

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



Dissertação

**Ocorrência, dinâmica de sementes e estabelecimento inicial de *Aeschynomene*
spp. em arroz irrigado no Rio Grande do Sul**

Matheus Bastos Martins

Pelotas, 2020

Matheus Bastos Martins

**Ocorrência, dinâmica de sementes e estabelecimento inicial de *Aeschynomene*
spp. em arroz irrigado no Rio Grande do Sul**

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

Pelotas, 2020

Matheus Bastos Martins

Ocorrência, dinâmica de sementes e estabelecimento inicial de *Aeschynomene* spp. em arroz irrigado no Rio Grande do Sul

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

Data da defesa: 03 de março de 2020.

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. André da Rosa Ulguim

Professor da Universidade Federal de Santa de Maria

Eng. Agr. Dr. Carlos Eduardo Schaedler

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

Dedico este trabalho aos agricultores e à sociedade que através dos impostos financiam as universidades e instituições de pesquisa públicas.

Agradecimentos

Aos meus pais Valdeci e Flávia e aos demais familiares, pelo apoio incondicional e compreensão da ausência na maior parte dos anos, amo vocês.

À minha namorada Taís, que me acompanhou nos dias bons e ruins e que nos piores momentos foi paciente e não me deixou desistir, te amo.

Aos meus sogros Gilmar e Simone, pelo acolhimento em sua família e casa, que se tornou um segundo lar.

Agradeço a Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel e a Universidade Federal de Pelotas pelos anos de ensino acadêmico e pela 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 da estrutura e material para a condução dos experimentos. Ao Núcleo de Estudos em Herbologia nas Terras Baixas da Embrapa Clima temperado - ETB, pelas oportunidades e experiências proporcionadas.

Ao orientador Pesquisador Dr. André Andres pelos ensinamentos, orientação, oportunidades e incentivo ao longo destes seis anos de parceria.

Aos integrantes e amigos da equipe do NEHTB durante os dois anos de mestrado: Anderson Machado Saturno, Benito Bergmann Elias, Cédrick Benetti, Felipe Júnior Soder, Fernando Cruz, Francisco Itamar Maciel Júnior, Ihan Gonçalves Rebhahn, João Pedro Behenck, José Henrique Giroto, Mariane Camponogara Coradini, Mário Abreu Ely, Pablo Gonçalves de Oliveira, Paulo Marques, Ricardo Ferreira da Rosa, Taline Fonseca Munhos, Vagner Teixeira Wotter e Viviane Vighi. Obrigado pela paciência, ajuda incondicional e confiança.

Ao Centro de Herbologia (CEHERB) pela disponibilidade da estrutura e material para condução dos experimentos e por todas as experiências, oportunidades, amizades e conhecimentos adquiridos nestes dois anos.

Ao co-orientador Professor Dr. Dirceu Agostinetti pela orientação, conselhos e ensinamentos durante os dois anos de mestrado.

Aos amigos/colegas de pós-graduação Adriana Amarante, Alcimar Mazon, Anderson Feijó, Andres Vargas, Andressa Pitol, Bruna Ceolin, Cristiano Piasecki, Diana Zabala, Dalvane Rockenbach, Diego Chiapinotto, Fernanda Caratti, Francisco de Assis Pujol Goulart, Gustavo Junkes, Lariza Benedetti, Jaqueline Schmitt, Joanei Cechin, Juan Camilo, Juliano Gazola, Maicon Schmitz, Marcus Fipke, Maurício Files, Renan Souza, Renan Zandoná, Roberta Kneib, Vinicius Gehrke e Queli Ruchel.

Ao pós doutor Fábio Schreiber pelos conselhos na etapa inicial desta jornada e à pós-doutora Dra. Elisa Lemes pela colaboração na elaboração do projeto de mestrado.

Aos que auxiliaram na condução do levantamento das espécies de angiquinho e tornaram possível a “cruzada” pelo Rio Grande do Sul, os motoristas da Embrapa Clima Temperado, Cláudio Rogério e Clóvis Treptow, e os técnicos e agrônomos que se tornaram amigos ao longo da viagem: André Canquerini, Angela Da Cas Bundt, Eduardo Leal, Elonara Witt, Enio Bello, Gustavo Hernandez, Gustavo Mack Teló, João Carlos Lima, Jonas, Jorge de Barros Iglesias, Jorge Reiffel, Leonardo Cenci, Marcos Tomazetti, Matheus Pauli, Mauro Llovet, Milton, Otávio Torres, Pedro Trevisan, Severo Reiffel, Tarcisio Gomes, Tiago Seibt, Valmar Junior e William Siqueira. Agradeço ainda aos orizicultores pela paciência e por possibilitar a visita às suas propriedades.

A todos que contribuíram de alguma maneira para a elaboração deste trabalho:
Muito obrigado!

*“Se as safras perdidas, tivessem gargantas
podiam ser santas, da searas da vida
são tão parecidas, as almas e as plantas*

A seca se acaba, e tudo remoça”

Leonel Gomez

Resumo

MARTINS, Matheus Bastos. ***Aeschynomene* spp.: ecofisiologia e distribuição no Rio Grande do Sul**. Orientador: André Andres. 2020. 97f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2020.

O angiquinho (*Aeschynomene* spp.) é uma planta daninha semi-aquática da família das Fabaceas, com metabolismo fotossintético C₃, caracterizada por folhas compostas paripenadas, caule corticoso, flores papilionáceas amarelo-avermelhadas e legumes articulados, chamados de lomentos. Algumas das 49 espécies que presentes no território nacional ocorrem nas áreas orizícolas dos estados de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul, sendo considerada a principal infestante de folhas largas da cultura do arroz irrigado. O conhecimento de aspectos ecofisiológicos de plantas daninhas são essenciais para desenvolver práticas de manejo integrado. A hipótese deste trabalho é a de que a prevalência de espécies de *Aeschynomene* na lavoura de arroz irrigado decorre da viabilidade e dormência de suas sementes no banco do solo e emergência sob lâmina d'água. O objetivo foi esclarecer quais são as características e os processos que permitem que espécies do gênero *Aeschynomene* se estabeleçam e se perpetuem na lavoura de arroz irrigado. Assim, quatro estudos foram conduzidos: 1) levantamento das espécies de *Aeschynomene* spp. com ocorrência no estado do Rio Grande do Sul, sua distribuição nas regiões orizícolas e das práticas adotadas pelos produtores para seu manejo; 2) determinação do fenômeno de dormência em suas sementes e do método mais eficiente para superação deste; 3) determinação da longevidade do banco de sementes no solo; e, 4) elucidação do efeito da presença de lâmina d'água, manejo d'água, temperatura e fotoperíodo na emergência e estabelecimento desta planta daninha. Como resultados foram identificadas quatro espécies nas lavouras do RS: *A. denticulata*, *A. indica*, *A. rudis* e *A. sensitiva*, sendo a primeira a mais frequente e, a deficiência na irrigação foi apontada pelos produtores como a principal razão da perpetuação da espécie. As sementes de *A. denticulata* e *A. indica* apresentaram dormência exógena, que pode ser superada pela escarificação mecânica de seu tegumento. O banco de sementes de *A. denticulata* e *A. indica* apresentou redução de 46% e 97% no período de um ano, respectivamente. A presença de lâmina d'água impediu a emergência de plântulas de *A. denticulata* e *A. indica*, que encontraram as condições mais favoráveis para emergência nas temperaturas e fotoperíodo das épocas de semeadura simuladas de outubro e novembro, independente do solo se encontrar úmido ou saturado, mesmo após remoção da lâmina d'água.

Palavras-chave: Angiquinho; dormência; longevidade; emergência.

Abstract

MARTINS, Matheus Bastos. ***Aeschynomene* spp.: ecophysiology and distribution in Rio Grande do Sul**. Advisor: André Andres. 2020. 97p. Dissertation (Masters in Sciences) – “Eliseu Maciel” Agronomy College, Pelotas Federal University, Pelotas, 2020.

The jointvetch (*Aeschynomene* spp.) is a semi-aquatic weed from the Fabaceae family with C₃ photosynthetic metabolism, characterized by paripinnate composite leaves, cortical stem, yellow-reddish papilionaceous flowers and articulated legumes, called loments. Some of the 49 species that are present in Brazil occur in rice fields from Santa Catarina and Rio Grande do Sul states, being considered the main broadleaved weed on the crop. Knowledge of ecophysiological aspects of weeds are essentials to develop integrated management practices. Hence, this work hypothesis is that the survival of the *Aeschynomene* species in irrigated rice fields is due to soil seed bank dormancy and viability and, germination under flood conditions, and it's objective is to clarify which are the characteristics and the process that allow the *Aeschynomene* species to establish and reproduce in irrigated rice fields. That said, four studies were conducted: 1) survey of *Aeschynomene* species occurring in Rio Grande do Sul, its distribution in rice production regions and practices adopted by farmers for its management; 2) determination of the seed dormancy and the most efficient method to break it; 3) determining the longevity of the seed bank in the soil; and, 4) elucidation of the effect of flood conditions, soil moisture, temperature and photoperiod in the emergence and establishment of this weed. Four species were identified in rice fields from RS: *A. denticulata*, *A. indica*, *A. rudis* e *A. sensitiva*, the first being the most frequent and, the irrigation deficiency was pointed out by farmers as the main reason for the species perpetuation. Seeds of *A. denticulata* and *A. indica* presented exogenous dormancy, which can be break using mechanical scarification on the seed coat. *A. denticulata* and *A. indica* seed bank underwent reduction of 46% and 97% in an one year period, respectively. Flood presence prevented *A. denticulata* and *A. indica* seedling emergence, that found the most favorable conditions for emergence on the temperatures and photoperiods of the simulated sowing seasons of October and November, regardless of soil moisture at field capacity or saturation, even after removing flood presence.

Key-words: jointvetch; dormancy; longevity; emergence.

Lista de Figuras

- Figura 1 - Municípios visitados para coleta das sementes de *Aeschynomene* spp. em áreas cultivadas com arroz irrigado de diferentes regiões do RS, 2019. Identificação dos municípios: 1-Alegrete, 2-Uruguaiana, 3-Itaqui, 4-Restinga Seca, 5-São Sepé, 6-Cachoeira do Sul, 7-Dom Pedrito, 8-São Gabriel, 9-Rosário do Sul, 10-Camaquã, 11-Arambaré, 12-Tapes, 13-Mostardas, 14-Palmare do Sul, 15-Viamão, 16-Santa Vitória do Palmar, 17-Arroio Grande e 18-Rio Grande. Fonte: Adaptado de IBGE, 2018. Capão do Leão, RS, 2020.....26
- Figura 2 - Coordenadas geográficas das lavouras em que foram identificadas ao menos uma planta de *A. denticulata* (a), *A. indica* (b), *A. rudis* (c) e *A. sensitiva* (d). Capão do Leão, RS, 2020.....28
- Figura 3 - *Aeschynomene denticulata*. (a) Plântula e em detalhe, os folíolos serrilhados e caule tricomatoso. (b) Hastes e caules tricomatosos. (c) Folha e em detalhe, bordos dos folíolos serrilhados. (d) Flor. (e) Lomentos e artículos em maturação e (f) maduros. Capão do Leão, RS, 2020.....31
- Figura 4 - *Aeschynomene indica*. (a) Plântula. (b) Hastes e caule glabros. (c) Folha e folíolos de bordos inteiros. (d) Flor. (e) Lomento e artículos em maturação e (f) maduros. Capão do Leão, RS, 2020.....32
- Figura 5 - *Aeschynomene rudis*. (a) Plântula. (b) Hastes e caule tricomatosos. (c) Folha e folíolos de bordos inteiros. (d) Flor com sinal avermelhado no centro. (e) Lomento e artículos em maturação e (f) maduros. Capão do Leão, RS, 2020.....33
- Figura 6 - *Aeschynomene sensitiva*. (a) Plântula. (b) Hastes e caule negro, ambos glabros. (c) Folha e folíolos de bordos inteiros. (d) Flor. (e) Lomento e artículos em maturação e (f) maduros. Capão do Leão, RS, 2020.....34

Figura 7 - Tempo de cultivo contínuo de arroz irrigado (a) e sistema de cultivo predominante na propriedade (b) nas áreas em que foram amostradas sementes de plantas de <i>Aeschynomene</i> no Rio Grande do Sul. Capão do Leão, RS, 2020.....	36
Figura 8 - Adoção da tecnologia Clearfield® (a) e número de aplicações de herbicidas realizadas ao longo do ciclo de cultivo (b) nas áreas em que foram amostradas sementes de plantas de <i>Aeschynomene</i> no Rio Grande do Sul. Capão do Leão, RS, 2020.....	36
Figura 9 - Adoção da prática de dessecação no ponto-de-agulha (a) e porcentagem das propriedades que adotam práticas específicas para manejo de plantas daninhas resistentes e descrição das que são mais adotadas (b) nas áreas em que foram amostradas sementes de plantas de <i>Aeschynomene</i> no Rio Grande do Sul. Capão do Leão, RS, 2020.....	37
Figura 10 - Porcentagem dos produtores que realizam aplicação de herbicidas pré- (a) e pós-emergentes (b), e os respectivos ingredientes ativos mais utilizados em cada época de aplicação nas áreas em que foram amostradas sementes de plantas de <i>Aeschynomene</i> no Rio Grande do Sul. Capão do Leão, RS, 2020.....	39
Figura 11 - Razões pelas quais se atribui a presença de plantas de <i>Aeschynomene</i> nas áreas de cultivo de arroz irrigado em que foram amostradas sementes das espécies no Rio Grande do Sul. Capão do Leão, RS, 2020.....	40
Figura 12 - Sementes remanescentes (a), germinadas no campo e no laboratório (b), mortalidade (c), dormência (d), viabilidade total (e) e inviabilidade total (f) de sementes de <i>A. denticulata</i> (●) e <i>A. indica</i> (○) após coleta e realização dos testes de germinação e tetrazólio, em cada época de avaliação. Capão do Leão, RS, 2020.....	57
Figura 13 - Variação no tempo (meses) do estado das sementes de <i>A. denticulata</i> (a) e <i>A. indica</i> (b) no solo. Capão do Leão, RS, 2020.....	58
Figura 14 - Representação esquemática das unidades experimentais e especificação da altura da coluna de água (cm) utilizados para controlar os manejos de irrigação em cada nível do primeiro fator do experimento. Capão do Leão, RS, 2020.....	63

- Figura 15 - Variação da temperatura dentro das estufas incubadoras (BODs) registrada pelo equipamento HoBo Pendant® Temperature/Light 64K Data Logger. De (a) a (c) referentes a setembro, outubro e novembro, respectivamente, da primeira repetição dos experimentos, e de (d) a (f) referentes a setembro, outubro e novembro, respectivamente, da segunda repetição dos experimentos. Capão do Leão, RS, 2020.....64
- Figura 16 - Curvas cumulativas de emergência para *A. denticulata* nas épocas de semeadura de (a) setembro, (b) outubro e (c) novembro, e em diferentes manejos d'água: ● - Solo úmido; ○ - Solo saturado; ▼ - Lâmina d'água constante e Δ - Lâmina d'água intermitente. Capão do Leão, RS, 2020...72
- Figura 17 - Curvas cumulativas de emergência para *A. indica* nas épocas de semeadura de (a) setembro, (b) outubro e (c) novembro, e em diferentes manejos d'água: ● - Solo úmido; ○ - Solo saturado; ▼ - Lâmina d'água constante e Δ - Lâmina d'água intermitente. Capão do Leão, RS, 2020...74

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Características morfológicas utilizadas para diferenciação das espécies do gênero <i>Aeschynomene</i> , coletadas em lavouras de arroz irrigado. Capão do Leão, RS, 2020.....	30
Tabela 2 - Germinação total (%), sementes dormentes (%) e sementes inviáveis (%) de <i>A. denticulata</i> e <i>A. indica</i> . Capão do Leão, RS, 2020.....	46
Tabela 3 - Germinação total (%) e sementes dormentes (%) de <i>A. denticulata</i> e <i>A. indica</i> , após tratamentos de superação de dormência. Capão do Leão, RS, 2020.....	48
Tabela 4 - Sementes inviáveis (%) de <i>A. denticulata</i> e <i>A. indica</i> , após tratamentos de superação de dormência. Capão do Leão, RS, 2020.....	49
Tabela 5 - Temperatura máxima, média, mínima (°C) e fotoperíodo (horas e minutos) utilizados nas estufas incubadoras (BODs) para simulação das condições ambientais dos meses de setembro, outubro e novembro. Capão do Leão, RS, 2020.....	63
Tabela 6 - Emergência total (%) de <i>A. denticulata</i> aos sete, 14 e 21 dias após a semeadura e Índice de Velocidade de Emergência, em diferentes manejos de irrigação e épocas de semeadura. Capão do Leão, RS, 2020.....	67
Tabela 7 - Emergência total (%) de <i>A. indica</i> aos sete dias após a semeadura e Índice de Velocidade de Emergência, em diferentes manejos de irrigação e épocas de semeadura. Capão do Leão, RS, 2020.....	69
Tabela 8 - Emergência total (%) de <i>A. indica</i> aos 14 e 21 dias após a semeadura em diferentes manejos de irrigação. Capão do Leão, RS, 2020.....	70
Tabela 9 - Emergência total (%) de <i>A. indica</i> aos 14 e 21 dias após a semeadura em diferentes épocas de semeadura. Capão do Leão, RS, 2020.....	71

Tabela 10 - Parâmetros estimados (x_0 , a e b) pela equação log-logística ajustada aos dados de diferentes manejos de irrigação e épocas de semeadura para <i>A. denticulata</i> . Capão do Leão, RS, 2020.....	73
Tabela 11 - Parâmetros estimados (x_0 , a e b) pela equação log-logística ajustada aos dados de diferentes manejos de irrigação e épocas de semeadura para <i>A. indica</i> . Capão do Leão, RS, 2020.....	75

Sumário

1 Introdução Geral.....	18
2 Capítulo I - Identificação de espécies de <i>Aeschynomene</i> em áreas cultivadas com arroz irrigado no Rio Grande do Sul e contexto do manejo de plantas daninhas na cultura	24
2.1 Introdução.....	24
2.2 Materiais e Métodos.....	25
2.2.1 Identificação e distribuição de <i>Aeschynomene</i> spp. em áreas cultivadas com arroz irrigado no RS.....	25
2.2.2 Contextualização do manejo de plantas daninhas na cultura.....	27
2.3 Resultados e Discussão.....	28
2.3.1 Identificação e distribuição de <i>Aeschynomene</i> spp. em áreas cultivadas com arroz irrigado no RS.....	28
2.3.2 Contextualização do manejo de plantas daninhas na cultura.....	35
2.4 Conclusões.....	41
3 Capítulo II - Dormência de sementes de <i>Aeschynomene denticulata</i> e <i>Aeschynomene indica</i>	42
3.1 Introdução.....	42
3.2 Material e métodos.....	43
3.2.1 Experimento I - Germinação de sementes de <i>A. denticulata</i> e <i>A. indica</i>	43

3.2.2 Experimento II - Superação de dormência em sementes de <i>A. denticulata</i> e <i>A. indica</i>	44
3.2.3 Análise estatística.....	45
3.3 Resultados e discussão.....	46
3.3.1 Germinação de sementes de <i>A. denticulata</i> e <i>A. indica</i>	46
3.3.2 Superação de dormência em sementes de <i>A. denticulata</i> e <i>A. indica</i>	47
3.4 Conclusões.....	50
4 Capítulo III - Longevidade de sementes de <i>Aeschynomene denticulata</i> e <i>Aeschynomene indica</i>	51
4.1 Introdução.....	51
4.2 Material e métodos.....	52
4.3 Resultados e Discussão.....	54
4.4 Conclusões.....	59
5 Capítulo IV - Emergência de plântulas de <i>Aeschynomene denticulata</i> e <i>Aeschynomene indica</i> em função da época de semeadura e manejos de irrigação	60
5.1 Introdução.....	60
5.2 Material e métodos.....	61
5.2.1 Avaliação das sementes utilizadas.....	62
5.2.2 Condução dos experimentos.....	62
5.2.3 Emergência total e Índice de Velocidade de Emergência.....	64
5.2.4 Curvas de emergência cumulativa.....	65
5.2.5 Análise estatística.....	65
5.3 Resultados e Discussão.....	66
5.3.1 Emergência total e IVE para <i>A. denticulata</i>	66
5.3.2 Emergência total e IVE para <i>A. indica</i>	68
5.3.3 Curvas de emergência cumulativa para <i>A. denticulata</i>	71

5.3.4 Curvas de emergência cumulativa para <i>A. indica</i>	73
5.3.5 Discussão.....	76
5.4 Conclusões.....	78
6 Considerações Finais	79
7 Referências.....	80

1. Introdução geral

A cultura do arroz irrigado apresenta grande importância para a agricultura brasileira, se destacando nos estados do Rio Grande do Sul (RS) e no litoral de Santa Catarina (SC). Segundo o levantamento da safra mais recente a área total cultivada com a cultura no país totaliza 1,69 milhão de hectares e a produtividade média é estimada em 6,26 toneladas por hectare, gerando produção total de 10,56 milhões de toneladas (CONAB, 2020). No Rio Grande do Sul, a área colhida na safra 2018/2019 foi 964.537 hectares, com produtividade média de 7,50 toneladas por hectare, alcançando produção total de 7,24 milhões de toneladas (IRGA 2019). Em Santa Catarina, a área colhida na safra 2018/2019 foi de 143.605 hectares, com produtividade média de 8,05 toneladas por hectare e produção total de 1,15 milhões de toneladas (EPAGRI, 2019).

RS e SC são os principais estados produtores do grão no país. Ambos cultivam o arroz sob regime constante de lâmina de irrigação após estabelecimento inicial, porém existem particularidades no preparo do solo para a semeadura e para o desenvolvimento inicial da cultura. No Rio Grande do Sul predomina o sistema de cultivo mínimo com preparo antecipado da área e semeadura direta, buscando revolvimento mínimo do solo, apenas para realização do entaipamento da área, sendo a semeadura realizada sobre as taipas e uma cobertura vegetal previamente dessecada por herbicida de ação total. Já em Santa Catarina, o sistema de cultivo mais adotado ainda é o sistema pré-germinado, no qual o estabelecimento da cultura é realizado utilizando sementes pré germinadas, distribuídas a lanço, em solo previamente inundado (SOSBAI, 2018a).

Dentro do contexto da lavoura de arroz irrigado, o controle de plantas daninhas representa um dos maiores desafios encontrados pelos orizicultores para produzir

grãos de qualidade e alcançar altos níveis de produtividade, independente do seu nível tecnológico, econômico ou do sistema de produção da cultura, visto que as plantas daninhas, se não controladas, irão competir com a cultura por recursos fornecidos pelo ambiente, limitando seu crescimento e desenvolvimento, interferindo assim na produtividade do arroz. Além disso, quando ocorrem em grande nível de infestação ou no final do ciclo da cultura, podem inviabilizar a operação de colheita (AGOSTINETTO et al., 2010).

As principais plantas daninhas problema na lavoura de arroz irrigado são o capim-arroz (complexo *Echinochloa* spp.) e o arroz-daninho (*Oryza sativa*), espécies que apresentam semelhança morfológica e fisiológica com a espécie cultivada (AGOSTINETTO et al., 2001; GALON et al., 2007). Também podem ser citadas as espécies da Família Cyperaceae e do gênero *Sagittaria* que apresentam folhas cerosas e métodos alternativos de reprodução, como rizomas e tubérculos, além de alta capacidade de rebrote, o que dificulta seu controle e sua erradicação nas lavouras, já que ocorrem com grande frequência de infestação (CASSOL et al., 2008; PANOZZO et al., 2009; MEROTTO et al., 2010; AGOSTINETTO et al., 2011).

No caso de plantas daninhas eudicotiledôneas, destaca-se o angiquinho (*Aeschynomene* spp.), uma planta semi-aquática com metabolismo fotossintético C₃ (HARTMANN et al., 2019). As espécies desse gênero são leguminosas (Família Fabaceae) caracterizadas por folhas compostas paripenadas, caule corticoso, flores papilionáceas amarelo-avermelhadas e legumes articulados, chamados de lomentos. O nome *Aeschynomene* é derivado de uma palavra grega com o significado de tímido ou envergonhado, termo associado a outras plantas da família Fabaceae, como as dos gêneros *Acacia*, *Mimosa* e *Cassia* (RUDD, 1955).

Um breve relato da distribuição das espécies presentes na América é foi baseado pela ocorrência ou o local de origem para dividir as espécies em séries. As espécies são amplamente distribuídas pelas regiões tropicais e temperadas da América do Sul, onde são consideradas nativas. Também são distribuídas pela África e principalmente no sudeste da Ásia e nas ilhas do Pacífico, incluindo espécies nativas e espécies introduzidas da América do Sul. Metade das espécies de *Aeschynomene* são hidrófitas e encontradas em pântanos, lamaçais, arrozais, áreas alagadas e ao longo das margens de corpos d'água. Dentro da seção *Aeschynomene*, as espécies são divididas em cinco séries: *Americanae*, que inclui espécies amplamente difundidas na América tropical, com grande variabilidade ocorrendo no México e

devido à grande frequência de furacões, que facilita a dispersão das sementes, são muito encontradas na região do Caribe; *Fluminensis*, espécies encontradas em Cuba e no centro-leste da América do Sul; *Montevidensis*, conjunto de espécies abundantes na América do Sul, do Leste do Brasil à região de Buenos Aires, na Argentina; *Sensitivae*, com grande diversidade e distribuídas da Guatemala à região Sul do Brasil e uma espécie ocorrendo no sul da Flórida e *Indicae*, sendo as espécies mais bem distribuídas do gênero, abrangendo toda a faixa de latitude citada anteriormente (RUDD, 1955).

O córtex das plantas de *Aeschynomene* spp. foram utilizadas durante muito tempo por civilizações ancestrais da América e Oriente para confecção de rolhas, boias para redes de pescaria e para afiar facas e navalhas (RUDD, 1955). Alguns autores citam a importância da espécie para a fixação biológica de nitrogênio em ambientes alagados por serem capazes de interagir simbioticamente com bactérias fixadoras de nitrogênio, contribuindo para o ciclo desse elemento nesses nichos, e podendo ser utilizada como adubo verde para a cultura do arroz irrigado (ALAZARD; BECKER, 1987; TOBISA et al., 2014; MARTINS et al., 2015).

Uma sinopse taxonômica do gênero *Aeschynomene* no Rio Grande do Sul revisou as espécies que ocorrem no Estado, são citadas na publicação dez táxons: *A. denticulata* Rudd, *A. elegans* Schl. e Cham., *A. falcata* (Poir.) DC. var. *falcata*, *A. fructipendulata* Abruzzi de Oliveira, *A. histrix* Poir. var. *histrix*, *A. histrix* var. *incana* (Vog.) Benth, *A. indica* L., *A. montevidensis* Vog., *A. selloi* Vog. e *A. sensitiva* Sw. var. *sensitiva* (OLIVEIRA, 2002). Já em lavouras de arroz irrigado do RS e de SC e foram identificadas apenas três espécies, que apresentam 30% de sua área de produção infestada por esta planta daninha (FERREIRA, 2007; ANDRES; THEISEN, 2009).

Em terras baixas, fatores como a quantidade e movimento da água quando ocorrem alagamentos são ainda mais importantes e podem interferir decisivamente no estabelecimento e desenvolvimento de plantas aquáticas e semi-aquáticas como *Aeschynomene*. Nestes aspectos, as espécies de *Aeschynomene* se estabelecem e se reproduzem preferencialmente em ambientes onde cresce isolada, podendo ser classificada como uma espécie fugitiva (GRIFITTH; FORSERTH, 2003).

A infestação de plantas daninhas se deve, parcialmente, a dormência de suas sementes, que é definida como a ausência de germinação de uma semente viável em condições favoráveis à germinação, podendo ser dividida em primária, quando esta é adquirida durante o processo de desenvolvimento da semente e inclui todas os tipos

de dormência e suas combinações; e secundária, quando uma semente madura e hidratada retorna ao estado de dormência devido às condições ambientais (HILHORST, 2011). Estes mecanismos são as principais estratégias de sobrevivência das plantas daninhas permitindo que as sementes permaneçam viáveis e distribuindo a germinação ao longo do tempo (HOSSAIN; BEGUM, 2015).

Estudos que visam estudar métodos para superação da dormência de sementes de *Aeschynomene* spp. são recorrentes na literatura internacional, porém, não são comuns para as espécies de ocorrência no Brasil e no Rio Grande Sul. A abrasão com areia, imersão em solução de H_2SO_4 , escurificação com lixa de papel, pré-aquecimento durante período de tempo variável e a associação de tempo e temperatura de armazenamento, são exemplos de métodos de superação de dormência utilizados (RARIVOSON et al., 1987; EUN-SEON et al., 2002; KIM et al., 2015). Ainda, alguns trabalhos também investigam o efeito da luz na germinação das sementes de *Aeschynomene*, não encontrando diferenças para condições de luminosidade ou escuro (JIN et al., 2010).

Uma vez dispersas das planta-mãe, as sementes de plantas daninhas são incorporadas ao banco de sementes do solo, onde são submetidas a uma ampla gama de processos que regulam a dinâmica entre seu incremento e depleção, podendo alterar sua densidade, composição e tamanho. Dentre estes processos, os que contribuem para o incremento do número de sementes em um banco de sementes são a deposição de novas sementes produzidas e a imigração de sementes oriundas de outras áreas. A depleção do banco de sementes pode ocorrer pela predação, senescência e apodrecimento destas ou ainda pela emigração destas sementes para outras áreas. A germinação de sementes também pode contribuir para tal, desde que sejam adotadas práticas de manejo antes da produção das sementes ou que evitem a deposição de novas sementes no solo (MALL; SINGH, 2013; NICHOLS et al., 2015). Assim, é importante entender como o banco de sementes de angiquinho se comporta e qual a sua longevidade em diferentes situações, informações importantes para a tomada de decisão de controle e adoção de práticas de manejo em terras baixas.

Visando desenvolver sistemas de produção mais sustentáveis, principalmente com menor impacto ambiental, porém, mantendo a rentabilidade ao produtor, devem ser adotados diferentes métodos de controle de plantas daninhas, construindo a partir do seu uso sistemas de manejo integrado (HARKER; O'DONOVAN, 2013). Dentre os métodos de controle disponíveis, o controle cultural, baseado na adoção de práticas

que favoreçam o estabelecimento e desenvolvimento da cultura como adubação localizada, cultivares com potencial competitivo e época de semeadura, é o mais aceito por produtores pela sua praticidade (BAJWA, 2014; BAJWA et al., 2015). Ainda, considerando o sistema de cultivo de arroz na região sul do Brasil, a irrigação contínua por inundação constitui um método de controle cultural, já que favorece o desenvolvimento da cultura, e físico, pela anular a disponibilidade de oxigênio no solo, componente importante para o desencadeamento do processo germinativo das sementes das principais plantas daninhas infestantes da cultura (BHAGAT et al., 1996; ISMAILA et al., 2015). Logo, para entender a dinâmica populacional destas espécies, é necessário considerar fatores como a época de semeadura da cultura, umidade do solo e a presença de lâmina d'água, por influenciarem diretamente sua emergência e seu estabelecimento.

Quando presente em lavouras de arroz irrigado em elevados níveis de infestação, o principal impacto econômico gerado pelo angiquinho é sua interferência direta e indireta na produtividade da cultura. De forma indireta as plantas de angiquinho que permanecem na lavoura até o final do ciclo da cultura, dificultam a operação de colheita, causando problemas operacionais no maquinário utilizado (DORNELLES et al., 2014). Além disso, a presença de sementes de *Aeschynomene* spp. em lotes de grãos e sementes de arroz causam a depreciação do produto final, já que estas são consideradas toleradas até um limite máximo, sendo que em caso de sobre-excedente podem haver descontos ou condenação do lote (FRANCO et al., 2012; BRASIL, 2013).

De maneira direta, o angiquinho compete pelos recursos disponíveis no ambiente com a cultura do arroz, como a luz, nutrientes e pelo espaço. A presença de 25 a 31 plantas de angiquinho por metro quadrado em arroz irrigado reduz a produtividade da cultura em 57,2%, sendo que as espécies *A. indica* e *A. senstiva* são mais competitivas que *A. denticulata*, e na mesma ordem são mais prejudiciais ao arroz, sendo que a cultura apresentou maior habilidade competitiva que a planta daninha. (FERREIRA, 2007; ANDRES; THEISEN, 2009; GALON et al., 2015).

Com o exposto, fica evidente que o angiquinho é uma planta daninha que pode prejudicar o estabelecimento, desenvolvimento e produtividade da cultura do arroz irrigado, sendo necessário adotar práticas de manejo integrado. Portanto, a hipótese deste trabalho é que a prevalência de espécies de *Aeschynomene* na lavoura de arroz irrigado decorre da viabilidade e dormência de suas sementes no banco do solo e

germinação sob lâmina d'água. Logo, o presente trabalho teve como objetivo esclarecer quais são as características e os processos que permitem que espécies do gênero *Aeschynomene* se estabeleçam e perpetuem na lavoura de arroz irrigado.

2. CAPÍTULO I - Identificação de espécies de *Aeschynomene* em áreas cultivadas com arroz irrigado no Rio Grande do Sul e contexto do manejo de plantas daninhas na cultura

2.1 Introdução

Pertencente à família Fabaceae, subfamília Papilionoidae, o gênero *Aeschynomene* é composto por cerca de 180 espécies, sendo que destas, 84 se distribuem pelo continente americano e 49 ocorrem em todo o território brasileiro. Tratam-se de plantas herbáceas, anuais, que se desenvolvem como subarbustos ou arbustos com estípulas peltadas ou não, flores papilionáceas e lomentos com artículos unidos por septos ou istmos (RUDD, 1955; ANTUNES; SILVA, 2018; HARTMANN et al., 2019). O último levantamento realizado no Rio Grande do Sul, relatou a ocorrência de sete espécies deste gênero: *A. denticulata*, *A. elegans*, *A. falcata*, *A. fructipendulata*, *A. hystrix*, *A. indica*, *A. montevidensis*, *A. selloi* e *A. sensitiva*, que são popularmente conhecidas como angiquinho, corticeirinha, pinheirinho, maricázinho e paquinha (OLIVEIRA, 2002).

Devido ao seu hábito semiaquático, o angiquinho é adaptado às condições de cultivo do arroz irrigado no Rio Grande do Sul (RS), sendo considerada a principal planta daninha eudicotiledônea da cultura e a terceira que mais permanece na lavoura, após a adoção de todas as práticas de manejo (FRUET et al., 2019). A interferência destas espécies se manifesta de forma direta na produtividade da cultura através da competição por recursos, e de maneira indireta, ao dificultar a operação de colheita do arroz e depreciando a qualidade do produto final (KISSMANN; GROTH, 1999; FLECK et al., 2008; DORNELLES et al., 2014; GALON et al., 2015).

Apesar disso, a diferenciação destas espécies na lavoura é extremamente difícil, devido à semelhança de características morfológicas entre as espécies, por se basear em observações de populações no campo e em materiais de identificação de plantas daninhas que muitas vezes apresentam erros e equívocos, sendo que um levantamento das espécies focado especificamente na cultura do arroz irrigado nunca foi realizado de forma sistemática.

Devido a sua grande adaptabilidade às condições edafoclimáticas da metade sul do RS, a cultura do arroz é amplamente cultivada por diversas safras consecutivas na região (MORAES et al, 2013). No estado, predomina o sistema de cultivo mínimo, com reduzido revolvimento do solo, existindo ainda o sistema convencional, plantio direto e pré-germinado (SOSBAI, 2018a). A utilização da tecnologia Clearfield® é amplamente empregada, devido ao amplo espectro de controle de plantas daninhas, contudo, devido a ocorrência de diversos casos de espécies resistentes às imidazolinonas, produtores e técnicos passaram a adotar práticas de manejo da resistência, como a rotação de mecanismos de ação, misturas de herbicidas, rotação de culturas e cultivo de inverno (SUDIANTO et al., 2013; BAJWA, 2014; HEAP, 2020).

Portanto, o objetivo deste trabalho foi identificar as espécies de *Aeschynomene* que ocorrem em lavouras de arroz irrigado no Rio Grande do Sul e sua distribuição nas regiões orizícolas, e as razões pelas quais ocorrem escapes desta planta daninha mesmo após adoção de todas as práticas de manejo.

2.2 Material e Métodos

2.2.1 Identificação e distribuição de *Aeschynomene* spp. em áreas cultivadas com arroz irrigado no RS

Para identificação das espécies de *Aeschynomene* presentes no Rio Grande do Sul, foram coletadas sementes maduras de plantas de angiquinho que permaneciam em lavouras de arroz irrigado, mesmo após adoção de práticas de manejo da cultura. As sementes que compuseram as amostras eram oriundas de uma única planta, e cada uma foi identificada com coordenadas geográficas e altitude, utilizando o equipamento Garmin modelo eTrex Vista, através de Global Positioning System (GPS). A coleta das sementes ocorreu entre os meses de fevereiro e abril de 2019, nas seis regiões orizícolas do RS, nos três municípios com maior produção de arroz na safra 2017/18, conforme levantamento realizado pelo Instituto Rio Grandense

do Arroz (IRGA, 2018). 1 Em cada município três lavouras foram visitadas e, em cada uma, sementes de cinco plantas caracterizadas inicialmente *in loco*, com chaves morfológicas elaboradas por Rudd (1955) e Oliveira (2002), foram coletadas, acondicionadas em sacos de papel individualmente e identificadas com um código único.

Em cada município foram amostradas 15 plantas, sendo eles: Alegrete, Arambaré, Arroio Grande, Cachoeira do Sul, Camaquã, Dom Pedrito, Itaqui, Mostardas, Palmares do Sul, Restinga Seca, Rio Grande, Rosário do Sul, Santa Vitória do Palmar, São Gabriel, São Sepé, Tapes, Uruguaiana e Viamão, totalizando 270 amostras em 18 municípios.

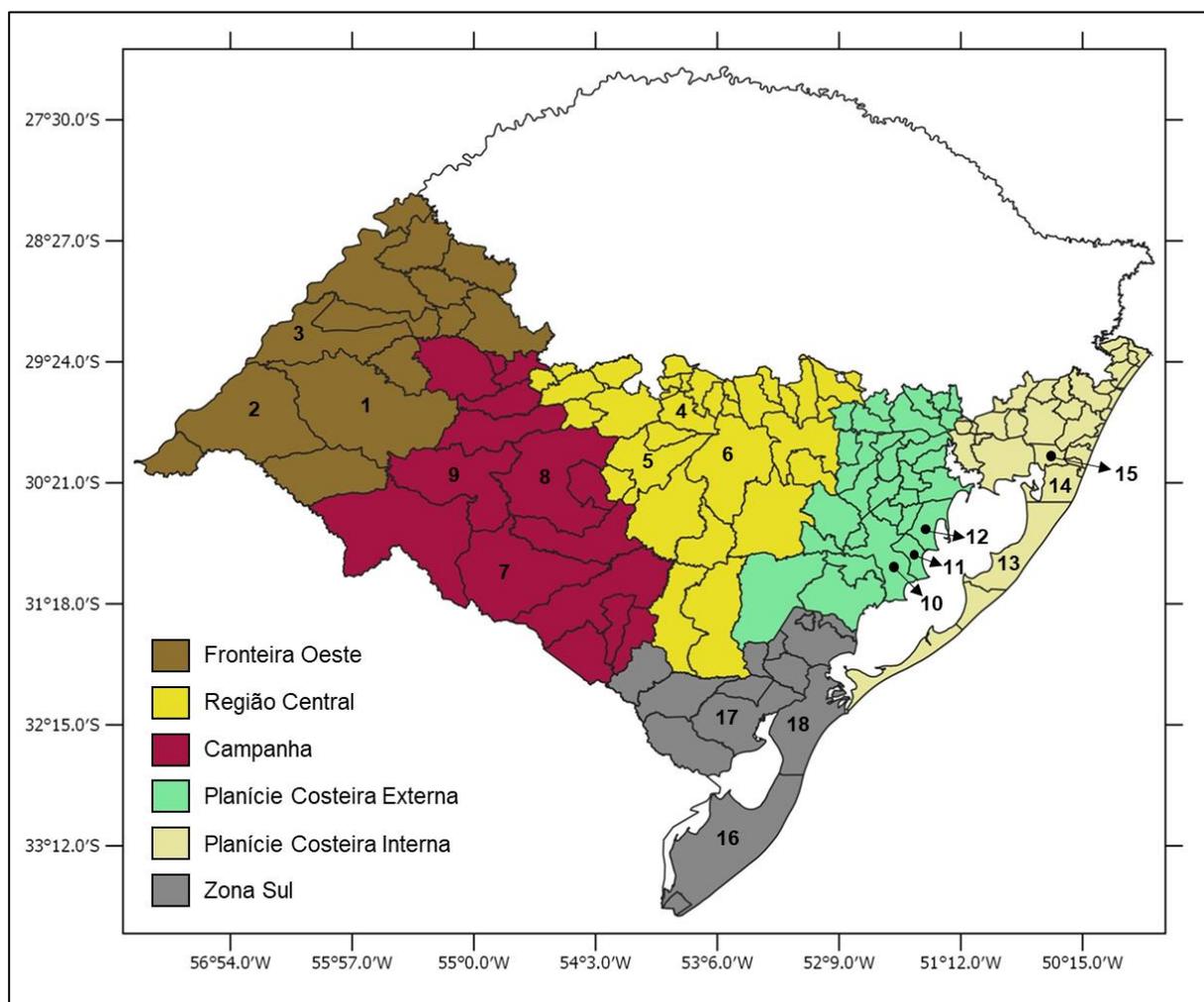


Figura 1 - Municípios visitados para coleta das sementes de *Aeschynomene* spp. em áreas cultivadas com arroz irrigado de diferentes regiões do RS, 2019. Identificação dos municípios: 1-Alegrete, 2-Uruguaiana, 3-Itaqui, 4-Restinga Seca, 5-São Sepé, 6-Cachoeira do Sul, 7-Dom Pedrito, 8-São Gabriel, 9-Rosário do Sul, 10-Camaquã, 11-Arambaré, 12-Tapes, 13-Mostardas, 14-Palmares do Sul, 15-Viamão, 16-Santa Vitória do Palmar, 17-Aroio Grande e 18-Rio Grande. Fonte: Adaptado de IBGE, 2018. Capão do Leão, RS, 2020.

Após as coletas, as amostras de sementes eram secas, limpas, identificadas e então foram armazenadas em câmara fria e por duas semanas em geladeira, com temperatura constante de 17°C e 7°C, respectivamente. O procedimento de armazenagem em baixas temperaturas foi realizado para eliminar pragas de grãos armazenados que poderiam ser prejudiciais às sementes, inviabilizando a utilização das mesmas posteriormente.

Durante a primavera e o verão de 2019, cinco sementes foram semeadas, após serem removidas dos artigos e esscarificadas mecanicamente utilizando lixa nº180. Para padronização da força utilizada no processo foi utilizado um copo preenchido com 750 g de areia posicionado sobre as lixas, que foram movimentados entorno do próprio eixo, simultaneamente por duas voltas. Ao menos uma planta de cada acesso foi cultivada em baldes com volume de 10 litros preenchidos com 8 kg de Planossolo háplico em casa de vegetação, com a finalidade de registrar fotograficamente características morfológicas de cada espécie, como: plântula, folíolos, folhas, hastes, caule, flores, artigos e lomentos. As imagens foram catalogadas com o objetivo de garantir que as espécies foram identificadas corretamente no momento da coleta das sementes e determinar características que permitam a fácil diferenciação das espécies a campo.

2.2.2. Contextualização do manejo de plantas daninhas na cultura

No momento ou após as coletas, por e-mail, os 54 produtores e 18 técnicos responsáveis por cada lavoura responderam a questionários a respeito das práticas de manejo utilizadas na área, visando relacioná-las com a presença da planta daninha. As perguntas realizadas aos produtores eram relacionadas ao tempo contínuo de cultivo de arroz irrigado, sistema de cultivo predominante na propriedade, adoção da tecnologia Clearfield®, número de aplicações de herbicidas realizada ao longo do ciclo de cultivo, adoção da prática de dessecação no ponto-de-agulha, se adota práticas específicas para manejo de plantas daninhas, se realiza aplicações de pré e pós-emergentes. Os técnicos foram questionados quanto a opinião em relação a presença de plantas de *Aeschynomene* na lavoura. Os resultados foram analisados através de estatística descritiva e os valores apresentados como porcentagem em gráficos.

2.3 Resultados e Discussão

2.3.1 Identificação e distribuição de *Aeschynomene* spp. em áreas cultivadas com arroz irrigado no RS

Na Figura 2 são apresentadas as coordenadas geográficas das lavouras em que foram identificadas ao menos uma planta de cada espécie do gênero *Aeschynomene*, das quais foram coletadas sementes durante os meses de fevereiro e abril de 2019. No total, 270 acessos de *Aeschynomene* foram analisados, sendo que 161 acessos foram identificados como *A. denticulata* (59,63%), 97 como *A. indica* (35,93%), nove como *A. rudis* (3,33%) e três como *A. sensitiva* (1,11%). As principais características morfológicas utilizadas para diferenciação das espécies a campo estão listadas na Tabela 1.

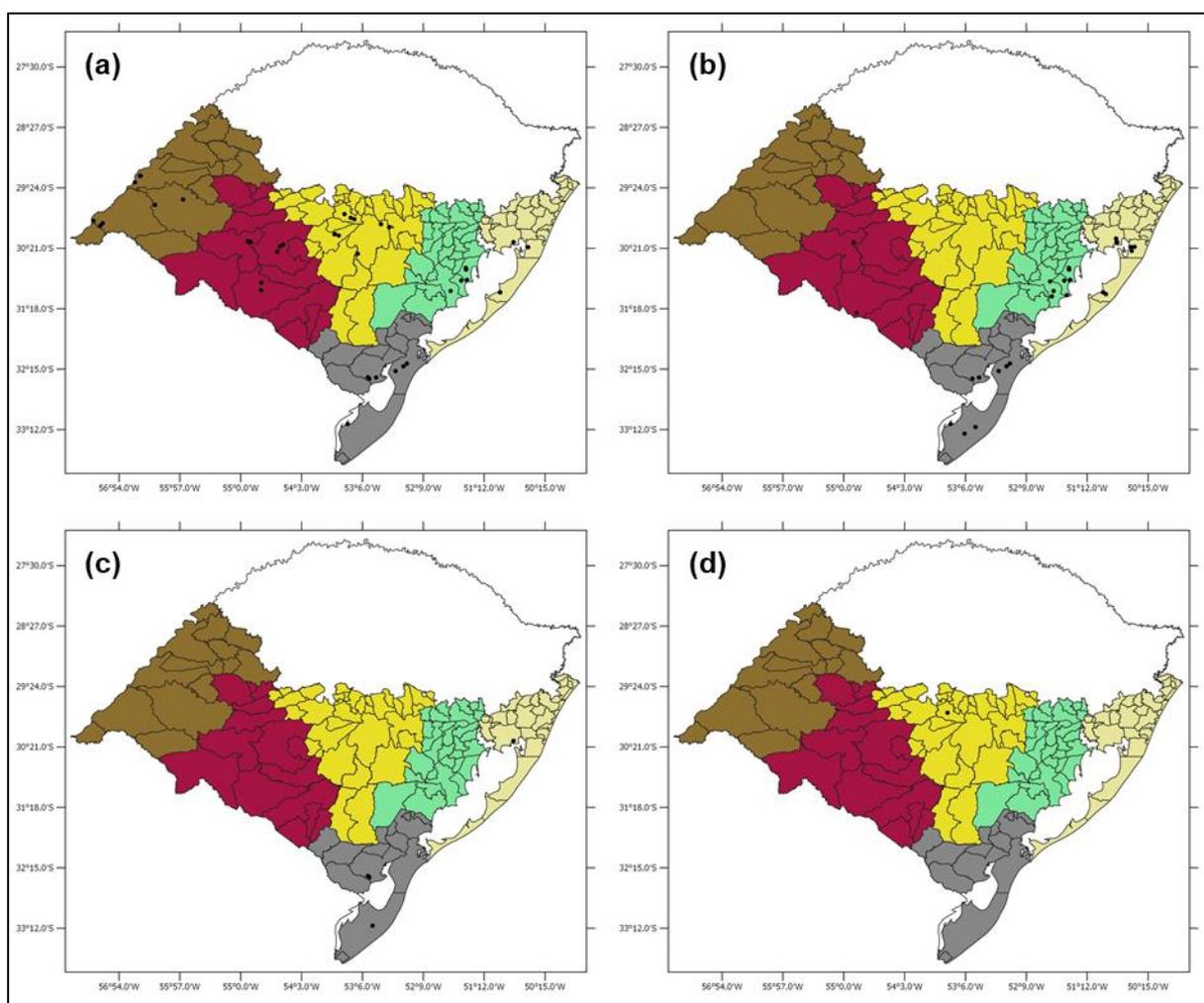


Figura 2 - Coordenadas geográficas das lavouras em que foram identificadas ao menos uma planta de *A. denticulata* (a), *A. indica* (b), *A. rudis* (c) e *A. sensitiva* (d). Capão do Leão, RS, 2020.

A. denticulata foi a única espécie presente em todos os municípios visitados neste estudo, sendo que na região orizícola da Fronteira Oeste, foi a única espécie identificada nas lavouras visitadas (Figura 2a). A provável ampla distribuição e predomínio desta espécie no Rio Grande do Sul é citada por Kissmann; Groth (1999) e confirmada neste trabalho. As principais características que permitem distinguir *A. denticulata* das demais espécies são os bordos dos folíolos serrilhados, as hastes e o caule densamente cobertos por tricomas, as flores de coloração amarelo-alaranjadas e as margens dos lomentos paralelas (Tabela 1, Figura 3). Além disso, todas as estruturas que apresentam tricomas produzem uma espécie de cera, que se adere facilmente às mãos, e exalam um cheiro desagradável.

Nas demais regiões orizícolas visitadas, observou-se maior diversidade de espécies do gênero, porém, na Depressão Central e Campanha houve predomínio de *A. denticulata*. Nas Planícies Costeiras e Zona Sul, houve o predomínio de *A. indica* (Figura 2b). Relatos apontam que esta espécie ocorre no centro do estado e principalmente no litoral, corroborando com as regiões em que este trabalho observou ocorrência desta espécie (OLIVEIRA, 1991). *A. indica* se distingue de outras espécies de *Aeschynomene* principalmente, pela coloração de suas flores, que são amarelo-esbranquiçadas, e pelos lomentos com margem inferior sinuosa e artículos com a superfície rugosa (Tabela 1, Figura 4). Esta espécie é muito semelhante vegetativamente com *A. sensitiva*, já que ambas as espécies apresentam os bordos dos folíolos inteiros, hastes e caule glabros, sendo que antes do período reprodutivo, uma das formas de diferenciação é a sensibilidade das folhas ao toque, que se fecham em *A. sensitiva* (Tabela 1, Figura 6). Ainda, *A. indica* desenvolve ramificações das hastes desde a base do caule enquanto, *A. sensitiva* cresce ereto, podendo alcançar até quatro metros de altura, com poucas ramificações no terço superior do caule, onde são observadas pequenas flores de coloração amarela vívida, que é extremamente mais espessa e adquire coloração negra na base.

Nas regiões orizícolas da Planície Costeira Externa e Zona Sul foi observada a maior variabilidade de espécies do gênero *Aeschynomene*, sendo que nos municípios de Viamão e Arroio Grande, em ao menos uma lavoura foram observadas três espécies: *A. denticulata*, *A. indica* e *A. rudis*. Este trabalho apresenta o primeiro relato consistente de *A. rudis* em lavouras de arroz irrigado no Rio Grande do Sul (Figura 2c). Esta espécie é frequentemente confundida com *A. denticulata*, a qual se assemelha de certa forma, e erroneamente identificada como *A. virginica*, que ocorre

exclusivamente em uma estreita faixa dos Estados Unidos da América e é classificada como espécie ameaçada de extinção (KISSMANN; GROTH, 1999; GRIFFITH, 2014).

As características que permitem a diferenciação de *A. rudis* de outras espécies do gênero *Aeschynomene* são seus folíolos inteiros, como os observados em *A. indica* e *A. sensitiva*, porém, com hastes e caules com tricomas esparsos e muito mais rígidas do que os observados em *A. denticulata*. Suas flores também apresentam coloração amarelo-alaranjada, apresentando um sinal avermelhado distinto em suas pétalas. Os lomentos também têm a margem inferior sinuosa, porém a superfície dos artículos é áspera devido a presença de diversas saliências (Tabela 1, Figura 6).

A única região em que foi observada ocorrência de *A. sensitiva* foi a Depressão Central, sendo que os três acessos foram identificados no município de Restinga Sêca em uma lavoura cultivada sobre o sistema pré-germinado, em que não havia sido realizada nenhuma aplicação de herbicidas até o momento da coleta (Figura 2d).

Tabela 1 - Características morfológicas utilizadas para diferenciação das espécies do gênero *Aeschynomene*, coletadas em lavouras de arroz irrigado. Capão do Leão, RS, 2020.

Característica	<i>A. denticulata</i>	<i>A. indica</i>	<i>A. rudis</i>	<i>A. sensitiva</i>
Folíolos	Serrilhados	Inteiros	Inteiros	Inteiros
Sensibilidade ao toque ¹	Não	Não	Não	Sim
Hastes	Densamente tricomatoso	Glabras	Tricomas esparsos	Glabras
Caule	Densamente tricomatoso	Glabro	Tricomas esparsas	Glabro
Coloração das flores	Amarelo-alaranjadas	Amarelo-esbranquiçadas	Amarelo-alaranjadas	Amareladas
Lomentos	Margens paralelas	Margem inferior sinuosa	Margem inferior sinuosa	Margem inferior sinuosa
Artículos	Aveludados	Rugosos	Ásperos	Comprimidos

1: Ao serem tocados levemente ao longo do pecíolo dos folíolos, estes se movimentam em direção ao centro da folha. Adaptado de: RUDD, 1955; KISSMANN; GROTH, 1999; OLIVEIRA, 2002.

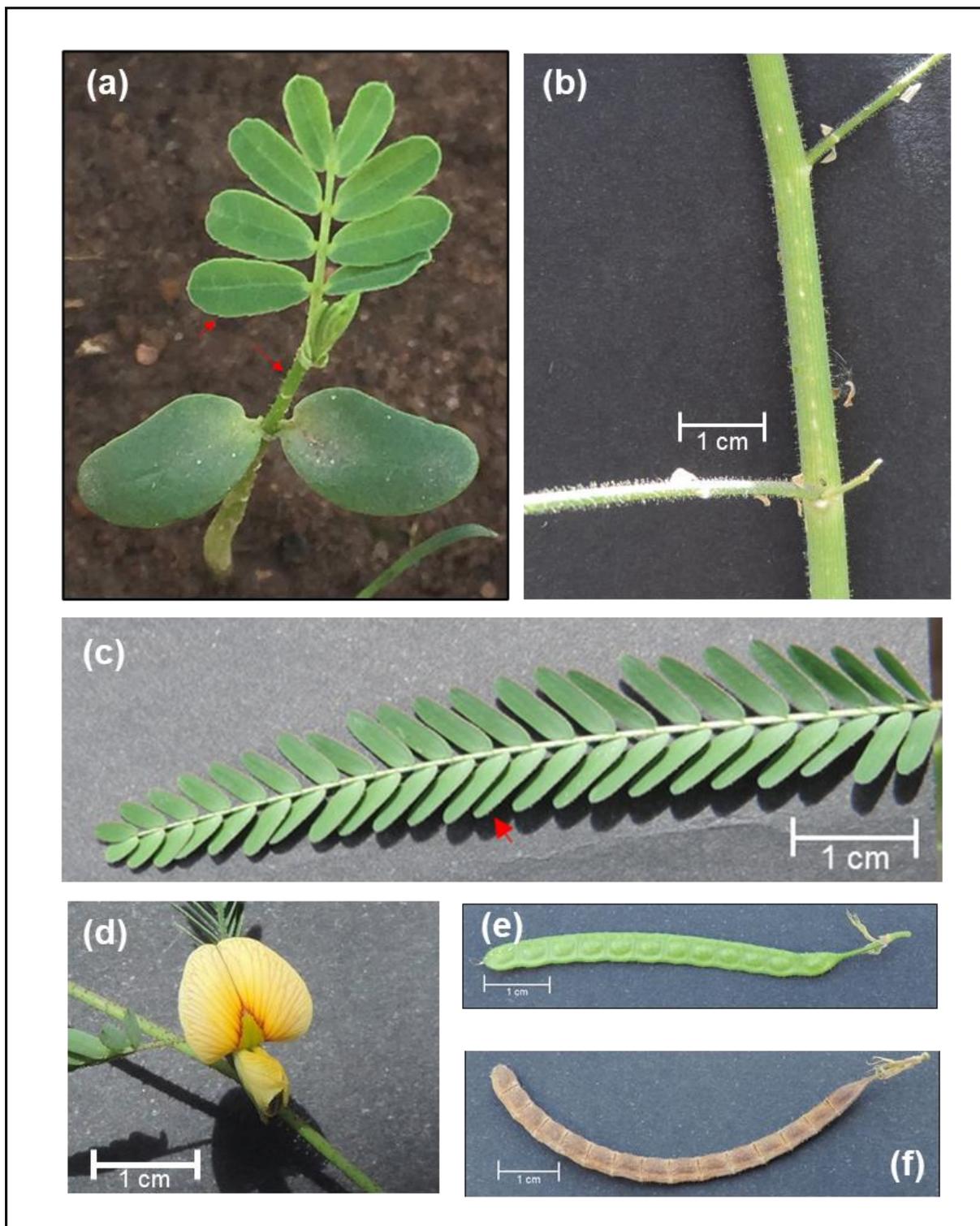


Figura 3 - *Aeschynomene denticulata*. (a) Plântula e em detalhe, os folíolos serrilhados e caule tricomatoso. (b) Hastes e caules tricomatosos. (c) Folha e em detalhe, bordos dos folíolos serrilhados. (d) Flor. (e) Lomentos e artículos em maturação e (f) maduros. Capão do Leão, RS, 2020.

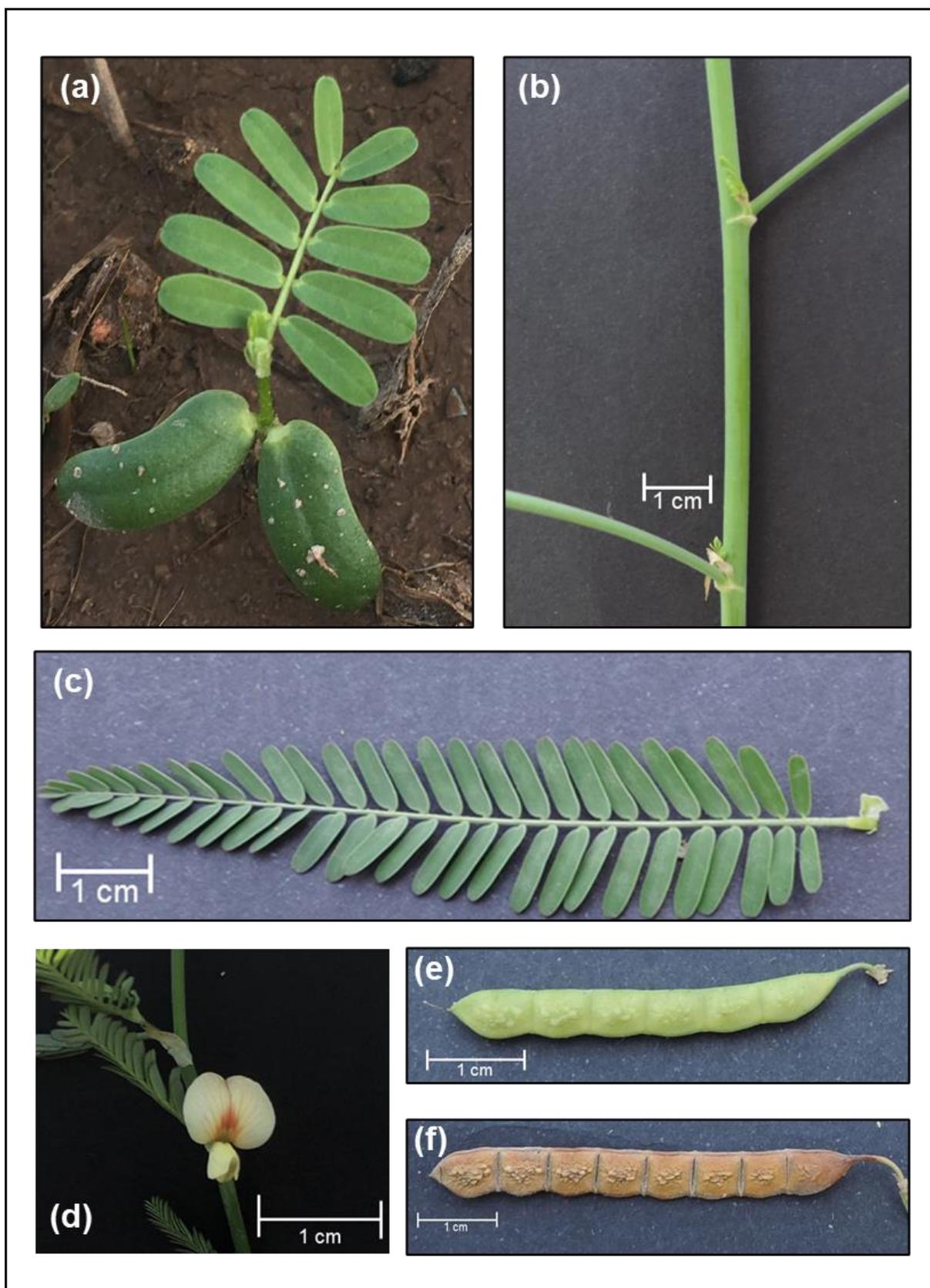


Figura 4 - *Aeschynomene indica*. (a) Plântula. (b) Hastes e caule glabros. (c) Folha e folíolos de bordos inteiros. (d) Flor. (e) Lomento e artículos em maturação e (f) maduros. Capão do Leão, RS, 2020.

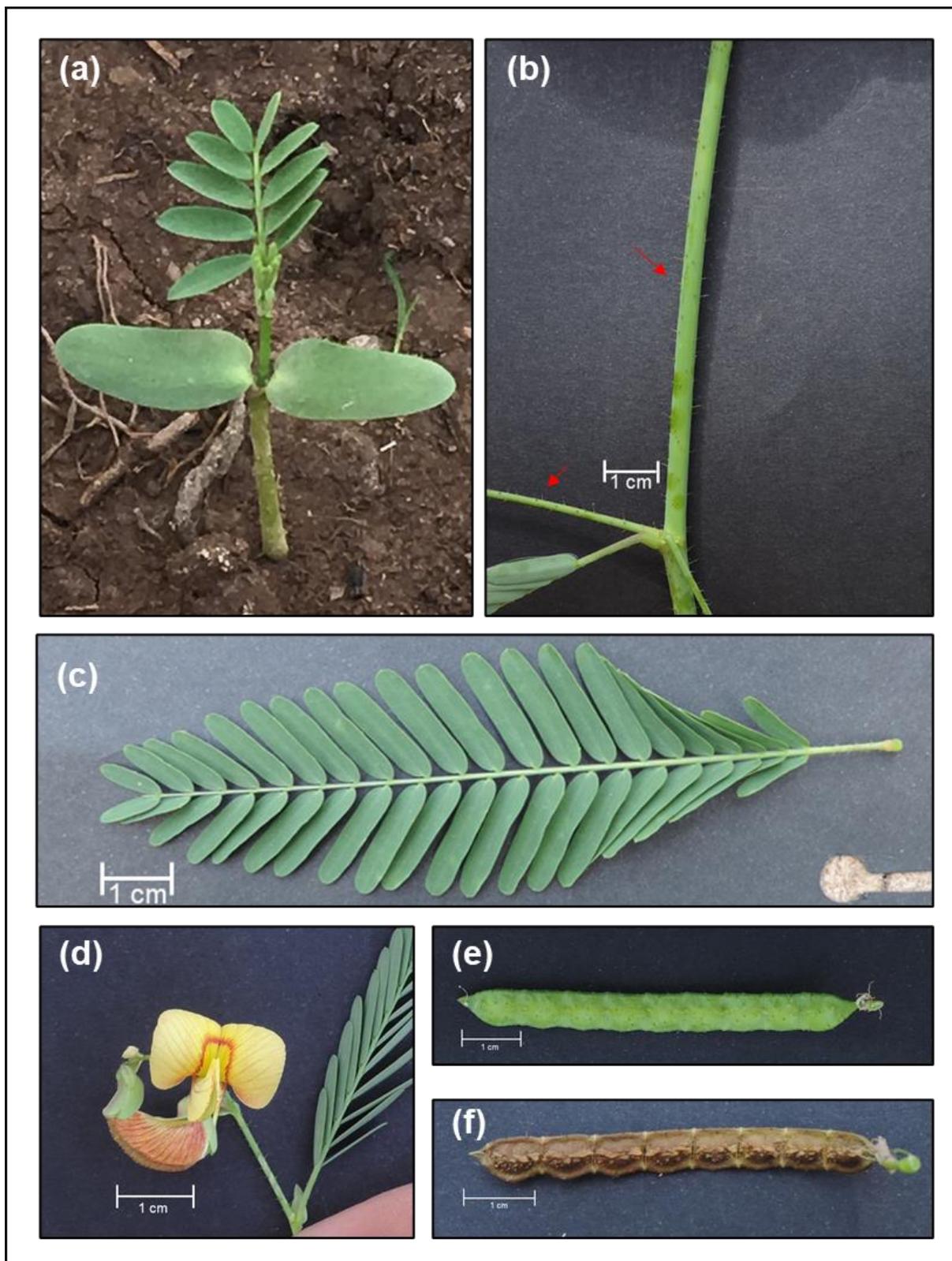


Figura 5 - *Aeschynomene rudis*. (a) Plântula. (b) Hastes e caule tricomatosos. (c) Folha e folíolos de bordos inteiros. (d) Flor com sinal avermelhado no centro. (e) Lomento e artículos em maturação e (f) maduros. Capão do Leão, RS, 2020.

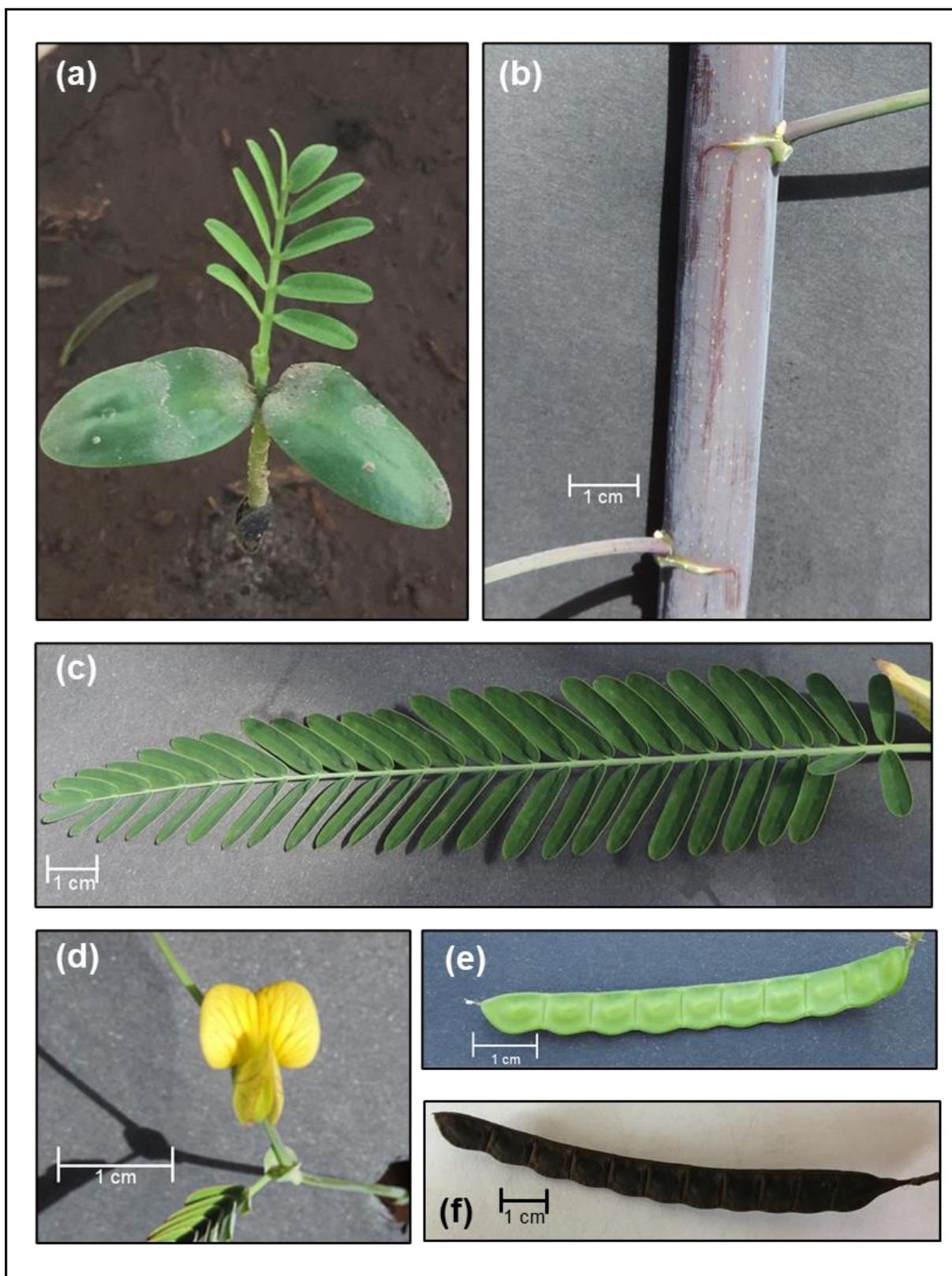


Figura 6 - *Aeschynomene sensitiva*. (a) Plântula. (b) Hastes e caule negro, ambos glabros. (c) Folha e folíolos de bordos inteiros. (d) Flor. (e) Lomento e artículos em maturação e (f) maduros. Capão do Leão, RS, 2020.

2.3.2 Contextualização do manejo de plantas daninhas na cultura

Os resultados dos questionários aplicados aos 54 produtores e 18 técnicos responsáveis pelas áreas em que foram coletadas as sementes dos acessos de *Aeschynomene* proporcionam uma visualização do contexto atual da lavoura de arroz irrigado no Rio Grande do Sul. Na Figura 7a, observa-se que 18% das lavouras visitadas são cultivadas a mais de dez anos e 30% são cultivadas a mais de cinco anos consecutivos com arroz irrigado. No entanto, outros 30% são cultivadas a apenas dois anos consecutivos e 22% são lavouras de primeiro ano, isto é, áreas que anteriormente estavam em pousio, ou que foram cultivadas em rotação com outras culturas. Estas práticas visam reduzir o banco de sementes de plantas daninhas que infestam a cultura do arroz irrigado, já que a situação de cultivo contínuo de arroz irrigado por diversos anos consecutivos favorece a perpetuação destas espécies (ANDRES et al., 2001; MARCHEZAN et al., 2003).

Em relação ao sistema de cultivo predominante, mais da metade das lavouras visitadas (51%) foram implantadas sob o cultivo mínimo (Figura 7b). Este sistema de cultivo apresenta algumas vantagens como o revolvimento mínimo do solo, que reduz o custo das operações de preparo e permite que a semeadura seja realizada dentro do período ideal, graças ao preparo antecipado, além do controle de plantas daninhas na pré-semeadura, que proporciona menor infestação durante o estabelecimento inicial da cultura (OLIVEIRA et al., 1994; CRUSCICOL et al., 2002). Outros 38% das lavouras visitadas adotam o sistema convencional de cultivo, com grande revolvimento do solo visando o controle mecânico e adequação das áreas próximo a semeadura e 11% utilizam o sistema pré-germinado, em que as áreas cultivadas são mantidas sob alagamento no inverno e o preparo é realizado com solo inundado (MARCHEZAN et al., 2007).

A tecnologia Clearfield[®], introduzida na safra 2003/2004 no Rio Grande do Sul, com a comercialização de cultivares de arroz tolerantes aos herbicidas do grupo químico das imidazolinonas, inibidores da enzima Acetolactato Sintase (ALS), com o objetivo do controle do arroz-daninho (VILLA et al., 2006; SANTOS et al., 2007), ainda é utilizada em 87% das lavouras visitadas (Figura 8a), mostrando sua importância, mesmo com a ampla distribuição de casos de resistência de plantas daninhas aos herbicidas utilizados na tecnologia (MENEZES et al., 2009; BONOW et al., 2018).

Quanto ao número de aplicações de herbicidas realizadas ao longo do ciclo de cultivo (Figura 8b), 70% das lavouras visitadas realizam ao menos três: uma

dessecação pré-semeadura da cobertura vegetal existente na área, uma aplicação em pré-emergência e uma em pós-emergência da cultura. Uma minoria (6%) realiza ainda mais uma aplicação no final do ciclo da cultura, visando controlar escapes de plantas daninhas e, 24% realizam apenas duas aplicações de herbicidas.

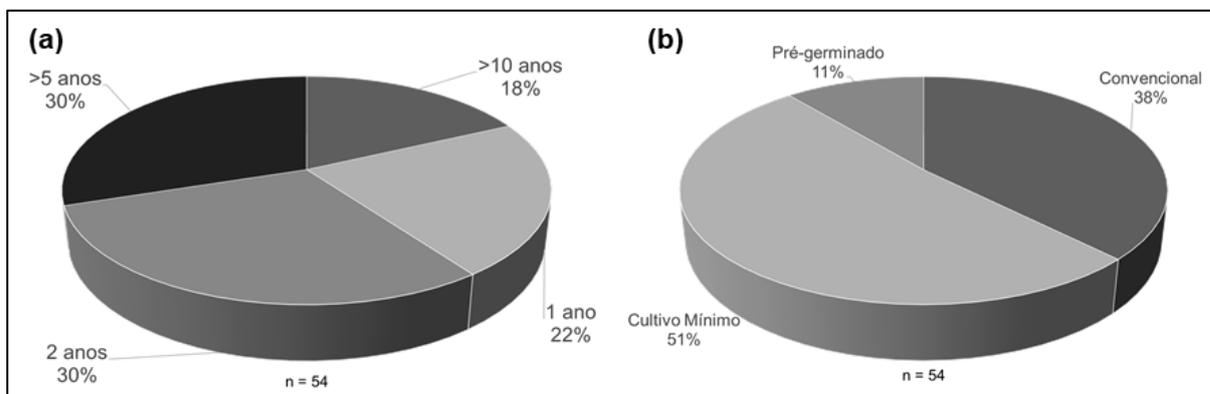


Figura 7 - Tempo de cultivo contínuo de arroz irrigado (a) e sistema de cultivo predominante na propriedade (b) nas áreas em que foram amostradas sementes de plantas de *Aeschynomene* no Rio Grande do Sul. Capão do Leão, RS, 2020.

Uma alternativa para o manejo de plantas daninhas em arroz irrigado que foi desenvolvida por produtores, é sua dessecação utilizando um herbicida de ação-total, normalmente glyphosate, tendo como data limite o estágio fenológico S₃, popularmente conhecido como “ponto-de-agulha” (SOSBAI, 2018d). Esta prática é adotada por 72% das lavouras visitadas neste trabalho (Figura 9a). Desconsiderando os 11% das lavouras cultivadas sob o sistema pré-germinado, em que a adoção desta prática é inviável, apenas 17% das lavouras visitadas não a adotam, o que evidencia a sua importância.

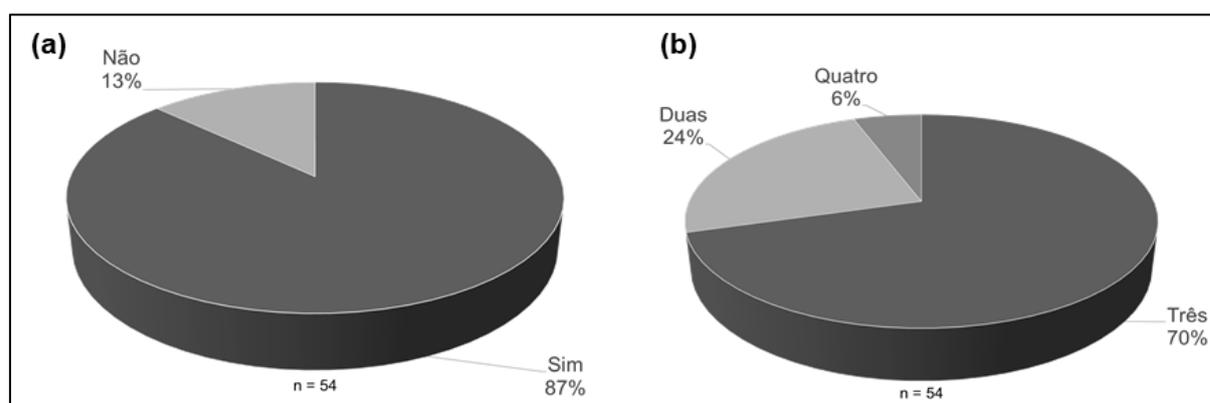


Figura 8 - Adoção da tecnologia Clearfield® (a) e número de aplicações de herbicidas realizadas ao longo do ciclo de cultivo (b) nas áreas em que foram amostradas sementes de plantas de *Aeschynomene* no Rio Grande do Sul. Capão do Leão, RS, 2020.

Quanto a adoção de práticas específicas para o manejo de plantas daninhas resistentes, 98% das propriedades visitadas utilizam uma ou mais das opções

presentes no questionário (Figura 9b). As duas estratégias mais adotadas, ambas presentes em 29% das lavouras visitadas, foram relacionadas ao controle químico: rotação de mecanismos de ação e a mistura de herbicidas. Apesar de serem as mais adotadas, a porcentagem dos produtores que não realizam a rotação de mecanismos de ação ainda é alta e, associado a isso, 19% dos produtores utilizam doses acima das recomendações presentes na bula (Figura 9b), o que aumenta a pressão de seleção de plantas daninhas resistentes (BECKIE; REBOUD, 2009). Das opções que não envolvem o controle químico, apenas dois métodos culturais de controle são adotados. A rotação de culturas está presente em apenas 17% das lavouras visitadas e o cultivo de cobertura de inverno, apenas em 4%. Os benefícios que estas duas práticas proporcionam ao sistema estão muito além do manejo integrado de plantas daninhas, podendo reduzir a ocorrência de doenças, insetos-praga, o custo com preparo do solo e a melhoria da fertilidade (BECKIE; HARKER, 2017). Porém, devido as características pedológicas dos solos em que o arroz é cultivado, uma série de práticas, como a drenagem, irrigação, correção do microrelevo, pH e descompactação devem ser adotadas, visando a melhoria do ambiente radicular e da fertilidade para que a rotação com culturas como a soja, milho, cereais de inverno e pecuária seja uma prática economicamente viável (THEISEN et al., 2017).

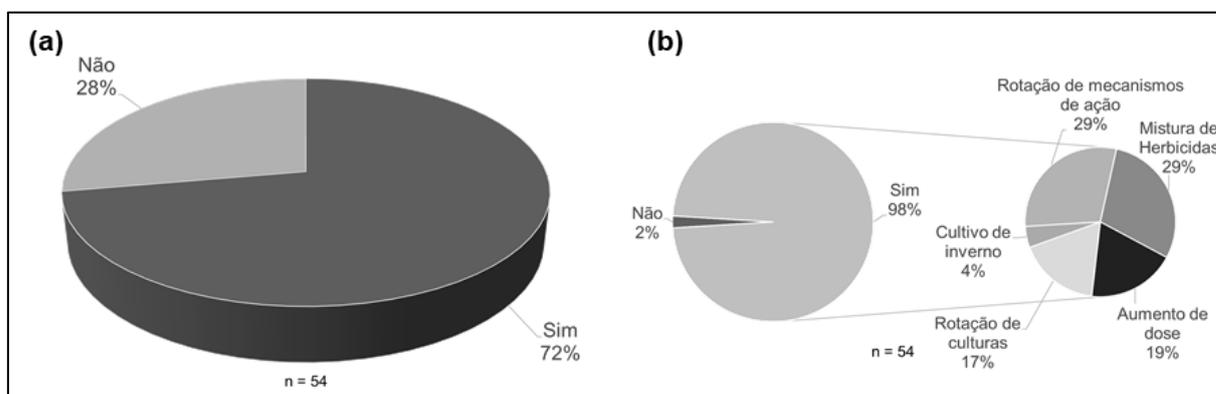


Figura 9 - Adoção da prática de dessecação no ponto-de-agulha (a) e porcentagem das propriedades que adotam práticas específicas para manejo de plantas daninhas resistentes e descrição das que são mais adotadas (b) nas áreas em que foram amostradas sementes de plantas de *Aeschynomene* no Rio Grande do Sul. Capão do Leão, RS, 2020.

Visto que as práticas baseadas no controle químico são as mais adotadas pelos produtores para manejo das plantas daninhas que ocorrem na lavoura de arroz irrigado, buscou-se identificar quais os herbicidas mais utilizadas (Figura 10a). Das lavouras visitadas, a aplicação de herbicidas pré-emergentes não foi utilizada em apenas 5%, sendo que em 62% das que adotam esta prática e o inibidor da síntese

de carotenoides clomazone é o principal produto empregado nesta modalidade de aplicação (FERHATOGLU; BARRETT, 2006). Os inibidores de ALS, como as misturas formuladas imazapyr + imazapic e imazethapyr + imazapic, herbicidas recomendados para a tecnologia Clearfield®, são utilizados como pré-emergentes em 14% e 1% das lavouras visitadas, respectivamente. Somados, clomazone e imazapyr+imazapic correspondem a 76% das aplicações em pré-emergência, tendo com alvos principais capim-arroz e arroz-daninho, respectivamente. Dos herbicidas pré-emergentes citados pelos produtores e técnicos, os únicos com ação sobre as espécies de *Aeschynomene* são penoxsulam e imazapyr+imazapic, visto que clomazone e pendimethalin são exclusivamente graminicidas e que imazethapyr e imazethapyr+imazapic não apresentam controle eficiente de folhas largas (LEVY et al., 2006; WEBSTER et al., 2012; AHMED; CHAUHAN, 2015). Contudo, em altas infestações, pode ser necessário a aplicação de outro herbicida para complementar a ação de imazapyr+imazapic no controle de *Aeschynomene*, que apresenta tolerância quando em estágio avançado de desenvolvimento (CONCENÇO et al., 2018).

Na grande maioria das lavouras visitadas (98%) os produtores realizam aplicação de herbicidas pós-emergentes (Figura 10b), sendo que destes, 52% utilizam inibidores da ALS como ferramenta de controle: imazapyr+imazapic em 25%, imazethapyr em 14%, penoxsulam em 9%, metsulfuron-methyl em 1%, bispyribac-sodium 1%, ethoxysulfuron-ethyl 1% e imazethapyr+imazapic em 1%. Os inibidores da ACCase são utilizados em 20% das lavouras, com predomínio do uso de cyhalofop-butyl (17%), devido a sua alta seletividade a cultura (RUIZ-SANTAELLA et al., 2006), e com pequena porção de uso de fenoxaprop (3%). As auxinas sintéticas quinclorac e picloram são utilizados em respectivamente, 13% e 3% das lavouras visitadas, controlando eficientemente espécies do gênero *Aeschynomene*, porém quinclorac é utilizado principalmente para controle de capim-arroz (GROSSMANN, 1998). Os inibidores do fotossistema II, bentazon e propanil são utilizados para controle de ciperáceas em 6% e para controle de capim-arroz em 1% das lavouras visitadas, respectivamente (AGOSTINETTO et al., 2011). O inibidor da síntese de carotenoides clomazone é utilizado em pós-emergência em 3% lavouras visitadas, objetivando estender o período de controle residual de capim-arroz.

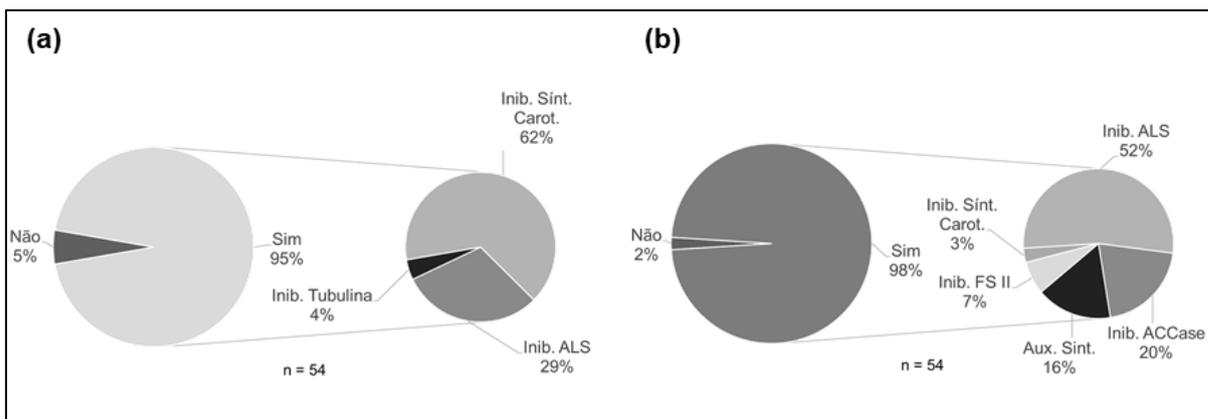


Figura 10 - Porcentagem dos produtores que realizam aplicação de herbicidas pré- (a) e pós-emergentes (b), e os respectivos modos de ação mais utilizados em cada época de aplicação nas áreas em que foram amostradas sementes de plantas de *Aeschynomene* no Rio Grande do Sul. 1: (imazapyr+imazapic). Capão do Leão, RS, 2020.

Quando questionados a respeito das razões pelas quais se atribui a presença de plantas de *Aeschynomene* nas áreas de cultivo de arroz irrigado mesmo após a adoção de todas as práticas de manejo (Figura 11), 45% de todas as respostas dos técnicos citaram a deficiência na irrigação como causa do problema. Os responsáveis pelas lavouras justificam tal deficiência, em áreas com relevo irregular ou não sistematizadas, à grande quantidade de taipas próximas entre si para irrigação da cultura que dificultam a manutenção da lâmina d'água. Em situações em que a lâmina d'água não é estabelecida permanentemente, devido a problemas operacionais com motobombas que interrompem o fornecimento de água para a irrigação, há oportunidades para que novos fluxos de emergência de *Aeschynomene* se estabeleçam e desenvolvam até o fim do ciclo da cultura. Outro fator apontado como causa da perpetuação da espécie nas lavouras é a aplicação de herbicidas que visam o controle do angiquinho quando as plantas já apresentam estágio avançado de desenvolvimento (30%), o que reduz a eficiência destes produtos. Alguns técnicos apontam a ineficiência (12%) e a dose inadequada (8%) dos herbicidas empregados como a causa do surgimento de plantas de angiquinho no final do ciclo do arroz irrigado e uma pequena porção deles (5%) suspeitam da existência de biótipos resistentes a herbicidas.

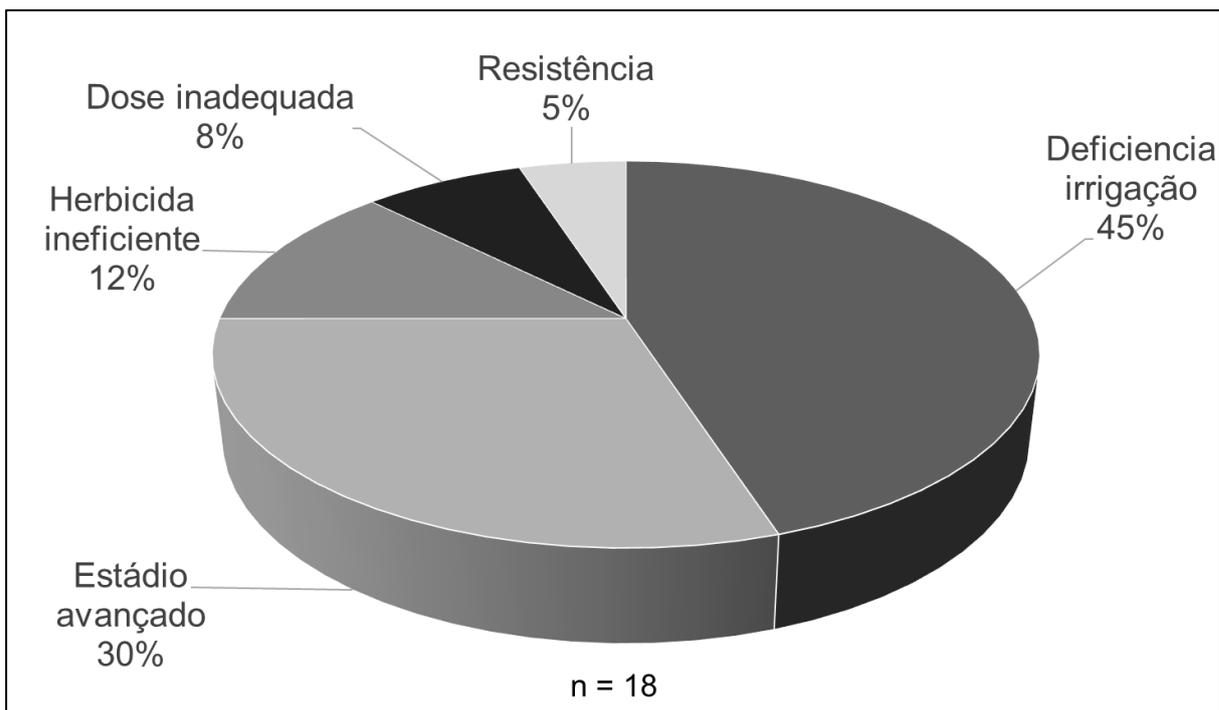


Figura 11 - Razões pelas quais se atribui a presença de plantas de *Aeschynomene* nas áreas de cultivo de arroz irrigado em que foram amostradas sementes das espécies no Rio Grande do Sul. Capão do Leão, RS, 2020.

Quatro espécies de *Aeschynomene* foram identificadas em lavouras de arroz irrigado: *A. denticulata*, *A. indica*, *A. rudis* e *A. sensitiva*. A espécie mais frequente e observada em todas as seis regiões orizícolas do Rio Grande do Sul é *A. denticulata*. Já *A. indica*, apesar de estar presente nas regiões da Campanha e Depressão Central, é espécie predominante nas regiões litorâneas. *A. rudis* teve sua distribuição restrita à Planície Costeira Externa e Zona Sul e *A. sensitiva* foi observado apenas na Depressão Central, em lavoura de arroz sob cultivo pré-germinado. Apesar deste levantamento ter sido realizado de forma sistemática e com metodologia pré-definida, deve-se salientar que não pode ser excluída a possibilidade de ocorrência de outras espécies do gênero *Aeschynomene* em lavouras de arroz irrigado no Rio Grande do Sul. Além disso, não se descarta a possibilidade de as espécies identificadas ocorrerem em regiões em que não foram encontradas neste trabalho.

Mesmo que produtores e técnicos relatem germinação de angiquinho no meio do ciclo do arroz, sob lâmina d'água, os resultados destes estudos não confirmam estas afirmações. As práticas de manejo adotadas pelos produtores, focadas no controle de gramíneas, associadas às dificuldades em manter a lâmina d'água constante, seja por questões de relevo ou problemas no fornecimento de água,

contribuem para momentos de maior disponibilidade de oxigênio e temperatura, que podem ser as razões pelas quais ocorrem escapes desta planta daninha.

2.4 Conclusões

Quatro espécies do gênero *Aeschynomene* estão presentes nas lavouras de arroz irrigado do Rio Grande do Sul: *A. denticulata*, *A. indica*, *A. rudis* e *A. sensitiva*, sendo a primeira a mais frequente.

Os resultados dos questionários indicam que as práticas de manejo adotadas pelos produtores, focadas no controle de gramíneas, associadas a problemas operacionais de irrigação e a aplicação de herbicidas quando as plantas já apresentam estágio avançado de desenvolvimento, são as razões pelas quais ocorrem escapes de *Aeschynomene* nas lavouras de arroz irrigado.

3. CAPÍTULO II - Dormência de sementes de *Aeschynomene denticulata* e *Aeschynomene indica*

3.1 Introdução

O angiquinho (*Aeschynomene* spp.) é considerada a principal planta daninha eudicotiledônea da cultura do arroz irrigado (FRUET et al., 2019). As perdas causadas por infestações de 25 a 31 plantas de angiquinho por metro quadrado podem chegar a 57,2%, além de interferir na operação de colheita e reduzir a qualidade do produto final (ANDRES; THEISEN, 2009; DORNELLES et al., 2014). As espécies pertencentes a este gênero apresentam habilidade para se desenvolver em ambientes úmidos e alagadiços e com alta insolação, se estabelecendo preferencialmente onde cresce isolada (KISSMANN; GROTH, 1999; GRIFFITH; FORSETH, 2003).

Por se tratar de uma planta daninha de verão, tem seu período de germinação e desenvolvimento durante a primavera até o início do outono, coincidindo com a época de semeadura e cultivo do arroz irrigado. O aumento da temperatura do ambiente e as práticas de preparo do solo podem ser responsáveis por induzir a germinação das sementes desta planta daninha, que possivelmente produz sementes dormentes (FUKUMI, 2010).

A dormência de sementes é definida como a falha temporária de sementes viáveis em germinar sob condições ambientais externas que mais tarde evocam a germinação quando o estado restritivo é encerrado ou superado (RADOSEVICH et al., 2007). Este fenômeno apresenta grande importância para a perpetuação de plantas daninhas anuais, pois é o único elo entre diferentes gerações destas espécies e por tanto, pode-se dizer que é um mecanismo de dispersão no tempo.

Diversos sistemas de classificação de dormência existem, sendo o mais adequado para o estudo de sementes de plantas daninhas o que distingue a dormência em primária e secundária. No caso de dormência primária, esta é adquirida durante o processo de desenvolvimento da semente e inclui todos os tipos de dormência e suas combinações; e a secundária, ocorre quando uma semente madura e hidratada retorna ao estado de dormência devido às condições ambientais (HILHORST, 2011).

Logo, a hipótese deste trabalho é a de que as sementes de *A. denticulata* e *A. indica* apresentam dormência primária e os objetivos são determinar se o fenômeno de dormência ocorre nestas espécies e qual o método mais adequado para sua superação.

3.2 Material e Métodos

O estudo foi conduzido no Núcleo de Bioeficiência da Embrapa Clima Temperado - Estação Terras Baixas (ETB), em Capão do Leão, RS. Um estudo preliminar foi conduzido duas vezes, com sementes de *A. denticulata* ou *A. indica*, para determinar a ocorrência de dormência. Posteriormente foram conduzidas duas repetições de experimento visando determinar qual o método mais eficiente para superação da dormência de sementes de *A. denticulata* ou *A. indica*.

Para isso, sementes de diferentes plantas de cada espécie, em estágio de senescência, foram coletadas, em abril de 2019 na Área Experimental da Embrapa Clima Temperado/ETB, em Capão do Leão - RS (31°48'44.47"S 52°28'12.67"O) e armazenadas em sacos de papel em sala escura e temperatura ambiente até a instalação dos experimentos, realizados em maio de 2019 e repetidos em junho de 2019. As sementes foram limpas, selecionadas apenas as que não apresentavam sinais de dano causado por insetos e separadas dos artícuos, considerados material inerte e que não deve ser incluídas nos testes segundo as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

3.2.1 Experimento I - Germinação de sementes de *A. denticulata* e *A. indica*

Para realização do Experimento I utilizando sementes de *A. denticulata* e *A. indica*, foi procedido teste de germinação em gerbox, com delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, utilizando como substrato para 50 sementes, duas folhas de papel germiteste umedecidas com 15 mL de água destilada, sendo

realizadas a primeira e a segunda contagem de plântulas normais aos cinco e oito dias após a semeadura (MORAES, 2007).

Para determinar a viabilidade das sementes, foi procedido teste de tetrazólio com sal 2,3,5-trifenil-cloreto-de-tetrazólio a 0,1%, considerando viáveis dormentes aquelas sementes que apresentaram cor rosa ou carmim no eixo embrionário. O número de sementes inviáveis foi calculada a partir da subtração do número total de sementes pela germinação total e de sementes viáveis dormentes.

3.2.2 Experimento II - Superação de dormência em sementes de *A. denticulata* e *A. indica*

O Experimento II foi conduzido três dias após a finalização dos experimentos preliminares com delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, arranjos em um esquema bifatorial, em que o Fator A foi constituído por sementes de espécies *A. denticulata* e *A. indica*, e o Fator B por sete tratamentos para superação da dormência e uma testemunha, sendo eles:

Pré-aquecimento (PAq): sementes acondicionadas em sacos de papel escuro foram submetidas a temperatura de 35°C por período de 72h em estufa modelo WTC Binder FD53.

Pré-esfriamento (PEsf): sementes acondicionadas em sacos de papel escuro foram submetidas a temperatura de 10°C por período de 72h em BOD modelo Tecnal TE-402.

Nitrato de Potássio (KNO₃): no teste de germinação, as duas folhas de papel germiteste foram saturadas com 15 mL de solução de nitrato de potássio (KNO₃) a 0,2%.

Ácido Giberélico (GA₃): no teste de germinação, as duas folhas de papel germiteste foram saturadas com 15 mL de solução de ácido giberélico a 0,05% (GA₃).

Embebição em Água (Embe): sementes alocadas em frasco transparente aberto foram embebidas em água destilada por período de 24 horas.

Escarificação Mecânica (Escarif.): as sementes foram removidas dos artigos e escarificadas mecanicamente utilizando lixa n°180. Para padronização da força utilizada no processo foi utilizado um copo preenchido com 750 g de areia posicionado sobre as lixas, que foram movimentados entorno do próprio eixo, simultaneamente, por duas voltas.

Escarificação Química (H_2SO_4): sementes foram tratadas com solução previamente preparada com ácido sulfúrico (H_2SO_4) na concentração de 1%, cobrindo totalmente as sementes, e agitadas em frasco de vidro durante um minuto. Posteriormente, as sementes foram lavadas com água destilada e em peneira plástica de malha fina com água corrente durante um minuto.

Foram realizados testes de germinação em gerbox, utilizando como substrato para 50 sementes, duas folhas de papel germiteste umedecidas com 15 mL de água destilada (com exceção dos tratamentos com nitrato de potássio e ácido giberélico), sendo realizadas a primeira e a segunda contagem de plântulas normais aos cinco e oito dias após a semeadura (MORAES, 2007).

Para determinar a viabilidade das sementes, foi procedido teste de tetrazólio com sal 2,3,5-trifenil-cloreto-de-tetrazólio a 0,1%, considerando viáveis dormentes aquelas sementes que apresentaram cor rosa ou carmim no eixo embrionário. O número de sementes inviáveis foi calculada a partir da subtração do número total de sementes pela germinação total e de sementes viáveis dormentes.

3.2.3 Análise estatística

Os resultados obtidos para cada variável estudada foram analisados em porcentagem de 50 sementes, calculados através da equação:

$$y (\%) = \left(\frac{x}{50} \right) \times 100$$

onde: y é a variável resposta e x são os resultados observados em números absolutos nos testes.

Foi realizada comparação entre as duas repetições de cada experimento através de análise da variância ($p \leq 0,05$), não sendo verificada diferença entre estas e, portanto, os resultados obtidos foram analisados conjuntamente. Os dados obtidos no Experimento I foram analisados quanto a homocedasticidade e normalidade (teste de Shapiro-Wilk), não sendo necessária transformação dos dados. Os dados obtidos no Experimento II também foram analisados quanto a homocedasticidade e normalidade (teste de Shapiro-Wilk), porém houve a necessidade de transformação através do arcosen ($\sqrt{x + 0,5/100}$), conforme sugere Ahrens (1990), já que não apresentaram distribuição normal. Posteriormente, foi procedida a análise da variância ($p \leq 0,05$) e quando constatada diferença, as médias dos tratamentos foram

comparados através do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Todas as análises foram conduzidas no software SigmaPlot 12.5.

3.3. Resultados e Discussão

A apresentação dos resultados e discussão de cada experimento são descritos a seguir, adotando-se a sequência dos materiais e métodos.

3.3.1 Germinação de sementes de *A. denticulata* e *A. indica*

Os resultados no Experimento I são apresentados na Tabela 2. Não foram apontadas diferenças entre as duas espécies para nenhuma das variáveis estudadas, segundo a análise da variância ($p \leq 0,05$). Foi observada baixa germinação total para *A. denticulata* e *A. indica*, bem como reduzida porcentagem de sementes inviáveis. Conseqüentemente, a porcentagem de sementes dormentes para ambas as espécies foi maior que 90%.

Tabela 2 - Germinação total (%), sementes dormentes (%) e sementes inviáveis (%) de *A. denticulata* e *A. indica*. Capão do Leão, RS, 2020.

Espécie	Germinação total (%)	Dormentes (%)	Inviáveis (%)
<i>A. denticulata</i>	2,7 ns	95,0 ns	3,2 ns
<i>A. indica</i>	2,0	93,5	3,5
C.V. (%)¹	76,6	2,5	60,1

1: coeficiente de variação. ns: não significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$).

Os resultados obtidos neste experimento indicam que ambas espécies apresentam mecanismo de dormência que necessita ser superado para que o processo de germinação ocorra a campo (FUNES; VENIER, 2006; MÉDJATI et al., 2013; MONTANHA et al., 2018). Isto é comum entre espécies pertencentes a família Fabaceae, que normalmente apresentam mecanismos de dormência relacionados a impermeabilidade do tegumento à absorção de água e trocas gasosas, sendo necessário alguma intervenção que promova rachadura, orifício ou abertura que permita a captação dos recursos necessário para desencadear o processo germinativo (BASKIN, 2003; BASKIN; BASKIN, 2004). A partir desta hipótese, o segundo experimento foi conduzido visando identificar através do método de superação da dormência, se a impermeabilidade do tegumento seria responsável pela baixa germinação das espécies no experimento anterior.

3.3.2 Superação de dormência em sementes de *A. denticulata* e *A. indica*

A análise da variância ($p \leq 0,05$) demonstrou haver interação entre os dois fatores para as variáveis germinação total (%) e sementes dormentes (%), logo, são apresentados na Tabela 3 as médias dos tratamentos utilizados para superação da dormência de cada espécie separadamente. Já para a variável sementes inviáveis (%), a análise da variância ($p \leq 0,05$) não indicou interação entre os dois fatores, sendo apontada diferença apenas entre os tratamentos utilizados para superação da dormência, e portanto, na Tabela 4 é apresentada a média conjunta das duas espécies estudadas.

A germinação total de sementes de *A. denticulata* observada na testemunha sem utilização de métodos de superação foi 3% (Tabela 3), corroborando com os resultados do Experimento I. Com exceção da escarificação mecânica, que apresentou diferença dos demais tratamentos, não foi verificado aumento significativo na germinação das sementes, sendo que este tratamento proporcionou um incremento de 21% na germinação das sementes desta espécie.

No caso das sementes de *A. indica*, o tratamento em que não foi utilizado nenhum método de superação de dormência apresentou apenas 2% de germinação total, assim como no Experimento I. A escarificação mecânica das sementes se distinguiu dos demais tratamentos apresentando um incremento de 49% na germinação total desta espécie (Tabela 3). O pré-aquecimento das sementes também proporcionou um aumento na germinação total de *A. indica*, porém em menor proporção (7%), apresentando diferença em relação a testemunha. Os tratamentos em que as sementes foram submetidas ao pré-esfriamento ou escarificação química, apresentaram resultados semelhantes aos apresentados pelo pré-aquecimento, porém também não se distinguiram da testemunha. A embebição em água, ácido giberélico e nitrato de potássio não apresentaram diferenças quando comparados com a testemunha, reforçando a hipótese de que o tegumento das sementes é impermeável tegumento à absorção de água e trocas gasosas.

Quando comparadas as duas espécies em relação aos diferentes tratamentos utilizados para superação da dormência, foi apontada diferença na germinação total apenas para a escarificação mecânica, que proporcionou maior germinação de *A. indica*.

Para *A. denticulata*, o único tratamento que apresentou diferença em relação a testemunha e reduziu em 20% a porcentagem sementes dormentes foi a escarificação mecânica, corroborando com os resultados de germinação total de sementes.

Foram verificados resultados similares para a porcentagem de sementes dormentes de *A. indica*. O tratamento com escarificação mecânica das sementes diferiu significativamente de todos os demais, proporcionando redução de 45% de sementes dormentes. O tratamento em que as sementes foram pré-aquecidas também se distinguiu dos demais, contudo, promoveu apenas 6% de redução na dormência desta espécie.

Assim como verificado para a germinação total de sementes, o único tratamento que apontou resposta diferencial entre as duas espécies para a porcentagem de sementes dormentes foi a escarificação mecânica, em que foi verificada maior porcentagem de sementes dormentes para *A. denticulata* do que para *A. indica*.

Tabela 3 - Germinação total (%) e sementes dormentes (%) de *A. denticulata* e *A. indica*, após tratamentos de superação de dormência. Capão do Leão, RS, 2020.

Tratamentos	Germinação total (%)		Dormentes (%)	
	<i>A. denticulata</i>	<i>A. indica</i>	<i>A. denticulata</i>	<i>A. indica</i>
Testemunha	a 3,0 B ¹	a 2,0 C	a 94,2 B	a 92,2 C
Pré Aquecimento	a 6,0 B	a 9,0 B	a 89,7 B	a 85,7 B
Pré Esfriamento	a 3,5 B	a 2,7 BC	a 92,0 B	a 92,7 C
Ácido Giberélico	a 2,7 B	a 1,7 C	a 91,7 B	a 93,5 C
Nitrato de Potássio	a 2,2 B	a 1,5 C	a 92,0 B	a 94,5 C
Embebição	a 3,2 B	a 1,7 C	a 91,7 B	a 93,7 C
Escarificação Química	a 2,7 B	a 2,2 BC	a 91,5 B	a 92,5 C
Escarificação Mecânica	b 24,5 A	a 51,0 A	b 71,2 A	a 46,5 A
C.V. (%)²	175,52		14,37	

1: Médias seguidas por letras distintas maiúsculas na coluna e, minúsculas na linha, para cada espécie, diferem entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). 2: coeficiente de variação referente a interação dos fatores.

Quanto às sementes inviáveis (%), o pré-esfriamento e a escarificação química ocasionaram aumentos de 2,4 e 2,7% em relação à testemunha, respectivamente, sendo os únicos tratamentos que se distinguiram desta. Os demais métodos de superação da dormência testados não apresentaram diferença quando comparados à testemunha e com os dois tratamentos citados anteriormente.

Tabela 4 - Sementes inviáveis (%) de *A. denticulata* e *A. indica*, após tratamentos de superação de dormência. Capão do Leão, RS, 2020.

Tratamentos	Inviáveis (%)
Testemunha	2,8 a ¹
Pré Aquecimento	5,2 b
Pré Esfriamento	4,5 ab
Ácido Giberélico	5,1 ab
Nitrato de Potássio	4,8 ab
Embebição	5,0 ab
Escarificação Química	5,5 b
Escarificação Mecânica	3,5 ab
C.V. (%)²	53,8

1: Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). 2: coeficiente de variação.

Os resultados obtidos neste estudo corroboram com trabalhos anteriores realizados em outros países com espécies do mesmo gênero. Em trabalho realizado com *A. americana* foi demonstrado que a escarificação das sementes aumentava de 2 para 74% a sua germinação e resultados obtidos com a escarificação mecânica de sementes de *A. indica*, apontaram um incremento de 94% e 80% na germinação (HANNA, 1973; KIM et al., 2015; SAMUDUNIE; JAYASURIYA, 2019). Também é sugerido que o aquecimento das sementes, diretamente na superfície do solo, após operações de revolvimento do solo, pode proporcionar germinação superior a 90% (FUKUMI; NAKATA, 2008).

A reduzida eficiência do método de escarificação mecânica, observada para *A. denticulata* em comparação à *A. indica*, pode ser atribuída à variação de características histológicas entre as sementes das duas espécies, aspecto comum entre diversos gêneros da família Fabaceae, como *Trifolium* e *Acacia* (ZORIĆ et al., 2010; VENIER et al., 2012). Estas variações estão diretamente relacionadas a aspectos genéticos e fisiológicos regulados pelas condições climáticas no momento da formação das sementes, já que as variações ambientais podem determinar o tamanho, quantidade de reservas e espessura do tegumento de sementes (SEGURA et al., 2015; JAGANATHAN, 2016).

Assim, considerando que as sementes utilizadas neste estudo são oriundas do mesmo local, pode-se atribuir a resposta diferencial das duas espécies à escarificação mecânica sobretudo, ao tegumento mais espesso de *A. denticulata* e menos espesso

de *A. indica*. Sementes com tegumento mais espesso e rígido, apresentam maior resistência a métodos mecânicos de superação da dormência que visam desobstruir suas camadas impermeáveis, impedindo o movimento de água para dentro do endosperma e que o processo de germinação tenha início (BÜYÜKKARTAL et al., 2013).

De posse destas evidências é possível elaborar novas hipóteses e relacionar os resultados com processos que ocorram no campo através de operações agrícolas. Como a escarificação mecânica foi o método que apresentou maior taxa de germinação para ambas as espécies, há a possibilidade de que as operações de revolvimento do solo realizadas durante o preparo das áreas para o cultivo do arroz irrigado no sistema convencional atuem como a força mecânica que escarifica as sementes de *A. denticulata* e *A. indica* através do atrito das partículas do solo com as sementes, levando a superação da dormência primária exercida pelo tegumento impermeável. Assim, estudos a campo devem ser conduzidos para comprovar estas hipóteses e estudos em laboratório devem ser realizados para determinar se o tegumento é impermeável a absorção d'água, trocas gasosas ou ambos. Também, é possível postular a hipótese de que o maior nível de dormência apresentado por *A. denticulata*, é uma das razões pelas quais esta espécie encontra-se amplamente distribuída nas regiões onde predomina o cultivo de arroz.

Além disso, estudos que verifiquem qual o reflexo das condições ambientais pelas quais a planta-mãe foi submetida durante a formação das sementes no nível de dormência primária de espécies do gênero *Aeschynomene*, podem ser o ponto de partida para o desenvolvimento de práticas que induzam a formação de sementes com baixo nível de dormência, que irão emergir de forma uniforme, possibilitando que apenas uma intervenção de manejo seja suficiente para reduzir infestações futuras.

3.4 Conclusões

As sementes de *A. denticulata* e *A. indica* apresentam dormência primária exercida pelo tegumento impermeável.

A escarificação mecânica é eficiente para superação da dormência de sementes de *A. denticulata* e *A. indica*.

4. CAPÍTULO III - Longevidade de sementes de *Aeschynomene denticulata* e *Aeschynomene indica*

4.1 Introdução

Plantas daninhas de ciclo anual tem como principal forma de reprodução suas sementes podendo ocorrer, através de algumas características específicas, sua dispersão, o que garante que alcancem novos territórios e se distribuam no ambiente (BENVENUTI, 2007). Além de se dispersar fisicamente pelo espaço, muitas sementes de plantas daninhas desenvolvem dormência ainda quando estão ligadas a planta-mãe. Esta capacidade permite que as sementes se distribuam também no tempo, levando a um incremento no banco de sementes a cada geração que se reproduz com sucesso.

O banco de sementes, para espécies anuais, é considerado a fonte de toda a infestação futura de plantas daninhas e sua dinâmica é complexa estando relacionada a diversos fatores bióticos e abióticos. O tamanho e a composição deste pode ser incrementado pela imigração e pela deposição de nova geração de sementes e, as principais formas de redução do banco são a predação, o apodrecimento e senescência, a emigração e a germinação das sementes. Estes processos são variáveis e afetam diferentemente cada espécie de planta daninha (BUHLER et al., 1997; DEKKER, 1999).

Dentre os diversos fatores que interferem na dinâmica e na longevidade do banco de sementes da espécie, destacam-se a temperatura e a umidade do solo, que sozinhos regulam o processo de germinação e podem determinar a superação da dormência, além de também influenciar a atividade da microfauna e de microrganismos do solo. A luz também tem papel fundamental na regulação da

dinâmica do banco de sementes, já que algumas espécies fotoblásticas positivas respondem a sua presença (BENECH-ARNOLD et al., 2000; BATLLA; BENECH-ARNOLD, 2007; GARDARIN et al., 2012). O sistema de preparo do solo apresenta papel central na dinâmica do banco de sementes em área cultivadas, visto que as práticas adotadas tendem a influenciar diretamente a temperatura e a umidade do solo, bem como a presença ou ausência de luz (SINGH et al., 2015).

Com o exposto, demonstra-se a importância de conhecer a longevidade do banco de sementes de plantas daninhas em diversas condições, por fornecer informações valiosas para o manejo integrado destas espécies e esclarecer os mecanismos que permitem a sua perpetuação em determinado ambiente. Logo, a hipótese deste trabalho é que as sementes de *A. denticulata* e *A. indica* apresentam alta longevidade e viabilidade no solo; e, o objetivo do trabalho é estimar a longevidade e a viabilidade do banco de sementes de *A. denticulata* e *A. indica* em Planossolo háplico.

4.2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido em campo, na área experimental do Centro de Herbologia (CEHERB) da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), em Capão do Leão, RS (31°48'24,4" S, 52°28'52.6" O), durante meses de agosto de 2018 a janeiro de 2020. Os testes para avaliar a qualidade fisiológica das sementes foram conduzidos no Laboratório do Centro de Herbologia (CEHERB) da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL).

As sementes utilizadas no experimento foram coletadas em março de 2018 em área de produção de arroz irrigado, no município de Faxinal do Soturno – RS (29°35'36,9" S 53°29'40,0" O) e armazenadas em sacos de papel em sala escura e temperatura ambiente até o enterrio. Em laboratório, foi procedido teste de germinação em gerbox com quatro repetições, utilizando como substrato para 50 sementes dispostas em duas folhas de papel germiteste umedecidas com 15 mL de água destilada, sendo realizadas a primeira e a segunda contagem de plântulas normais aos cinco e oito dias após a semeadura, como determinado por Moraes (2007). Neste teste, as sementes foram limpas, selecionadas apenas as que não apresentavam sinais de dano causado por insetos e separadas dos artículos, considerados material inerte e que não deve ser incluídas nos testes segundo as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

Para determinar a viabilidade das sementes foi procedido teste de tetrazolio (sal 2,3,5-trifenil-cloreto-de-tetrazolio) à 0,1%, considerando viáveis aquelas sementes que apresentaram cor rosa ou carmim no eixo embrionário. Foi observado que as sementes apresentavam 95% de viabilidade (dados apresentados como mês zero na Figura 1), sendo que no momento do preparo das unidades experimentais o número de sementes foi corrigido com base nesse valor.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, organizado em esquema bifatorial com quatro repetições. O Fator A foi constituído pelas espécies de angiquinho (*A. denticulata* e *A. indica*) e o Fator B, pelas épocas de avaliação do experimento aos 0, 3, 6, 9 e 12 meses após o enterrio, correspondentes aos meses de agosto e novembro de 2018 e fevereiro, maio e agosto de 2019, respectivamente. As unidades experimentais foram constituídas por sacos feitos de malha de nylon (10 x 10 cm), preenchidas com 55 sementes e 50 g de solo (Planossolo háplico), previamente peneirado e coletado em junho de 2018 na mesma área de instalação do experimento, livre de infestação de *Aeschynomene* spp.

A vegetação presente na área experimental foi removida através de capina e foi realizada incorporação dos restos vegetais. Os sacos foram enterrados removendo-se 3 cm da camada superficial do solo e após alocação das unidades experimentais, retornando o solo a sua condição original. As amostras foram posicionadas com 40 cm de espaçamento entre si, sendo considerada para cada uma área útil de 400 cm² (20 x 20 cm²). Durante o inverno, a área experimental era mantida drenada e limpa através de dessecações mensais utilizando o herbicida glyphosate na dose de 1080 g e.a. ha⁻¹.

Na estação estival a área experimental foi cultivada com arroz irrigado seguindo as recomendações da SOSBAI (2019), e para controlar as plantas daninhas que infestavam área durante a estação de cultivo era utilizado o herbicida cyhalofop-butyl na dose de 456 g e.a. ha⁻¹ (3,0 L ha) com adição de óleo mineral na mesma dose do produto comercial. Este produto foi escolhido já que seria seletivo tanto à cultura, quanto ao angiquinho.

Em cada coleta, realizada segundo os tratamentos, as sementes foram extraídas dos sacos de malha de nylon através de lavagem das amostras em água corrente em conjunto de peneiras (10, 18 e 20 mesh). Após lavagem as amostras permaneciam em papel filtro por período de 24 horas para secagem. As sementes remanescentes foram submetidas ao teste de germinação e de tetrazolio, conforme

descrito anteriormente na metodologia deste capítulo, para determinação de sua qualidade fisiológica e viabilidade.

As variáveis estudadas foram a porcentagem de sementes remanescentes, germinação total no campo, germinação total no laboratório, mortalidade, dormência, viabilidade total (obtida através do somatório da porcentagem de sementes com germinação no campo e laboratório, e de dormência) e inviabilidade total (obtida através do somatório da porcentagem de mortalidade, porcentagem de sementes inviáveis e da subtração da porcentagem de sementes remanescentes da porcentagem total). A porcentagem de todas as variáveis citadas acima foi calculada baseando-se no número inicial de 55 sementes por repetição.

Os dados obtidos foram analisados quanto a homocedasticidade e normalidade (Shapiro-Wilk) e, posteriormente submetidos à análise da variância ($\alpha \leq 0,05$) (SigmaPlot 12.5), e no caso de haver interação entre os dois fatores, foi realizada regressão utilizando o modelo sigmoidal de três parâmetros:

$$y = \frac{a}{1 + e^{-\left(\frac{x-x_0}{b}\right)}}$$

onde: y é a variável resposta, x são os meses após o enterrio e x_0 , a e b são parâmetros da equação, em que x_0 são o tempo que proporciona 50% de resposta da variável, a é a diferença entre os pontos máximo e mínimo da curva, e b é a declividade da curva.

4.3 Resultados e Discussão

A análise de homocedasticidade e normalidade não apontaram necessidade de transformação dos dados. A análise da variância indicou interação entre os dois fatores para todas as variáveis estudadas, com exceção da porcentagem de germinação no campo, em que foi indicada diferença apenas entre as épocas de avaliação, e portanto, são apresentadas as médias conjuntas das duas espécies nos resultados. O modelo sigmoidal de três parâmetros se ajustou ao conjunto de dados de todas as variáveis estudadas, com exceção da porcentagem de germinação no campo e no laboratório.

A porcentagem de sementes remanescentes de ambas as espécies declinou conforme o tempo de coleta aumentou, sendo que a partir de 6 meses no solo verificou-se maior porcentagem de sementes de *A. denticulata* do que de *A. indica* (Figura 12a). Observou-se declínio menos acentuado para *A. denticulata*, em relação

ao observado para *A. indica*, conforme o parâmetro x_0 , que descreve o tempo que proporciona 50% de resposta da variável, de cada equação demonstram. Ao final do período de coletas 74% das sementes de *A. denticulata* ainda estavam presentes nas amostras, enquanto apenas 12% das sementes de *A. indica* remanesceram. O número de sementes que permanece no solo ao longo do tempo depende de fatores climáticos, como as variações de temperatura e umidade do solo; características da espécie, tais como dureza do tegumento e dormência; e, edáficas do solo, sendo que estes fatores podem induzir a superação da dormência e germinação, a qual se caracteriza como uma das principais vias de saída do banco de sementes do solo (PROBERT et al., 2009; WYJAYRATNE; PYKE, 2012).

Em relação a germinação total no campo e no laboratório durante os testes de germinação, não houve ajuste a nenhum modelo e, portanto, são apresentados apenas as médias e os respectivos intervalos de confiança (Figura 12b). Embora não havendo ajuste observou-se leve aumento da variável três meses após o enterrio (Figura 12b).

Os meses de outubro e novembro apresentam condições favoráveis para a germinação de sementes de plantas daninhas de verão, por proporcionar temperaturas mais elevadas e regime pluviométrico que aumenta a umidade do solo. Contudo, espécies da família Fabaceae, possuem mecanismos de dormência exógenos em suas sementes, como o tegumento impermeável a água e trocas gasosas, sendo necessário o rompimento desta camada para que tais recursos sejam absorvidos pelo embrião e o processo de germinação tenha início (VENIER et al., 2012; JAYASURA et al., 2013). Como as sementes neste estudo não passaram por nenhum processo que visava superação da dormência, por exemplo, a escarificação mecânica ou o atrito com partículas do solo durante o preparo para o cultivo do arroz irrigado, a baixa germinação observada em ambos os ambientes, mesmo quando as condições eram favoráveis, pode ser explicada por este fato.

A porcentagem de mortalidade de ambas as espécies aumentou gradativamente conforme o aumento do tempo de coleta das amostras, diferindo seis meses após o enterrio (Figura 12c). Na última época de coleta, 86% das sementes de *A. indica* e 25% das sementes de *A. denticulata* já haviam sido predadas ou deterioradas. Os dados se ajustaram ao modelo sigmoidal e a diferença entre os parâmetros x_0 e b estimados para as duas espécies auxiliam na compreensão do comportamento de cada uma em relação a esta variável. Enquanto o tempo que

proporciona 50% de mortalidade de sementes de *A. indica* foi de 7 meses, para *A. denticulata* este parâmetro foi estimado em 5 meses. Já a declividade da curva foi maior para *A. denticulata*, ilustrando o aumento moderado da mortalidade de sementes desta espécie. Assim como a variação da temperatura e umidade do solo podem induzir a superação da dormência e a germinação de sementes, estes fatores podem contribuir para a deterioração destas. Observou-se que no período entre três e seis meses após o enterrio, em que as temperaturas são mais altas, houve aumento da mortalidade, podendo ser explicado pelo aumento da atividade de microrganismos e da microfauna do solo que predam sementes. Já aos nove e doze meses após o enterrio há estabilização da mortalidade de sementes (Figura 12c), em que as temperaturas são mais baixas e a atividade de microrganismos e da microfauna é reduzida (VON EULER et al., 2014).

Das sementes remanescentes que não germinaram em nenhuma das condições citadas anteriormente foi determinada a porcentagem de dormência de cada espécie. Observou-se, que 53% das sementes de *A. denticulata* recuperadas na última época de avaliação permaneciam em estado de dormência, apresentando diferença substancial em comparação com *A. indica* que apresentou apenas 2% de sementes dormentes, atrelada a alta mortalidade observada no decorrer das épocas de coleta (Figura 12d). A dormência de sementes representa uma das principais formas de sobrevivência e dispersão das plantas daninhas podendo ser o diferencial entre a perpetuação da espécie em um ambiente com condições adversas ao seu desenvolvimento (RADOSEVICH et al., 2007).

Considerando as sementes que germinaram no campo e no laboratório e as que permaneceram dormentes foi calculada a porcentagem de viabilidade total em cada época de coleta para cada espécie (Figura 12e). Esta variável apresentou comportamento similar a porcentagem de dormência, com decréscimo acentuado da porcentagem de viabilidade total para *A. indica*. No caso desta espécie, a declividade estimada (parâmetro b) da curva sigmoide foi -2,42, enquanto que para *A. denticulata* este parâmetro foi estimado em -23,32, ilustrando a diferença existente entre elas. Na última época de coleta (doze meses após o enterrio), a porcentagem de viabilidade total de sementes de *A. denticulata* foi de 53% e a de *A. indica* de 4,54%.

A porcentagem de inviabilidade total, que contabiliza as sementes que foram deterioradas ou predadas e as que não apresentaram cor rosa ou carmim no teste de tetrazólio realizado em cada época de coleta (Figura 12f). Como esta variável está

diretamente relacionada a porcentagem de mortalidade, seus resultados são muito semelhantes. Para *A. denticulata* o tempo necessário para alcançar 50% da resposta desta variável (parâmetro x_0) foi de 7 meses. No caso de *A. indica*, que mais uma vez apresentou comportamento distinto, o tempo necessário para alcançar 50% da resposta desta variável (parâmetro x_0) foi de 4 meses. Foi observada 47,85% de diferença entre a declividade da curva (parâmetro b) que descreve o comportamento de *A. denticulata* e *A. indica*, evidenciando a maior longevidade das sementes da primeira espécie citada.

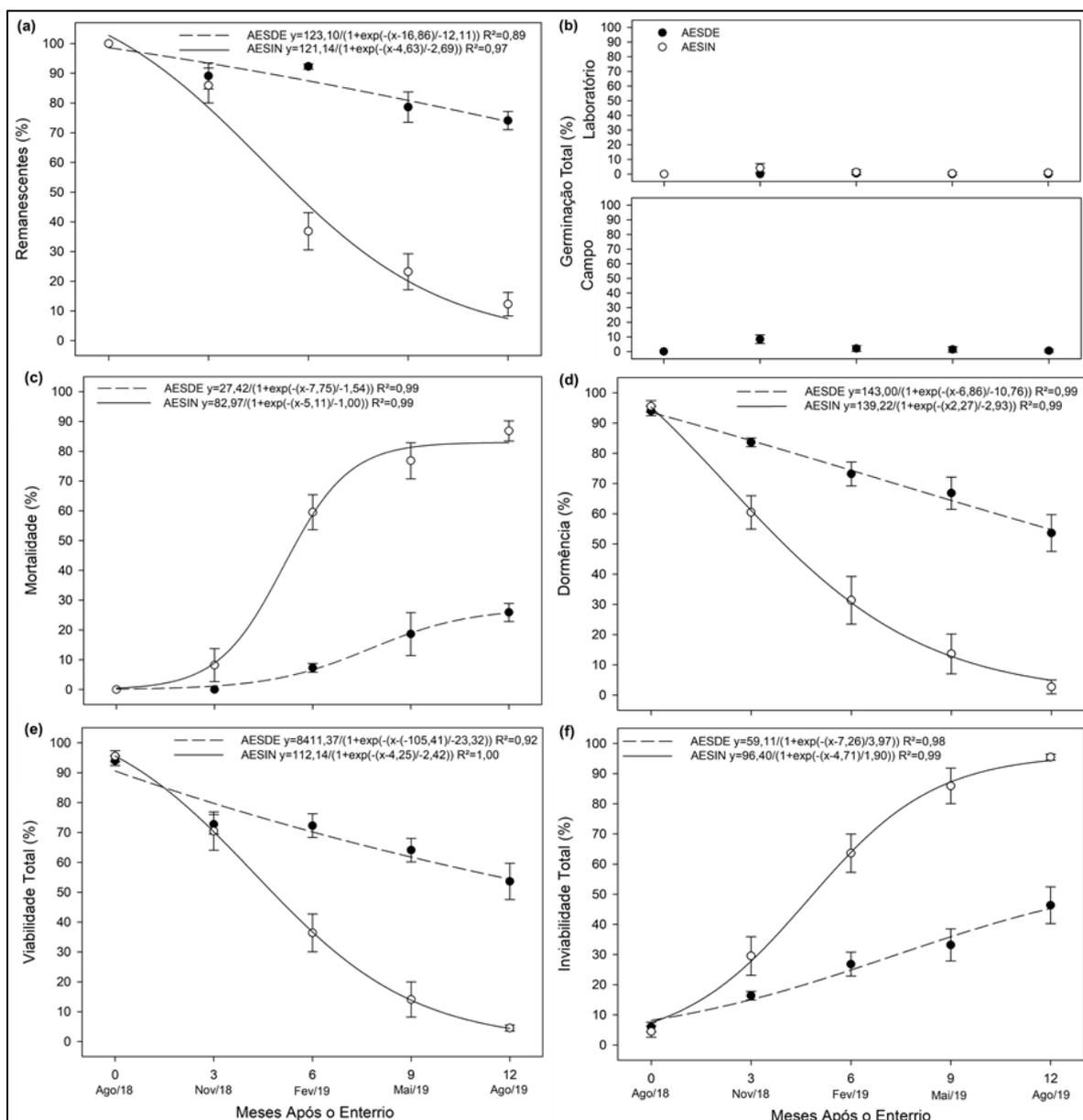


Figura 12 - Sementes remanescentes (a), germinadas no campo e no laboratório (b), mortalidade (c), dormência (d), viabilidade total (e) e inviabilidade total (f) de sementes de *A. denticulata* (●) e *A. indica* (○) após coleta e realização dos testes de germinação e tetrazólio, em cada época de avaliação. Capão do Leão, RS, 2020. Barras verticais representam os intervalos de confiança (95%) de cada média.

Ao analisar a variação no tempo (meses) do estado das sementes de cada espécie, verificou-se que a maior parte das sementes de *A. denticulata* permaneceu em estado de dormência ao longo de todo o período do estudo (Figura 13a), uma porção substancial das sementes de *A. indica* foi deteriorada ou predada (Figura 13b). Em relação a germinação das sementes de ambas as espécies fica claro que a época preferencial de ambas ocorre entre os meses de outubro e dezembro.

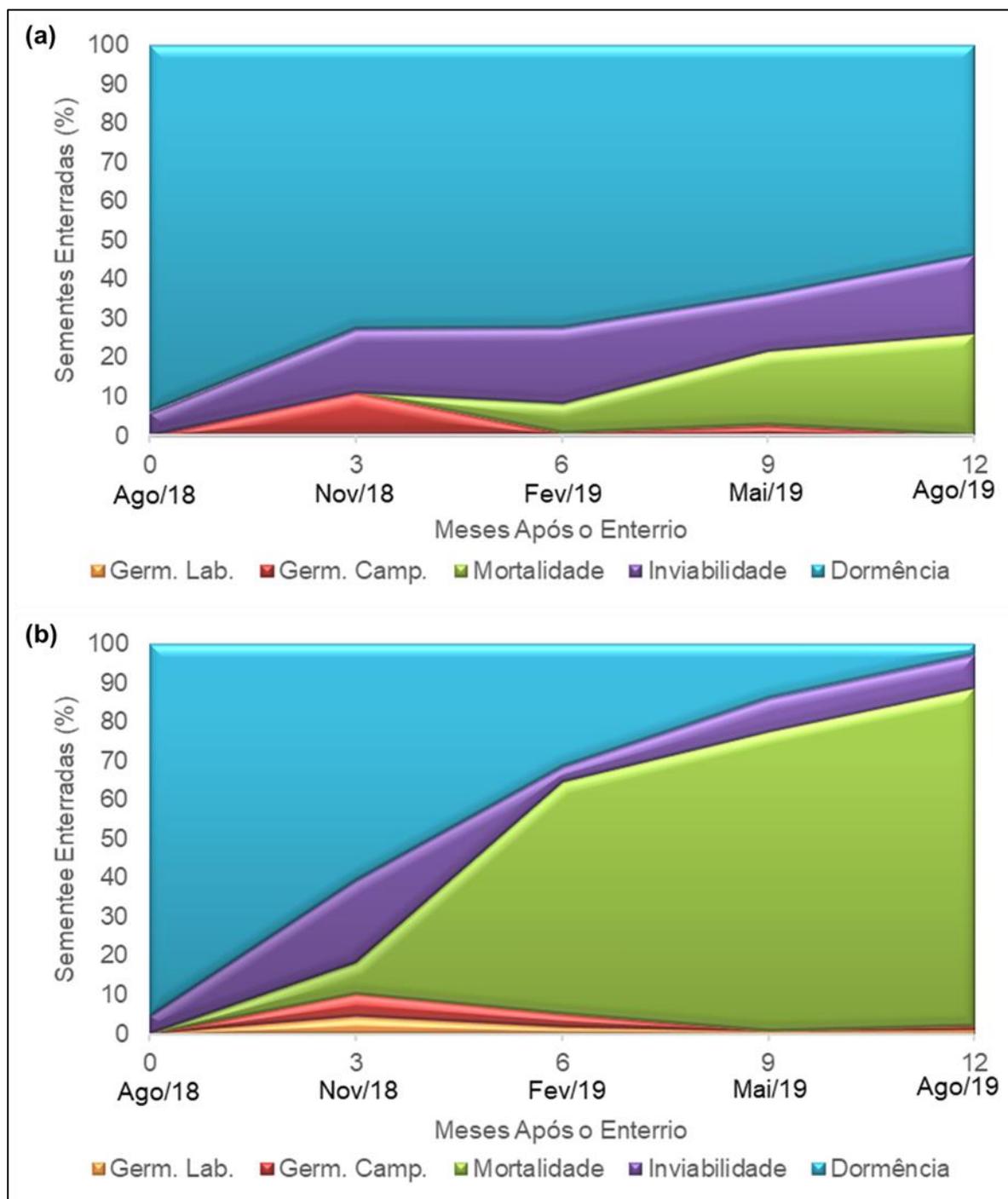


Figura 13 - Variação no tempo (meses) do estado das sementes de *A. denticulata* (a) e *A. indica* (b) no solo. Capão do Leão, RS, 2020.

A discrepância observada em relação a porcentagem de sementes dormentes das duas espécies, pode ter relação com o tamanho das sementes e a espessura do tegumento de cada uma. Como *A. denticulata* apresenta sementes menores, seu tegumento tende a ser mais espesso e, por tanto, apresenta maior tolerância às variações ambientais encontradas nas camadas superficiais do solo. Já *A. indica* que apresenta sementes maiores e tegumento com menor espessura, é suscetível a variações de temperatura drásticas e a ação de predadores e microorganismos. Resultados obtidos em estudo que avaliou a mortalidade de sementes de diversas plantas daninhas, reforçam esta hipótese, apontando a espessura do tegumento como um dos fatores mais importantes na regulação da mortalidade de sementes no solo (GARDARIN et al., 2010). Isto exposto, pode-se atribuir à maior longevidade das sementes de *A. denticulata* como um dos fatores que contribuem para o sucesso na infestação e sua perpetuação em ambientes de cultivo de arroz irrigado, já que esta espécie está amplamente distribuída pelas regiões orizícolas do Rio Grande do Sul.

Os resultados apresentados neste trabalho apontam que em um ano pode-se alcançar uma redução de 46% e 97% no banco de sementes de *A. denticulata* e *A. indica*, respectivamente, desde que sejam adotadas medidas visando o controle ou que impeçam a produção de sementes destas espécies, evitando o incremento do banco. Contudo, estudos que integrem os diferentes sistemas de preparo do solo, sistemas de cultivo utilizados em áreas de terras baixas e a longevidade de sementes de espécies de *Aeschynomene* são necessários para que recomendações possam ser definidas com segurança.

4.4 Conclusões

Nas condições em que o experimento foi conduzido, as sementes de *A. denticulata* apresentam maior longevidade e viabilidade em Planossolo háplico do que as de *A. indica*.

5. CAPÍTULO IV - Emergência de plântulas de *Aeschynomene denticulata* e *Aeschynomene indica* em função da época de semeadura e manejos de irrigação

5.1 Introdução

As espécies do gênero *Aeschynomene* podem causar perdas significativas à produção de arroz irrigado no sul do Brasil, sendo consideradas as principais plantas daninhas eudicotiledôneas infestantes da cultura. (ANDRES; THEISEN, 2009; DORNELLES et al., 2014; FRUET et al., 2019). Por se tratar de espécies, em sua maioria, semiaquáticas, apresentam facilidade de se desenvolver em ambientes úmidos e alagadiços e com alta insolação, se estabelecendo preferencialmente onde cresce isolada, tornando a lavoura de arroz irrigado o ambiente perfeito para seu estabelecimento, principalmente sobre as taipas e canais de irrigação (KISSMANN; GROTH, 1999; FLECK et al., 2008).

Além do controle químico, algumas práticas culturais podem ser utilizadas para o manejo integrado de angiquinho na lavoura de arroz irrigado, incluindo a época de semeadura e o manejo adequado da irrigação ao longo do ciclo da cultura. No Rio Grande do Sul, a semeadura do arroz tem início nas primeiras semanas de setembro até meados de dezembro, variando com a temperatura e regime pluviométrico de cada região produtora. Como a temperatura do solo tende a ser mais baixa no início da janela de plantio, a população de plantas daninhas emergidas deve ser menor em comparação com épocas de semeaduras no meio e final da janela de plantio. Devido aos diferentes níveis de dormência existentes no banco de sementes, há favorecimento à cultura que foi melhorada geneticamente ao longo dos anos para que sua emergência ocorra de forma uniforme, em semeaduras precoces (SHIVRAIN et al., 2009; WERLE et al., 2014; NICHOLS et al., 2015).

Em relação a irrigação, predomina o sistema de cultivo com taipas em nível, pouco planificadas, embora se tenha o domínio da água. A inundação da lavoura, que se inicia quando a cultura apresenta entre três e quatro folhas, ocorre a partir dos patamares mais altos, sendo a água conduzida por gravidade, mantendo-se uma lâmina d'água contínua por meio de taipas construídas com diferença de nível de cinco a 10 cm (SOSBAI, 2018b). A lâmina d'água exerce papel fundamental no manejo de plantas daninhas no sistema de produção de arroz irrigado do Rio Grande do Sul, já que impede a germinação de sementes das principais espécies infestantes, devido a remoção do oxigênio do solo, impedindo novos fluxos de infestação (BHAGAT et al., 1996; RAO et al., 2007). Ocasionalmente, a lâmina d'água pode levar mais tempo que o ideal a ser estabelecida ou ocorrem períodos de intermitência na irrigação, seja por suspensão no fornecimento de água ou devido a evapotranspiração da água pelo consumo da cultura. Nestes casos, a umidade do solo tende a ficar próxima a saturação ou a capacidade de campo, permitindo que ocorra a germinação de sementes e emergência de plântulas, estabelecendo um novo fluxo de infestação da lavoura (SMITH; FOX, 1973).

A hipótese deste trabalho é que a emergência de plântulas de *A. denticulata* e *A. indica* varia de acordo com a época de semeadura e que a presença de lâmina d'água impede a germinação das sementes e emergência das plântulas destas espécies. Portanto, o objetivo deste trabalho é determinar quais as temperaturas e condições de umidade mais favoráveis para a emergência de plântulas de *A. denticulata* e *A. indica*, visando elaborar estratégias de manejo integrado desta planta daninha.

5.2 Material e Métodos

O estudo foi conduzido no Núcleo de Bioeficiência da Embrapa Clima Temperado - Estação Terras Baixas, em Capão do Leão – RS. Dois experimentos, um utilizando sementes de *A. denticulata* e o outro utilizando sementes de *A. indica*, foram conduzidos simultaneamente duas vezes, sendo a primeira repetição conduzida de maio a junho e a segunda de junho a julho de 2019. Para isso, sementes de diferentes plantas de cada espécie, em estágio de senescência, foram coletadas, em abril de 2019 em área da Estação Experimental Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado, no Capão do Leão, RS (31°48'44.47"S 52°28'12.67"O) e armazenadas em sacos de papel, em sala escura e temperatura ambiente até a instalação dos

experimentos. As sementes foram limpas, selecionadas apenas as que não apresentavam sinais de dano causado por insetos e separadas dos artigos, considerados material inerte e que não deve ser incluídas nos testes segundo as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

5.2.1 Avaliação da viabilidade das sementes utilizadas

Antes da instalação dos experimentos, para determinação da viabilidade das sementes coletadas, foi procedido em laboratório um teste preliminar de germinação preliminar em placas de petri com quatro repetições, utilizando 10 sementes escarificadas mecanicamente utilizando lixa nº180, com força padronizada através do uso de um copo preenchido com 750 g de areia posicionado sobre as lixas, que foram movimentados entorno do próprio eixo, por duas voltas. O substrato para o teste foram duas folhas de papel germiteste umedecidas com 15 mL de água destilada, sendo realizadas a primeira e a segunda contagem de plântulas normais aos cinco e oito dias após a semeadura (MORAES, 2007). Posteriormente, para determinação da viabilidade das sementes foi procedido teste de tetrazolio (sal 2,3,5-trifenil-cloreto-de-tetrazolio) a 0,1%, considerando viáveis aquelas sementes que apresentaram cor rosa ou carmim no eixo embrionário. A viabilidade das sementes de *A. denticulata* para a primeira e segunda repetição do teste preliminar foram de 97,5 e 98%, respectivamente, e para *A. indica*, a viabilidade das sementes foi de 97,5%, nas duas repetições.

5.2.2. Condução dos experimentos

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com cinco repetições. As unidades experimentais foram constituídas por copos plásticos de 200 mL, com dimensões de 8,4 cm de altura e 6,9 cm de diâmetro superior, preenchidas com 200 g de solo previamente peneirado (Planossolo háplico), coletado na Estação Experimental Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado, em área livre de infestação de *Aeschynomene*, no Capão do Leão, RS. Cada unidade experimental recebeu 15 sementes escarificadas, semeadas na profundidade de 2 cm.

Os tratamentos foram arranjos em esquema bifatorial, sendo que o Fator A testou diferentes manejos de irrigação (solo úmido, solo saturado, lâmina d'água constante e lâmina d'água intermitente) e o Fator B avaliou épocas de semeadura (setembro, outubro e novembro). Os diferentes níveis do Fator A foram controlados

através da capilaridade através de colunas d'água com diferentes alturas e de orifícios na base dos copos (Figura 14). Para os manejos de irrigação com solo úmido e saturado a altura da coluna d'água era de 1 e 6 cm, respectivamente. No caso da lâmina d'água constante e intermitente, imediatamente após a semeadura foi estabelecida uma coluna d'água de 13,5 cm, correspondendo a 5 cm de lâmina d'água sob o solo. No manejo de irrigação com intermitência da lâmina d'água, sete dias após a semeadura, a coluna de água foi reduzida para 6 cm, estabelecendo uma condição de saturação do solo.

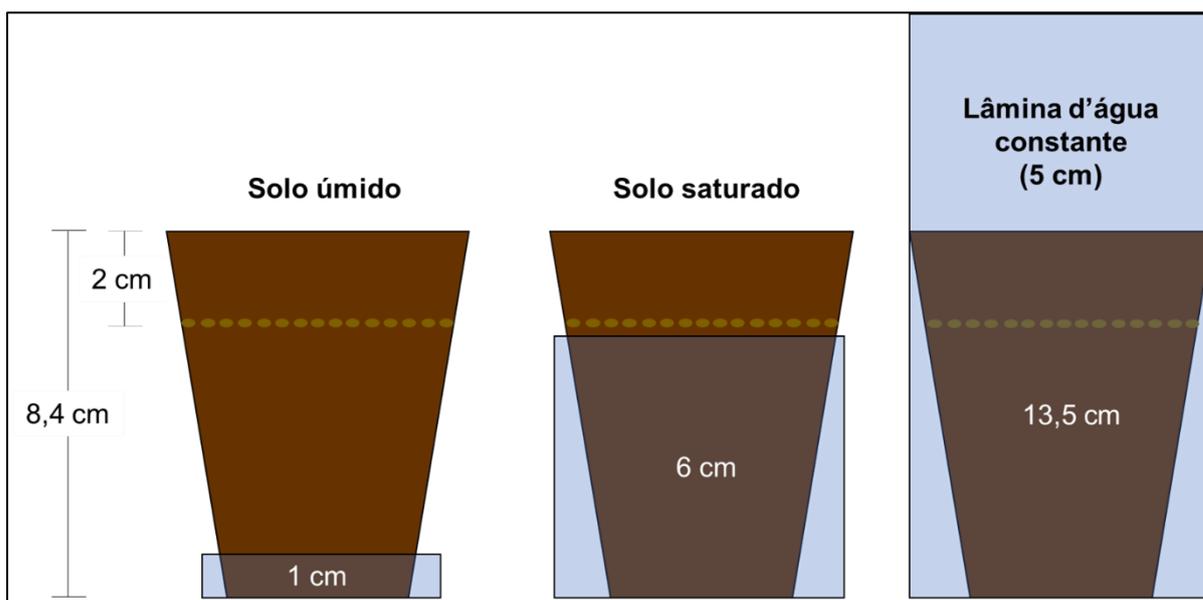


Figura 14 - Representação esquemática das unidades experimentais e especificação da altura da coluna de água (cm) utilizados para controlar os manejos de irrigação em cada nível do primeiro fator do experimento. Capão do Leão, RS, 2020.

Os níveis do Fator B foram compostos pela simulação em estufas incubadoras (BODs), das temperaturas médias e do fotoperíodo médio para os meses de semeadura do arroz irrigado no Rio Grande do Sul determinados através das Normais Climatológicas Mensais do Período 1971/2000 registradas pela Estação Agroclimatológica de Pelotas (UFPel, 2019) (Tabela 5).

Tabela 5 - Temperatura máxima, média, mínima (°C) e fotoperíodo (horas e minutos) utilizados nas estufas incubadoras (BODs) para simulação das condições ambientais dos meses de setembro, outubro e novembro. Capão do Leão, RS, 2020.

Mês	Temp. Máx. (°C)	Temp. Méd.(°C)	Temp. Mín. (°C)	Fotoperíodo
Setembro	19,6	14,9	11,2	11 h 36 min
Outubro	22,2	17,5	13,6	11 h 52 min
Novembro	24,6	19,6	15,3	12 h 50 min

As estufas incubadoras foram programadas para estabelecer as temperaturas máximas quando o fotoperíodo estava ativado e mínimas quando este estava desativado. Assim, a variação de temperatura de cada estufa incubadora (BOD) foi monitorada a cada hora utilizando equipamento HoBo Pendant® Temperature/Light 64K Data Logger e estão expostos na Figura 15.

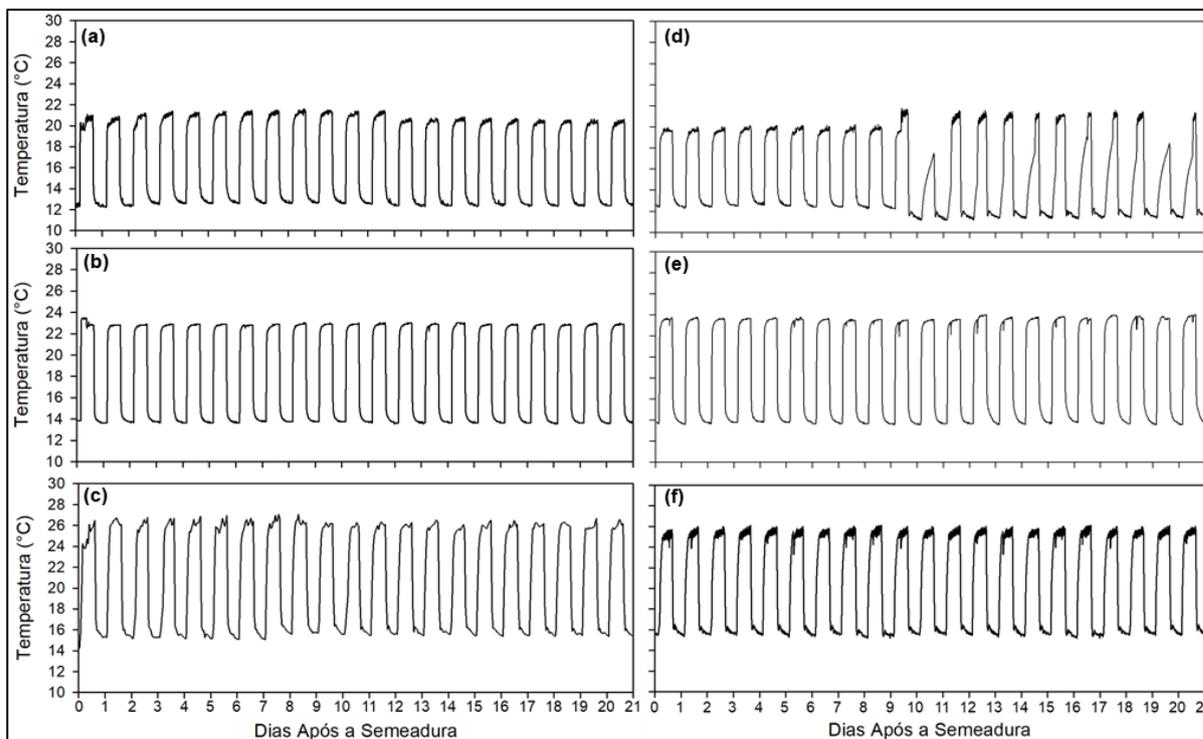


Figura 15 - Variação da temperatura dentro das estufas incubadoras (BODs) registrada pelo equipamento HoBo Pendant® Temperature/Light 64K Data Logger. De (a) a (c) referentes a setembro, outubro e novembro, respectivamente, da primeira repetição dos experimentos, e de (d) a (f) referentes a setembro, outubro e novembro, respectivamente, da segunda repetição dos experimentos. Capão do Leão, RS, 2020.

5.2.3 Emergência total e Índice de Velocidade de Emergência

Após a última época de avaliação, foi calculada a porcentagem total de emergência para cada unidade experimental aos sete, 14 e 21 dias após a semeadura e o índice de velocidade de emergência (IVE), conforme descrito por Maguire (1962):

$$IVE = \frac{N_1}{D_1} + \frac{N_2}{D_2} + \dots + \frac{N_n}{D_n}$$

onde: N_1 - número de plântulas emergidas no primeiro dia; N_n - número acumulado de plântulas emergidas; D_1 - primeiro dia de contagem; e, D_n - número de dias contados após a semeadura.

Além disso, o solo de cada unidade experimental foi lavado através de peneiras (10, 18 e 20 mesh) com a finalidade de realizar avaliação visual das sementes, onde foi constatado apodrecimento de todas que não completaram a emergência.

5.2.4 Curvas de emergência cumulativa

Durante todo o período de condução dos experimentos foi realizada contagem diária das plântulas emergidas para confecção da curva de emergência cumulativa utilizando modelo log-logístico de três parâmetros:

$$y = \frac{a}{1 + \left(\frac{x}{x_0}\right)^{-b}}$$

onde: y é a porcentagem de emergência, x são os dias após a semeadura e x_0 , a e b são parâmetros da equação, em que x_0 são os dias que proporcionam 50% de resposta da variável, a é a diferença entre os pontos máximo e mínimo da curva, e b é a declividade da curva.

5.2.5 Análise estatística

Os resultados obtidos para cada variável estudada foram analisados em porcentagem de 15 sementes, calculados através da equação:

$$y (\%) = \left(\frac{x}{15}\right) \times 100$$

onde: y é a variável resposta e x são os resultados observados em números absolutos nos testes.

Foi realizada comparação dos dados das duas repetições de cada experimento através de análise da variância ($\alpha \leq 0,05$) não sendo verificada diferença entre estas e, portanto, os resultados obtidos foram analisados conjuntamente. Os dados obtidos foram testados quanto a homocedasticidade e normalidade (Shapiro-Wilk) e posteriormente, foi procedida a análise da variância ($\alpha \leq 0,05$) e quando constatada diferença significativa, as médias dos tratamentos foram comparados através do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os dados utilizados para análise por regressão log-logística dos resultados de emergência cumulativa foram testados quanto a homocedasticidade e normalidade (Shapiro-Wilk) e, utilizando os parâmetros obtidos, o número de observações utilizadas para sua determinação e seu erro padrão, comparados através do teste F ($\alpha \leq 0,05$), não sendo verificada diferença entre as curvas cumulativas de emergência

da primeira e segunda repetição dos experimentos, assim, são apresentados seus resultados conjuntos.

Todas as análises foram conduzidas no software SigmaPlot 12.5.

5.3 Resultados e Discussão

A apresentação dos resultados de cada experimento são descritos a seguir, adotando-se a sequência dos materiais e métodos, seguido da discussão destes.

5.3.1 Emergência total e IVE para *A. denticulata*

Os resultados dos testes de homocedasticidade e normalidade não indicaram necessidade de transformação dos dados e a análise da variância ($\alpha \leq 0,05$) demonstrou haver interação entre os dois fatores para as todas as variáveis estudadas, logo, na Tabela 6 são apresentadas as médias obtidas para cada manejo de irrigação nas diferentes épocas de semeadura.

Na primeira época de avaliação (Tabela 6), aos sete dias após a semeadura, não foi observada emergência em nenhum dos manejos de irrigação no mês de setembro, logo, não foi verificada diferença significativa pela análise da variância ($\alpha \leq 0,05$). No mês de outubro, a emergência em solo saturado foi superior à observada em solo úmido e nula nos manejos com lâmina d'água. No mês de novembro, a emergência em solo úmido e saturado foram similares e distintas dos demais. Foi observada maior emergência de plântulas em solo úmido e saturado no mês de novembro, e a análise da variância não verificou diferenças entre os meses para os manejos de irrigação com lâmina contínua e intermitente. Em nenhuma das épocas de avaliação foi observada emergência de plântulas no manejo de irrigação com lâmina constante e, por isso, a análise da variância ($\alpha \leq 0,05$) não verificou diferença significativa entre as épocas de semeadura.

Aos 14 dias após a semeadura (Tabela 6), no mês de setembro, quando o solo se encontrava úmido ou saturado, houve incremento na emergência, diferindo estatisticamente dos demais manejos de irrigação. Comportamento semelhante foi verificado para o mês de outubro, em que a emergência em solo saturado foi superior às demais. Quanto ao mês de novembro, as médias do solo úmido e saturado foram estatisticamente iguais e distintas das demais. Nos dois últimos meses, foi verificada diferença entre a emergência observada com lâmina intermitente e constante. A emergência em solo úmido foi superior nos meses de outubro e novembro em relação

ao mês de setembro, comportamento também verificado para os manejos de irrigação com solo saturado e lâmina d'água intermitente.

Tabela 6 - Emergência total (%) de *A. denticulata* aos sete, 14 e 21 dias após a semeadura e Índice de Velocidade de Emergência, em diferentes manejos de irrigação e épocas de semeadura. Capão do Leão, RS, 2020.

Manejo de irrigação	Épocas de semeadura simuladas		
	Setembro	Outubro	Novembro
7 dias após a semeadura			
Solo úmido	c ¹ 0,0 ^{ns}	b 24,0 B	a 45,3 A
Solo saturado	c 0,0	b 37,3 A	a 47,3 A
Lâm. Contínua	^{ns} 0,0	0,0 C	0,0 B
Lâm. Intermitente	^{ns} 0,0	0,0 C	0,0 B
C.V. (%)	32,12		
14 dias após a semeadura			
Solo úmido	b 10,0 B	a 47,3 B	a 63,3 A
Solo saturado	b 35,3 A	a 64,6 A	a 66,6 A
Lâm. Contínua	^{ns} 0,0 C	0,00 D	0,0 C
Lâm. Intermitente	b 0,0 C	a13,0 C	a 17,3 B
C.V. (%)	32,16		
21 dias após a semeadura			
Solo úmido	c 16,6 B	b 52,6 B	a 64,6 A
Solo saturado	b 46,6 A	a 74,6 A	a 71,3 A
Lâm. Contínua	^{ns} 0,00 D	0,00 D	0,00 C
Lâm. Intermitente	^{ns} 11,3 C	16,6 C	20,0 B
C.V. (%)	28,89		
Índice de Velocidade de Emergência			
Solo úmido	c 1,36 B	b 7,89 B	a 12,32 A
Solo saturado	b 4,41 A	a 10,85 A	a 12,11 A
Lâm. Contínua	^{ns} 0,00 C	0,00 D	0,00 C
Lâm. Intermitente	^{ns} 0,50 C	1,32 C	1,70 B
C.V. ² (%)	24,37		

1: Médias seguidas por letras distintas maiúsculas na coluna e, minúsculas na linha, dentro de cada época de avaliação, diferem entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). 2: coeficiente de variação referente a interação dos fatores. ns: : não significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$).

Na última época de avaliação (Tabela 6), aos 21 dias após a semeadura, o comportamento observado foi semelhante à da época de avaliação anterior, em que

a emergência em solo saturado para os meses de setembro e outubro foi superior aos demais e semelhante ao observado com solo úmido para o mês de novembro, se distinguindo dos demais manejos de irrigação. No mês de setembro, observou-se diferença entre a média de emergência observada com lâmina intermitente e contínua. O mês de novembro em solo úmido apresentou emergência distinta dos demais e semelhante à do mês de outubro com solo saturado. Não foi verificada diferença entre as médias de lâmina contínua e intermitente para diferentes épocas de semeadura.

Em relação ao IVE (Tabela 6), as plântulas de *A. denticulata* apresentaram maior velocidade de emergência no mês de setembro quando o solo se encontrava saturado, bem como o observado para a época de semeadura de outubro, sendo observada diferença deste manejo de irrigação quando comparado aos demais nestas épocas de semeadura. Para o mês de novembro, o IVE calculado para as condições de solo úmido e saturado se distinguiram das demais. Em solo úmido, o IVE calculado para o mês de novembro se distinguiu das demais épocas de semeadura e em solo saturado, o IVE calculado para os meses de novembro e outubro foram semelhantes, apresentando diferença em relação ao mês de setembro. O valor calculado para o IVE do manejo de irrigação com lâmina constante é nulo já que não foi observada emergência em nenhuma das épocas de semeadura, e portanto, a análise da variância ($\alpha \leq 0,05$) não verificou diferença significativa entre as épocas de semeadura. Apesar de ter sido verificada emergência de plântulas no manejo de irrigação intermitente, independente da época de semeadura, após a remoção da lâmina d'água aos sete dias após a semeadura, não houve diferenças entre os índices calculados.

5.3.2 Emergência total e IVE para *A. indica*

Os resultados dos testes de homocedasticidade e normalidade não indicaram necessidade de transformação dos dados e a análise da variância ($\alpha \leq 0,05$) demonstrou haver interação entre os dois fatores para a emergência total (%) aos sete dias após a semeadura e para o IVE, sendo apresentadas na Tabela 7 as médias obtidas para cada manejo de irrigação nas diferentes épocas de semeadura. Já para a emergência total (%) aos 14 e 21 dias após a semeadura a análise da variância ($\alpha \leq 0,05$) não indicou interação entre os dois fatores e, portanto, são apresentadas as médias obtidas para cada fator estudado separadamente, nas Tabelas 8 e 9.

Aos sete dias após a semeadura (Tabela 7), verificou-se baixa porcentagem de emergência para o mês de setembro em solo saturado, se distinguindo dos demais

manejos de irrigação, que não diferiram entre si. Já no mês de outubro, as médias de emergência em solo úmido e saturado não diferiram entre si, sendo superiores às observadas para os manejos de irrigação com lâmina d'água. Em relação ao mês de novembro, a emergência em solo úmido se distinguiu dos demais. A porcentagem de emergência observada em solo úmido no mês de novembro apresentou diferenças em relação às demais épocas de semeadura e, em solo saturado, os meses de outubro e novembro se distinguiram do mês de setembro. Em nenhuma das épocas de avaliação foi observada emergência de plântulas no manejo de irrigação com lâmina constante e, por isso, a análise da variância ($\alpha \leq 0,05$) não verificou diferença significativa entre as épocas de semeadura.

Tabela 7 - Emergência total (%) de *A. indica* aos sete dias após a semeadura e Índice de Velocidade de Emergência, em diferentes manejos de irrigação e épocas de semeadura. Capão do Leão, RS, 2020.

Manejo de irrigação	Épocas de semeadura simuladas		
	Setembro	Outubro	Novembro
	7 dias após a semeadura		
Solo úmido	c ¹ 0,0 B	b 42,6 A	a 50,0 A
Solo saturado	b 9,3 A	a 36,6 A	a 38,0 B
Lâm. Contínua	ns 0,0 B	0,0 B	0,0 C
Lâm. Intermitente	ns 0,0 B	0,0 B	0,0 C
C.V. (%)	38,94		
Índice de Velocidade de Emergência			
Solo úmido	c 5,56 A	b 10,26 A	a 13,01 A
Solo saturado	b 5,34 A	a 10,02 A	a 10,31 B
Lâm. Contínua	ns 0,00 B	0,00 B	0,00 C
Lâm. Intermitente	ns 0,27 B	1,19 B	1,10 C
C.V. ² (%)	31,92		

1 Médias seguidas por letras distintas maiúsculas na coluna e, minúsculas na linha, dentro de cada época de avaliação, diferem entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). 2: coeficiente de variação referente a interação dos fatores. ns: : não significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$).

Quanto ao IVE (Tabela 7), os índices calculados para os manejos de irrigação com solo úmido e saturado não se distinguiram nos meses de setembro e outubro, e foram distintos dos calculados para os manejos de irrigação com lâmina d'água constante ou intermitente. Já para o mês de novembro, os índices calculados para solo úmido e saturado foram superiores aos calculados para os manejos de irrigação

com lâmina d'água, sendo que o IVE obtido para o solo úmido foi superior aos demais. Em solo úmido, o IVE calculado para o mês de novembro se distinguiu das demais épocas de semeadura e em solo saturado, o IVE calculado para os meses de novembro e outubro foram semelhantes, apresentando diferença em relação ao mês de setembro. O valor calculado para o IVE do manejo de irrigação com lâmina constante é nulo já que não foi observada emergência em nenhuma das épocas de semeadura, e portanto, a análise da variância ($\alpha \leq 0,05$) não verificou diferença significativa entre as épocas de semeadura. Apesar de ter sido verificada emergência de plântulas no manejo de irrigação intermitente, independente da época de semeadura, após a remoção da lâmina d'água aos sete dias após a semeadura, não houve diferenças entre os índices calculados.

Apresentado isoladamente, o efeito do manejo de irrigação foi semelhante aos 14 e 21 dias após a semeadura, sendo observado leve incremento na porcentagem de emergência entre as épocas de avaliação (Tabela 8). Não foi observada diferenças entre a emergência em solo úmido e saturado, que se distinguiram dos demais manejos de irrigação em ambas as épocas de avaliação. A partir da segunda época de avaliação, a emergência em lâmina d'água intermitente foi distinta da observada em lâmina d'água constante.

Tabela 8 - Emergência total (%) de *A. indica* aos 14 e 21 dias após a semeadura em diferentes manejos de irrigação. Capão do Leão, RS, 2020.

Manejo de irrigação	14 dias após a semeadura	21 dias após a semeadura
Solo úmido	50,2 A ¹	52,4 A
Solo saturado	46,2 A	49,1 A
Lâm. Contínua	0,0 C	0,0 C
Lâm. Intermitente	7,55 B	11,1 B
C.V. ² (%)	40,87	39,25

1: Médias seguidas por letras distintas maiúsculas na coluna, em cada época de avaliação, diferem entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). 2: coeficiente de variação.

Quanto a época de semeadura estudada de forma isolada aos 14 e 21 dias após a semeadura (Tabela 9), nos meses de outubro e novembro as médias de emergência não diferiram estatisticamente entre si, sendo distintas apenas das médias do mês de setembro, sendo observado leve incremento na porcentagem de emergência entre as épocas de avaliação.

Tabela 9 - Emergência total (%) de *A. indica* aos 14 e 21 dias após a semeadura em diferentes épocas de semeadura. Capão do Leão, RS, 2020.

Época de semeadura	14 dias após a semeadura	21 dias após a semeadura
Setembro	19,6 B ¹	23,3 B
Outubro	29,1 A	30,6 A
Novembro	29,1 A	30,5 A
C.V. ² (%)	94,78	90,57

1: Médias seguidas por letras distintas maiúsculas na coluna, em cada época de avaliação, diferem entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). 2: coeficiente de variação.

5.3.3 Curvas de emergência cumulativa para *A. denticulata*

Os resultados dos testes de homocedasticidade e normalidade não indicaram necessidade de transformação dos dados e os resultados de emergência cumulativa de *A. denticulata* obtidos para todos os manejos de irrigação e épocas de semeadura se ajustaram ao modelo log-logístico de três parâmetros, com exceção do manejo de irrigação com lâmina constante em que a emergência de plântulas foi nula em todas as épocas de semeadura.

O parâmetro x_0 da curva de emergência cumulativa em solo saturado no mês de setembro aponta que para alcançar 50% do total de emergência foram necessários 11,68 dias, enquanto que para o manejo de irrigação com solo úmido e lâmina d'água intermitente foram necessários, respectivamente, 13,98 e 15,97 dias (Figura 16a, Tabela 10). Já a declividade das curvas, representada pelo parâmetro b , foi menor para o manejo de irrigação com lâmina contínua (-22,3) indicando que a emergência cumulativa alcançou seu máximo de mais lentamente que os demais. No caso do solo úmido foi observada a maior declividade para o mês de setembro (-4,46) e para solo saturado o parâmetro b foi -5,20. Houve diferença entre todos os parâmetros estimados para todos os manejos de irrigação para o mês de setembro.

Para o mês de outubro (Figura 16b), houve diferença entre o parâmetro x_0 estimado em 12,16 dias para a curva de emergência cumulativa com lâmina intermitente em relação às demais, 7,42 e 7,85 dias para solo úmido e solo saturado respectivamente (Tabela 10). Estes resultados corroboram com os obtidos para o parâmetro b , já que a declividade da curva de emergência cumulativa em lâmina intermitente foi de -12,3, diferindo do obtido para solo úmido e saturado, -5,09 e -3,81, respectivamente.

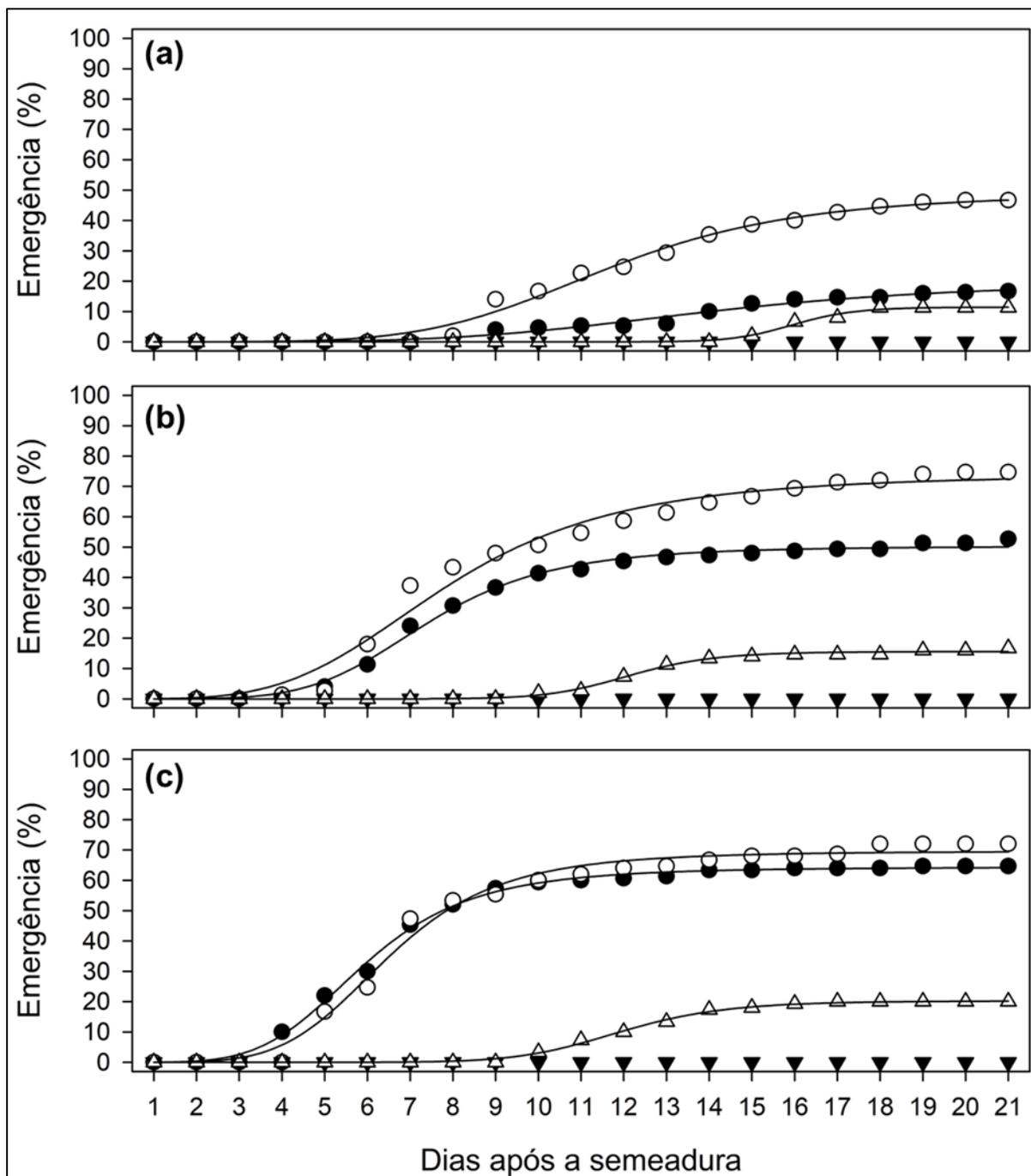


Figura 16 - Curvas cumulativas de emergência para *A. denticulata* nas épocas de semeadura de (a) setembro, (b) outubro e (c) novembro, e em diferentes manejos d'água: ● - Solo úmido; ○ - Solo saturado; ▼ - Lâmina d'água constante e Δ - Lâmina d'água intermitente. Capão do Leão, RS, 2020. Dados ajustados ao modelo log-logístico de três parâmetros.

Em relação ao mês de novembro (Figura 16c), o comportamento das curvas de emergência cumulativas foi muito semelhante ao mês de outubro. O parâmetro x_0 estimado para o manejo de irrigação com lâmina intermitente (11,94 dias) apresentou diferença em relação ao estimado para solo úmido (5,92 dias) e solo saturado (6,49 dias). A declividade das curvas também apresentou diferenças entre os manejos de

irrigação, sendo que o parâmetro b estimado para solo úmido, solo saturado e lâmina intermitente foram de respectivamente, -4,36, -4,96 e -9,69, explicando a semelhança entre as curvas de emergência cumulativa para os dois primeiros (Tabela 10).

Comparando os diferentes manejos de irrigação em capa época de semeadura, percebe-se redução no parâmetro x_0 conforme avançam os meses, ou seja, menor é o tempo necessário para que se alcance 50% do total de emergência observado.

Tabela 10 - Parâmetros estimados (x_0 , a e b) pela equação log-logística ajustada aos dados de diferentes manejos de irrigação e épocas de semeadura para *A. denticulata*. Capão do Leão, RS, 2020.

Época de semeadura	Manejo de Irrigação	x_0	a	b	R^2
Setembro	Solo úmido	13,98 ±0,77 ¹	19,92 ±1,88	-4,46 ±0,63	0,98
Setembro	Solo saturado	11,68 ±0,24	48,95 ±1,64	-5,20 ±0,46	0,99
Setembro	Intermitente	15,97 ±0,08	11,45 ±0,24	-22,3 ±2,32	0,99
Outubro	Solo úmido	7,42 ±0,09	50,30 ±0,56	-5,09 ±0,30	0,99
Outubro	Solo saturado	7,85 ±0,25	71,12 ±2,29	-3,81 ±0,43	0,98
Outubro	Intermitente	12,16 ±0,09	15,59 ±0,23	-12,3 ±1,01	0,99
Novembro	Solo úmido	5,92 ±0,06	64,35 ±0,47	-4,36 ±0,20	0,99
Novembro	Solo saturado	6,49 ±0,13	69,55 ±1,12	-4,96 ±0,47	0,98
Novembro	Intermitente	11,94 ±0,07	20,28 ±0,24	-9,69 ±0,54	0,99

1: valores representam o erro padrão de cada parâmetro. Os dados obtidos para o manejo de irrigação com lâmina contínua não constam na tabela pois não houve ajuste ao modelo utilizado.

5.3.4 Curvas de emergência cumulativa para *A. indica*

Os resultados dos testes de homocedasticidade e normalidade não indicaram necessidade de transformação dos dados e os resultados de emergência cumulativa de *A. indica* obtidos para todos os manejos de irrigação e épocas de semeadura se ajustaram ao modelo log-logístico de três parâmetros, com exceção do manejo de irrigação com lâmina constante em que a emergência de plântulas foi nula em todas as épocas de semeadura.

Para o mês de setembro (Figura 17a), não foi observada diferença entre o parâmetro x_0 estimado para as curvas cumulativas de emergência em solo úmido e saturado, correspondentes a 8,91 e 8,81 dias, respectivamente. Estes por sua vez, apresentaram diferença em relação ao parâmetro x_0 estimado em 16,41 dias para o manejo de irrigação com lâmina intermitente (Tabela 11). Apesar disso, o parâmetro

b das curvas de emergência cumulativa em solo úmido e saturado apresentaram diferença, com valores de -9,90 e -6,00, respectivamente. A declividade estimada para a curva de emergência cumulativa com lâmina intermitente por sua vez diferiu dos demais correspondendo a -20,8.

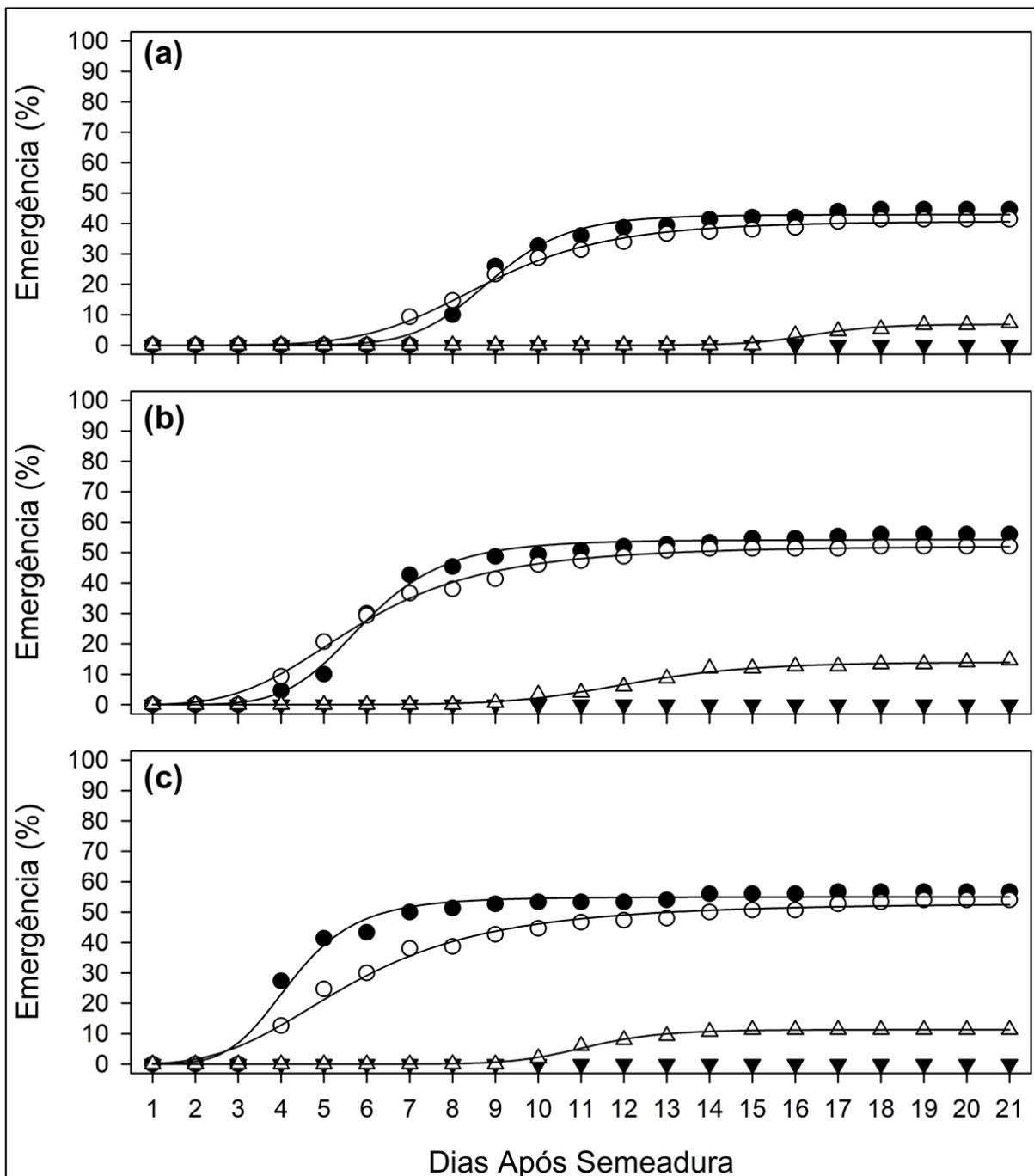


Figura 17 - Curvas cumulativas de emergência para *A. indica* nas épocas de semeadura de (a) setembro, (b) outubro e (c) novembro, e em diferentes manejos d'água: ● - Solo úmido; ○ - Solo saturado; ▼ - Lâmina d'água constante e △ - Lâmina d'água intermitente. Capão do Leão, RS, 2020. Dados ajustados ao modelo log-logístico de três parâmetros.

O comportamento observado para as curvas de emergência cumulativa no mês de outubro foi semelhante (Figura 17b), já que para os manejos de irrigação em solo úmido e saturado o parâmetro x_0 estimado para cada um foi 5,95 e 5,81 dias, respectivamente, não sendo verificada diferença entre ambos. Assim como na época de semeadura antecedente para a lâmina intermitente, o parâmetro x_0 foi superior aos demais, sendo estimado em 12,16 dias (Tabela 11). A declividade das curvas de emergência cumulativa também seguiu o comportamento observado anteriormente, sendo que para os parâmetros b estimados para os manejos de irrigação em solo úmido, saturado e com lâmina intermitente foram de respectivamente: -6,28, -3,78 e -8,44.

Em relação ao mês de novembro (Figura 17c), foi verificada diferença significativa entre os parâmetros x_0 estimados para as curvas de emergência cumulativa em solo úmido e saturado, correspondentes a 4,24 e 5,65 dias. Para o manejo com lâmina intermitente, o valor deste parâmetro foi superior e estimado em 11,13 dias (Tabela 11). A declividade das curvas de emergência cumulativa (parâmetro b) apresentou comportamento similar ao das demais épocas de semeadura, sendo maior com solo saturado e menor para o manejo com lâmina intermitente.

Tabela 11 - Parâmetros estimados (x_0 , a e b) pela equação log-logística ajustada aos dados de diferentes manejos de irrigação e épocas de semeadura para *A. indica*. Capão do Leão, RS, 2020.

Época de semeadura	Manejo de Irrigação	x_0		a		b		R^2
Setembro	Solo úmido	8,91	$\pm 0,10^1$	42,96	$\pm 0,62$	-9,90	$\pm 1,02$	0,99
Setembro	Solo saturado	8,81	$\pm 0,11$	40,79	$\pm 0,58$	-6,00	$\pm 0,42$	0,99
Setembro	Intermitente	16,41	$\pm 0,13$	6,89	$\pm 0,25$	-20,8	$\pm 3,17$	0,98
Outubro	Solo úmido	5,95	$\pm 0,09$	51,25	$\pm 0,60$	-6,28	$\pm 0,53$	0,99
Outubro	Solo saturado	5,81	$\pm 0,10$	52,28	$\pm 0,64$	-3,78	$\pm 0,23$	0,99
Outubro	Intermitente	12,16	$\pm 0,13$	14,07	$\pm 0,29$	-8,44	$\pm 0,71$	0,99
Novembro	Solo úmido	4,24	$\pm 0,10$	55,00	$\pm 0,75$	-5,51	$\pm 0,69$	0,98
Novembro	Solo saturado	5,65	$\pm 0,15$	53,14	$\pm 1,02$	-3,30	$\pm 0,29$	0,98
Novembro	Intermitente	11,13	$\pm 0,06$	11,32	$\pm 0,12$	-12,8	$\pm 0,88$	0,99

1: valores representam o erro padrão de cada parâmetro. Os dados obtidos para o manejo de irrigação com lâmina contínua não constam na tabela pois não houve ajuste ao modelo utilizado.

Comparando os diferentes manejos de irrigação em capa época de semeadura, percebe-se redução no parâmetro x_0 e aumento do parâmetro b conforme avançam os meses, ou seja, menor é o tempo necessário para que se alcance 50% do total de emergência observado e maior é a declividade das curvas de emergência cumulativa.

5.3.5 Discussão

De posse dos resultados obtidos nas duas repetições dos experimentos é possível apontar algumas considerações a respeito das condições de umidade, temperatura e fotoperíodo que favoreceram a emergência de *A. denticulata* e *A. indica*. Através das médias de emergência semanais e da falta de ajuste ao modelo log-logístico, pode-se afirmar que, para ambas as espécies, quando a lâmina d'água esteve presente durante os 21 dias em que os experimentos foram conduzidos, a emergência e estabelecimento de plântulas foi inibida, independente da época de semeadura. O papel fundamental da presença constante da lâmina d'água para o manejo de plantas daninhas na cultura do arroz irrigado é amplamente abordado na literatura e os resultados deste trabalho corroboram com os observados para outras espécies como *Echinochloa crus-galli*, *Cyperus difformis* (ABOU EL-DARAG et al., 2017), *Fimbristylis miliaceae* (BEGUM et al., 2006) e *Ludwigia hyssopifolia* (CHAUHAN; JOHNSON, 2009).

Nos resultados apresentados, principalmente nas curvas cumulativas de emergência (Figuras 15 e 16), que mesmo após um período com lâmina d'água, poucos dias após a remoção da condição de hipóxia foi verificada emergência de ambas as espécies, indicando que em condições de campo, quando ocorrem problemas operacionais de irrigação, pode ocorrer reinfestação por esta planta daninha. Em condições de irrigação intermitente, há um aumento na diversidade de espécies de plantas daninhas presentes em lavouras de arroz, e em trabalhos conduzidos a campo, foi verificado que *A. indica* só se esteve presente quando a cultura do arroz foi irrigada de forma intermitente, não sendo observada quando a lavoura foi irrigada por inundação de forma contínua, corroborando com os resultados obtidos neste estudo (TAKANOSE et al., 2013; PEI et al., 2015). Os resultados das curvas cumulativas de emergência (Figuras 15 e 16), também demonstram que em solo úmido e saturado, houve maior e mais rápida emergência de plântulas de ambas as espécies. Desta forma, pode-se afirmar que *A. denticulata* e *A. indica* encontram

em taipas ou manchas na lavoura em que a lâmina d'água não é estabelecida integralmente, um ambiente amplamente favorável para seu estabelecimento.

Em relação as épocas de semeadura simuladas, como esperado, nas temperaturas mais baixas do mês de setembro, ambas as espécies encontraram dificuldades na emergência e estabelecimento das plântulas, indicando que períodos em que ocorrem variações de temperatura entre 11 e 19°C uma menor infestação de *A. denticulata* e *A. indica* será observada. No entanto, nos meses de outubro e novembro, em que as temperaturas máximas são superiores a 20°C, foram verificadas as condições mais favoráveis para a emergência e estabelecimento de ambas as espécies. A germinação de *A. indica* é ótima quando as temperaturas superam os 15°C, não sendo observada diferenças até os 35°C (SUMUDUNIE; JAYASURIYA, 2019) e em condições de temperaturas alternada, também foi verificada maior germinação de sementes desta espécie nas variações de 15/20, 25/20, 30/25 e 35/30°C, quando comparada a variações de temperatura com mínimas inferiores a 15°C, corroborando com os resultados apresentados neste estudo (JIN et al., 2010).

Posto isto, pode-se propor que, para se obter menores infestações de *A. denticulata* e *A. indica* no início do cultivo do arroz, a semeadura antecipada, no final do mês de setembro, em que as temperaturas são inferiores às ótimas para emergência de plântulas destas espécies, é uma alternativa, já que a faixa de temperatura mínima para germinação (10°C), emergência e estabelecimento (12 a 13°C) da cultura é mais ampla, permitindo que o arroz se estabeleça antes das plântulas de angiquinho (YOSHIDA, 1981). Visando impedir a emergência de plântulas destas espécies no decorrer do período de cultivo, a manutenção da lâmina d'água de irrigação é importante e deve-se evitar períodos em que o solo retorne a capacidade de campo ou saturação, condições favoráveis ao estabelecimento de *A. denticulata* e *A. indica*.

Para complementar e aprofundar os resultados deste trabalho, estudos que objetivem determinar a temperatura e potencial hídrico base para germinação de *A. denticulata* e *A. indica* devem ser conduzidos, possibilitando também, que a emergência dessas espécies possa ser prevista através de modelagem matemática, fornecendo dados para que sejam tomadas decisões de controle mais precisas (GRUNDY, 2002).

5.4. Conclusões

As condições que favorecem a emergência de *A. denticulata* e *A. indica* foram observadas nas temperaturas das épocas de semeadura de outubro e novembro e quando o solo se encontrava na úmido ou saturado, não sendo observada emergência na presença de lâmina d'água.

6. Considerações Finais

Quatro espécies de *Aeschynomene* foram identificadas em lavouras de arroz irrigado: *A. denticulata*, *A. indica*, *A. rudis* e *A. sensitiva*. A espécie mais frequente e observada em todas as seis regiões orizícolas do Rio Grande do Sul é *A. denticulata*. Já *A. indica*, apesar de estar presente nas regiões da Campanha e Depressão Central, é espécie predominante nas regiões litorâneas. *A. rudis* teve sua distribuição restrita à Planície Costeira Externa e Zona Sul e *A. sensitiva* foi observado apenas na Depressão Central, em lavoura de arroz sob cultivo pré-germinado.

A constante movimentação de solo, decorrente do preparo convencional, pode ser um dos fatores determinantes na superação da dormência de sementes de angiquinho, já que apresentam dormência primária exercida pelo tegumento impermeável e a escarificação mecânica mostrou-se o método mais eficiente para sua superação. Aliado a isso, pode-se atribuir à maior longevidade das sementes de *A. denticulata* como um dos fatores que contribuem para o sucesso na infestação e sua perpetuação em ambientes de cultivo de arroz irrigado.

Mesmo que produtores e técnicos relatem germinação de angiquinho no meio do ciclo do arroz, sob lâmina d'água, os resultados destes estudos não confirmam estas afirmações. As práticas de manejo adotadas pelos produtores, focadas no controle de gramíneas, associadas às dificuldades em manter a lâmina d'água constante, seja por questões de relevo ou problemas no fornecimento de água, contribuem para momentos de maior disponibilidade de oxigênio e temperatura, que podem ser as razões pelas quais ocorrem escapes desta planta daninha.

7. Referências

ABOU EL-DARAG, I.H.; ABD EL-NABY, S.S.M.; EL-GHANDOR, A.M.A. Effect of water regime and weed control treatments on weeds, growth and yields in hybrid rice. **Journal of Plant Production**, v.8, p.939-943, 2017.

AGOSTINETTO, D.; FLECK, N.G.; RIZZARDI, M.A.; MEROTTO JR., A.; VIDAL, R.A. Arroz vermelho: ecofisiologia e estratégias de controle. **Ciência Rural**, v.31, p.341-349, 2001.

AGOSTINETTO, D.; GALON, L.; SILVA, J.M.B.V.; TIRONI, S.P.; ANDRES, A. Interferência e nível de dano econômico de capim-arroz sobre o arroz em função do arranjo de plantas da cultura. **Planta Daninha**, v.28, p.993-1003, 2010.

AGOSTINETTO, D.; DAL MAGRO, T.; VARGAS, L.; NOLDIN, J.A. Resistência de *Cyperus difformis* L. ao herbicida pyrazosulfuron-ethyl e alternativas de controle. **Ciências Agrárias**, v.32, p.839-848, 2011.

AHMED, S.; CHAUHAN, B.S. Efficacy and phytotoxicity of different rates of oxadiargyl and pendimethalin in dry-seeded rice (*Oryza sativa* L.) in Bangladesh. **Crop Protection**, v.72, p.169-174, 2015.

AHRENS, W.H.; COX, D.J.; BUDHWAR, G. Use of arcsine and square root transformations for subjectively determined percentage data. **Weed Science**, v.38, p.452-458, 1990.

ALAZARD, D.; BECKER, M. *Aeschynomene* as a Green manure for rice. **Plant and Soil**, v.101, p.141-143, 1987.

ANDRES, A.; AVILA, L.A.; MARCHEZAN, E.; MENEZES, V.G. Rotação de culturas e pousio do solo na redução do banco de sementes de arroz vermelho em solo de várzea. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.7, p.85-88, 2001.

ANDRES, A.; THEISEN, G. Épocas de controle de angiquinho e prejuízos em arroz irrigado cv. BRS Querência. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento** 93, Pelotas – RS: Embrapa Clima Temperado, 2009.

ANTUNES, L.L.C.; SILVA, M.J. *Aeschynomene* (Leguminosae, Papilionoideae) no estado de Goiás, Brasil. **Rodriguésia**, v.69, p.2163-2207, 2018.

BAJWA, A.A. Sustainable weed management in conservation agriculture. **Crop Protection**, v.65, p.105-113, 2014.

BAJWA, A.A.; MAHAJAN, G.; CHAUHAN, B.S. Nonconventional weed management strategies for modern agriculture. **Weed Science**, v.63, p.723-747, 2015.

BATLLA, D.; BENECH-ARNOLD, R.L. Predicting changes in dormancy level in weed soil seed banks: implications for weed management. **Crop Protection**, v.26, p.189-197, 2007.

BASKIN, C.C. Breaking physical dormancy in seeds - focusing on the lens. **New Phytologist**, v.158, p.229-232, 2003.

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

BECKIE, H.J.; REBOUD, X. Selecting for weed resistance: herbicide rotation and mixture. **Weed Technology**, v.23, p.363-370, 2009.

BECKIE, H.J.; HARKER, K.N. Our top 10 herbicide-resistant weed management practices. **Pest Management Science**, v.73, p.1045-1052, 2017.

BEGUM, M.; JURAIMI, A.S.; AMARTALINGAM, R.; MAN, A.B.; RASTANS, S.O.B.S. The effects of sowing depth and flooding on the emergence, survival, and growth of

Fimbristylis miliacea (L.) Vahl. **Weed Biology and Management**, v.6, p.157-164, 2006.

BENECH-ARNOLD, R.L.; SÁNCHEZ, R.A.; FORCELLA, F.; KRUK, B.C.; GHERSA, C.M. Environmental control of dormancy in weed seed banks in soil. **Field Crops Research**, v.67, p.105-122, 2000.

BENVENUTI, S. Weed seed movement and dispersal strategies in the agricultural environment. **Weed Biology and Management**, v.7, p.141-157, 2007.

BHAGAT, R.M.; BHUIYAN, S.I.; MODDY, K. Water, tillage and weed interactions in lowland tropical rice: a review. **Agriculture Water Management**, v.31, p.165-184, 1996.

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

BRASIL, instrução normativa nº 46, de 24 de setembro de 2013. Dispõe sobre a relação de espécies de sementes nocivas toleradas e proibidas na produção, na comercialização e no transporte de sementes nacionais e importadas, a partir da safra 2013/2014. **Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento**, Brasília - DF, 2013.

BONOW, J.F.L.; LAMEGO, F.P.; ANDRES, A.; AVILA, L.A.; TELO, G.M.; EGEWARTH, K. Resistance of *Echinochloa crus-galli* var. *mitis* to imazapyr + imazapic herbicide and alternative control in irrigated rice. **Planta Daninha**, v.36, p.1-11, 2018.

BUHLER, D.D.; HARTZLER, R.G.; FORCELLA, F. Implications of weed seedbank dynamics to weed management. **Weed Science**, v.45, p.329-336, 1997.

BÜYÜKKARTAL, H.N.; ÇÖLGEÇEN, H.; PINAR, N.M.; ERDOĞAN, N. Seed coat ultrastructure of hard-seeded and soft-seeded varieties of *Vicia sativa*. **Turkish Journal of Botany**, v.37, p.270-275, 2013.

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.

CHAUHAN, B.S.; JOHNSON, D.E. *Ludwigia hyssopifolia* emergence and growth as affected by light, burial depth and water management. **Crop Protection**, v.28, p.887-890, 2009.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra brasileira de grãos**, v.7 safra 2019/20 – quarto levantamento. Brasília, p. 1-104, jan. 2020.

CONCENÇO, G.; ANDRES, A.; SCHREIBER, F.; MOISINHO, I.S.; MARTINS, M.B. Control of jointvetch (*Aeschynomene* spp.), establishment and productivity of rice as a function of [imazapyr + imazapic] doses. **Journal of Agricultural Science**, v.10, p.287-296, 2018.

CRUSCICOL, C.A.C.; LIMA, E.V.; ANDREOTTI, M.; SCHIOCCHET, M.A. Aplicação tardia de glyphosate e estande e desenvolvimento inicial o arroz em sistema de cultivo mínimo. **Planta Daninha**, v.20, p.45-51, 2002.

DEKKER, J. Soil seed banks and weed management. **Journal of Crop Production**, v.2, p.139-166, 1999.

DORNELLES, S.H.B.; SANCHOTENE, D.M.; MACEDO, L.C.P.; RODRIGUES, S.N.; MORAIS, T.B.; EBLING, E.D.; SHERER, M.B. Controle pós-tardio de *Aeschynomene denticulata* na cultura do arroz. **Vivências**, v.10, p.42-49, 2014.

EPAGRI - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. **Boletim Agropecuário**, n.70. Florianópolis, p. 1-55, mar. 2019.

EUN-SEON, K.; IL-BIM-IM, S.K.; JONG-GOOK, K. Physioecological Characteristics and Control of Indian Jointvetch (*Aeschynomene indica* L.). **Korean Journal of Weed Science**, v.22, p.172-177, 2002.

FERHATOGLU, Y.; BARRETT, M. Studies of clomazone mode of action. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.85, p.7-14, 2006.

FERREIRA, F.B. Biologia, habilidade competitiva e variabilidade genética em três espécies de angiquinho (*Aeschynomene* spp.) e seu manejo em arroz irrigado. **Dissertação de mestrado apresentada a UFRGS**, Porto Alegre – RS, 2007.

FLECK, N.G.; LAZAROTO, C.A.; SCHAEGLER, C.E.; FERREIRA, F.B. Suscetibilidade de três espécies de angiquinho (*Aeschynomene* spp.) a herbicidas de utilização em pós-emergência em arroz irrigado. **Revista Brasileira de Agrociências**, v.14, p.77-86, 2008.

FRANCO, D.F.; MAGALHÃES JR., A.M.; COSTA, C.J.; KRÜGER, F.O.; VAZ, C.F.; RIBEIRO, P.R.G. Produção e avaliação da qualidade de sementes de arroz irrigado. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 350**, Pelotas – RS: Embrapa Clima Temperado, 2012.

FRUET, B.L.; MEROTTO JR., A.; ULGUIM, A.R. Survey on rice weed management and public and private consultant characteristics in Southern Brazil. **Weed Technology**, v.1, p.1-22, 2019.

FUKUMI, N.; NAKATA, N. Emergence pattern and seed dormancy of *Aeschynomene indica* L. in paddy field. **Japanese Journal of Weed Science and Technology**, v.53, p.185-191, 2008.

FUKUMI, N. Studies on the seed population dynamics of *Aeschynomene indica* L. in paddy fields. **Japanese Journal of Weed Science and Technology**, v.55, p.1-42, 2010.

FUNES, G.; VENIER, P. Dormancy and germination in three *Acacia* (Fabaceae) species from central Argentina. **Seed Science Research**, v.16, p.77-82, 2006.

GALON, L.; AGOSTINETTO, D.; MORAES, P.V.D.; TIRONI, S.P.; DAL MAGRO, T. Estimativa de perdas de produtividade de grãos em cultivares de arroz (*Oryza sativa*) pela interferência do capim-arroz (*Echinochloa* spp.). **Planta Daninha**, v.25, p.697-707, 2007.

GALON, L.; GUIMARÃES, S.; RADÜZ, A.L.; LIMA, A.M.; 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.

GARDARIN, A.; DÜRR, C.; MANNINO, M.R.; BUSSET, H.; COLBACH, N. Seed mortality in the soil is related to seed coat thickness. **Seed Science Research**, v.20, p.243-256, 2010.

GARDARIN, A.; DÜRR, C.; COLBACH, N. Modeling the dynamics and emergence of a multispecies weed seed bank with species traits. **Ecological Modelling**, v.240, p.123-138, 2012.

GRIFFITH, A.B. Secondary seed dispersal in *Aeschynomene virginica*: Do floating seeds really find a new home? **Natural Areas Journal**, v.34, p.488-494, 2014.

GRIFFITH, A.B.; FORSETH, I.N. Establishment and reproduction of *Aeschynomene virginica* (L.) (Fabaceae) a rare, annual, wetland species in relation to vegetation removal and water level. **Plant ecology**, v.167, p.117-125, 2003.

GROSSMANN, K. Quinclorac belongs to a new class of highly selective auxin herbicides. **Weed Science**, v.46, p.707-716, 1998.

GRUNDY, A.C. Predicting weed emergence: a review of approaches and future challenges. **Weed Research**, v.43, p.1-11, 2002.

HANNA, W.W. Effect of seed treatment and planting depth on germination and seedling emergence in *Aeschynomene americana*. **Crop Science**, v.13, p.123-124, 1973.

HARKER, K.N.; O'DONOVAN, J.T. Recent weed control, weed management and integrated weed management. **Weed Technology**, v.27, p.1-11, 2013.

HARTMANN, L.S.; RODRIGUES, R.S.; FLORES, A.S. O gênero *Aeschynomene* (Leguminosae-Papilionoideae) no estado de Roraima, Brasil. **Rodriguésia**, v.70, 2019.

HEAP, I. **The International Herbicide-Resistant Weed Database**. Disponível em: <www.weedscience.org>. Acesso em: 22 mar 2020.

HILHORST, H.W.M. Standardizing seed dormancy research. **Annual Plant Reviews**, v.773, p.43-52, 2011.

HOSSAIN, M.M; BEGUM, M. Soil weed seedbank: importance and management for sustainable crop production - a review. **Journal of Bangladesh Agriculture**, v.13, p.221-228, 2015.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Portal de mapas do IBGE, 2018**. Disponível em: <<https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#homepage>>. Acesso em: 07 mar 2020.

IRGA – Instituto Rio Grandense do Arroz. **Boletim de evolução da colheita de arroz safra 2018/19**. Relatório Online, disponível em: <<https://irga-admin.rs.gov.br/upload/arquivos/201906/07134923-colheita-18-19.pdf>>. Acesso em: 05 fev 2020.

ISMAILA, U.; KOLO, M.G.M.; ODOFIN, A.J.; GANA, A.S. Effects of water depth and seedling rate on weed control and yield of late season lowland rice (*Oryza sativa* L.). **Journal of Plant Studies**, v.4, p.92-104, 2015.

JAGANATHAN, G.K. Influence of maternal environment in developing different levels of physical dormancy and its ecological significance. **Plant Ecology**, v.217, p.71-79, 2016.

JIN, C.H.; UDDIN, M.R.; PYON, J.Y. Seed germination and seedling emergence of Indian Jointchvetch (*Aeschynomene indica*) in different conditions. **Korean Journal of Weed Science**, v.30, n.1, p.25-33, 2010.

KIM, S.J.; JEON, B.S.J.; SANG, H.L. Influence of seed germination by treatment of seed dormancy in Indian Jointchvetch (*Aeschynomene indica* L.) seed. **Journal of the Korean Society of International Agriculture**, v.27, p.663-666, 2015.

KISSMANN, K.G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. v.2, 2 ed. São Paulo: BASF, 1999. 978p.

LEVY, R.J.; BOND, J.A.; WEBSTER, E.P.; GRIFFIN, J.L.; LINScombe, S.D. Effect of cultural practices on weed control and crop response in imidazolinone-tolerant rice. **Weed Technology**, v.20, p.249-254, 2006.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination - aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v.2, p.176-177, 1962.

MALL, U.; SINGH, G.S. Soil seed bank dynamics: history and ecological significance in sustainability of different ecosystems. **Environmental and Sustainable Development**, v.1, p.31-46, 2013.

MARCHEZAN, E.; OLIVEIRA, A.P.B.B.; AVILA, L.A.; BUNDT, A.L.P. Dinâmica do banco de sementes de arroz-vermelho afetado pelo pisoteio bovino e tempo de pousio da área. **Planta Daninha**, v.21, p.55-62, 2003.

MARCHEZAN, E.; GARCIA, G.A.; CAMARGO, E.R.; MASSONI, P.F.S.; AROSEMENA, D.R.; OLIVEIRA, A.P.B.B. Manejo da irrigação em cultivares de arroz no Sistema pré-germinado. **Ciência Rural**, v.37, p.45-50, 2007.

MARTINS, C.M.; BORGES, W.L.; COSTA JR., J.S.; RUMJANEK, N.G. Rhizobial diversity from stem and root nodules of *Discolobium* and *Aeschynomene*. **Acta Scientiarum**, v.37, p.163-170, 2015.

MÉDJATI, N.; HASNAOUI, O.; HACHEMI, N.; BABALI, B.; BOUAZZA, M. Study of behavior germination and essays the removing tegumentary inhibition of seeds of *Chamaerops humilis* L. var. *argentea* André (Arecaceae). **Journal of Life Sciences**, v.7, p.501-506, 2013.

MENEZES, V.G.; MARIOT, C.H.P.; KALSING, A.; GOULART, I.C.G.R. Arroz-vermelho (*Oryza sativa*) resistente aos herbicidas imidazolinonas. **Planta Daninha**, v.27, p.1047-1052, 2009.

MEROTTO, A.; KUPAS, V.; NUNES, A.L.; GOULART, I.C.G. Isolamento do gene ALS e investigação do mecanismo de resistência a herbicidas em *Sagittaria montevidensis*. **Ciência Rural**, Santa Maria – RS, v.40, p.2381-2384, 2010.

MONTANHA, D.A.; ALVES, J.M.A.; SILVA, M.R.; MATOS, W.S.; SILVA, D.C.O.; BARRETO, G.F. Superação da dormência e influência da profundidade de semeadura na germinação de sementes de *Desmodium tortuosum*. **Revista Agro@ambiente On-Line**, v.12, p.34-40, 2018.

MORAES, A.; CARVALHO, P.C.F.; ANGHINONI, I.; LUSTOSA, S.B.C.; COSTA, S.E.V.G.A.; KUNRATH, T.R. Integrated crop-livestock systems in the Brazilian subtropics. **European Journal of Agronomy**, v.57, p.4-9, 2013.

MORAES, C.L. **Crescimento e desenvolvimento de angiquinho (*Aeschynomene* spp.)**. 2007. 72f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal de Pelotas, 2007.

NICHOLS, V., VERHULST, N., COX, R., GOVAERTS, B. Weed dynamics and conservation agriculture principles: a review. **Field Crops Research**, v.183, p.56–68, 2015.

OLIVEIRA, J.C.S.; MARCHEZAN, E.; STORCK, L.; MACHADO, S.L.O. Sistemas de preparo do solo para o arroz irrigado (*Oryza sativa* L.). **Ciência Rural**, v.24, p.189-193, 1994.

OLIVEIRA, M.L.A.A. *Aeschynomene indica* L. no Brasil: primeira citação. **Inheringia, série Botânica**, v.41, p.3-8, 1991.

OLIVEIRA, M.L.A.A. Sinopse taxonômica do gênero *Aeschynomene* L. (Leguminosae-Faboidae) no Rio Grande do Sul, Brasil. **Inheringia, série Botânica**, Porto Alegre – RS, v.57, p.279-301, 2002.

PANOZZO, L.E.; AGOSTINETTO, D.; GALON, L.; MORAES, P.V.D.; PINTO, J.J.O.; NEVES, R. Métodos de manejo de *Cyperus esculentus* na lavoura de arroz irrigado. **Planta Daninha**, v.27, p.165-174, 2009.

PEI, Q.; YUANLAI, C.; HUANHAO, H.; BO, L. Effect of flooding irrigation and intermittent irrigation patterns on weed community diversity in late rice fields. **Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering**, v.31, p.115-121, 2015.

PROBERT, R.J.; DAWS, M.I.; HAY, F.R. Ecological correlates of *ex situ* seed longevity: a comparative study on 195 species. **Annals of Botany**, v.104, p.57-69, 2009.

RADOSEVICH, S.R.; HOLT, J.S.; GHERSA, C.M. **Weed demography and population dynamics**. In.: RADOSEVICH, S.R.; HOLT, J.S.; GHERSA, C.M. Ecology of weeds and invasive plants: relationship to agriculture and natural resource management, 3rd ed., New Jersey: John Wiley & Sons, 2007. p.129-183.

RAO, A.N.; JOHNSON, D.E.; SIVAPRASAD, B.; LADHA, J.K.; MORTIMER, A.M. Weed Management in direct-seeded rice. **Advances in Agronomy**, v.93, p.153-255, 2007.

RARIVOSON, C.; SCHRAMM, M.; SAMSON, Ch. Scarifying seeds of green manure legumes. **International Rice Research Newsletter**, v.12, p.47-54, 1987.

RUDD, V. The American species of *Aeschynomene*. **Contributions from the United States National Herbarium**, v.32, p.1-176, 1955.

RUIZ-SANTAELLA, J.P.; HEREDIA, A.; DE PRADO, R. Basis of selectivity of cyhalofop-butyl in *Oryza sativa* L. **Planta**, v.223, p.191-199, 2006.

SANTOS, F.M.; MARCHEZAN, E.; MACHADO, S.L.O.; VILLA, S.C.C.; AVILA, L.A.; MASSONI, P.F.S. Controle químico de arroz-vermelho na cultura do arroz-irrigado. **Planta Daninha**, v.25, p.405-412, 2007.

SEGURA, F.; VICENTE, M.J.; FRANCO, A.J.; MARTÍNEZ-SANCHEZ, J.J. Effects of maternal environmental factors on physical dormancy of *Astragalus nitidiflorus* seeds (Fabaceae), a critically endangered species of SE Spain. **Flora**, v.216, p.71-76, 2015.

SINGH, M.; BHULLAR, M.S.; CHAUHAN, B.S. Seed bank dynamics and emergence pattern of weeds as affected by tillage systems in dry direct-seeded rice. **Crop Protection**, v.67, p.168-177, 2015.

SHIVRAIN, V. K., BURGOS, N. R., GEALY, D. R., SMITH, K. L., SCOTT, R. C., MAUROMOUSTAKOS, A., BLACK, H. Red Rice (*Oryza sativa*) Emergence characteristics and influence on rice yield at different planting dates. **Weed Science**, v.57, p.94–102, 2009.

SMITH, R.J.; FOX, W.T. Soil water and growth of rice and weeds. **Weed Science**, v.21, p.61-63, 1973.

SOSBAI – Sociedade Sul-brasileira de Arroz Irrigado. Adequação da área e sistemas de cultivo. **In: Arroz Irrigado: recomendações técnicas para o Sul do Brasil**, p. 10-15. Pelotas: SOSBAI, 2018a.

SOSBAI – Sociedade Sul-brasileira de Arroz Irrigado. Estabelecimento da cultura. **In: Arroz Irrigado: recomendações técnicas para o Sul do Brasil**, p. 95-99. Cachoeirinha - RS: SOSBAI, 2018b.

SOSBAI – Sociedade Sul-brasileira de Arroz Irrigado. Manejo da água. **In: Arroz Irrigado: recomendações técnicas para o Sul do Brasil**, p. 100-107. Cachoeirinha - RS: SOSBAI, 2018c.

SOSBAI – Sociedade Sul-brasileira de Arroz Irrigado. Plantas Daninhas. **In: Arroz Irrigado: recomendações técnicas para o Sul do Brasil**, p. 108-132. Cachoeirinha - RS: SOSBAI, 2018d.

SUDIANTO, E.; BENG-KAH, S.; TING-XIANG, N.; SALDAIN, N.E.; SCOTT, R.C.; BURGOS, N.R. Clearfield® rice: its development, success, and key challenges on a global perspective. **Crop Protection**, v.49, p.40-51, 2013.

SUMUDUNIE, H.G.S.; JAYASURIYA, K.M.G.G. Seed dormancy and germination of seven rice field weeds from Sri Lanka. **Taiwania**, v.64, p.221-230, 2019.

TAKANOSE, Y.; ISHIDA, S.; KUDO, N.; KAMITANI, T. Effects of tillage and irrigation on the occurrence and establishment of native wetland plant species in fallow paddy fields. **Paddy Water Environment**, v.11, p.45-58, 2013.

THEISEN, G.; SILVA, J.J.C.; SILVA, J.S.; ANDRES, A.; ANTEN, N.P..R.; BASTIAANS, L. The birth of a new cropping system: towards sustainability in the sub-tropical lowland agriculture. **Field Crop Research**, v.252, 2017.

TOBISA, M.; SHIMOJO, M.; MASUDA, Y. Root distribution and nitrogen fixation activity of tropical forage legume American Jointvetch (*Aeschynomene americana*) cv. Glenn under waterlogging conditions. **International Journal of Agronomy**, v.20, p.1-10, 2014.

UFPEL - Universidade Federal de Pelotas. Estação Agroclimatológica de Pelotas. **Normais Climatológicas Mensais do Período 1971/2000**. Disponível em: <<https://wp.ufpel.edu.br/agrometeorologia/informacoes/clima-de-pelotas/>>. Acesso em: 28 de mar. 2019.

VILLA, S.C.C.; MARCHEZAN, E.; AVILA, L.A.; MASSONI, P.F.S.; TELO, G.M.; MACHADO, S.L.O.; CAMARGO, E.R. Arroz tolerante a imidazolinonas: controle do arroz-vermelho, fluxo gênico e efeito residual do herbicida em culturas sucessoras não-tolerantes. **Planta Daninha**, v.24, n.4, p.761-768, 2006.

VENIER, P.; FUNES, G.; GARCIA, C.C. Physical dormancy and histological features of seeds of five *Acacia* species (Fabaceae) from xerophytic forests in central Argentina. **Flora**, v.207, p.39-46, 2012.

VON EULER, T.; AGREN, J.; EHRLÉN, J. Environmental context influences both the intensity of seed predation and plant demographic sensitivity to attack. **Ecology**, v.95, p.195-504, 2014.

WEBSTER, E.P.; CARLSON, T.P.; SALASSI, M.E.; HENSLEY, J.B.; BLOUIN, D.C. Imazethapyr plus residual herbicide programs for imidazolinone-resistant rice. **Weed Technology**, v.26, p.410-416, 2012.

WERLE, R., SANDELL, L. D., BUHLER, D. D., HARTZLER, R. G., LINDQUIST, J. L. Predicting emergence of 23 summer annual weed species. **Weed Science**, v.62, p.267–279, 2014.

WYJAYRATNE, U.C.; PYKE, D.A. Burial increases seed longevity of two *Artemisia tridentata* (Asteraceae) subspecies. **American Journal of Botany**, v.99, p.438-447, 2012.

YOSHIDA, S. **Fundamental of rice crop science**. Los Baños: IRRI, 1981. 269p.

ZORIĆ, L.; MERKULOV, L.; LUKOVIĆ, J.; BOŽA, P. Comparative seed morphology of *Trifolium* L. species (Fabaceae). **Periodicum Biologorum**, v.112, p.263-272, 2010.