em relação à outra espécie (AGOSTINETTO et al., 2013). Sendo que, para determinar interações competitivas entre culturas e plantas daninhas, existem vários métodos, porém todos levam em consideração fatores de densidade, proporção e arranjo espacial entre as plantas (RADOSEVICH, 1987). Já, o valor adaptativo refere-se ao sucesso evolutivo combinando características de sobrevivência e reprodução (HOLT; RADOSEVICH, 1983), sendo utilizadas taxas de crescimento e produção de

sementes, detectando assim possíveis diferenças funcionais e estruturais entre genótipos (HOLT; RADOSEVICH, 1983).

Um aspecto importante é compreender as mudanças que ocorrem em plantas associada à resistência. Em biótipos resistentes, alterações no custo adaptativo e da habilidade competitiva podem variar em função da interação entre mecanismo de resistência envolvido, fatores genéticos e do ambiente, podendo causar efeitos distintos na taxa de crescimento (VILA-AIUB et al., 2015). A competição ocorre quando um ou mais recursos do ambiente essenciais para crescimento e desenvolvimento encontra-se em quantidade limitada para atender às exigências dos indivíduos presentes no meio, sendo que, a competição pode ser classificada como intraespecífica ou interespecífica, podendo a última ser mais representativa, dependendo do nicho ecológico (RADOSEVICH, 2007; RIGOLI et al., 2008).

Estudos sobre habilidade competitiva entre culturas e plantas daninhas permitem desenvolver estratégias de manejo cultural e permitem compreender a dinâmica da população resistente em determinada área de cultivo (VILA-AIUB et al., 2015). Atualmente, série de substituição é considerada método experimental que possibilita avaliar a competição inter e intraespecífica com base na produção dos monocultivos e, permite indicar os mais competitivos. Estes experimentos têm como intuito medir as produtividades das associações entre espécies, principalmente entre culturas e plantas daninhas, mantendo-se constante a população total de plantas, para que essas possam ser comparadas as do respectivo monocultivo (RIGOLI et al., 2008).

O método de estudo de série de substituição baseia-se especialmente na análise dos resultados provenientes de variáveis de crescimento, como massa seca, área foliar e estatura de plantas. No entanto, além da resposta morfológica, também há necessidade da compreensão das mudanças que ocorrem na fisiologia, metabolismo e expressão gênica das plantas decorrentes do estresse causado pela competição por recursos limitados.

O conhecimento sobre os aspectos ecofisiológicos de sagitária é uma das chaves na busca por estratégias de manejo em áreas de arroz irrigado a fim de garantir sustentabilidade e reduzir danos. Esse trabalho teve como hipóteses que para sagitária a escarificação é o método mais eficiente para superação de dormência; a temperatura de maior germinação é 25°C e a máxima profundidade de

emergência ocorre até profundidades de um centímetro; plantas que apresentam resistência a herbicidas inibidores do fotossistema II apresentam menor valor adaptativo do que plantas suscetíveis; e, a espécie apresenta habilidade competitiva inferior ao arroz irrigado.

O presente estudo tem como objetivos avaliar para a sagitária: técnica eficiente para superação de dormência; estimar temperatura de máxima germinação; profundidade de emergência de plântulas; valor adaptativo de biótipo suscetível e resistente a herbicidas inibidores da acetolactato sintase e do fotossistema II; e, habilidade competitiva quando em convivência com a cultura do arroz irrigado.

## 2. Capítulo I – Superação de dormência, temperatura de germinação de sementes e profundidade de emergência de *Sagittaria montevidensis*

### 2.1 Introdução

O arroz (*Oryza sativa* L.) é considerada uma das principais culturas agrícolas cultivadas no mundo. Atualmente o Brasil é o nono maior produtor mundial deste grão, sendo os Estados do Rio Grande do Sul (RS) e Santa Catarina (SC) os maiores detentores de áreas para produção bem como produtividade. Segundo dados da Conab (2019) o sul do país destaca-se pelas melhores médias de produtividade, sendo que, na safra 2018/19 a média ficou em 7,4 t ha<sup>-1</sup>, valores que estão associados, principalmente, à adoção de novas tecnologias, melhoramento genético e aperfeiçoamento do manejo de cultivo.

O estabelecimento da cultura no sul do Brasil ocorre, principalmente, sob os sistemas de cultivo mínimo ou pré-germinado, em áreas com solo mal drenados e horizonte B textural (Bt) superficial, permitindo a inundação durante o ciclo da cultura. Além disso, o manejo da água apresenta grande relevância sobre o potencial produtivo do arroz devido seu envolvimento no manejo de plantas daninhas e na sensibilidade da cultura a herbicidas (ROUCHAUD et al., 2000).

No sistema pré-germinado, o preparo do solo ocorre em área mantida sob lâmina de água, geralmente 30 dias antes da semeadura do arroz, situação que favorece o desenvolvimento de plantas daninhas aquáticas, como o chapéu de couro (*Sagittaria guayanensis*) e sagitária (*Sagittaria montevidensis*), consideradas as principais infestantes e predominante neste sistema de cultivo.

Sagitária, é planta daninha perene amplamente adaptada a ambientes aquáticos, que apresenta multiplicação vegetativa através de tubérculos e sexuada através das sementes localizadas na parte terminal do caule, em inflorescências unissexuais que dão origem aos aquênios, fruto característico da espécie que

contém as sementes, facilmente dispersadas pela água devido a presença de receptáculos livres e ricos em espaços aéreos, que flutuam na água devido tamanho reduzido (KISSMANN, 1997; MATIAS et al., 2016).

A espécie se estabelece facilmente em áreas de arroz irrigado com baixa população, competindo por luz e nutrientes, reduzindo a produtividade. Os problemas de manejo da espécie são agravados devido as opções limitadas de controle químico na pós-emergência e, ocorrência crescente de biótipos com resistência cruzada e múltipla a herbicidas em áreas conduzidas sob o sistema pré-germinado (POWLES; YU, 2010; MOURA et al., 2015). No Brasil, diversas áreas de cultivo do RS e SC apresentam biótipos com resistência múltipla aos herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS) e do fotossistema II (FS II), tornando o manejo mais oneroso e limitado devido a carência de alternativas de controle químico eficientes (MOURA et. al., 2015).

O estabelecimento de sagitária em áreas de cultivo ocorre preferencialmente através do banco de sementes do solo, o qual constitui a principal fonte na substituição de plantas eliminadas por fatores do ambiente e práticas de manejo que, quando bem utilizadas, podem reduzir a evolução da resistência e seus efeitos negativos sobre a cultura (ROBERTS, 1981; EVANS et al., 2016).

A adoção de práticas que visem estimular a germinação e aumentar a mortalidade das sementes podem ser consideradas estratégias eficazes para interferir no desenvolvimento da planta (HUGH, 2006). Todavia, a germinação das sementes somente irá ocorrer quando as condições do ambiente forem favoráveis a fim de minimizar o risco de morte, sendo fortemente afetada pela dormência (GRAEBER et al., 2012) e considerada custo adaptativo que garante o estabelecimento das plantas daninhas (NÉE et al., 2017).

A dormência é considerada processo natural, baseado no estado fisiológico e físico, que ocorre ainda durante a maturação das sementes na planta mãe e, regulado ao longo do seu desenvolvimento por fatores do ambiente como temperatura e luz, considerados os principais fatores que influenciam o nível de dormência (HE et al., 2014). Cabe ressaltar que, os fatores do ambiente são considerados chave na regulação da dormência de sementes da planta mãe e daquelas contidas no solo através do banco de sementes (GRAEBER et al., 2012).

A emergência da sagitária em condições locais de cultivo e irrigação, pode ocorrer de forma distinta, com base nas flutuações de temperatura diagnosticadas

no período de cultivo e pelo manejo da água. Essa plasticidade, juntamente com alterações nos atributos morfológicos possibilitam sua manutenção para crescimento e sobrevivência da espécie, dessa forma, é importante realizar a caracterização da germinação e emergência da espécie, de modo a auxiliar nas práticas efetivas de manejo.

Para muitas espécies, a superação da dormência é etapa fundamental para que a germinação possa ocorrer após exposição a condições favoráveis. A escolha do método eficiente de superação depende do tipo de dormência, podendo esta ser fisiológica, morfológica, morfofisiológica, física ou devido a combinação das classes (BASKIN; BASKIN, 2004; FINCH-SAVAGE; LEUBNER-METZGER, 2006).

Compreender os aspectos ecofisiológicos de sagitária são essenciais para prever os padrões de emergência da planta no campo e auxiliar na redução dos bancos de sementes, pois práticas de manejo e o ambiente podem alterar a viabilidade das sementes no tempo e minimizar os efeitos negativos a longo prazo. Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar técnicas para superação da dormência; temperatura adequada para germinação; e, a emergência plântulas em diferentes profundidades.

## **2.2 Material e Métodos**

Foram realizados experimentos para superar a dormência, de germinação, e profundidade de emergência. Os estudos de dormência e germinação foram realizados no laboratório de Análises de Sementes, pertencente à Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, já, o estudo de profundidade de emergência foi conduzido em casa de vegetação pertencente a Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Terras Baixas, ambos no ano de 2018.

### **2.2.1 Superação da dormência em sagitária**

O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Fitotecnia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel - UFPel, Capão do Leão, RS. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro repetições, sendo cada repetição composta por 50 sementes.

Previamente a realização do estudo, as sementes foram submetidas ao teste de tetrazolio com o sal 2, 3, 5 trifenil cloreto de tetrazolio (dados não

apresentados), afim de verificar a viabilidade das mesmas. As sementes foram partidas ao meio, no sentido longitudinal para a exposição do embrião destas, onde, metade da semente foi reservada e metade descartada. Posteriormente, estas foram colocadas na solução de tetrazolio na concentração de 1% em recipiente de vidro transparente e fechado com papel alumínio para evitar a entrada de luz, por 24 horas a temperatura de  $\pm 30^{\circ}$  C. A concentração da solução, bem como tempo de exposição e temperatura foram determinadas em testes prévios, devido ausência de literatura para a espécie. Foram consideradas sementes viáveis aquelas que apresentaram embrião cor rosa ou carmim.

As sementes foram alocadas e embebidas em placas de petri contendo 25 mL de água destilada ou solução tratamento. Os tratamentos para superação da dormência estão descritos a seguir:

- **Nitrato de potássio ( $KNO_3$ ):** as sementes foram colocadas em placas de petri contendo 25 mL de solução de  $KNO_3$  a 0,2 %.

- **Escarificação química ( $H_2SO_4$ ):** preparou-se solução de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) a 1 %, onde as sementes foram colocadas em béquer com adição do ácido até cobertura total das sementes, seguido de mistura com agitação por 30 segundos. Após isso, as sementes foram vertidas em peneira plástica de malha fina e lavadas com água corrente por período de cinco minutos, com posterior secagem em papel toalha absorvente por 20 minutos sob temperatura ambiente.

- **Ácido giberélico ( $GA_3$ ):** as sementes foram colocadas em placas de petri com 25 mL solução de ácido giberélico ( $GA_3$ ) a 10 ppm.

- **Escarificação mecânica (LIXA):** O método consistiu na utilização de discos de lixa número 150, com as faces ásperas voltadas para si e as sementes de sagitária foram depositadas entre elas. Sobre a face lisa do disco superior, foi colocado peso conhecido (750 gramas), para que a força de trabalho fosse conhecida. A partir disso os discos de lixa (juntamente com o peso) foram girados em sentido horário, em total de quatro voltas, visando promover a escarificação mecânica do tegumento da semente.

- **Embebição em água (A24h):** as sementes foram colocadas em frasco transparente aberto e embebidas em água destilada por período de 24h.

- **Banho maria (BM60):** as sementes foram colocadas em banho maria com água destilada, em temperatura constante de  $60^{\circ}C$  por período de cinco minutos.

Após a aplicação dos tratamentos as sementes foram colocadas em câmaras de germinação do tipo BOD (*Biological Oxygen Demand*), mantidas em temperatura contínua de 25°C e fotoperíodo de 12 horas. As avaliações de germinação foram diárias, sendo consideradas sementes germinadas as que apresentaram protrusão da raiz primária. As contagens foram realizadas durante 14 dias após a germinação da primeira semente. Após a última contagem, sementes remanescentes foram submetidas ao teste de tetrazólio afim de verificar a viabilidade das mesmas (Tabela 1).

Os resultados obtidos foram analisados quanto à normalidade (teste de Shapiro Wilk) e homocedasticidade (teste de Hartley), posteriormente foram submetidos à análise de variância ( $p \leq 0,05$ ). Quando constatada significância estatística, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Duncan ( $p \leq 0,05$ ).

### **2.2.2 Germinação de biótipos de sagitária resistentes e suscetível a herbicidas em função de diferentes temperaturas**

O experimento foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Fitotecnia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel - UFPel, Capão do Leão, RS. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, arranjado em esquema fatorial 3 x 7, com quatro repetições. No fator A foram alocadas três populações de sagitária: SAGMO 35, suscetível a herbicidas, SAGMO 10 com resistência cruzada a herbicidas inibidores da ALS e SAGMO 32, com resistência múltipla a herbicidas inibidores da ALS e do FSII. No fator B foram considerados sete temperaturas a qual as sementes foram submetidas (10, 15, 20, 25, 30, 35, 40°C) para o teste de germinação.

As sementes tiveram sua dormência previamente superada, utilizando metodologia determinada no experimento anterior. Posteriormente, foram alocadas em placas de petri e, dentro de germinadores tipo BOD, contendo 50 sementes por repetição, por tratamento. A condição hídrica favorável para a germinação da espécie é de solo saturado, sendo assim, adicionou-se 25 mL de água destilada por placa de petri, desta forma, as sementes encontraram-se livres e imersas.

As sementes foram colhidas no ano vigente. Estas, foram previamente escarificadas, para que tivessem sua dormência superada. A metodologia de escarificação foi conduzido de forma idêntica ao descrito no experimento anterior.

Após a aplicação do tratamento as sementes foram submetidas ao teste de germinação. As avaliações de germinação foram diárias, sendo consideradas sementes germinadas as que apresentaram protrusão da raiz primária. As contagens foram realizadas durante 14 dias após a germinação da primeira semente.

Os resultados obtidos foram analisados quanto à normalidade (teste de Shapiro Wilk) e homocedasticidade (teste de Hartley), posteriormente foram submetidos à análise de variância ( $p \leq 0,05$ ). Em caso de significância estatística, realizou-se análise de regressão para o fator temperaturas pelo programa SigmaPlot 12.0 (SIGMAPLOT, 2012).

Os dados da variável germinação de sementes foram ajustados à equação de regressão do tipo quadrática:

$$y = a + b.x + c.x^2$$

onde:  $y$  = variável resposta de interesse;  $x$  = temperatura de germinação;  $e$ ,  $a$ ,  $b$  e  $c$  = parâmetros estimados da equação, sendo  $a$  = é o intercepto (valor da resposta para  $x=0$ ),  $b$  = é a taxa de variação na origem, e  $c$  = mede o grau de curvatura e orientação da concavidade da parábola. O valor do ponto de máxima da curva foi calculado pela fórmula:  $b \div 2*c$ .

### **2.2.3 Emergência de sagitária em diferentes profundidades**

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, pertencente a Embrapa Clima Temperado – Estação Terras Baixas, Capão do Leão, RS. Os tratamentos foram dispostos em delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições. As unidades experimentais foram compostas por vasos plásticos, com capacidade de 5 litros, preenchidos com solo previamente peneirado em peneira de malha fina, classificado como planossolo háplico, pertencente à unidade de mapeamento de Pelotas-RS (EMBRAPA, 2013).

Os tratamentos consistiam do enterrio de sementes a zero, meio, um, dois, três, quatro e cinco centímetros de profundidade, com quatro repetições. Foram semeadas, 50 sementes por unidade experimental. A emergência foi monitorada diariamente através da observação de emergência da parte aérea de plântulas, 12 dias após o início da emergência houve estabilização da mesma.

Os resultados obtidos foram analisados quanto à normalidade (teste de Shapiro Wilk) e homocedasticidade (teste de Hartley), posteriormente foram submetidos à análise de variância ( $p \leq 0,05$ ). Quando constatada significância estatística, realizou-se análise de regressão para o fator profundidade de enterrio com programa SigmaPlot 12.0 (SIGMAPLOT, 2012).

A variável germinação de sementes foi ajustada à equação de regressão, do tipo distribuição de Gauss:

$$y = y_0 + a * e^{(-,5*((x-x_0)/b)^2)}$$

onde:  $y$  = variável resposta de interesse;  $y_0$  = é o intercepto (valor da resposta para  $x=0$ );  $x$  = profundidade de enterrio;  $x_0$  = ponto máximo da variável;  $a$  = diferença entre os pontos máximo e mínimo da variável;  $e$ ,  $b$  = declividade da curva.

## 2.3 Resultados e discussão

Apresentação dos resultados e discussões de cada experimento estão descritos a seguir, adotando-se a sequência apresentada nos materiais e métodos.

### 2.3.1 Superação da dormência em sagitária

A análise de variância apresentou efeito significativo dos métodos utilizados para a superação da dormência em sagitária para a percentagem de germinação. A planta daninha sagitária apresenta dormência em suas sementes. Foram testadas diferentes metodologias a fim de superar a condição e elevar o percentual germinativo da espécie.

O melhor resultado foi obtido com a utilização da técnica de escarificação mecânica do tegumento com lixa. Os valores obtidos foram superiores aos observados na testemunha sem tratamento, em aproximadamente quatro vezes, demonstrando a eficiência da metodologia aplicada (Tabela 1). A eficácia desta estratégia também foi observada por Pinheiro (2010) e Silva, et al. (2018), que constataram índices de germinação mais elevados para sementes de corda de viola (*Ipomoea indivisa*, *Ipomoea pupurea* e *Ipomoea triloba*) e feijão dos arrozais (*Macroptilium lathyroides*) quando estas daninhas tiveram suas sementes submetidas a escarificação mecânica.

A embebição forçada, bem como a submersão de sementes em banho maria com temperatura constante de 60°C apresentaram resultados que, mesmo estando

acima dos observados na testemunha sem tratamento, mostram-se insatisfatórios (tabela 1). A utilização de ácido sulfúrico, ácido giberélico e nitrato de prata para a superação de dormência da planta daninha estudada, mostram-se como métodos de superação de dormência ineficientes.

Tabela 1– Germinação (%) e sementes remanescentes vivas não germinadas (teste de tetrazólio) de sagitária (*Sagittaria montevidensis*) em função da metodologia de superação de dormência. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.

Tratamentos	Germinação (%)	Tetrazólio (%)
KNO3	27 bc	86 b
H2SO4	22 cd	64 c
GA3	22 cd	87 b
LIXA	67 a	82 b
A24H	31 b	94 a
BM60	30 b	86 b
TEST	18 d	95 a
CV (%)	14,88	

\* Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan ( $p \leq 0,05$ ).

O percentual de dureza das sementes de sagitária mostra-se bastante elevado, pois sem tratamento para superação de dormência tegumentar, a germinação é extremamente baixa. Diversos métodos de superação de dormência promovem a ruptura do tegumento das sementes, incrementando a permeabilidade à água e gases. Desta forma, promovem aumento da sensibilidade à luz e à temperatura, atuando diretamente no metabolismo e, conseqüentemente, sobre a germinação de sementes (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000).

### 2.3.2 Germinação de biótipos de sagitária resistente e suscetível a herbicidas em função de diferentes temperaturas

A análise dos dados mostrou interação significativa entre os fatores estudados. Observou-se que a germinação de sagitária foi afetada pela temperatura, visto que, este fator exerce influência na velocidade de absorção de água e em todas as reações bioquímicas que regem a germinação, tendo efeito no total germinado e na velocidade do processo germinativo (Figura 1).

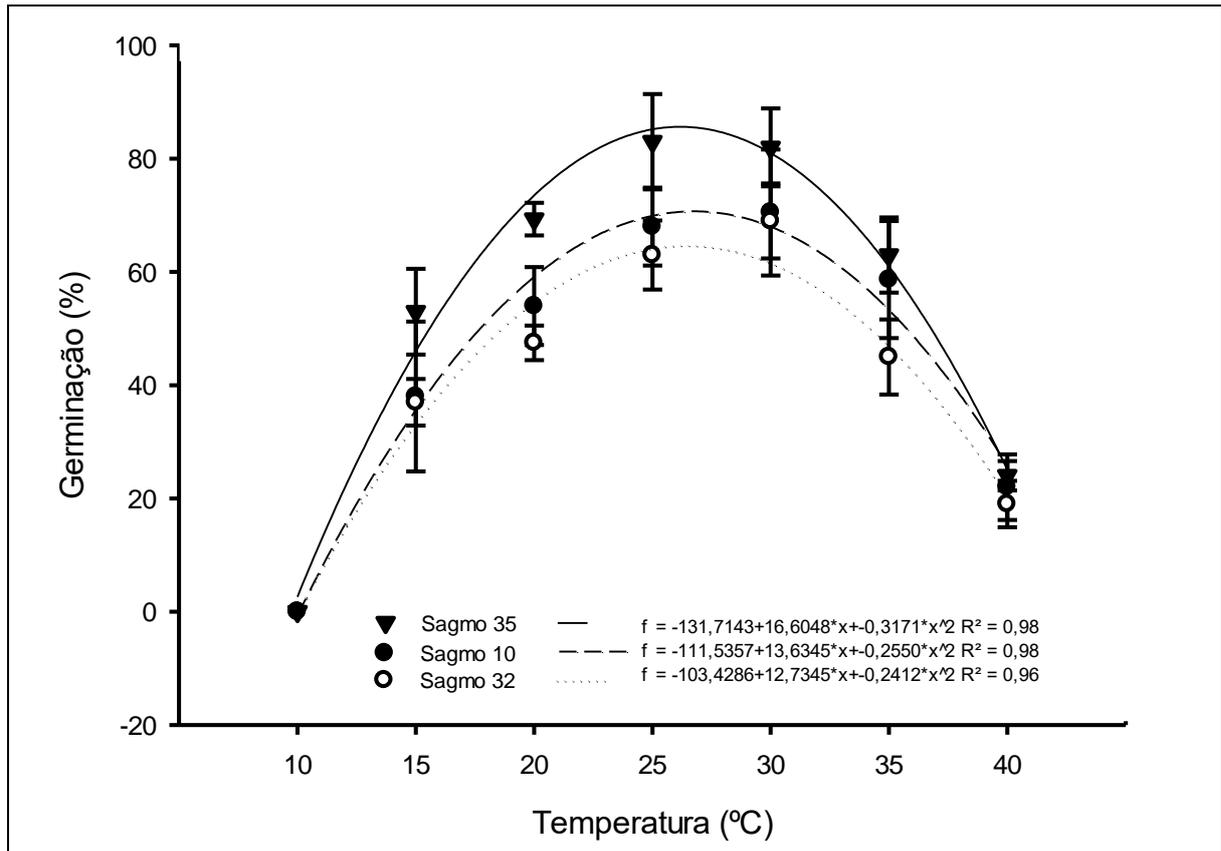


Figura 1- Contagem final de germinação (%) de biótipos de sagitária aos 14 dias após a instalação do teste, em função da temperatura (°C). FAEM/UFPeL, Capão do Leão/RS, 2018.

Entre os biótipos testados, não ocorreu germinação na temperatura de 10°C (Figura 1), contrapondo o observado por Flower (2003), que relatou germinação da espécie podendo ocorrer temperaturas inferiores a esta. O mesmo autor verificou incremento substancial nos percentuais germinativos quando a temperatura apresenta incrementos acima de 11°C. As temperaturas contínuas, máximas, para germinação foram de 27, 26 e 26°C, para os biótipos Sagmo 10, Sagmo 32 e Sagmo 35, respectivamente, observadas através do modelo utilizado. O biótipo com percentual germinativo mais elevado foi o suscetível a herbicidas, (Sagmo 35), onde os valores obtidos foram superiores a 80%. O biótipo que apresenta resistência cruzada a herbicidas inibidores da ALS (Sagmo 10), apresenta menor desempenho germinativo, quando comparado ao biótipo suscetível, sendo seu potencial inferior a 70%. O terceiro biótipo estudado, denominado Sagmo 32, apresenta resistência múltipla aos herbicidas inibidores do fotossistema II e herbicidas inibidores da ALS, este, por sua vez apresentando menor potencial germinativo, quando comparado aos outros dois biótipos estudados.

A espécie inicia sua germinação com temperaturas acima de 10°C, ocorrendo incremento no potencial germinativo, até a temperatura aproximada de 26°C, onde observou-se o pico germinativo dos três biótipos estudados. Temperaturas inferiores 25°C e superiores a 30°C diminuíram a germinação das sementes. A maior percentagem de sementes quiescentes foi registrada a 10°C, uma das possíveis razões da indução de dormência as baixas temperaturas é que a síntese de inibidores da germinação provavelmente ocorre em altas temperaturas, por isso em baixas temperaturas as sementes apresentam dormência (MARCOS FILHO, 2005).

Após a finalização do experimento, foi realizado teste de tetrazolio (dados não apresentados), onde observou-se que sementes que não germinaram em baixas temperaturas, estavam viáveis, mas permaneciam em dormência (quiescentes). Já, sementes submetidas a temperatura a 40°C que não germinaram, apresentaram morte de seus tecidos, possivelmente por desnaturação proteica, causada pela temperatura elevada.

Estas respostas, observadas em sagitária a temperaturas contínuas apresentaram tendência semelhante aos resultados reportados para grama elástica (*Eragrostis tenuifolia*), onde, observou-se que as sementes em questão tendem a mortalidade em temperaturas superiores a 40°C e permaneceram quiescentes em temperaturas inferiores a 20°C (BITTENCOURT et al., 2016). Além disso, 15 °C demonstra prover estímulo suficiente para que as sementes iniciem o processo germinativo, mas a temperatura não é suficientemente adequada para o desenvolvimento inicial das plântulas, assim como 40°C demonstrou ser temperatura localizada acima do ideal. No entanto, a partir da ampla faixa de temperaturas onde pode-se observar a germinação da planta daninha, nota-se a elevada habilidade germinativa da espécie, onde verificou-se que a espécie não depende de temperatura específica para iniciar seu processo germinativo.

### **2.3.3 Emergência de sagitária em diferentes profundidades**

A germinação e emergência de plântulas de sagitária foram influenciadas pela profundidade na qual as sementes foram enterradas (figura 2). Em relação à contagem final de emergência, verificou-se que os dados se ajustaram a equação de regressão de distribuição normal de Gauss. Observou-se incremento no potencial de germinação e emergência da planta daninha quando a profundidade de enterrio esteve em meio ou um centímetro, quando comparados a sementes dispostas em

área superficial, o mesmo foi observado em trabalho conduzido com sesbania (*Sesbania cannabina*), associa-se este incremento ao fato das sementes terem condição favorável para germinar e dificuldade em enterrar a radícula, além de estarem sujeitas a predação quando não enterradas (IQBAL, et al., 2019). De acordo com a equação, pode-se verificar que a máxima porcentagem de emergência foi observada em 0,7799 centímetros de enterrio, para as sementes de sagitária (Figura 2).

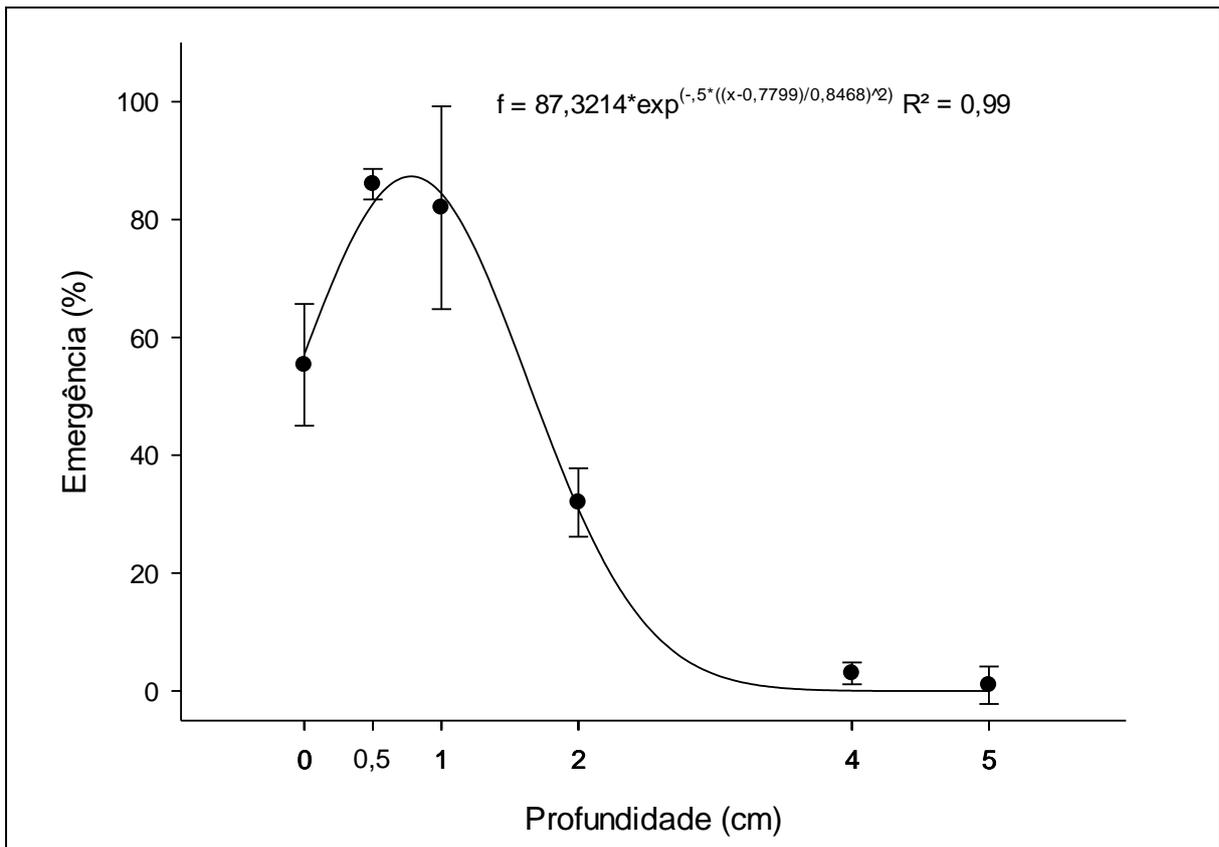


Figura 2- Germinação final (%) de sagitária em função da profundidade de enterrio das sementes (cm). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.

No geral, houve uma correlação negativa entre emergência e aumento da profundidade do enterrio das sementes, observou-se redução em 50% do potencial germinativo de sementes enterradas a dois centímetros, quando comparadas as sementes enterradas em meio ou um centímetro (Figura 2). Redução na emergência da planta daninha picão preto (*Bidens pilosa*) foi relatada quando esta foi enterrada em profundidades superiores a dois centímetros (SOUZA et al., 2009). Estes baixos valores estão ligados ao fato de que em maiores profundidades se tem redução na temperatura do solo, tamanho reduzido da semente e assim possuir nutrientes de

reserva limitados e sensibilidade à luz devido a semente provavelmente reconhecer a razão entre os espectros de luz vermelho distante e vermelho. Para sagitária, nenhuma germinação foi observada na profundidade de enterrio de quatro e cinco centímetros, estes resultados corroboram com outros autores, onde a porcentagem de emergência de plântulas diminui com um aumento na profundidade do enterrio da semente (ÖNEN et al., 2018; SCHUTTE et al., 2014; ZHAO et al., 2018). Além disso, com enterrio profundo, a emergência de plântulas depende da reserva de carboidratos na ausência de luz (MENNAN e NGOUAJIO, 2006).

A distribuição vertical de sementes ao longo do perfil do solo, mostra-se com habilidade adaptativa inferior. Este, é fator de suma importância para o seu estabelecimento e propagação, pois apresenta estreita correlação com o tipo de preparo do solo, sendo importante por submeter às sementes em diferentes condições ambientais. O conhecimento da dinâmica da germinação e da emergência de propágulos de plantas daninhas em diferentes profundidades do solo é fundamental para a proposição de métodos mais racionais e eficientes de seu manejo (YAMASHITA et al., 2005). O banco de sementes é composto por sementes dormentes e não dormentes, e a persistência destas varia com a profundidade do perfil do solo (DAVIS et al., 2008). O banco de sementes e propágulos vegetativos no solo constitui a principal fonte de regeneração de plantas daninhas em áreas agrícolas (CARMONA, 1992), assim solos submetidos ao preparo convencional apresentam densos bancos de semente, em razão da incorporação dos propágulos.

### **3. Conclusões**

Sementes de sagitária apresentam dormência física.

A escarificação física do tegumento é técnica eficaz em superar a dormência das sementes.

A planta daninha sagitária apresenta amplo espectro de temperatura germinativa, sendo a temperatura ótima entre 26 e 27° C, em função dos biótipos testados.

Sementes de sagitária enterradas abaixo de 0,78 cm do solo apresentam menor emergência de plântulas.

### **3. CAPÍTULO II - Valor adaptativo de *Sagittaria montevidensis* resistente e suscetível a herbicidas**

#### **3.1 Introdução**

A produção mundial de arroz é influenciada negativamente por fatores abióticos e bióticos, que interferem na produtividade, sendo que dentre os fatores bióticos destaca-se a interferência exercida pelas plantas daninhas e estas concorrem com as plantas de arroz por luz, água e nutrientes, constituindo-se em um dos principais fatores limitantes da produtividade nas lavouras de arroz irrigado do Rio Grande do Sul (RS) e de Santa Catarina (SC) (ANDRES; MACHADO, 2004). Desta forma, a interferência exercida pelas plantas daninhas sobre as culturas, além de acarretarem elevadas perdas na produtividade e na qualidade dos grãos colhidos, também em muitas situações, ocasionam aumento nos custos de produção.

Sagitária é uma planta daninha de elevada importância para a cultura do arroz irrigado, caracteriza-se por ser planta aquática, estar presente em altas infestações na maioria das áreas de cultivo, ocorrendo preferencialmente no sistema pré-germinado, interferindo no potencial produtivo das lavouras (MEROTTO JR et al, 2010). Este gênero apresenta grande amplitude ecológica, conferindo capacidade de sobreviver em ambientes alagados com diferentes gradientes edafoclimáticos, infestando não somente lavouras, como também canais de irrigação e drenagem e reservatórios hídricos (MARTINS et al., 2003).

Os problemas com a espécie se agravam à medida que o controle fica limitado pela ocorrência de biótipos com resistência cruzada e múltipla e pelo número reduzido de moléculas herbicidas eficientes no manejo desta planta daninha, em áreas conduzidas sob o sistema pré-germinado (POWLES; YU, 2010; MOURA et al., 2015).

A resistência é considerada a capacidade inata e de ocorrência natural, sob baixa frequência inicial de alguns biótipos, dentro de determinada população, em sobreviver a dose herbicida letal aos demais indivíduos e favorecida pela pressão de seleção (AGOSTINETTO; VARGAS, 2014). Há registros de biótipos de sagitária resistentes aos herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS) em praticamente todos os municípios produtores de arroz irrigado de SC e algumas áreas do RS (CONCENÇO et al., 2007). Mais recentemente, a ocorrência de biótipos com resistência múltipla aos herbicidas inibidores da ALS e do fotossistema II (FS II), em áreas de SC e RS, tornaram o manejo ainda mais oneroso e limitado devido a carência de alternativas de controle eficientes (MOURA et al., 2015).

Biótipos de plantas daninhas resistentes a herbicidas têm evoluído em resposta ao uso exagerado de mesmo princípio ativo ou mecanismo de ação, dificultando seu controle (VARGAS et al., 2009). A ocorrência de plantas daninhas resistentes aos herbicidas e sua densidade suficiente para limitar a produção das culturas agrícolas, faz com que haja necessidade de mudanças nas práticas de manejo utilizadas.

A ausência do controle de sagitária e a capacidade em sobreviver ao herbicida pode acarretar no aumento populacional de biótipos resistentes e contribuir na realimentação dos bancos de sementes (CASSOL et al., 2008). Apesar dos relatos existentes na literatura comprovarem a existência de biótipos resistentes a herbicidas, são poucos estudos que relacionam formas alternativas de manejo e, geralmente, apenas são desenvolvidos quando o problema atinge níveis críticos (BURGOS et al., 2013).

Mediante a evolução de populações de difícil controle químico, o valor adaptativo de alelos resistentes pode ser acompanhado da existência de custos de adaptação, sendo que estes efeitos pleiotrópicos podem ser negativos ou positivos em dado ambiente dependendo do alelo relacionado (VILA-AIUB; NEVE; POWLES, 2009; DÉLYE et al., 2013). É possível fazer a comparação entre os biótipos de sagitária, através do valor adaptativo ou "*fitness*". Os custos *fitness* dos alelos de resistência podem ser determinados usando dois métodos: os métodos direto e indireto (ROUX et al., 2006). Os métodos diretos comparam componentes como germinação de sementes, dormência, fenologia, estabelecimento, taxa de crescimento, polinização, produção de sementes por planta e produção de biomassa entre indivíduos resistentes e suscetíveis (ROUX et al., 2006). Sendo assim, estudos

para compreensão do comportamento dos componentes de crescimento e sobrevivência da espécie, em função do aproveitamento dos recursos de crescimento em determinado nicho ecológico são relevantes.

Este trabalho teve por hipótese que o biótipo resistente apresenta valor adaptativo inferior ao biótipo suscetível. O objetivo deste trabalho foi estimar o valor adaptativo de biótipos de sagitária resistente e suscetível aos herbicidas inibidores da ALS e FSII.

### **3.2 Material e Métodos**

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, pertencente ao Centro de Herbologia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas (CEHERB/FAEM/UFPel). O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com quatro repetições, durante o período de outubro de 2018 a abril de 2019. Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial (2 x 10), onde o fator A foi constituído pelos biótipos de sagitária (susceptível (sagmo35) ou resistente (sagmo32)); e, o fator B, pelas dez épocas de coleta: 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120, 135 e 150 dias após a emergência (DAE).

As unidades experimentais foram constituídas de vasos de alumínio com diâmetro de 30 cm e capacidade volumétrica para 12 dm<sup>3</sup>, contendo nove quilogramas de solo, previamente peneirado. O solo utilizado é classificado como planossolo háplico, pertencente à unidade de mapeamento de Pelotas-RS (EMBRAPA, 2013). Em cada unidade experimental foram semeadas 20 sementes previamente escarificadas, por unidade experimental, posteriormente realizado desbaste de plântulas excedentes deixando uma planta por vaso. Antes da semeadura as unidades experimentais tiveram o solo saturado e, no dia seguinte, foi estabelecida lâmina de água cinco centímetros acima do nível do solo. Posterior ao desbaste, a lâmina foi aumentada para 10 centímetros.

As variáveis de crescimento analisadas em cada época foram: estatura de plantas (EP); massa da matéria seca da parte aérea (MMSPA); área foliar (AF); Índice de área foliar; razão de área foliar (RAF); e, taxa de crescimento absoluto (TCA). A determinação da AF foi realizada com auxílio de medidor de área foliar (LICOR 3100C), enquanto a EP foi quantificada com auxílio de régua milimétrica, aferindo-se o comprimento desde rente ao solo até o ápice da maior folha, com o limbo foliar estendido. A MSPA foi obtida após coleta e secagem em estufa de

circulação forçada de ar, a 60°C até obtenção de massa constante, sendo pesadas em balança analítica e os valores expressos em g planta<sup>-1</sup>. O IAF, expressa relação entre área foliar total por unidade de área do solo, indicando superfície disponível para interceptação e absorção de luz. A RAF, em cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>, representa relação de AF e MMSPA, demonstrando área foliar disponível para fotossíntese, obtida através da equação:

$$RAF = (AF_1 + AF_2)/(MMSPA_1 + MMSPA_2).$$

A TCA, em g dia<sup>-1</sup>, mensura a velocidade média de crescimento em determinado período de tempo, foi obtido pela equação:

$$TCA = (MMSPA_2 - MMSPA_1)/(T_1 - T_2),$$

em que MMSPA1 e MMSPA2 são a variação da MMSPA em duas amostras consecutivas tomadas nos tempos T<sub>1</sub> e T<sub>2</sub> (MAGALHÃES, 1979).

Os dados obtidos foram analisados quanto à normalidade (teste de Shapiro Wilk) e homocedasticidade (teste de Hartley), posteriormente foram submetidos à análise de variância (p≤0,05), e, quando significativo procedeu-se a análise de regressão para o fator épocas de avaliação utilizando o SigmaPlot 12.0 (SIGMAPLOT, 2012).

Foram testados dois modelos de regressão, para as variáveis estudadas. A primeira, equação de regressão sigmoideal com três parâmetros (1) e a segunda regressão sigmoideal do tipo logístico (2). Conforme descrições a seguir:

$$y = a / (1 + e^{-(x - x_0)/b}) \quad (1)$$

onde: y = variável resposta de interesse; e = função exponencial; x = dias após a emergência e; os valores de a, b e x<sub>0</sub> são os parâmetros da regressão não linear do modelo com a = diferença entre a assíntota máxima e mínima; b = declive da curva, x<sub>0</sub> = dias após o transplante correspondente a 50% do rendimento da variável dependente para o valor da assíntota máxima (a).

$$y = a / [1 + (x / x_0)^b] \quad (2)$$

onde: y = variável resposta de interesse; x = número de dias acumulados; e a, x<sub>0</sub> e b = parâmetros estimados da equação, sendo a = diferença entre os pontos máximo e

mínimo da variável;  $x_0$  = número de dias necessários para a ocorrência de 50% de resposta da variável e  $b$  = declividade da curva.

### 3.2 Resultados e Discussão

O teste de Shapiro Wilk e Hartley indicaram não ser necessária a transformação dos dados. A análise de variância indicou ocorrer interação entre os fatores biótipos e as épocas de avaliação para as variáveis AF e MMSPA, com exceção para a variável estatura de plantas (EP). Entretanto, os dados não se ajudaram aos modelos de regressão testados em nenhuma variável. Isso pode ter ocorrido em função do aumento expressivo de desenvolvimento no período inicial e ausência de período de estabilização de desenvolvimento.

Os resultados observados para a variável EP demonstraram que os biótipos não diferiram estatisticamente ao longo do período avaliado, ocorrendo incremento para a variável no período de zero a 45 DAE (Figura 3). EP é uma importante característica morfológica, envolvida na captação de luz especialmente na fase inicial do estabelecimento, onde, plantas com maior estatura e área foliar apresentam vantagens na interceptação da radiação solar, tendo assim vantagem competitiva e favorecendo o acúmulo de carbono (FLECK et al., 2008; PONTES et al., 2003).

As plantas iniciaram o processo de senescência a partir de 90 DAE, concomitantemente a esta época sabe-se que há diminuição de temperatura e fotoperíodo e isso pode estar relacionado a diminuição dos valores das variáveis estudadas.

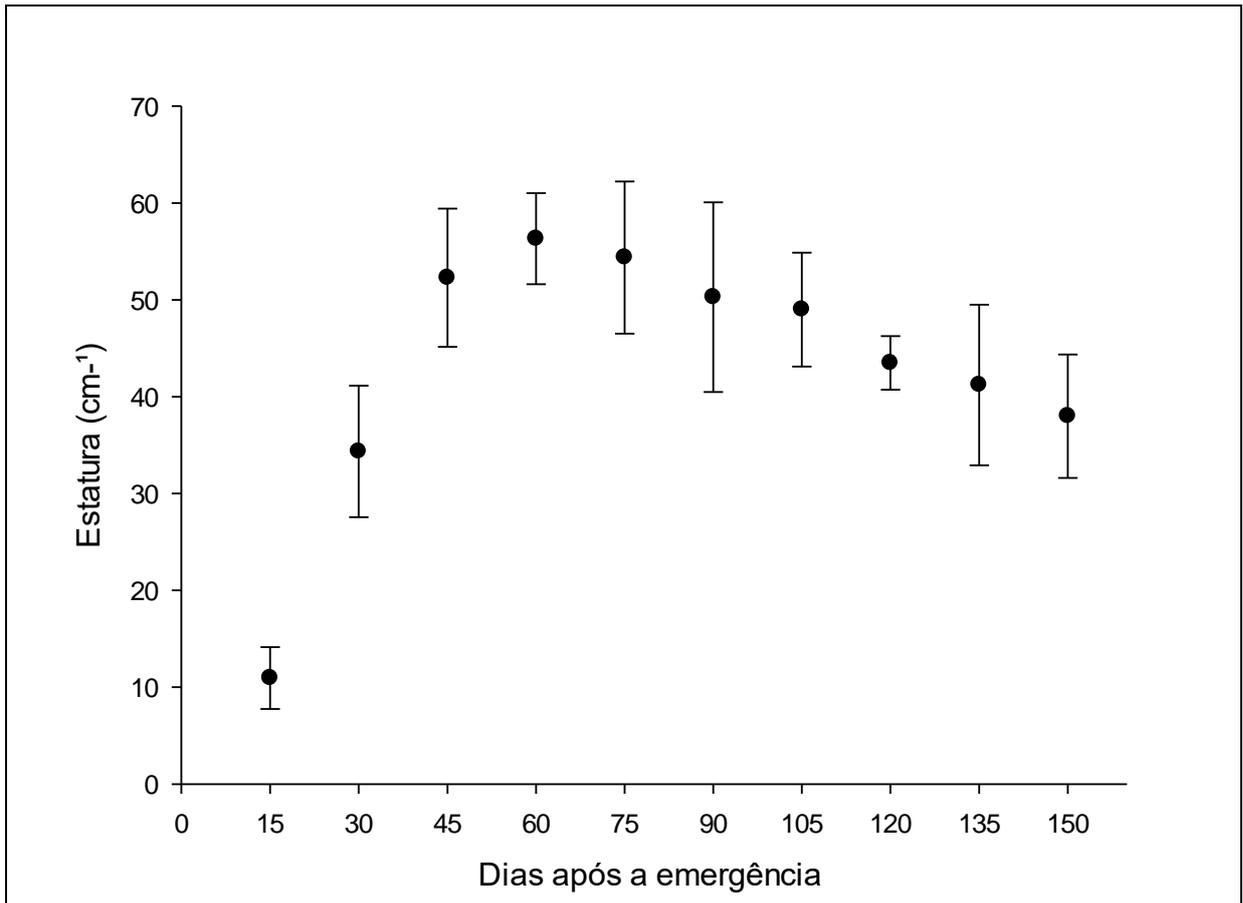


Figura 3- Estatura de plantas (cm planta<sup>-1</sup>) de biótipos de sagitária resistente (sagmo32) e suscetível (sagmo35) aos herbicidas inibidores do FSII e inibidores da ALS, avaliada dos 15 aos 150 dias após a emergência das plantas. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2019. Os pontos representam os valores médios das repetições dos biótipos e, as barras, representam os intervalos de confiança.

A partir da análise, foi observado incremento no acúmulo da MMSPA dos biótipos ao longo do período, sendo o máximo acúmulo observado entre 75 e 90 DAE, para ambos biótipos, após esta data foi observado diminuição da constância do crescimento de MMSPA, este, associado a senescência foliar dos biótipos, que é ocasionada pela diminuição da temperatura e fotoperíodo, nas datas de avaliações de menor acúmulo. Ainda, em relação ao acúmulo da MMSPA, o comportamento entre os biótipos foi similar (Figura 4). Por outro lado, resultados encontrados em biótipos braquipódio (*Brachypodium distachyonpor*) resistentes aos herbicidas inibidores do FSII, apresentaram redução de massa da matéria seca tanto para parte aérea quanto raiz quando comparados a biótipos suscetíveis (MATZRAFI et al., 2014).

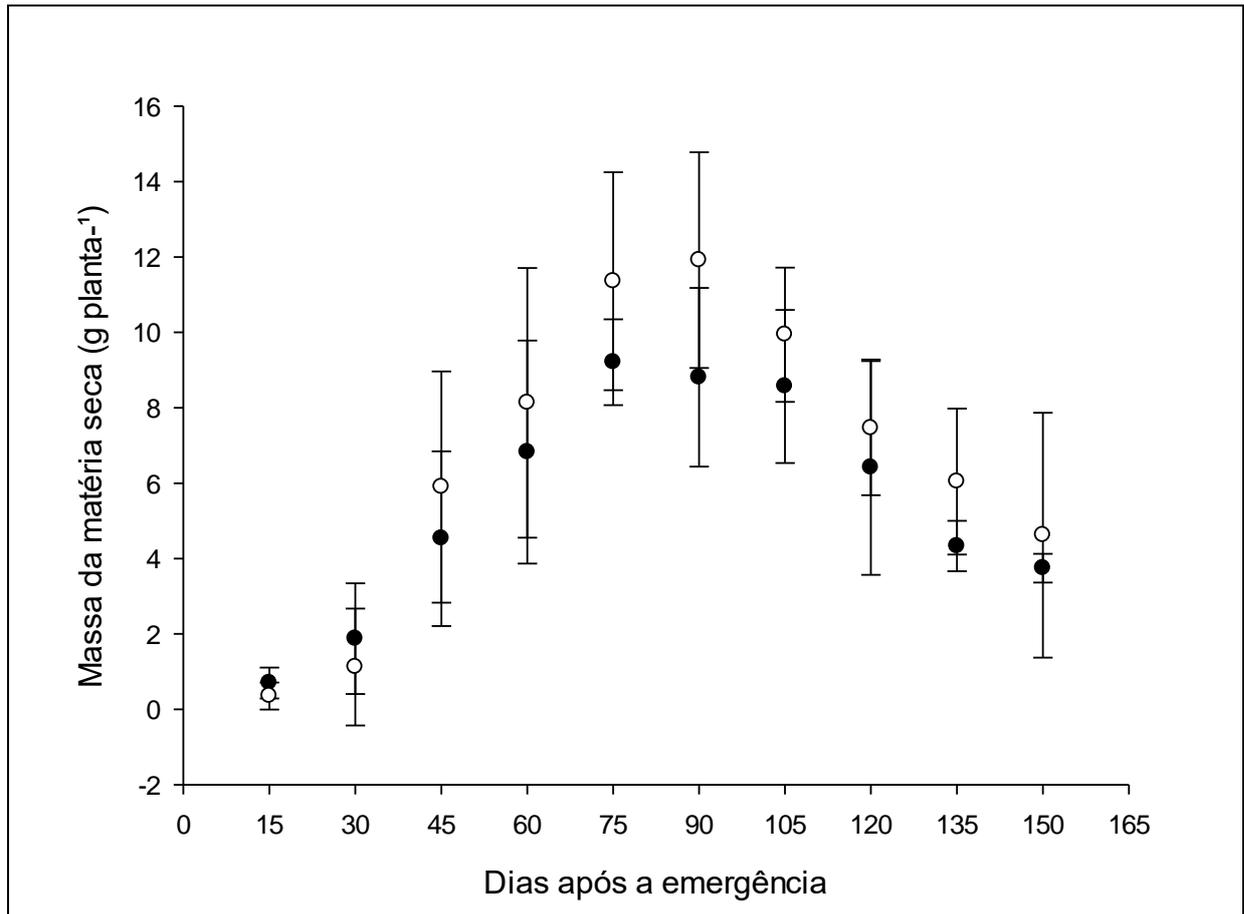


Figura 4- Massa da matéria seca da parte aérea (g planta<sup>-1</sup>) de biótipos de sagitária resistente (sagmo32) aos herbicidas inibidores do FSII e inibidores da ALS representado pelo círculo preto (●) e sagitária suscetível (sagmo35) representada pelo círculo branco (○), avaliado dos 15 aos 150 dias após a emergência. FAEM/UFPEL, Capão do Leão/RS, 2019. Os pontos representam os valores médios das repetições dos biótipos e, as barras, representam os intervalos de confiança.

Recentemente, estudo com braquipódio-avermelhado (*Brachypodium distach*), reportou acúmulo na massa da matéria seca 28% superior para o biótipo suscetível (FRENKEL et al., 2017). Em contrapartida, populações de caruru (*Amaranthus tuberculatus*) resistentes a dois mecanismos de ação, competindo com soja, exibiram taxas de crescimento ligeiramente inferiores às de população suscetível nos estágios iniciais de crescimento, mas na colheita todas as populações acumularam a mesma biomassa (BUTTS et al., 2018). Plantas que acumulam maiores quantidades de matéria seca num curto espaço de tempo são mais competitivas, pois podem suprimir o crescimento de plantas vizinhas devido a redução dos recursos do meio que geralmente são limitados (FLECK et al., 2006; RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007). O acúmulo de MMSPA é dependente do desempenho do sistema assimilatório proveniente da atividade fotossintética (BENINCASA, 2003).

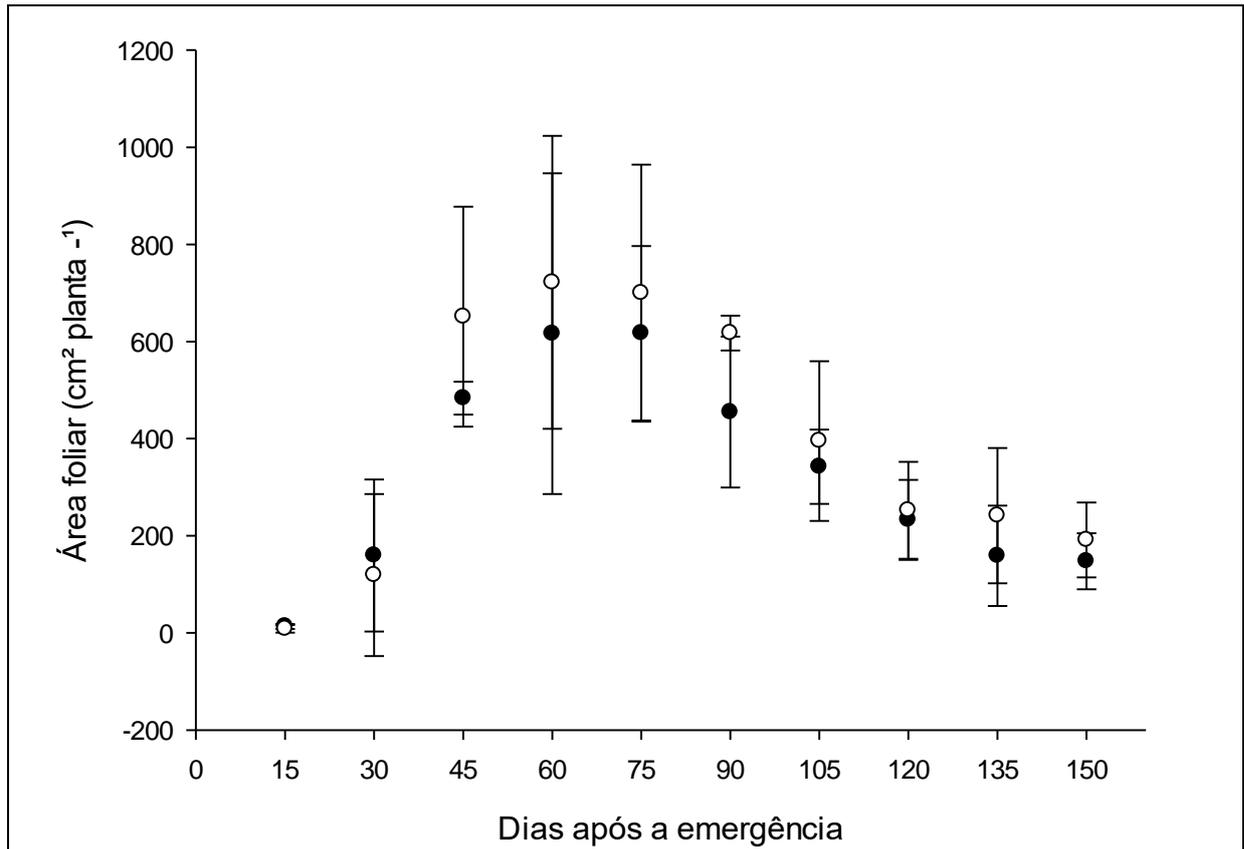


Figura 5- Área foliar ( $\text{cm}^2 \text{ planta}^{-1}$ ) de biótipos de sagitária resistente (sagmo32) aos herbicidas inibidores do FSII e inibidores da ALS representado pelo círculo preto (●) e sagitária suscetível (sagmo35) representada pelo círculo branco (○), avaliada dos 15 aos 150 dias após a emergência. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2019. Os pontos representam os valores médios das repetições dos biótipos e, as barras, representam os intervalos de confiança.

As variáveis AF e IAF (Figuras 5 e 6), apresentaram comportamento semelhante, onde o máximo acúmulo destas foi observado entre 60 e 75 DAE, com posterior decréscimo nos valores observados. O crescimento de ambos biótipos ocorreu em área limitada, no entanto, isenta de competição e a mesma disponibilidade de recursos. Os valores de AF e IAF, estão diretamente relacionados com a interceptação de luz e capacidade fotossintética, onde plantas com maior AF e IAF são mais eficientes na fixação de  $\text{CO}_2$ , com vantagens quando submetidas a competição. Plantas com maior IAF e AF são mais eficientes na fixação de  $\text{CO}_2$ , visto que esses valores estão diretamente relacionados com a interceptação de luz e capacidade fotossintética oferecendo vantagens as plantas quando submetidas a competição com outras plantas (FRAGA et al., 2013).

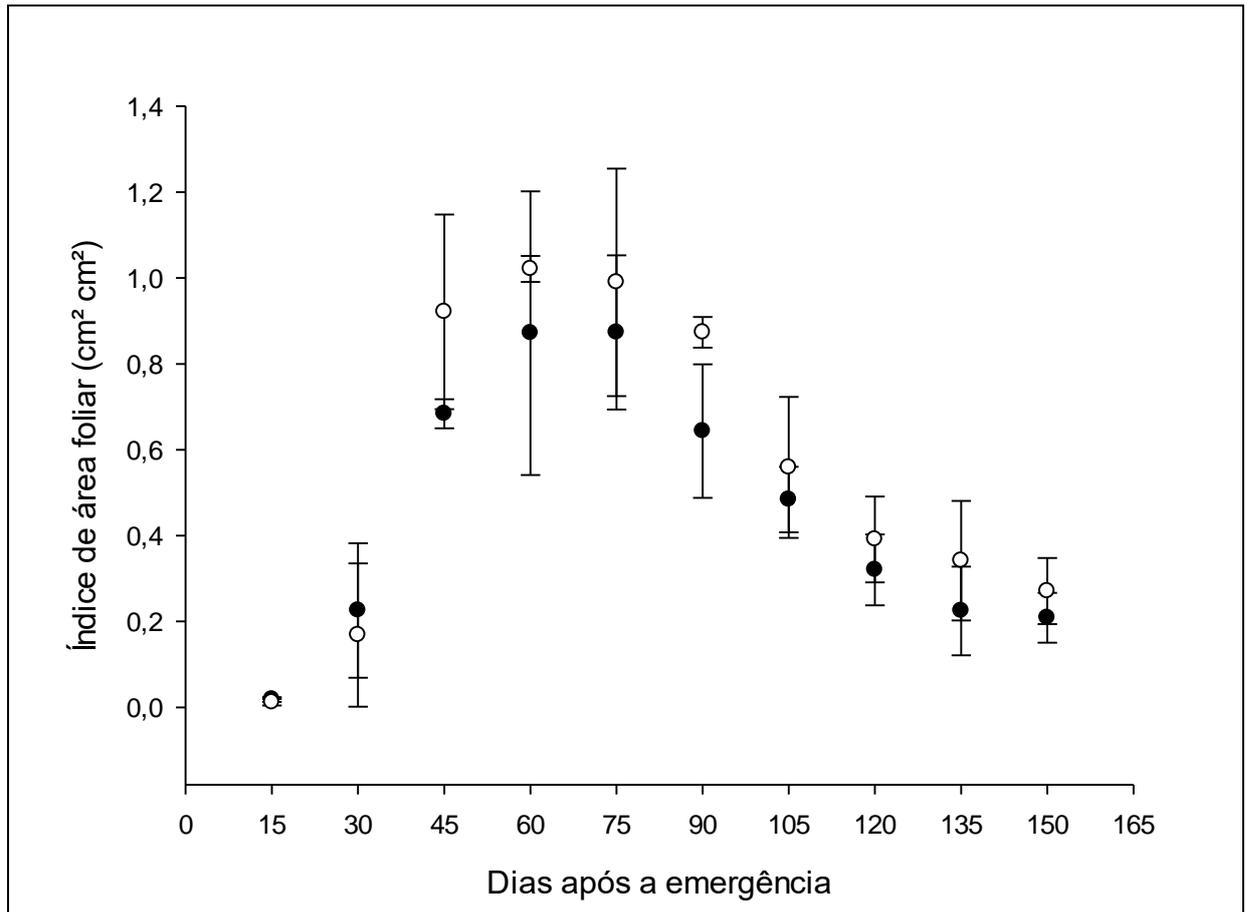


Figura 6- Índice de área foliar ( $\text{cm}^2 \text{cm}^{-2}$ ) de biótipos de sagitária resistente (sagmo32) aos herbicidas inibidores do FSII e inibidores da ALS representado pelo círculo preto (●) e sagitária suscetível (sagmo35) representada pelo círculo branco (○), avaliada dos 15 aos 150 dias após a emergência. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2019. Os pontos representam os valores médios das repetições dos biótipos e, as barras, representam os intervalos de confiança.

Com relação a RAF, ambos biótipos apresentaram comportamento similar ao longo do tempo. Ocorreu incremento nos valores dos biótipos ao longo do período avaliado, com o máximo valor sendo observado entre 60 e 90 DAE, com posterior decréscimo (Figura 7). A RAF demonstra a resposta da planta durante o crescimento e desenvolvimento em função a alocação de fotoassimilados para tecidos e estruturas assimilatórias como raízes e estruturas reprodutivas. Dessa forma, a planta torna-se menos eficiente na conversão de energia em função da redução da superfície fotossintetizante, autossombreamento, bem como, senescência de folhas ao longo do ciclo da planta (URCHEI et al., 2000). Altos valores de RAF indicam maior capacidade da planta interceptar energia luminosa e ocupar o espaço, tornando-as mais competitivas (FERREIRA et al., 2008).

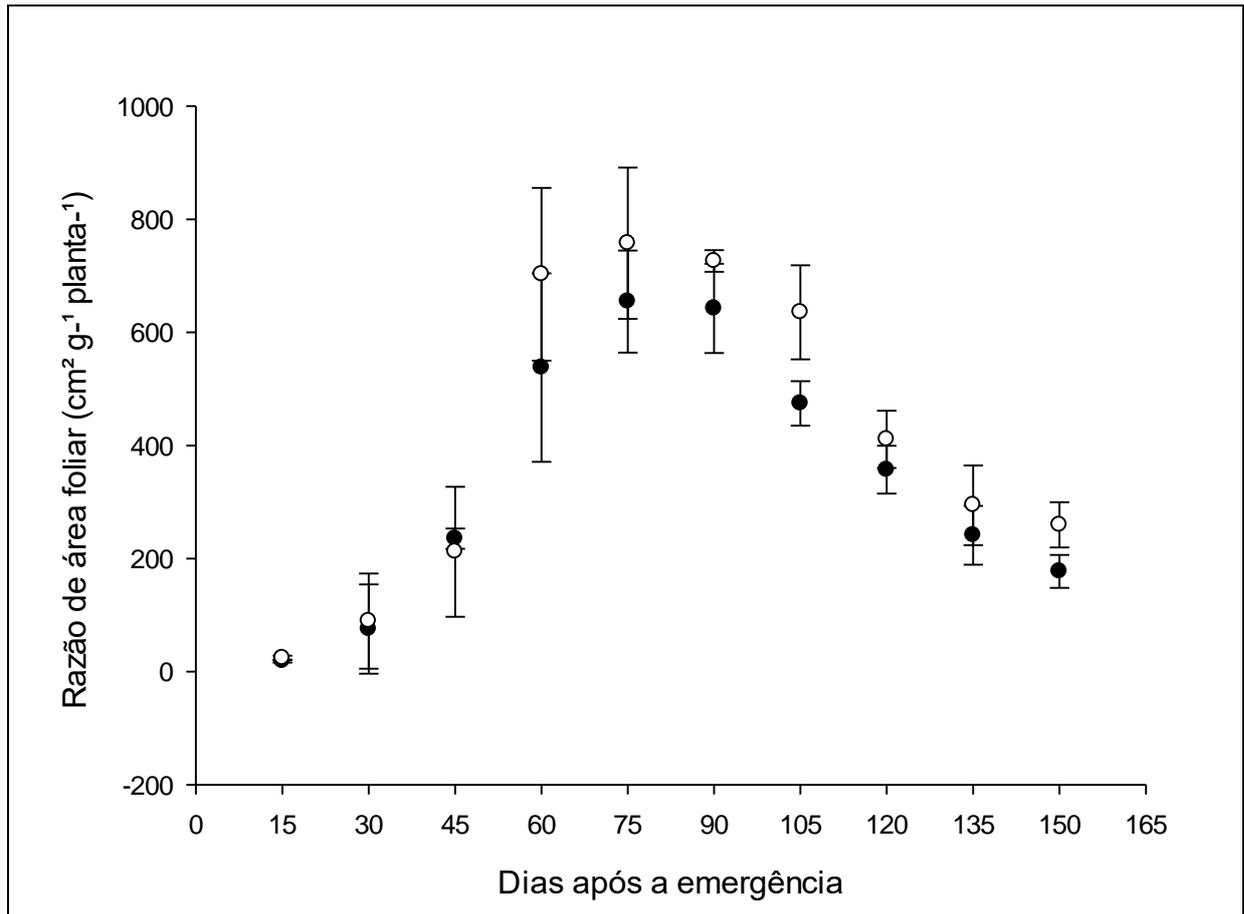


Figura 7- Razão da área foliar ( $\text{cm}^2 \text{g}^{-1} \text{planta}^{-1}$ ) de biótipos de sagitária resistente (sagmo32) aos herbicidas inibidores do FSII e inibidores da ALS representado pelo círculo preto (●) e sagitária suscetível (sagmo35) representada pelo círculo branco (○), avaliado dos 15 aos 150 dias após a emergência. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2019. Os pontos representam os valores médios das repetições dos biótipos e, as barras, representam os intervalos de confiança.

De mesma forma, houve aumento inicial da TCA para os biótipos à medida em que as plantas se desenvolveram (Figura 8), posterior aos 75 DAE observa-se decréscimo nos valores da variável. Observou-se que a velocidade de crescimento dos biótipos foi semelhante, resultando em crescimento mais intenso e acúmulo de fotoassimilados para ambos (Figura 8). A TCA indica variação ou incremento entre duas amostragens sucessivas, isto é, indica a velocidade de crescimento. Plantas daninhas que apresentam elevada TCA podem levar vantagem ecológica, pois ocupam o espaço de forma mais rápida (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007). Com o aumento da massa seca acumulada pelas plantas, ocorre aumento na necessidade de fotoassimilados para a manutenção das estruturas já formadas, assim, a quantidade de fotoassimilados disponível para o crescimento tende a ser menor e, conseqüentemente, a TCA decrescer com o tempo (BENINCASA, 2003).

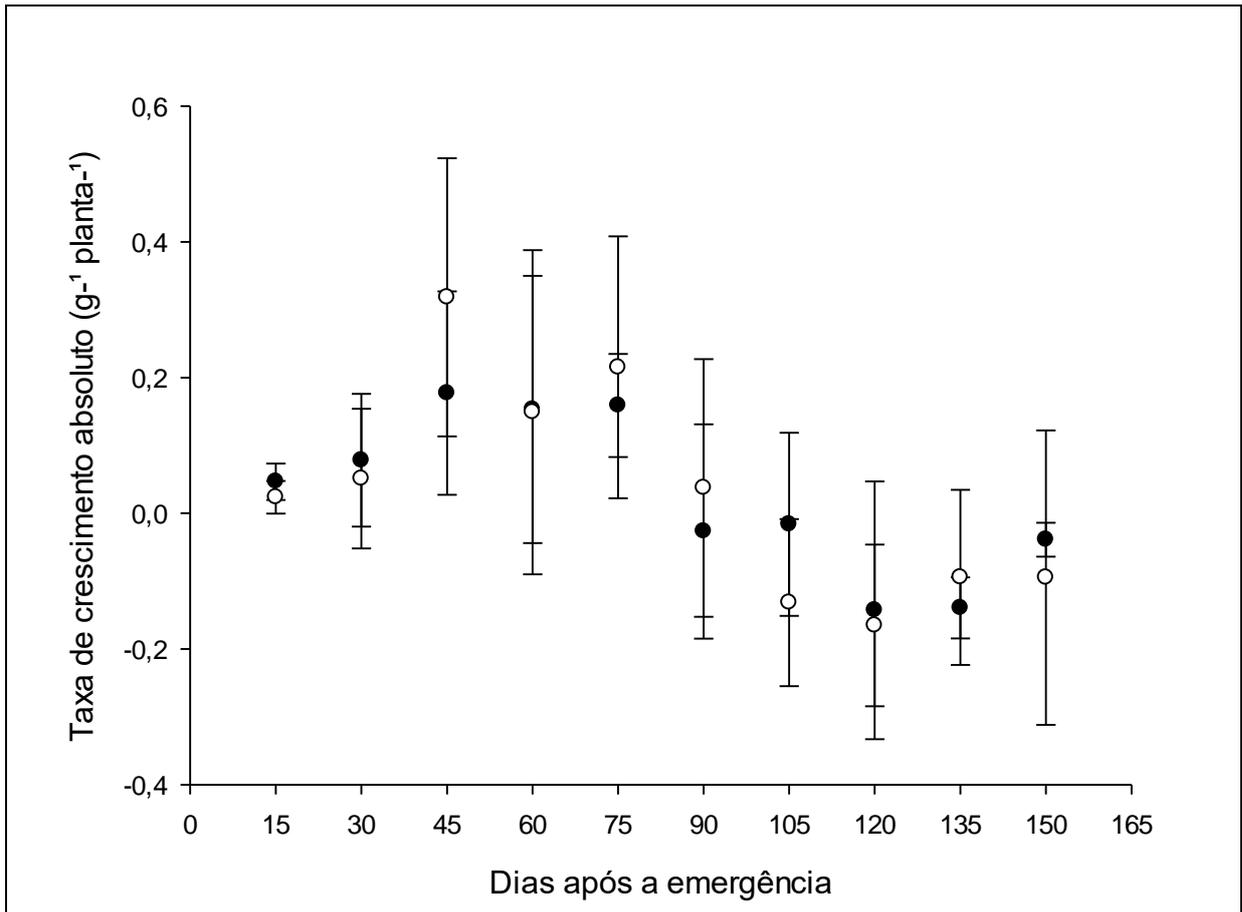


Figura 8- Taxa de crescimento absoluto (g<sup>-1</sup> planta<sup>-1</sup>) de biótipos de sagitária resistente (sagmo32) aos herbicidas inibidores do FSII e inibidores da ALS representado pelo círculo preto (●) e sagitária suscetível (sagmo35) representada pelo círculo branco (○), avaliado dos 15 aos 150 dias após a emergência. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2019. Os pontos representam os valores médios das repetições dos biótipos e, as barras, representam a diferença mínima significativa ( $p < 0,05$ ).

Os custos adaptativos de populações de plantas daninhas resistentes é um importante fator envolvido na velocidade da evolução da resistência e serve para estimar a adaptabilidade ecológica de biótipos suscetíveis e resistentes aos herbicidas (GRAY; STOLTENBERG; BALKE, 1995). A nível de lavoura, o domínio dos biótipos resistentes sobre os suscetíveis é notório, devido à alta pressão de seleção gerada através do controle das plantas suscetíveis, associado ao uso repetido de mesmo herbicida (SILVA; SILVA, 2007). Nesse sentido, a adoção de práticas culturais juntamente com outros métodos de controle que favoreçam o estabelecimento de plantas do biótipo suscetível é considerada uma estratégia fundamental para manejar áreas com plantas daninhas resistentes (VARGAS et. al., 2005).

### 3.3 Conclusões

Os biótipos sagmo 32 e sagmo 35, resistente e suscetível a herbicidas ALS e FSII apresentam comportamento semelhante.

## **4 CAPÍTULO III - Habilidade competitiva de *Sagittaria montevidensis* em convivência com a cultura do arroz (*Oryza sativa*) irrigado conduzido em sistema pré germinado**

### **4.1 Introdução**

O arroz (*Oryza sativa*) é o segundo cereal mais produzido no mundo, sendo um dos alimentos mais importantes para a nutrição humana e base alimentar de mais de três bilhões de pessoas (SOSBAI, 2018). A produção de cerca de 756,5 milhões de toneladas de grãos em casca corresponde a 29% do total de grãos usados na alimentação humana (SOSBAI, 2018). Fatores abióticos e bióticos são limitantes para que o máximo potencial de produção das culturas agrícolas seja alcançado. Dentre os fatores bióticos que reduzem a produtividade do arroz, as plantas daninhas são consideradas as mais limitantes (AGOSTINETTO et al., 2008).

Entre as principais plantas daninhas da cultura, destaca-se a sagitária (*Sagittaria montevidensis*), preferencialmente no sistema pré-germinado, interferindo no potencial produtivo das lavouras (MEROTTO JR et al, 2010). Aquática emergente, de ciclo perene, pertencente à família Alismataceae que apresenta folhas eretas de morfologia bastante variável e limbo sagitado, caule e folhas ricas em tecido aerenquimatoso (que permite sua flutuação) e multiplicação da espécie ocorrendo através de tubérculos ou sementes com estatura variando entre 0,5 a 1,5m dependendo do ambiente onde ocorrem (KISSMANN, 1997).

As perdas de produtividade na cultura do arroz, estão diretamente ligadas a competição com plantas daninhas, facilmente a queda na produtividade da cultura pode chegar a 60% em sistema de transplante de mudas e 80% em semeadura em de solo seco, evidenciando a importância do manejo integrado de plantas daninhas para a obtenção do máximo potencial produtivo da cultura (DASS et al., 2016).

A competição entre plantas ocorre quando ao menos um dos recursos essenciais ao seu desenvolvimento e crescimento encontra-se em quantidade insuficiente para atender às necessidades de todos os indivíduos presentes no meio (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007), podendo ocorrer entre indivíduos da mesma espécie (intraespecífica) ou entre indivíduos de espécies distintas (interespecífica) (RIGOLI et al. 2008).

Existem vários métodos para investigar as relações competitivas entre plantas, dentre eles, destacam-se os experimentos em séries substitutivas, que têm sido amplamente utilizados para estudos de diversas culturas/plantas daninhas (AMINPANAH E JAVADI 2011; GALON et al. 2014; GALON et al., 2018; PIES et al., 2019). Os experimentos em série de substituição incluem análises de monoculturas, bem como misturas das espécies testadas, onde as proporções são variadas e a população total de plantas é mantida constante para todos os tratamentos (COUSENS, 1991; RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007). Este método, permite a compreensão do processo competitivo entre plantas, principalmente quando relacionado com o efeito da população e da proporção entre cultura e plantas daninhas havendo como premissa que as produtividades das associações possam ser determinadas em comparação às do monocultivo.

A habilidade competitiva refere-se à capacidade de ela suprimir o crescimento de outra planta ou à sua habilidade em manter seu crescimento relativamente inalterado na presença de competidores, evitando desse modo ser suprimida (GOLDBERG & LANDA, 1991). Sendo assim, entende-se que são boas competidoras, plantas que apresentam rápida apropriação dos recursos e elevada taxa de crescimento relativo (GRIME, 1979), ou ainda, atribui-se o sucesso competitivo através da menor exigência de recursos da espécie (TILMAN, 1988). De modo geral, o incremento da população de plantas daninhas aumenta a intensidade da interferência e os danos no crescimento e produtividade das culturas (SILVA et al., 2009).

Esse estudo teve como hipótese que sagitária apresenta habilidade competitiva inferior a cultura do arroz irrigado. O objetivo do estudo foi comparar habilidade competitiva entre a planta daninha sagitária e a cultura do arroz.

## 4.2 Material e Métodos

Para avaliar a habilidade competitiva entre a cultura do arroz irrigado e a planta daninha sagitária foram conduzidos dois experimentos em casa de vegetação, pertencentes a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, Estação Experimental Terras Baixas e ao Centro de Herbologia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas (CEHERB/FAEM/UFPel), ambas em Capão do Leão, RS. Os tratamentos foram dispostos em delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições, durante o período de outubro de 2018 a abril de 2019.

As unidades experimentais foram constituídas por vasos plásticos com 26 centímetros de diâmetro e capacidade volumétrica de 20 litros. Os vasos foram preenchidos com solo, classificado como planossolo háplico, pertencente à unidade de mapeamento de Pelotas-RS (EMBRAPA, 2013). A cultivar de arroz escolhida foi IRGA 429, associado ao fato desta ser uma das mais cultivadas no sistema pré-germinado, em ambos estados (SOSBAI, 2018). Em ambos experimentos o arroz foi transplantado pré-germinado e a sagitária em estágio de plântula com aproximadamente quatro centímetros de parte aérea. Associado ao fato do sistema de cultivo ser irrigado, em ambos experimentos a lâmina de água foi contínua com dez centímetros acima do solo.

O primeiro experimento (monocultivos) foi conduzido em série aditiva para calcular a população de plantas por  $m^2$  com base na capacidade de suporte do ambiente (K) “Lei de produção final constante”, em que a massa da matéria seca da parte aérea (MMSPA) por unidade de área ( $g\ m^{-2}$ ) torna-se constante e independente da população (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA 2007). As populações testadas foram de 1, 2, 4, 8, 16, 32 e 64 plantas por vaso (equivalentes a 19, 38, 76, 152, 304, 608 e 1216 plantas  $m^2$ ). A variável MMSPA foi avaliada 45 dias após o transplante (DAT). Na análise dos dados, utilizou-se a produção recíproca para determinar a população de plantas onde a MMSPA se tornava constante. Tal população foi de 456 plantas  $m^{-2}$  para a cultura e 152 plantas  $m^{-2}$  para a planta daninha.

O segundo experimento foi conduzido em série de substituição, nos meses de março e abril de 2019, e foram instalados com população de 16 plantas por vaso (304 plantas  $m^{-2}$ ), conforme determinado no primeiro experimento. Em cada série, as proporções entre plantas de arroz e sagitária (experimento II) foram de 100:0

(estande puro de arroz), 75:25, 50:50, 25:75 e 0:100% (estande puro de sagitária). As unidades experimentais e o solo utilizado foram idênticos àqueles do experimento I. Os biótipos foram previamente preparados e transplantados equidistantes em densidade superior às populações desejadas em cada tratamento; aos 5 DAT, foi efetuado desbaste para retirada das plantas excedentes.

As variáveis avaliadas aos 45 DAE foram: Estatura de plantas (EP), área foliar (AF), MMSPA. A EP foi mensurada com régua milimétrica; AF foi determinada com medidor de área foliar modelo LI 3200 C, sendo o valor obtido em  $\text{cm}^2$  e convertido em  $\text{cm}^2 \text{ planta}^{-1}$ ; MMSPA foi quantificada pela pesagem da parte aérea das plantas após serem secas em estufa a  $60^\circ\text{C}$  por cinco dias até obtenção de massa constante.

Para análise dos dados foi utilizado o método da análise gráfica da produtividade relativa (RADOSEVICH, 1987; ROUSH et al., 1989; COUSENS, 1991). O referido procedimento consiste na construção de diagramas, tendo por base as produtividades ou variações relativas (PR) e totais (PRT) nas proporções de plantas de 0, 50 e 100% da cultura e do competidor. A PR foi calculada pela média da mistura/média da monocultura, utilizando-se no cálculo a média por planta de cada espécie em cada unidade experimental. A PRT é representada pela soma das PR's do competidor e da cultura, nas respectivas proporções de plantas.

Nos diagramas, os resultados obtidos foram comparados aos valores da reta hipotética, que une os pontos zero e um do diagrama, a qual representou a ausência de interferência entre os genótipos. Caso a PR resultar em linha côncava, significa que ocorre prejuízo no crescimento de uma ou de ambas as espécies, enquanto que se a linha apresentada pela PR for convexa, há benefício no crescimento de uma ou de ambas espécies. Quando a PRT for igual à unidade (um) (linha reta), significa que ocorre competição pelos mesmos recursos; se superior a um (linha convexa) a competição é evitada, devido ao suprimento de recursos superar a demanda ou porque as espécies possuem diferentes demandas pelos recursos do meio; e, quando inferior a um (linha côncava), significa que ocorre antagonismo, havendo prejuízo mútuo ao crescimento das espécies (COUSENS, 1991; RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007).

Além da PR e da PRT, calcularam-se índices de competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamento relativo (K) e de competitividade (C). A CR representa o crescimento comparativo da cultura (arroz) em relação ao competidor

(sagitária); K indica a dominância relativa de uma espécie sobre a outra; e, C aponta qual espécie manifesta-se mais competitiva (COUSENS, 1991; COUSENS; O'NEILL, 1993). Os índices CR, K e C foram calculados utilizando-se as equações propostas por Cousens e O'Neill (1993), conforme segue:

$$CR = PR_{\text{arroz}} / PR_{\text{sagitária}} \quad (1)$$

$$K_{\text{arroz}} = PR_{\text{arroz}} / (1 - PR_{\text{arroz}}) \quad (2)$$

$$K_{\text{sagitária}} = PR_{\text{sagitária}} / (1 - PR_{\text{sagitária}}) \quad (3)$$

$$C = PR_{\text{arroz}} - PR_{\text{sagitária}} \quad (4)$$

A interpretação conjunta desses valores indica com segurança, a competitividade das espécies envolvidas. A cultura do arroz é mais competitiva que a sagitária quando  $CR > 1$ ,  $K_{\text{arroz}} > K_{\text{sagitária}}$  e  $C > 0$  (HOFFMAN; BUHLER, 2002). Já, sagitária é mais competitiva que o arroz quando  $CR < 1$ ,  $K_{\text{arroz}} < K_{\text{sagitária}}$  e  $C < 0$ .

Para analisar estatisticamente a produtividade relativa, primeiramente foi calculada a diferença para os valores de PR (DPR) obtidos na proporção de 50% de plantas, em relação aos valores pertencentes às retas hipotéticas obtidas nas respectivas proporções (BIANCHI; FLECK; LAMEGO, 2006; PASSINI; CHRISTOFFOLETI; YADA, 2003). Em seguida, foi utilizado o teste t ( $p \leq 0,05$ ) para avaliar as diferenças nos índices DPR, PRT, CR, K e C (ROUSH et al., 1989; HOFFMAN; BUHLER, 2002). As hipóteses de nulidade para testar as diferenças de DPR e C são de que as médias são iguais a zero ( $H_0=0$ ); para PRT e CR, que as médias são iguais a um ( $H_0=1$ ); para o índice K, que as médias das diferenças entre  $K_{\text{arroz}}$  e  $K_{\text{sagitária}}$  são iguais a zero [ $H_0=(K_{\text{arroz}}-K_{\text{sagitária}})=0$ ]. O critério para considerar a existência de diferenças em competitividade, para os índices CR, K e C, foi de que, no mínimo em dois índices, ocorressem diferenças pelo teste t (BIANCHI; FLECK; LAMEGO, 2006).

Os resultados obtidos para EP, AF e MS das plantas, expressos em valores médios por planta, foram submetidos à análise de variância. Quando o teste F indicou significância ( $p \leq 0,05$ ), as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste Dunnet ( $p \leq 0,05$ ).

### 4.3 Resultados e Discussão

A análise gráfica do experimento de habilidade competitiva para a PR de arroz e sagitária, para a variável EP, em geral, foram equivalentes e não significativas, uma vez que, os resultados obtidos em sua maioria foram semelhantes às linhas hipotéticas (Figura 9A). Todavia, os valores observados para a planta daninha, foram superiores a reta hipotética PR quando as espécies estiveram em igual proporção (50:50) na associação, enquanto, para o arroz, o incremento ocorreu quando a cultura esteve em maior proporção na associação, em ambos os casos, sem prejuízo significativo para a outra espécie, uma vez que para que ocorra o prejuízo, em pelo menos duas proporções, deve ocorrer diferença significativa (BIANCHI; FLECK; LAMEGO, 2006). Resultados similares aos deste estudo foram encontrados para a competição entre milho (*Zea mays*) e falso-capim-de-rhodes (*Chloris distichophylla*), onde os valores observados não diferiram dos valores hipotéticos, inferindo-se que, quando submetida a interferência da planta daninha, a cultura manteve sua produtividade próximo à condição de monocultivo (WANDSCHEER; RIZZARDI; REICHERT, 2013). De forma semelhante, observou-se habilidade competitiva entre soja e trapoeraba (*Commelina benghalensis*) foi equivalente e demonstrou não haver efeito sobre a produtividade total das espécies (DIAS et al. 2010).

A reta hipotética PRT para EP demonstra valores acima do esperado para a associação 50:50 e 75:25 (arroz:sagitária), desta forma, podemos inferir que não ocorreu competição pelos recursos do meio quando estas estiveram em igual proporção ou com a cultura ocupando maior parte deste (Figura 9A e Tabela 2). Ainda, é possível considerar que, de modo geral, os efeitos de uma espécie sobre a outra na competição pelos recursos do ambiente foram pouco evidentes, sendo, a habilidade de uma em interferir sobre a outra foi equivalente (RADOSEVICH, 1987). Destaca-se que, apresentar maior EP pode estar associado a vantagem competitiva na interceptação de luz e utilização desta no processo de fotossíntese para conversão de fotoassimilados e partição nos diferentes órgãos da planta (TAIZ et al., 2017).

Para a variável AF de arroz em convivência com sagitária, a PR não foi significativa para ambas (Figura 9B e Tabela 2). Mas, pode-se afirmar que cultura apresentou incremento no resultado da variável quando esteve em associação com maior proporção, sem prejuízo significativo para a planta daninha (Figura 9B). Por

outro lado, observa-se prejuízo para sagitária, quando esta esteve associada e ocupando maior parte do nicho (Figura 9B e Tabela 2). Estes resultados, por sua vez, refletem no observado para a linha hipotética PRT, onde  $PRT < 1$  na associação 75:25 (planta daninha/cultura), podemos observar que houve prejuízo a planta daninha, por outro lado, observa-se  $PRT > 1$  na associação 75:25 (cultura/planta daninha), evidenciando resultado superior ao esperado quando as espécies se encontram nesta associação o que indica que não ocorreu competição pelos recursos quando a cultura esteve em maior proporção.

Plantas com maior área foliar normalmente apresentam maior dossel e maior capacidade de ocupação do nicho, podendo assim, apresentarem-se mais eficientes na captura por luz e, conseqüentemente, em estágios mais avançados de crescimento, podendo sombrear a outra espécie e até suprimir seu crescimento (PLACE et al., 2011). A luz é considerada o principal recurso limitado na comunidade e desenvolve papel importante na resposta inicial da planta com maior potencial competitivo (ALMEIDA; MUNDSTOCK, 2001; PAGE et al., 2010; GALON et al., 2011).

Para a variável MMSPA, a PR de ambas espécies apresentou linha convexa, o que sugere benefícios mútuos entre eles (Figura 9C). As diferenças de PR da cultura e planta daninha, em relação às respectivas retas hipotéticas, foram significativas em pelo menos duas proporções de plantas, o que confirma os resultados observados na análise gráfica (Tabela 2). Com relação à PRT, ocorreram diferenças para MMSPA nas três proporções associadas testadas, onde os valores estimados foram maiores que os esperados (Figura 9C e Tabela 2). Sendo assim  $PRT > 1$  nos elucida que as espécies estudadas apresentaram valores superiores a reta hipotética, indicando a não ocorrência de competição pelos recursos. Este resultado pode ter ocorrido pois, cada espécie apresenta estratégia diferente de crescimento e uso de recursos, logo conseguem produzir mais que o esperado caso fossem mantidas em monocultivo. Este benefício para ambas espécies, pode estar relacionado ao fato de que a quantidade de recursos disponíveis foi suficiente para ambas as espécies ou que a densidade de plantas foi menor que a tolerada pelo ambiente, o que resultou na ausência de competição (HARPER 1977; SHAINSKY; RADOSEVICH, 1992; RADOSEVICH et al., 2006).

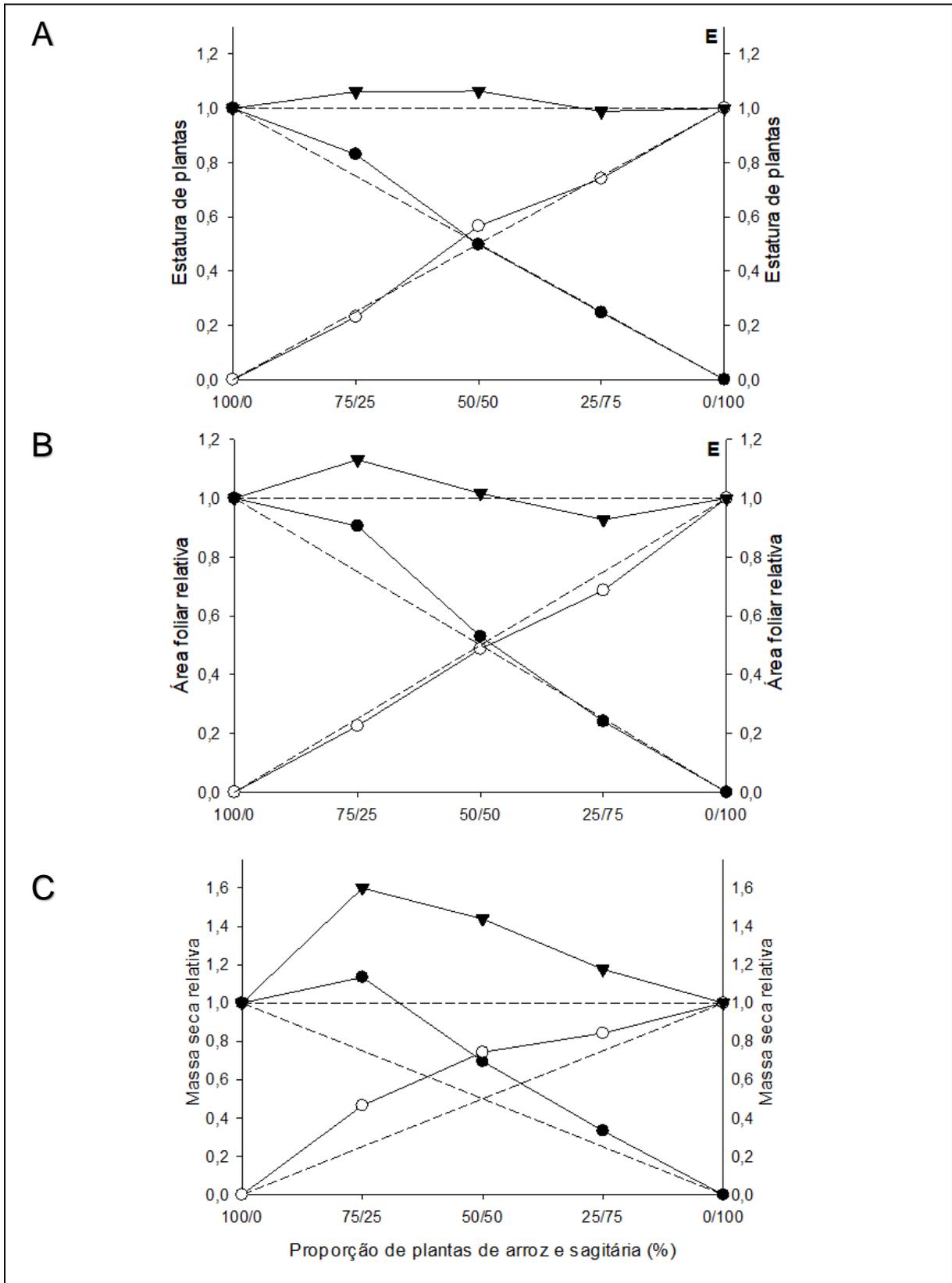


Figura 9- Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para estatura de plantas (EP), área foliar (AF) e massa da matéria seca de parte aérea (MMSPA) de arroz e sagitária. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2019. Círculos pretos representam a cultura (●), círculos brancos representam a planta daninha (○) e triângulos (▲) indicam a PRT. Linhas pontilhadas referem-se às produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.

Sendo assim, pode-se inferir que uma espécie não prejudicou a outra tanto quanto o esperado. Resultados semelhantes foram reportados em associações entre plantas de soja (*Glycine max*) e leiteira (*Euphorbia heterophylla*) e corda de viola (*Ipomoea ramosissima*), onde foi observado benefício mútuo entre as espécies que, ao serem encontradas em misturas, produziram mais biomassa do que a obtida quando as espécies estiveram em monocultura (RIZZARDI et al., 2004). A constatação de benefícios mútuos entre duas espécies pode ocorrer entre plantas daninhas e culturas, porém é mais importante em situações de policultivos (RADOSEVICH, 1987). Ainda, cabe destacar que em uma comunidade, geralmente, há benefício na competição pelos recursos para aquelas que se estabelecem primeiro, ou por características intrínsecas de cada espécie quanto à habilidade competitiva (velocidade de crescimento, estatura, número de afilhos, massa da matéria seca, área foliar, etc.) e deste modo, menores quantidades de recursos ficarão disponíveis no meio o que poderá causar aumento de dano a cultura ou ao competidor (AGOSTINETTO et al., 2013).

Ao analisar os dados relacionados à PRT, observou-se que os valores foram superiores as retas hipotéticas em ao menos duas proporções para as variáveis EP e AF e em todas as proporções testadas para a variável MMSPA (Figura 9A, B, C e Tabela 2). Isso demonstra que, em geral, a competição é evitada, devido ao suprimento de recursos superar a demanda ou porque as espécies possuem diferentes demandas pelos recursos do meio.

Tabela 2- Diferenças relativas de produtividade (PR) e produtividade relativa total (PRT), para as variáveis estatura, área foliar e massa seca da parte aérea, nas proporções plantas arroz (*Oryza sativa*) e sagitária (*Sagittaria montevidensis*). FAEM/UFPEL, Capão do Leão/RS, 2019.

	<b>Proporção (%) de plantas associadas (arroz:sagitária)</b>		
	75:25	50:50	25:75
<b>Estatura</b>			
Arroz	0,08 ( $\pm 0,01$ )*	0,00 ( $\pm 0,01$ ) <sup>ns</sup>	0,00 ( $\pm 0,00$ ) <sup>ns</sup>
Sagitária	-0,02 ( $\pm 0,00$ ) <sup>ns</sup>	0,07 ( $\pm 0,01$ )*	-0,01 ( $\pm 0,01$ ) <sup>ns</sup>
Total	1,06 ( $\pm 0,01$ )*	1,06 ( $\pm 0,01$ )*	0,99 ( $\pm 0,01$ ) <sup>ns</sup>
<b>Área foliar</b>			
Arroz	0,16 ( $\pm 0,04$ )*	0,03 ( $\pm 0,01$ ) <sup>ns</sup>	-0,01 ( $\pm 0,01$ ) <sup>ns</sup>
Sagitária	-0,02 ( $\pm 0,01$ ) <sup>ns</sup>	-0,01 ( $\pm 0,02$ ) <sup>ns</sup>	-0,06 ( $\pm 0,01$ )*
Total	1,13 ( $\pm 0,04$ )*	1,02 ( $\pm 0,03$ ) <sup>ns</sup>	0,93 ( $\pm 0,01$ )*
<b>Massa da matéria seca da parte aérea</b>			
Arroz	0,38 ( $\pm 0,02$ )*	0,20 ( $\pm 0,03$ )*	0,08 ( $\pm 0,01$ )*
Sagitária	0,22 ( $\pm 0,02$ )*	0,24 ( $\pm 0,02$ )*	0,09 ( $\pm 0,03$ ) <sup>ns</sup>
Total	1,60 ( $\pm 0,03$ )*	1,44 ( $\pm 0,04$ )*	1,18 ( $\pm 0,04$ )*

<sup>ns</sup> Não significativo; \* significativo pelo teste t ( $p \leq 0,05$ ). Valores entre parênteses representam os erros padrões das médias.

Embora os dados demonstrem a ocorrência de sinergismo, os danos causados pelas plantas daninhas ocorrem, pois normalmente se relacionaram à maior população (VILÁ et al, 2004). Nas áreas agrícolas, as plantas daninhas ocorrem, normalmente, em populações superiores às das plantas cultivadas e, frequentemente, são consideradas como mais competitivas na apropriação e utilização dos recursos quando, na realidade, o efeito decorre da maior população de plantas (BIANCHI, FLECK; LAMEGO, 2006).

A verificação do crescimento relativo das espécies, através das variáveis morfológicas (EP, AF e MMSPA) demonstrou que a cultura quando em maior proporção de associação no nicho para as variáveis EP e AF e, em todas as proporções de associação para a variável MMSPA, apresentou desempenho superior ao observado quando esteve em monocultivo (Tabela 3). A planta daninha, de forma semelhante, apresentou resultado superior ao seu monocultivo para a variável EP, quando esteve em igual proporção (50:50) no nicho e, incremento significativo para a variável MMSPA quando esteve em igual ou maior proporção na associação (Tabela 3). Cabe ressaltar que, o comportamento observado é resultante da maior competição intraespecífica.

Tabela 3 - Respostas para estatura de plantas (EP), área foliar (AF) e massa seca da parte aérea (MSPA) de arroz (*Oryza sativa*), competindo com sagitária (*Sagittaria montevidensis*), sob diferentes proporções de plantas. FAEM/UFPEL, Capão do Leão/RS, 2019.

	<b>Proporção (%) de plantas associadas (arroz:sagitária)</b>					C.V. (%)
	100:0	75:25	50:50	25:75	0:100	
<b>Estatura (cm/planta)</b>						
Arroz	53,8	59,57*	53,52 <sup>ns</sup>	53,15 <sup>ns</sup>	-	3,44
Sagitária	-	44,90 <sup>ns</sup>	55,07*	48,12 <sup>ns</sup>	48,67	4,10
<b>Área Foliar (cm<sup>2</sup>/planta)</b>						
Arroz	189,57	228,85*	200,8 <sup>ns</sup>	182,43 <sup>ns</sup>	-	7,02
Sagitária	-	42,79 <sup>ns</sup>	46,22 <sup>ns</sup>	43,43 <sup>ns</sup>	47,44	5,50
<b>Massa seca da parte aérea (g/planta)</b>						
Arroz	2,13	3,23*	2,97*	2,84*	-	7,32
Sagitária	-	3,63*	2,90*	2,19 <sup>ns</sup>	1,95	8,56

<sup>ns</sup> Não significativo e \* significativo em relação ao respectivo monocultivo (100%), pelo teste de Dunnett (p≤0,05). C.V. – Coeficiente de variação.

Os resultados obtidos no presente trabalho, corroboram com os observados em trabalho de habilidade competitiva entre soja e caruru (*Amaranthus* spp.), onde foi relatado que a competição intraespecífica foi mais importante para o prejuízo das espécies (RUCHEL, 2018). A competição intraespecífica também foi mais evidente para a planta daninha capim-arroz, do que a competição interespecífica com os

cultivares de soja, gerando efeitos negativos sobre características morfofisiológicas da espécie (BASTIANI et al., 2016). Nesse sentido, vários estudos foram observados por meio de experimentos em séries substitutivas, onde a competição intraespecífica mostrou-se mais importante do que a interespecífica, atrelado ao fato de plantas de mesma espécie, muitas vezes, explorarem o mesmo nicho ecológico, competindo pelos mesmos recursos no tempo e/ou espaço (DIAS et al., 2010; MORAES et al., 2009; RIGOLI et al., 2008).

Através dos índices CR, K e C e considerando-se que uma espécie é mais competitiva que a outra quando  $CR > 1$ ,  $K_a > K_b$  e  $C > 0$  (HOFFMAN; BUHLER, 2002). Sendo assim, em relação aos índices de competitividade relativa, o arroz apresentou o CR inferior a um para a variável EP, indicando que a planta daninha superou a cultura. Porém, para a variável AF a cultura foi mais competitiva pelo índice CR (maior que um). Os coeficientes de agrupamento relativo (K), indicam dominância relativa da sagitária sobre o arroz ( $K_{arroz} < K_{sagitária}$ ), assim como o coeficiente de competitividade (C), negativo, aponta a cultura como menos competitiva, dados que complementam as respostas observadas nos demais índices (Tabela 4). Resultado semelhante foi relatado em trabalho conduzido com competição de milho em convivência com capim pé-de-galinha (*Eleusine indica*), onde, para a variável EP, a planta daninha obteve os melhores resultados competitivos (WANDSCHEER; RIZZARDI; REICHERT, 2013). Por outro lado, para a variável AF observou-se melhor desempenho da cultura em relação a planta daninha, como podemos observar nos resultados da análise dos índices de competitividade da variável, que tem comportamento oposto ao observado para a variável EP (Tabela 4).

Tabela 4- Índices de competitividade de sagitária competindo com arroz, expressos por competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamento relativo (K) e de competitividade (C). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2019.

	CR	$K_a^4$	$K_b^5$	C
EP <sup>1</sup>	0,88 ( $\pm 0,00$ ) *	0,99 ( $\pm 0,02$ ) *	1,30 ( $\pm 0,03$ )	-0,07 ( $\pm 0,00$ ) *
AF <sup>2</sup>	1,09 ( $\pm 0,02$ ) *	1,13 ( $\pm 0,05$ ) <sup>ns</sup>	0,95 ( $\pm 0,06$ )	0,04 ( $\pm 0,01$ ) *
MMSPA <sup>3</sup>	0,94 ( $\pm 0,04$ ) <sup>ns</sup>	2,37 ( $\pm 0,30$ ) <sup>ns</sup>	2,94 ( $\pm 0,26$ )	-0,05 ( $\pm 0,03$ ) <sup>ns</sup>

<sup>1</sup>Estatura; <sup>2</sup>Área foliar; <sup>3</sup>Massa da matéria seca de parte aérea; <sup>4</sup> $K_a$  – arroz; <sup>5</sup> $K_b$  – sagitária; <sup>ns</sup> Não significativo e \* significativo pelo teste t ( $p \leq 0,05$ ). Valores entre parênteses representam os erros padrões das médias.

Foram reportados diversos resultados onde cultura sobrepujou a planta daninha para a variável estatura de plantas, principalmente para a cultura da soja

(RUCHEL, 2018; ULGUIM et al., 2016). Todavia, existem casos onde a planta daninha foi mais competitiva que a cultura, como relatado em estudo competitivo com cultura do arroz em convivência com arroz daninho e em outro estudo da cultura da soja em convivência com caruru (AGOSTINETTO et al., 2017; RUCHEL, 2018). Existe ainda, relatos onde ocorre forte antagonismo, ou seja, perdas para ambas espécies, como é o caso da competição existente entre arroz e angiquinho (*Aeschynomene denticulata*), a qual gera perdas mútuas (GALON et al., 2015) e mais recentemente no caso das plantas daninhas leiteira e picão preto em convivência com a cultura da soja, onde foi observada redução das variáveis AF e da MS das espécies estudadas (FORTE et al., 2017).

Interpretando-se conjuntamente as análises gráficas de variáveis relativas e suas significâncias em relação aos valores equivalentes (Figuras 9A, B e C), as variáveis morfológicas (Tabelas 2 e 3) e os índices de competitividade (Tabela 4), em geral, constatou-se que há mínimo efeito de interação negativa entre as espécies, sendo evidenciado o efeito sinérgico para a variável MMSPA.

### **4.3 Conclusões**

Na competição entre arroz e sagitária, de modo geral, observa-se que as espécies possivelmente não disputaram os mesmos recursos no meio, pela ocorrência de incremento para a variável MMSPA, para ambas quando estiveram associadas, independente da proporção. Na competição entre arroz e sagitária, de modo geral, a competição intraespecífica foi mais prejudicial para ambas.

## 5 Considerações finais

As sementes da planta daninha *Sagittaria montevidensis* apresentam dormência física, sendo a escarificação física do tegumento técnica eficaz em superar a dormência das sementes. A faixa germinativa da espécie é ampla, estando a temperatura ótima localizada entre 26 e 27° C. A emergência é influenciada pela profundidade na qual as sementes estão enterradas, sendo que abaixo de 0,78 cm do solo ocorre redução significativa na variável.

Os biótipos resistente e suscetível a herbicidas ALS e FSII apresentam comportamento semelhante em seu desenvolvimento.

Na competição entre arroz e sagitária, as espécies não disputaram os mesmos recursos no meio, evidenciando ocorrência de incremento para a variável MMSPA, quando ambas estiveram associadas. De modo geral, a competição intraespecífica foi mais prejudicial para ambas.

## 6 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.; GALON, L.; MORAES, P.V.D.; RIGOLI, R.P.; TIRONI, S.P.; PANOZZO, L.E. Competitividade relativa entre cultivares de arroz irrigado e biótipo de capim-arroz (*Echinochloa* sp.). **Planta Daninha**, v.26, p.757-766, 2008.
- AGOSTINETTO, D.; NOHATTO, M.A.; TAROUÇO, C.P., PERBONI, L.T.; DA ROSA ULGUIM, A. Habilidade competitiva de arroz em convivência com arroz vermelho sob diferentes concentrações de nitrogênio. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.7, p.70-79, 2017.
- AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L. **Resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil**. Pelotas: Editora UFPel, 2014, 399p.
- ALMEIDA, L.A.; MUNDSTOCK, C.M. A qualidade da luz afeta o perfilhamento em plantas de trigo, quando cultivadas sob competição. **Ciência Rural**, v.31, p.401-408, 2001.
- AMINPANA, H.; JAVADI, M. Competitive ability of two rice cultivars (*Oryza sativa* L.) with barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli* (L.) p. beauv.) in a replacement series study. **Advances in Environmental Biology**, v.5, p.2669-2676, 2011.
- ANDRES, A.; MACHADO, S.L.O. Plantas daninhas em arroz irrigado. In: GOMES, A.S.; MAGALHÃES Jr., A.M. (Ed.). **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p.457-546.
- BASKIN J.M.; BASKIN C.C. A classification system for seed dormancy. **Seed Science Research**, v.14, p.1-16, 2004.
- 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.
- BATLLA, D.; BENECH-ARNOLD, R.L. Predicting changes in dormancy level in weed seed soil banks: implications for weed management. **Crop Protection**, v.26, p.189-197, 2007.
- BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: Funep, 2003. 41p.
- 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.

BITTENCOURT, H.H.; BONOME, L.T.S.; JUNIOR, F.B.P.; LANA, M.A.; TREZZI, M.M.; Seed germination and emergence of *Eragrostis tenuifolia* (A. Rich.) Hochst. ex Steud. In response to environmental factors. **Journal of Plant Protection Research**, v.56, p.32-28, 2016.

BRANDLE, R.A. Flooding resistance of rhizomatous amphibious plants. In: JACKSON, M. M.; DAVIES, D. D.; LAMBERS, H. (Ed.) **Plant life under oxygen deprivation**. The Hague: SSP, 1991. p. 35-46.

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

BURGOS, N.R.; TRANEL, P.J.; STREIBIG, J.C. Review: Confirmation of resistance to herbicides and evaluation of resistance levels. **Weed Science**, v.26, p.151-155, 2013.

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. Problemática e manejo de bancos de sementes de invasoras em solos agrícolas. **Planta Daninha**, v.10, p.5-16, 1992.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.

CASSOL, B.; AGOSTINETTO, D.; MARIATH, J.E.A. Análise morfológica de *Sagittaria montevidensis* desenvolvida em diferentes condições de inundação. **Planta Daninha**, v.26, p.487-496, 2008.

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.

CONAB. **Levantamentos de safra: 10º Levantamento** - Safra 2018/19. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/index.php/info-agro/safra>>. Acessado em: 11 de julho 2019.

CONCENÇO, G.; NOLDIN, J.A.; LOPES, N.F.; COMIOTTO, A. Aspectos da resistência de *Sagittaria montevidensis* ao herbicida pirazosulfuron-ethyl inibidor da ALS. **Planta Daninha**, v.25, p.187-194, 2007.

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

COUSENS, R.; O'NEILL, M. Density dependence of replacement series experiments. **Oikos**, v.66, p.347-352, 1993.

- DAIMON, N.; MIURA, R.; TOMINAGA, T. Growth and reproductive success of the seed-derived plants of *Sagittaria trifolia* emerging at different times. **Weed Biology and Management**, v.14, p.178-185, 2014.
- DASS, A.; SHEKHAWAT, K.; CHOUDHARY, A.K.; SEPAT, S.; RATHORE, S.S.; MAHAJAN, G.; CHAUHAN, B.S. Weed management in rice using crop competition-a review. **Crop Protection**, v.95, p.45-52, 2017.
- DAVIS, A.S.; SCHUTTE, B.J.; IANNUZZI, J.; RENNER, K.A. Chemical and physical defense of weed seeds in relation to soil seedbank persistence. **Weed Science**, v.56, p.676-684, 2008.
- DÉLYE, C.; MENCHARI, Y.; MICHEL, S.; CADET, E.; LE CORRE, V. A new insight into arable weed adaptive evolution: mutations endowing herbicide resistance also affect germination dynamics and seedling emergence. **Annals of Botany**, v.111, p.681-691, 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.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2013. 353p.
- EVANS, J.A.; TRANEL, P.J.; HAGER, A.G.; SCHUTTE, B.S.; WU, C.; CHATHAM, L.A.; DAVIS, A.S. Managing the evolution of herbicide resistance. **Pest Management Science**, v.72, p.74-80, 2016.
- 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.
- FINCH-SAVAGE, W.E.; LEUBNER-METZGER, G. Seed dormancy and the control of germination. **New phytologist**, v.171, p.501-523, 2006.
- FIORILLO, C.M.T. **Controle biológico de *Sagittaria montevidensis* com *Cylindrocarpon* sp.** Tese de doutorado. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Universidade Estadual Paulista – UNESP. Campus de Jaboticabal. 2007.
- 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.; 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.

FLOWER, G.E. (2003). **The biology and ecology of arrowhead (*Sagittaria montevidensis* Cham. et Schlecht), a weed in rice in NSW**. PhD thesis, Charles Sturt University, Wagga Wagga, NSW, 2003.

FORTE, C.T.; BASSO, F.J.M.; GALON, L.; AGAZZI, L.R.; NONEMACHER, F.; CONCENÇO, G. Habilidade competitiva de cultivares de soja transgênica convivendo com plantas daninhas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.12, p.185-193, 2017.

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.

FRENKEL, E.; MATZRAFI, M.; RUBIN, B.; PELEG, Z. Effects of environmental conditions on the fitness penalty in herbicide resistant *Brachypodium hybridum*. **Frontiers in plant science**, v.8, p.94, 2017.

GALON, L.; CONCENÇO, G.; TIRONI, S.P.; ROCHA, P.R.R.; SILVA, A.F.; ASPIAZÚ, I.; FERREIRA, E.A.; SILVA, A.A.; BORGES, E.T. Influence of *Brachiaria brizantha* in physiological characteristics related to photosynthesis and efficient use of water in sugarcane. **Planta Daninha**, v.29, p.1037-1043, 2011.

GALON, L.; GUIMARÃES, S.; LIMA, A.M.; RADUNZ, A.L.; BEUTLER, A.N.; BURG, G.M.; ZANDONÁ, R.R.; PERIN, G.F.; BASTIANI, M.O.; BELARMINO, J.G.; RADUNZ, L.L. Interação competitiva de genótipos de arroz e papuã. **Planta daninha**, v.32, p.533-542, 2014.

GALON, L.; GUIMARÃES, S.; RADUNZ, A.L.; LIMA, A.M.D.; BURG, G.M.; ZANDONÁ, R.R.; BASTIANI, M.O.; BELARMINO, J.G.; PERIN, G.F. Competitividade relativa de cultivares de arroz irrigado com *Aeschynomene denticulata*. **Bragantia**, v.74, p.67-74, 2015.

GALON, L.; SANTIN, C.O.; ANDRES, A.; BASSO, F.J.M.; NONEMACHER, F.; AGAZZI, L.R.; SILVA, A.F.; HOLZ, C.M.; FERNANDES, F.F. Competitive Interaction Between Sweet Sorghum with Weeds. **Planta Daninha**, v.36, p.1-13, 2018.

GIBSON, K.D.; BREEN, J.L.; HILL, J.E.; CATON, B.P.; FOIN, T.C. California arrowhead is a weak competitor in water-seeded rice. **Weed Science**, v.49, p.381-384, 2001.

GOLDBERG, D.E.; LANDA, K. Competitive effect and response: Hierarchies and correlated traits in the early stages of competition. **Journal Ecology**, v. 79, p.1013-1030, 1991.

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.

GRIME, J.P. **Plant strategies and vegetation processes**. Chichester-New York-Brisbane-Toronto, John Wiley & Sons, Ltd., 1979. 222p.

HAMZA, A.; DERBALAH, A.; EL-NADY, M. Identification and mechanism of *Echinochloa crus-galli* resistance to fenoxaprop-p-ethyl with respect to physiological and anatomical differences. **The Scientific World Journal**, v.2012 p.1-8, 2012.

HARPER, J.L. **The population biology of plants**. London: Academic Press, 1977. 275p.

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.

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.

HUGH, J.B. Herbicide-resistant weeds: Management tactics and practices. **Weed Technology**, v.20, p.793-814, 2006.

IQBAL, N.; MANALIL, S.; CHAUHAN, B.S.; ADKINS, S.W. Germination Biology of Sesbania (*Sesbania cannabina*): An Emerging Weed in the Australian Cotton Agro-environment. **Weed Science**, v.67, p.68-76, 2019.

KISSMANN, K. G. **Plantas infestantes e nocivas**. 2. ed. São Paulo: BASF, 1997.

LI, Y.; XIAO, J.; CHEN, L.; HUANG, X.; CHENG, Z.; HAN, B.; ZHANG, Q.; WU, C. Rice functional genomics research: Past decade and future. **Molecular Plant**, v.11, p.359-380, 2018.

MAGALHÃES, A.C.N. Análise quantitativa do crescimento. In: FERRI, M. G. **Fisiologia vegetal**. São Paulo, EPU, v.1, p.363, 1979.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.

MARTINS, D.; VELINI, E.D.; PITELI, R.A.; TOMAZELLA, M.; NEGRISOLI, E. Ocorrência de plantas aquáticas nos reservatórios da Light-RJ. **Planta Daninha**, V.21, p.105-108, 2003.

- MATIAS, L.Q.; LOPES, R.C.; SAKURAGUI, C.M. Alismataceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: < <http://reflora.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB>>, v.39, 2016. Acessado em 17 de janeiro de 2019.
- MATZRAFI, M.; GADRI, Y.; FRENKEL, E.; RUBIN, B.; PELEG, Z. Evolution of herbicide resistance mechanisms in grass weeds. **Plant Science**, v.229, p.43-52, 2014.
- MENNAN, H.; NGOUAJIO, M. Seasonal cycles in germination and seedling emergence of summer and winter populations of catchweed bedstraw (*Galium aparine*) and wild mustard (*Brassica kaber*). **Weed Science**, v.54, p.114-120, 2006.
- MEROTTO JUNIOR, A.; KUPAS, V.; NUNES, A. L.; GOULART, I.C.G.D.R. Isolamento do gene ALS e investigação do mecanismo de resistência a herbicidas em *Sagittaria montevidensis*. **Ciência Rural**, v.40, p.2381-2384, 2010.
- MOHLER, CHARLES L.; LIEBMAN, M.; STAVER, C.P. Weed life history: identifying vulnerabilities. **Ecological management of agricultural weeds**, p. 40-98, 2001.
- MORAES, P.V.D.; AGOSTINETTO, D.; GALON, L.; RIGOLI, R.P. Competitividade relativa de soja com arroz-vermelho. **Planta Daninha**, v.27, p.35-40, 2009.
- MOURA, D.S.; NOLDIN, J.A.; GALON, L.; SCHREIBER, F.; BASTIANI, M.O. Multiple resistance of *Sagittaria montevidensis* biotypes to acetolactate synthase and photosystem ii inhibiting herbicides. **Planta Daninha**, v.33, p.779-786, 2015.
- NASCIMENTO, V.; ARF, O.; TARSISTANO, M.A.A.; GARCIA, N.F.S.; PENTEADO, M.S.; SABUNDJIAN, M.T. Economic analysis of rice and common bean production in succession to green manure crops and mechanical soil decompression in Brazilian Savannah. **Revista Ceres**, v.63, p.315-322, 2016.
- 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.
- ÖNEN, H.; FAROOQ, S.; TAD, S.; ÖZASLAN, C.; GUNAL, H.; CHAUHAN, B.S. The influence of environmental factors on germination of burcucumber (*Sicyos angulatus*) seeds: Implications for range expansion and management. **Weed Science**, v.66, p.494-501, 2018.
- PAGE, E.R.; TOLLENAAR, M.; LEE, E.A.; LUKENS, L.; SWANTON, C.J. Shade avoidance: an integral component of cropweed competition. **Weed Research**, v.50, p.281-288, 2010.
- PASSINI, T.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; YADA, I.F.U. Competitivity of the common-bean plant relative to the weed alexandergrass (*Brachiaria plantaginea* (Link) Hitch). **Scientia Agricola**, v.60, p.259-268, 2003.
- PIES, W.; WERLANG, T.; DA LUZ, A.C.P.; GALON, L.; TIRONI, S.P. Habilidade competitiva de cevada em convivência com densidades de azevém. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.14, 2019.

PINHEIRO, R.T. **Superação de dormência das sementes e controle químico de cordade-viola (*Ipomoea* spp.) em soja resistente ao glifosato.** 2010. 73f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, 2010.

PLACE, G.T.; REBERG-HORTON, S.C.; DICKEY, D.A.; CARTER JR, T.E. Identifying soybean traits of interest for weed competition. **Crop Science**, v.51, p.2642-2654, 2011.

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

POTT, V.J.; POTT, A. **Plantas aquáticas do Pantanal.** Brasília: EMBRAPA, 2000. 404p.

POWLES, S.B.; YU, Q. Evolution in action: Plants resistant to herbicides. **Annual Review of Plant Biology**, n.61, p.317-347, 2010.

RADOSEVICH, S.R. Methods to study interactions among crops and weeds. **Weed Technology**, v.1, p.190-198, 1987.

RADOSEVICH, S.R.; HIBBS, D.E.; GHERSA, C.M. Effects of species mixtures on growth and stand development of Douglas fir and red alder. **Canadian Journal of Forest Research**, v.36, p.768-782, 2006.

RADOSEVICH, S.R.; HOLT, J.S.; GHERSA, C.M. **Ecology of weeds and invasive plants: relationship to agriculture and natural resource management.** New Jersey: Wiley-Interscience, 2007. 400p.

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.

RIZZARDI, M.A.; ROMAN, E.S.; BOROWSKI, D.Z.; MARCON, R. Interferência de populações de *Euphorbia heterophylla* e *Ipomoea ramosissima* isoladas ou em misturas sobre a cultura de soja. **Planta Daninha**, v.22, p.29-34, 2004.

ROBERTS, H.A. Seed banks in soils. **Advances in applied biology**, v.6, p.1-55, 1981.

ROUCHAUD, J.; NEUS, O.; BULCKE, R.; COOLS, K.; EELEN, H.; DEKKERS, T. Soil dissipation of diuron, chlorotoluron, simazine, propyzamide, and diflufenican herbicides after repeated applications in fruit tree orchards. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v.39, p.60-65, 2000.

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.

ROUX, F.; GIANCOLA, S.; DURAND, S.; REBOUD, X. Building of an experimental cline with *Arabidopsis thaliana* to estimate herbicide fitness cost. **Genetics**, v.173, p.1023-1031, 2006.

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. 219 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

SCHUTTE B.J.; TOMASEK B.J.; DAVIS A.S.; ANDERSSON L.; BENOIT D.L.; CIRUJEDA A.; DEKKER J.; FORCELLA F.; GONZALEZ-ANDUJAR J.L.; GRAZIANI F.; MURDOCH A.J.; NEVE P.; RASMUSSEN I.A.; SERA B.; SALONEN J.; TEI F.; TØRRESEN K.S. An investigation to enhance understanding of the stimulation of weed seedling emergence by soil disturbance. **Weed Research**, v.54, p.1-12, 2014.

SHAINSKY, L.J.; RADOSEVICH, S.R. Mechanisms of competition between Douglas-fir and red alder seedlings. **Ecology**, v.73, p.30-45, 1992.

SHANER, G.; FINNEY, R.E. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. **Phytopathology**, v.67, p.1051-1056, 1977.

SIGMAPLOT - **Scientific Graphing Software**. Version 12.0, 2012.

SILVA, A.A. da.; SILVA, J.F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa, Ed. UFV, 2007, 367p.

SILVA, M.R.M.; DURIGAN, J.C. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura do arroz de terras altas. II - cultivar caiapó. **Bragantia**, v.68, p.373-379, 2009.

SILVA, M.S.A.; YAMASHITA, O.M.; CONCENCO, G.; SOUZA, M.D.A.; RODRIGUES, C. Métodos de superação de dormência em sementes de *Macroptilium lathyroides* e influência da luz e da temperatura na germinação. **Ambiência**, v.14, p.579-593, 2018.

SIMONS, A.M.; JOHNSTON, M.O. Environmental and genetic sources of diversification in the timing of seed germination: implications for the evolution of bet hedging. **Evolution**, v.60, p.2280-2292, 2006.

SORRELL, B.K.; TANNER C.C.; SUKIAS, J.P.S. Effects of water depth and substrate on growth and morphology of *Eleocharis sphacelata*: implications for culm support and internal gas transport. **Aquatic Botany**, v.73, p.93-106, 2002.

SOSBAI – Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. **Arroz Irrigado: Recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. XXXII Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado, Farroupilha, RS. 2018.

SOUZA, M. C. et al. Emergência de *Bidens pilosa* em diferentes profundidades de semeadura. **Planta Daninha**, v.27, p.29-34, 2009.

STOLLER, E.W.; WAX, L.M. Periodicity of germination and emergence of some annual weeds. **Weed Science**, v.21, p.574-580, 1973.

SWANTON, C.J.; BOOTH, B.D. Management of weed seedbanks in the context of populations and communities. **Weed Technology**, v.18, p.1496-1502, 2004.

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

THOMPSON, K.; GRIME, J.P. A comparative study of germination responses to diurnally-fluctuating temperatures. **Journal of Applied Ecology**, p.141-156, 1983.

TILMAN, D. **Plant strategies and the dynamics and structure of plant communities**. Princeton University Press, 1988. 356p.

ULGUIM, A.R.; AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L.; ZANDONA, R.R.; FRANCO, J.J.; FRAGA, D.S. Competition of wild poinsettia biotypes, with a low-level resistance and susceptible to glyphosate, with soybean. **International Journal of Agriculture and Environmental Research**, v.2, p.1791-1806, 2016.

URCHEI, M.A., RODRIGUES J.D., STONE L.F. Análise de crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.497-506, 2000.

USDA, **Publications rice**. Disponível em: <<http://www.ers.usda.gov>>. Acessado em 11 de julho de 2018.

VARGAS, L et al. Resistência de plantas daninhas a herbicidas. In: AGOSTINETTO, R.; VARGAS, L. (ed). **Resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil**. Passo Fundo: Gráfica Berthier, 2009, p. 352.

VARGAS, L.; ROMAN, E.S.; RIZZARDI, M.A.; SILVA, V.C. Alteração das características biológicas dos biótipos de azevém (*Lolium multiflorum*) ocasionada pela resistência ao herbicida glifosato. **Planta Daninha**, v.23, p.153-160, 2005.

VILA-AIUB, M.M.; GUNDEL, P.E.; PRESTON, C. Experimental methods for estimation of plant fitness costs associated with herbicide-resistance genes. **Weed Science**, v.63, p.203-216, 2015.

VILA- AIUB, M.M.; NEVE, P.; POWLES, S.B. Fitness costs associated with evolved herbicide resistance alleles in plants. **New Phytologist**, v.184, p.751–767, 2009.

VILÀ, M.; WILLIAMSON, M.; LONSDALE, M. Competition experiments on alien weeds with crops: lessons for measuring plant invasion impact? **Biological Invasions**, v.6, p.59-69, 2004.

WALSH, M.; NEWMAN, P.; POWLES, S. Targeting weed seeds in-crop: A new weed control paradigm for global agriculture. **Weed Technology**, v.27, p.431-436, 2013.

WANDSCHEER, A.C.D.; RIZZARDI, M.A.; REICHERT, M. Competitive ability of corn in coexistence with goosegrass. **Planta Daninha**, v.31, p.281-289, 2013.

YAMASHITA, O.; CAMPOS, O.; KOGA, P.; FREIRE, C.; MAIA, M.; OLIVEIRA, M.D. Efeito de profundidade de semeadura na emergência de picão-preto (*Bidens pilosa*) e fedegoso (*Cassia occidentalis*). **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, v.3, p.84-91, 2005.

ZHAO N.; LI Q.; GUO W.; ZHANG L.; GE L.A.; WANG J. Effect of environmental factors on germination and emergence of shortawn foxtail (*Alopecurus aequalis*). **Weed Science**, v.66, p.47-56, 2018.

## VITA

Andressa Pitol é filha de João André Pitol e Vera Lúcia Sikorski Pitol. Nasceu em 17 de setembro de 1990, no Município de Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul.

Cursou séries iniciais em escolas públicas da zona rural com classe multisseriada. Formou-se pela Escola Estadual de Ensino Médio Professor Jacintho Silva em Cotiporã/RS no ano de 2007. No ano de 2008 ingressou no curso de Agronomia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, onde se graduou como Engenheira Agrônoma em 2017. Durante a graduação, foi estagiária do departamento de fitotecnia, no setor de ciência e tecnologia de sementes e no grupo de herbologia da Embrapa Clima Temperado – ETB. Realizou seu estágio final da graduação (safra 2016/2017) na Granja Bretanhas, Jaguarão/RS. Em 2017, iniciou o curso de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel/UFPel.