

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROBIOLOGIA**

Matheus Bohrer Scherer

**MORFOLOGIA, FISIOLOGIA E CONTROLE QUÍMICO DO CAPIM PÉ-DE-
GALINHA SOB DIFERENTES REGIMES HÍDRICOS**

Santa Maria, RS, Brasil

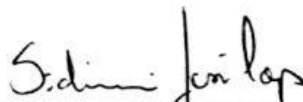
2017

Matheus Bohrer Scherer

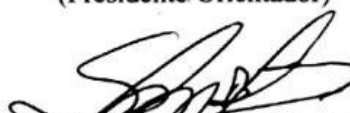
MORFOLOGIA, FISIOLOGIA E CONTROLE QUÍMICO DO CAPIM PÉ-DE-GALINHA EM DIFERENTES REGIMES HÍDRICOS

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agrobiologia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agrobiologia**

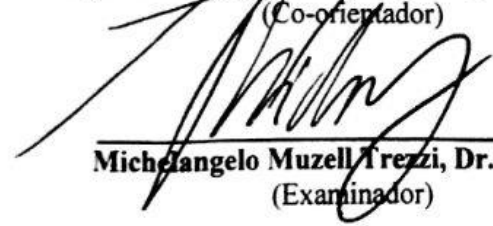
Aprovado em 3 de março de 2017:



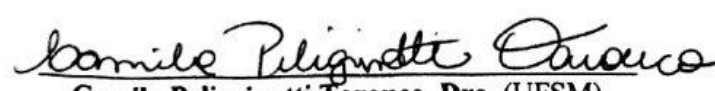
Sidinei José Lopes, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)



Sylvio Henrique Bidet Dornelles, Dr. (UFSM)
(Co-orientador)



Michelangelo Muzell Trezzi, Dr. (UTFPR)
(Examinador)



Camila Peligrinotti Tarouco, Dra. (UFSM)
(Examinadora)

Santa Maria, RS, Brasil

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Scherer, Matheus Bohrer

MORFOLOGIA, FISILOGIA E CONTROLE QUÍMICO DO CAPIM PÉ-DE-GALINHA SOB DIFERENTES REGIMES HÍDRICOS / Matheus

Bohrer Scherer.- 2017.

75 p.; 30 cm

Orientador: Sidinei Lopes

Coorientador: Sylvio Dornelles

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de Pós-Graduação em Agrobiologia, RS, 2017

1. Eleusine indica 2. Taxa fotossintética 3. Morfologia 4. Herbicida 5. Alagamento I. Lopes, Sidinei II. Dornelles, Sylvio III. Título.

© 2017

Todos os direitos autorais reservados a Matheus Bohrer Scherer. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

Endereço: Av. Roraima 1000 prédio 16 sala 3260 - Santa Maria, RS, 97105900.

E-mail: matheusbs27@gmail.com

Matheus Bohrer Scherer

MORFOLOGIA, FISIOLOGIA E CONTROLE QUÍMICO DO CAPIM PÉ-DE-GALINHA EM DIFERENTES REGIMES HÍDRICOS

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agrobiologia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agrobiologia**

Aprovado em 3 de março de 2017:

Sidinei José Lopes, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Sylvio Henrique Bidel Dornelles, Dr. (UFSM)
(Co-orientador)

Michelangelo Muzell Trezzi, Dr. (UTFPR)
(Examinador)

Camila Peligrinotti Tarouco, Dra. (UFSM)
(Examinadora)

Santa Maria, RS, Brasil
2017

DEDICATÓRIA

Dedico à comunidade técnica e acadêmica de agronomia, que sirva de informação e progresso para a agricultura brasileira.

AGRADECIMENTOS

O trabalho aqui descrito só pôde ser concluído pelo esforço conjunto de uma série de pessoas. Aqui deixo os meus sinceros agradecimentos para todos que contribuíram e me apoiaram para a conclusão do mesmo. Em especial, agradeço:

À Universidade Federal de Santa Maria pela possibilidade da execução deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior com a concessão da Bolsa de Mestrado, recurso essencial para condução e incentivo à pesquisa acadêmica.

Ao meu orientador, professor Dr. Sidinei José Lopes pela confiança em mim depositada e a disponibilidade que me foi dada.

Ao meu co-orientador, grande amigo e professor desde início da graduação em Agronomia, Dr. Sylvio Henrique Bidel Dornelles pelo apoio, confiança, dedicação, orientação, por conselhos sempre de forma positiva, incentivadora e pela amizade, com muito respeito e admiração como profissional e amigo.

Ao professor e amigo Dr. Danie Martini Sanchotene, o qual tenho admiração profissional e pessoal, pelo apoio e orientações de âmbito pessoais e profissionais sempre que necessário.

Aos membros do grupo interdisciplinar de pesquisa em herbologia (GIPHe), os quais sem eles não seria possível a realização desse trabalho, em especial aos graduandos de agronomia Nilton Teixeira Pedrollo, Andrei Göergen, Jaíne Rubert e José Phillipin os quais foram incansáveis na busca da realização desse estudo.

À minha família, Ivon, Isabel, Arthur pelo apoio com palavras de incentivo, com o aconchego familiar sendo base inicial para o desenvolvimento pessoal, pela confiança depositada, pelo afeto recebido e por toda forma de ajuda.

À minha noiva, Cecilia Zanon, pessoa fundamental para concretização dessa caminhada, desde ajuda aos finais de semana nos experimentos, ao apoio nas horas de frustrações e alegrias, as quais todo processo de mestrado proporciona na vida pessoal do estudante.

À família Zanon, pelo apoio prestado, confiança e amizade estando sempre do meu lado.

Meu Muito Obrigado!

RESUMO

MORFOLOGIA, FISILOGIA E CONTROLE QUÍMICO DO CAPIM PÉ-DE-GALINHA SOB DIFERENTES REGIMES HÍDRICOS

AUTOR: Matheus Bohrer Scherer
ORIENTADOR: Sidinei José Lopes

A espécie *Eleusine indica* (L.) Gaertn. (capim pé-de-galinha) possui destaque no estado do Rio Grande do Sul como infestante em áreas típicas de cultivos de terras altas. Entretanto, nos últimos anos, vem sendo relatada em áreas de terras baixas, típicas do cultivo de arroz irrigado. Nesse diferente ecossistema, pouco se conhece sobre sua biologia, o que provoca, muitas vezes, interpretações equivocadas pela comunidade técnica, quanto a sua caracterização e manejo. O objetivo do trabalho foi caracterizar a morfologia e fisiologia de biótipos de *Eleusine indica* sob diferentes manejos de água no solo e, fazer relação entre desempenho de herbicidas e estádios de desenvolvimento. Para isso, foram executados dois experimentos em casa de vegetação no ano de 2016. O primeiro consistiu na submissão de dois biótipos de *Eleusine indica* a três condições de água no solo: lâmina d'água, 50 e 100% da capacidade de retenção do solo. Foram avaliados parâmetros fotossintéticos e de trocas gasosas: taxa fotossintética (A), condutância estomática (Gs), concentração CO₂ intercelular (Ci), evapotranspiração (E), eficiência do uso da água (EUA) e a relação de assimilação pela rubisco (A/Ci), bem como a diversidade morfológica através de descritores. O segundo experimento submeteu os biótipos, nos estádios de 1-2 e 3-4 perfilhos, à aplicação dos herbicidas: clethodim, cyhalofop-butyl, propaquizafop, imazapic+imazapyr e glyphosate sob manejos com lâmina d'água, entrada da lâmina d'água após aplicação e sem lâmina. Avaliou-se a porcentagem de controle e redução da massa seca. Conclui-se que os biótipos são capazes de sobreviver, desenvolver-se e gerar sementes no ambiente alagado do arroz, sem redução na taxa fotossintética ou caracterização de um biótipo exclusivo de terras baixas. O estágio maior de desenvolvimento, de 3-4 perfilhos, desfavorece a eficácia dos herbicidas, com destaque para cyhalofop-butyl e imazapic+imazapyr, que tiveram o menor desempenho na aplicação seguido da entrada da lâmina d'água. Essas informações enfatizam o potencial invasivo do capim pé-de-galinha em diferentes ambientes e reforçam a problemática da espécie a nível global.

Palavras-chave: Alagamento. *Eleusine indica*. Taxa Fotossintética. Herbicida. Morfologia.

ABSTRACT

MORPHOLOGY, PHYSIOLOGY AND CHEMICAL CONTROL OF GOOSEGRASS IN DIFFERENT WATER REGIMES

AUTHOR: MATHEUS BOHRER SCHERER

ADVISOR: SIDINEI JOSÉ LOPES

The species *Eleusine indica* (L.) Gaertn. (goosegrass) in the state of Rio Grande do Sul has a prominent presence as a weed in typical areas of upland crops. However, in recent years it has been reported in lowland areas, typical of irrigated rice cultivation. In this different ecosystem little is known about its biology, which often leads to erroneous interpretations by the technical community, regarding its characterization and management. The objective of the work was to characterize the morphology and physiology of *Eleusine indica* biotypes under different soil water managements and to make a distinction between herbicide performance and developmental stages. For this, two greenhouse experiments were carried out in the year 2016. The first consisted in the submission of two *Eleusine indica* biotypes to three soil water conditions: flooding, 50 and 100% of soil water-retention capacity. Were evaluated photosynthetic and gas exchange parameters: photosynthetic rate (A), stomatal conductance (Gs), intercellular CO₂ concentration (Ci), evapotranspiration (E), water use efficiency and the assimilation ratio by Rubisco (C), as well as the morphological diversity using descriptors. The second experiment submitted the stages of 1-2 and 3-4 tillers to the application of herbicides (clethodim, cyhalofop-butyl, propaquizafop, imazapic + imazapyr and glyphosate) under irrigation management: flooded soil, flooding just after application and no flooding the soil. The assessments were percentage of control and reduction of dry mass. We conclude that the biotypes are able to survive, develop and generate seeds in flooded environment, without reduction of photosynthetic rate or characterizing a lowland biotype. The higher stage of development of 3-4 tillers defavors the effectiveness of herbicides, with emphasis to cyhalofop-butyl and imazapic + imazapyr that interestingly reduced the control in application followed by the flooding. This information emphasizes its invasive potential in different environments and reinforces the problem of the species at a global level.

Keywords: *Eleusine indica*. Flooding. Photosynthesis rate. Herbicide. Morphology

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1 – Descritores morfológicos utilizados para análise de diversidade genética entre acessos e sua respectiva escala métrica. Santa Maria/RS, 2016.....	38
Tabela 2 – Médias da taxa fotossintética ($A - \mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$) da interação entre dois acessos de <i>Eleusine indica</i> (Capim pé-de-galinha) e diferentes condições hídricas do solo, no período de alongação da inflorescência (emborrachamento). Santa Maria/RS, 2016.....	39
Tabela 3 – Médias da condutância estomática de vapores de água ($G_s - \text{mol de H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$), concentração de CO_2 intercelular ($C_i - \mu\text{mol de CO}_2 \text{ mol}^{-1}$), taxa de transpiração ($E - \text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$), eficiência do uso da água (EUA - $\text{mol de CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$) e eficiência instantânea de carboxilação pela rubisco ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1} \text{ Pa}^{-1}$) em dois acessos de <i>Eleusine indica</i> (Capim pé-de-galinha), sob diferentes condições hídricas do solo, no período de alongação da inflorescência (emborrachamento). Santa Maria/RS, 2016.....	39
Tabela 4 – Médias do número de perfilhos a partir da base em dois acessos de <i>Eleusine indica</i> , sob diferentes condições hídricas do solo, no período de alongação da inflorescência (emborrachamento). Santa Maria/RS, 2016.....	40
Tabela 5 – Médias da massa seca das raízes (g) em dois acessos de <i>Eleusine indica</i> , sob diferentes condições hídricas do solo, ao final do ciclo. Santa Maria/RS, 2016.....	40
Tabela 6 – Médias da massa seca da parte aérea (g) em dois acessos de <i>Eleusine indica</i> , sob diferentes condições hídricas do solo, ao final do ciclo. Santa Maria/RS, 2016.....	41
Tabela 7 – Médias da massa seca total (g) em dois acessos de <i>Eleusine indica</i> , sob diferentes condições hídricas do solo, ao final do ciclo. Santa Maria/RS, 2016.....	41
Tabela 8 – Médias do comprimento do colmo principal em centímetros (planta mãe) em dois acessos de <i>Eleusine indica</i> , sob diferentes condições hídricas do solo, ao final do ciclo. Santa Maria/RS, 2016.....	42
Tabela 9 – Médias da duração do ciclo (dias) em dois acessos de <i>Eleusine indica</i> , sob diferentes condições hídricas do solo, ao final do ciclo. Santa Maria/RS, 2016.....	42
Tabela 10 – Médias do número de sementes por planta, em dois acessos de <i>Eleusine indica</i> , sob diferentes condições hídricas do solo, ao final do ciclo. Santa Maria/RS, 2016.....	43

CAPÍTULO 2

Tabela 1 – Descrição dos herbicidas utilizados, ingredientes ativos, concentrações e doses. Santa Maria/RS, 2016.....	57
Tabela 2 – Médias do acúmulo de massa seca das raízes, aos 25 dias após a aplicação. Santa Maria/RS, 2016.....	60
Tabela 3 – Médias do acúmulo de massa seca da parte aérea, aos 25 dias após a aplicação. Santa Maria/RS, 2016.....	61
Tabela 4 – Médias do acúmulo de massa seca total, aos 25 dias após a aplicação. Santa Maria/RS, 2016.....	62
Tabela 5 – Correlações de Pearson entre a porcentagem de controle aos 20 dias após a aplicação com as avaliações da massa seca acumulada de raiz, parte aérea e total, aos 25 dias após a aplicação. Santa Maria/RS, 2016.....	62

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

- Figura 1 – Ilustração do sistema de cultivo de arroz irrigado em desnível, respectivas denominações e alturas da lâmina d'água. Santa Maria/RS, 2016.....43
- Figura 2 – Temperatura do ar (°C) máxima, média e mínima dentro da casa de vegetação durante todo experimento, com destaque para os principais momentos: A- semeadura dos biótipos (11/mar); B- emergência total das plantas (23/mar); C- entrada do fator condição hídrica (07/abr); D- avaliação fisiológica e contagem do número de perfilhos (emborrachamento) (28/abr); E- final total do ciclo das plantas. Santa Maria/RS, 2016.....44
- Figura 3 – Dendrograma obtido a partir da distância genética de Mahalanobis e método UPGMA para biótipos de *Eleusine indica* e *Eleusine tristachya*. Corte significativo na posição 100 para todas condições, A e B: 50% e 100% da capacidade de retenção de água do solo (CRA); C: Lâmina d'água; ALI: Alegrete; CAT: Cruz Alta; JCT: Júlio de Castilhos; SCI: Santa Catarina; SMI: Santa Maria. Santa Maria/RS, 2016.....45

CAPÍTULO 2

- Figura 1 – Médias da porcentagem de controle visual aos 20 dias após aplicação, em dois estádios de desenvolvimento da espécie *Eleusine indica*, quando submetida a diferentes herbicidas e três manejos de água no momento da aplicação. Santa Maria/RS, 2016.....58
- Figura 2 – Evolução dos níveis de controle sobre *Eleusine indica* nos dois estádios (vertical) e três manejos da água (horizontal), aos 0, 5, 10, 15, 20 e 25 dias após aplicação. Santa Maria/RS, 2016.....59
- Figura 3 – Efeito de propaquizafop sobre *Eleusine indica* de 1 a 2 perfilhos e 3 a 4 perfilhos, avaliado aos 05, 10, 15, 20 e 25 dias após a aplicação (A, B, C, D e E) do herbicida sobre a lâmina d'água. Santa Maria/RS, 2016.....63
- Figura 4 – Efeito de cyhalofop-butyl sobre *Eleusine indica* de 1 a 2 perfilhos e 3 a 4 perfilhos, avaliado aos 05, 10, 15, 20 e 25 dias após a aplicação (A, B, C, D e E) do herbicida sobre a lâmina d'água. Santa Maria/RS, 2016.....63
- Figura 5 – Efeito de imazapic + imazapyr sobre *Eleusine indica* de 1 a 2 perfilhos e 3 a 4 perfilhos, avaliado aos 05, 10, 15, 20 e 25 dias após a aplicação do herbicida sobre a lâmina d'água (A, B, C, D e E). Santa Maria/RS, 2016.....64
- Figura 6 – Efeito de glyphosate sobre *Eleusine indica* de 1 a 2 perfilhos e 3 a 4 perfilhos, avaliado aos 05, 10, 15, 20 e 25 dias após a aplicação do herbicida sobre a lâmina d'água (A, B, C, D e E). Santa Maria/RS, 2016.....64
- Figura 7 – Efeito de clethodim sobre *Eleusine indica* de 1 a 2 perfilhos e 3 a 4 perfilhos, avaliado aos 05, 10, 15, 20 e 25 dias após a aplicação do herbicida sobre a lâmina d'água (A,

	B, C, D e E). Santa Maria/RS, 2016.....	65
Figura 8 – Efeito de propaquizafop sobre <i>Eleusine indica</i> de 1 a 2 perfilhos e 3 a 4 perfilhos, avaliado aos 05, 10, 15, 20 e 25 dias após a aplicação do herbicida (A, B, C, D e E), com entrada lâmina d’água após aplicação. Santa Maria/RS, 2016.....		65
Figura 9 – Efeito de cyhalofop-butyl sobre <i>Eleusine indica</i> de 1 a 2 perfilhos e 3 a 4 perfilhos, avaliado aos 05, 10, 15, 20 e 25 dias após a aplicação do herbicida (A, B, C, D e E), com entrada lâmina d’água após aplicação. Santa Maria/RS, 2016.....		66
Figura 10 – Efeito de imazapic+imazapyr sobre <i>Eleusine indica</i> de 1 a 2 perfilhos e 3 a 4 perfilhos, avaliado aos 05, 10, 15, 20 e 25 dias após a aplicação do herbicida (A, B, C, D e E), com entrada lâmina d’água após aplicação. Santa Maria/RS, 2016.....		66
Figura 11 – Efeito de glyphosate sobre <i>Eleusine indica</i> de 1 a 2 perfilhos e 3 a 4 perfilhos, avaliado aos 05, 10, 15, 20 e 25 dias após a aplicação do herbicida (A, B, C, D e E), com entrada lâmina d’água após aplicação. Santa Maria/RS, 2016.....		67
Figura 12 – Efeito de clethodim sobre <i>Eleusine indica</i> de 1 a 2 perfilhos e 3 a 4 perfilhos, avaliado aos 05, 10, 15, 20 e 25 dias após a aplicação do herbicida (A, B, C, D e E), com entrada lâmina d’água após aplicação. Santa Maria/RS, 2016.....		67
Figura 13 – Efeito de propaquizafop sobre <i>Eleusine indica</i> de 1 a 2 perfilhos e 3 a 4 perfilhos, avaliado aos 05, 10, 15, 20 e 25 dias após a aplicação do herbicida (A, B, C, D e E), sem lâmina d’água após aplicação. Santa Maria/RS, 2016.....		68
Figura 14 – Efeito de cyhalofop-butyl sobre <i>Eleusine indica</i> de 1 a 2 perfilhos e 3 a 4 perfilhos, avaliado aos 05, 10, 15, 20 e 25 dias após a aplicação do herbicida (A, B, C, D e E), sem lâmina d’água após aplicação. Santa Maria/RS, 2016.....		68
Figura 15 – Efeito de imazapic+imazapyr sobre <i>Eleusine indica</i> de 1 a 2 perfilhos e 3 a 4 perfilhos, avaliado aos 05, 10, 15, 20 e 25 dias após a aplicação do herbicida (A, B, C, D e E), sem lâmina d’água após aplicação. Santa Maria/RS, 2016.....		69
Figura 16 – Efeito de glyphosate sobre <i>Eleusine indica</i> de 1 a 2 perfilhos e 3 a 4 perfilhos, avaliado aos 05, 10, 15, 20 e 25 dias após a aplicação do herbicida (A, B, C, D e E), sem lâmina d’água após aplicação. Santa Maria/RS, 2016.....		69
Figura 17 – Efeito de clethodim sobre <i>Eleusine indica</i> de 1 a 2 perfilhos e 3 a 4 perfilhos, avaliado aos 05, 10, 15, 20 e 25 dias após a aplicação do herbicida (A, B, C, D e E), sem lâmina d’água após aplicação. Santa Maria/RS, 2016.....		70

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	15
2 REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1 Caracterização de <i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	18
2.2 ESTRESSE POR EXCESSO HÍDRICO E ACLIMATAÇÃO DE PLANTAS	19
2.3 ESTÁDIO DE PLANTAS E MANEJO DE ÁGUA NA EFICÁCIA DE HERBICIDAS	22
3 CAPÍTULO I – CAPIM PÉ-DE-GALINHA: CARACTERIZAÇÃO MORFOFISIOLÓGICA EM CONDIÇÕES DE EXCESSO HÍDRICO	24
Resumo	24
INTRODUÇÃO	24
MATERIAL E MÉTODOS	26
RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34
4 CAPÍTULO II – DESEMPENHO DE HERBICIDAS SOBRE CAPIM PÉ-DE-GALINHA SOB DOIS ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO E TRÊS MANEJOS DE ÁGUA	46
Resumo	46
INTRODUÇÃO	46
MATERIAL E MÉTODOS	48
RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	71
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72

1 INTRODUÇÃO GERAL

Eleusine indica (L.) Gaertn. é uma espécie vegetal que popularmente se conhece como capim pé-de-galinha (Inglês: goosegrass). Esta planta possui grande importância em nível global nos cultivos agrícolas, uma vez que está presente em mais de 60 países, possui invasividade sobre mais de 45 culturas comerciais, sendo assim indesejada devido ao seu alto poder competitivo com as culturas de interesse humano (HOLM et al. 1977; KISSMANN, 2007; CHACHUAN & JOHNSON, 2008).

A espécie ocorre tipicamente em áreas de solo bem drenado, que são denominadas terras altas. Essas áreas são menos propícias a alagamentos, seja por excesso de chuvas ou irrigação artificial, pois além de possuírem boa drenagem dentro do perfil do solo, também caracterizam-se pela maior declividade do relevo, como exemplo a região do Planalto do estado do Rio Grande do Sul (STRECK et al., 2008).

Entretanto, *Eleusine indica* vem sendo relatada em locais de menor altitude geográfica e, também suscetíveis ao encharcamento, com formação de lâmina d'água sobre a superfície do solo. Essas áreas são classificadas como terras baixas, as quais, pelas suas características de difícil drenagem e pouca variação de nível, são ideais para o cultivo do arroz irrigado (BARROSO et al., 2004; RAO, et al., 2007; ISMAIL et al., 2012).

O Brasil posiciona-se em 9º lugar no ranking de maiores produtores de arroz no mundo, ultrapassado somente por países orientais como: China (1º), Índia (2º), Indonésia (3º), Bangladesh (4º), Vietnã (5º), Tailândia (6º), Myanmar (7º) e Filipinas (8º). O Rio Grande do Sul é o maior produtor de arroz no Brasil, com uma área cultivada em torno de 1.120.000 hectares, sendo 89,9 % desses no método de semeadura em solo seco. Esse número remete aos sistemas de cultivo mínimo e convencional, podendo ser sistematizados em nível (quadros), ou em desnível (taipas) (SOSBAI, 2016). Nesse sistema cria-se oportunidade para que outras espécies consigam se estabelecer até que ocorra a entrada da irrigação por inundação, em torno de 20 a 25 dias após a emergência do arroz (ISMAIL et al., 2012). É neste intervalo, que espécies daninhas, tais como a *Eleusine indica* acabam germinando e estabelecendo-se na área (CHAUHAN, 2012).

Contudo, a presença de *Eleusine indica* no sistema arroz irrigado implica na existência de diferentes condições no ambiente de crescimento, relacionadas aos componentes edafoclimáticos. A elevada concentração de água no solo gera a condição de hipoxia devido ao menor teor de oxigênio (O₂), podendo alcançar índices de anoxia com consumo total do

oxigênio, seja pelas raízes das plantas ou microrganismos do solo (SHIONO et al., 2008). Caracteriza-se então uma condição de estresse para espécies ainda não ambientadas. O ambiente com excesso hídrico, gerado com o alagamento, provoca alterações anatômicas, morfológicas e fisiológicas nos vegetais (GONÇALVES et al., 2012; ISMAIL et al., 2012). A capacidade de aclimação de uma espécie (plasticidade) é ponto chave na maximização de recursos essenciais para a sobrevivência das plantas em tais condições (DIAS-FILHO & CARVALHO, 2000). Nesse ambiente, *Eleusine indica* é posicionada como espécie de menor importância, assim como: *Cynodon dactylon* (L.) Pers., *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop, e *Paspalum distichum* L., devido sua capacidade de tolerar todos os tipos de estresses, como a baixa concentração de oxigênio no solo, que ocorre por exemplo nos períodos em inundação pela água de irrigação do arroz. Adicionalmente, podem ocorrer problemas futuros, com a infestação de biótipos de terras altas com histórico de resistência a herbicidas, o que dificultaria o manejo e provavelmente impactaria em maiores custos de produção do arroz (SOSBAI, 2016; KRAEHMER ET AL., 2016; HEAP, 2017).

O manejo da irrigação e o estágio de desenvolvimento das espécies daninhas são fatores decisivos no desempenho de herbicidas dentro do sistema arroz irrigado (SOSBAI, 2016). Vários trabalhos comprovam que o alagamento exerce supressão das plantas daninhas (CHAUHAN, 2012; ISMAIL et al., 2012), pelo fato de que é gerado um estresse que é somado ao efeito herbicida, em que o controle é potencializado. Porém, em plantas muito grandes, em estágio de perfilhamento, a taxa de degradação do herbicida é mais rápida, sendo necessário doses maiores para atingir o mesmo nível de controle (CHAUHAN & ABUGHO, 2012).

O surgimento dessas novas espécies, como *Eleusine indica* no cultivo de arroz irrigado ocorre por meio da rotação com culturas de terras altas, bem como, o destino da área para pecuária no período do inverno. Sucessivas entradas podem ter selecionado biótipos de plantas daninhas tolerantes ao alagamento (FUENTES et al., 2010). Outro fator a ser elencado é quanto à sistematização da área de arroz em desnível, em que caracterizam-se “três lavouras em uma”. Essa característica é observada principalmente na fronteira Oeste do Rio Grande do Sul, devido à distribuição de curvas de nível (taipas) no preparo da área, ficando a taipa sem inundação, o seu leiviro sob profundidade acima de 15 cm (valos formados ao lado da taipa com a extração de solo para formação da mesma), e, a área da lavoura plana, que ocorre entre uma taipa e outra, inundada com lâmina d’água de até 10 cm (Figura 1, primeiro capítulo).

Portanto, as hipóteses do estudo são: (a) existe biótipos de *Eleusine indica* tolerantes a inundação presente na cultura do arroz irrigado; (b) plantas oriundas do ambiente de terras altas

são suscetíveis a condições de excesso hídrico, distinguindo-se morfológicamente das oriundas de terras baixas; (c) a aplicação herbicida seguida de irrigação por alagamento tem maior eficácia de controle da espécie; (d) o estágio de desenvolvimento influencia no controle da planta e, é diretamente dependente do herbicida utilizado.

Considerando-se o acima exposto e a importância de *Eleusine indica* em nível global, o objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento de dois biótipos da espécie oriundos de terras altas e terras baixas, quando submetidos à diferentes condições hídricas do solo, bem como, o desempenho de herbicidas sobre plantas em dois estágios de desenvolvimento e três manejos de irrigação.

A presente dissertação está composta pelas seguintes partes: revisão da literatura, capítulos I e II, descritos em forma de dois artigos científicos e, considerações finais. A revisão apresenta citações atualizadas que serviram de embasamento para a produção e discussão dos dois capítulos.

O capítulo I refere-se ao comportamento fotossintético e diversidade morfológica de dois acessos de *Eleusine indica* sob três diferentes regimes de água no solo. O capítulo II aborda o desempenho de diferentes herbicidas aplicados em dois estágios de desenvolvimento de *Eleusine indica* e sob três diferentes manejos de água. Ambos os capítulos estão formatados de acordo com as normas para publicação na revista “Planta Daninha”.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Caracterização de *Eleusine indica* (L.) Gaertn.

Eleusine indica (L.) Gaertn. é uma planta da família Poaceae (gramínea), autógama de ciclo anual, metabolismo fotossintético tipo C₄, diplóide (2n=18), cosmopolita e pouco exigente quanto ao tipo de solo, admitindo ampla faixa de pH. Toma destaque por ser altamente competitiva e adaptada a quase todas regiões do mundo, com capacidade de produzir até 140 mil sementes por planta. Possui expressão notável entre os trópicos de Câncer e Capricórnio e, de regiões litorâneas até altitudes superiores a 1000 m e, pode ser hospedeira insetos, fungos, vírus e nematóides prejudiciais aos cultivos agrícolas (HOLM et al., 1977; RADOSEVICH et al., 2007; BOLDRINI et al., 2008; CARNEIRO & IRGANG, 2005; GALBIERI & URASHIMA, 2005).

O nome *Eleusine indica* originou-se na derivação de Eleusis para “*Eleusine*”, o qual remete a uma cidade grega de adoração da Deusa Ceres. O termo “*indica*” sugere a origem na Índia que provem de “*Indicum*”, o que também tem sentido de índigo, referente à coloração azulada da planta em certos períodos do ciclo biológico. Contudo, pode ser reconhecida popularmente pelos nomes: capim pé-de-galinha, grama-de-coradouro, capim-da-cidade, capim criador e grama sapo (KISSMANN, 2007).

Quanto às características morfológicas, essa espécie apresenta morfologia cespitosa, ereta ou prostrada, dependendo do índice luminoso onde se encontra. É alavancada por colmos achatados de coloração esverdeada e nós em tons de marrom, praticamente glabros, sustentados por raízes finas e fibrosas, que podem ocorrer na forma de adventícias nos nós em contato no solo.

As folhas são glabras com pelos somente na região do colar, com lâminas planas, lisas e as vezes com nuance azulada, sustentadas por bainhas em torno de 10 cm, soltas ou parcialmente sobrepostas com lígulas membranáceas sem aurículas.

A inflorescência surge do topo dos colmos na forma de ramos especiformes digitados divergentes, com 2 a 12 unidades lineares, em que um dos ramos insere-se mais abaixo do vértice terminal, assim justificando a associação com artelhos dos pés de galinhas e nome comum de capim pé-de-galinha. Os ramos possuem espiguetas plurifloras ovalo-lanceoladas, glumas membranáceas, ásperas e nervadas, lema com as mesmas características da gluma, entretanto, múticas. Ao contrário da maioria das gramíneas, *Eleusine indica* apresenta fruto do tipo aquênio preso por apenas um ponto na ráquis, de formato ovalado. Plantas em condições

ótimas para o desenvolvimento são capazes de produzir mais de 140.000 sementes (BOLDRINI et al., 2008; CHAUHAN & JOHNSON, 2008).

Eleusine indica é considerada uma planta cosmopolita, por ter presença em mais de 60 países e interferir prejudicialmente com mais de 46 culturas ao redor do mundo. Adicionalmente, *Eleusine indica* é classificada por alguns autores como uma entre as 18 espécies daninhas mais agressivas no mundo (LEE & NGIM, 2000; RAO et al., 2007). Na atualidade, existem biótipos com resistência a sete mecanismos de ação, dentre eles no Brasil são registrados casos para mecanismos inibidores de ACCase (2003) e EPSPs (2016), ocupando assim o 4º lugar no ranking de plantas mais resistentes a herbicidas no mundo (HEAP, 2017). No estado do Rio Grande do Sul, fora as áreas de cultivos, *Eleusine indica* é observada próxima às habitações, em beiras de estrada, jardins, gramados e pomares caseiros (BOLDRINI et al., 2008).

Apesar de ser uma invasora típica do ambiente de terras altas, esta espécie vem sendo observada em cerca de 20 países como invasora no cultivo de arroz irrigado (RAO et al., 2007). *Eleusine indica* e outras espécies como: *Cynodon dactylon* (L.) Pers., *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop. e *Paspalum distichum* L., são consideradas gramíneas de pouca importância dentro desse sistema, mas com alto potencial daninho sobre a cultura (KRAEHMER et al., 2016). Sua presença no arroz irrigado se deve às ações antrópicas, as quais criaram fatores de oportunidade para sua introdução, como distúrbios físicos e biológicos e, eliminação de outras espécies, que favorecem a ocupação e predominância de *Eleusine indica*.

2.2 ESTRESSE POR EXCESSO HÍDRICO E ACLIMATAÇÃO DE PLANTAS

O estresse por excesso hídrico nas plantas é um entendimento que envolve a espécie em estudo, mecanismos adaptativos e dependente do estágio de desenvolvimento do vegetal (TAIZ & ZEIGER, 2013). Contudo, o primeiro passo para se entender a ecossistemas, de áreas alagadas ou sujeitas ao alagamento temporário, remete ao fato de que a difusão de gases como oxigênio (O₂) é 10000 vezes mais lenta dentro do meio líquido, do que na atmosfera (PEÑA-FRONTERRAS et al., 2009). Essas trocas gasosas são tão reduzidas que geram baixas taxas de concentração de oxigênio no solo, assim caracterizando o grau de hipoxia (BLOKHINA et al., 2003; JACKSON & COLMER, 2005). Além disso, o esgotamento dos níveis de oxigênio no solo ocorre através da respiração dos microrganismos e partes vegetais submersas, que o consomem para a manutenção das atividades metabólicas. Deste modo, a concentração zero de

oxigênio caracteriza a anoxia (FRIES et al., 2007; ISMAIL et al., 2012; TAIZ & ZEIGER, 2013).

As espécies/cultivares podem responder de maneira diferenciada a condições de estresse por excesso hídrico, em que algumas aumentam a sua eficiência metabólica e outras diminuem (JACKSON & COLMER, 2005). Essa informação permite distinguir o nível de tolerância da espécie/cultivar diante da condição adversa (BATISTA et al., 2008).

A deficiência de oxigênio em plantas intolerantes acaba interferindo no seu desenvolvimento, porque as raízes deterioram-se e restringem o seu crescimento, o que reflete na restrição da produção de energia fotoquímica por falta de água e nutrientes essenciais na fotossíntese (GEIGENBERGER, 2003; GONÇALVES et al., 2012). Essa deficiência inicial provocada pelo alagamento do solo induz uma aclimação bioquímica anaeróbica da planta, principalmente quanto ao observado nas raízes, que tem como objetivo manter o metabolismo basal, garantindo a sobrevivência da planta, com gasto reduzido de energia (IRFAN et al., 2010).

De acordo com Liao & Lin (2001), a falta de oxigênio faz com que a planta troque o metabolismo aeróbico para a via anaeróbica (fermentação alcoólica). Como consequência dessa mudança no sistema respiratório ocorrem um colapso no funcionamento da célula vegetal, como a acidificação citoplasmática, elevação do Ca^{2+} citosólico, mudanças no potencial redox, decréscimo da barreira de membrana e produção de espécies reativas de oxigênio (EROS). As EROS afetam principais mecanismos de fluidez, transporte de íons, perda da atividade enzimática e inibição da síntese de proteínas, resultando na morte da célula (BLOKHIMA et al., 2003; FUKAO & BAILEY-SERRES, 2004; SHARMA et al., 2012). Em reação a esse colapso celular ocorre o incremento na atividade das enzimas álcool desidrogenase (ADH), piruvato descarboxilase (PDC) e lactato desidrogenase (LDH). A atividade da álcool desidrogenase permite que haja a reciclagem do NAD^+ de modo que a via glicolítica se mantenha ativa (BLOKHINA et al., 2003). Em condições de hipoxia o piruvato descarboxilase faz a conversão de piruvato a acetaldeído, que sofre metabolização pela álcool-desidrogenase passando a etanol, através da regeneração de NAD^+ para sustentar a glicose.

O etanol é um produto menos tóxico para as células e sua alta produção está ligada à tolerância a falta de oxigênio no solo (VARTAPETIAN, 2006). Amarante & Sodek (2006), em estudos com soja, o ambiente hipóxico pode gerar a inibição da fixação simbiótica e da absorção de nutrientes essenciais para a planta, como o nitrogênio, consequentemente, reduz o crescimento radicular e a nodulação, devido à exigência de oxigênio para o processo de fixação.

As respostas ao estresse, independe do estágio da planta, são evidenciadas principalmente pela redução do acúmulo de biomassa de raiz, caule e hastes, formação de raízes adventícias, aerênquimas e pneumatóforos, redução na expansão foliar, indução de abscisão foliar e senescência (COLMER & PEDERSEN, 2008). Entretanto, em estádios mais avançados, a falta de oxigênio reduz o teor de clorofilas; espécies suscetíveis submetidas ao alagamento do solo apresentaram sintomas mais intensos de estresse como amarelecimento foliar; devido a degradação ou decréscimo da síntese de clorofila pela baixa absorção de nitrogênio nas raízes, o que acarreta em fotoinibição, necrose e morte de tecidos (GONÇALVES et al., 2012).

Quanto aos reflexos no metabolismo fotossintético, o alagamento envolve a redução no fornecimento de água e sais minerais para a parte aérea das plantas, a qual realiza a fotossíntese e por sua vez a produção de energia. Deste modo, ocorre a diminuição da taxa fotossintética das folhas, consequência provocada pela restrição da condutância estomática (DAVANSO et al., 2002). Ainda, a hipoxia provoca a redução na expansão foliar e a redução da taxa de carboxilação pela rubisco, conferindo menor crescimento das plantas (ALMEIDA et al., 2003).

Em contraste, as plantas que são tolerantes ou mediantemente tolerantes a altas concentrações de água no solo desenvolvem alternativas para o acesso do oxigênio, como no caso do Arroz (*Oryza sativa*) e Capim arroz (*Echinochloa* spp.), que são as espécies consideradas mais bem adaptadas ao excesso hídrico imposto pelo sistema arroz irrigado (FUKAO; BAILEY-SERRES, 2004). Para tal, ocorre a formação de estruturas longitudinais preenchidas com gases, em que o oxigênio é difundido, os aerênquimas (raízes, caule e folhas) (SHIONO et al., 2008). Em outras espécies pode ocorrer a formação de raízes diageotrópicas, raízes adventícias, e ainda rachaduras corticais ou peridérmicas em caules resultantes de hipertrofia (DAVANSO et al., 2002; BATISTA et al., 2008).

Adicionalmente, uma das respostas na privação de oxigênio para o vegetal, por exemplo, é com a ação de enzimas antioxidantes, as quais são responsáveis por detoxificar espécies reativas de oxigênio (EROS) produzidas com o estresse oxidativo, convertendo-as em formas menos reativas. As principais enzimas envolvidas nesse processo são a catalase (CAT), superóxido dismutase (SOD), guaiacol peroxidase (GPX) e enzimas do ciclo ascorbato-glutationa (AsA-GSH), tais como ascorbato peroxidase (APX), monodehidroascorbato redutase (MDHAR), dehidroascorbato redutase (DHAR) e glutaciona redutase (GR) (FOYER; NOCTOR, 2011; SHARMA et al., 2012).

Já na germinação e desenvolvimento sob água, adaptações como a alongação do coleóptilo, entrenós e raízes no mesocótilo, também são alternativas eficazes para o oxigênio

ser capturado e difundido, conhecido geneticamente já pelos genes *SNORKEL 1* e *SNORKEL 2*, assim permitindo a atividade metabólica da planta e cumprimento de sua função (SHIONO et al., 2008; HATTORI et al., 2009).

2.3 ESTÁDIO DE PLANTAS E MANEJO DE ÁGUA NA EFICÁCIA DE HERBICIDAS

A relação entre o estágio de desenvolvimento de plantas daninhas e a eficácia de herbicidas é de maneira geral bem conhecida. Contudo, quando insere-se mais um fator supressor, como a água, podem ocorrer respostas diferenciadas. A literatura mostra que, plantas em estádios mais avançados de desenvolvimento são mais tolerantes ao efeito de herbicidas, em que geralmente quanto menor o estágio, ou seja, herbicidas aplicados em plântulas e plantas mais jovens, potencializa-se a chance de alcançar bons índices de controle químico (OLIVEIRA JR et al., 2011; CHAUHAN & ABUGHO, 2012). Por exemplo, estudos relatam que o controle de *Eleusine indica* torna-se mais difícil de acordo com o avanço do estágio (acima de um perfilho) para os herbicidas glyphosate e quinclorac (ZAWIERUCHA & PENNER, 2001; ULGUIM et al., 2013). Além disso, Chauhan & Abugho (2012) verificaram que, apesar do herbicida ser a melhor ferramenta de controle de plantas daninhas, é possível ocorrer a metabolização do mesmo pelas plantas, sendo mais rápida em plantas de adultas. Neste sentido, princípios ativos como diclofop são mais eficazes em estádios juvenis de *Setaria viridis* (L.) Beauv. e *Avena fatua*, do que em plantas perfilhadas. Em contraste, trifloxysulfuron atua melhor sobre *Cyperus esculentus* L. quando aplicado em plantas adultas (SINGH & SINGH, 2004). Não menos importante é o fato de que a dependência de um único herbicida, pode resultar em seleção de biótipos resistentes (CHAUHAN & ABUGHO, 2012).

No sistema do arroz irrigado com semeadura em solo seco, a entrada da água de irrigação atua como uma grande barreira física nessa cultura, agindo como uma boa inibidora da germinação de novas plantas daninhas (CHAUHAN, 2012). Geralmente dentro desse modo de semeadura, a última aplicação herbicida não seletivo ocorre na fase conhecida por “ponto de agulha”, estágio S₃ (emergência do prófalo do coleóptilo). Nessa fase, para a erradicação da população invasora presente na área, utiliza-se o herbicida o glyphosate como principal ferramenta de controle. Se neste momento também forem aplicados herbicidas pré emergentes, o novo fluxo de infestação pode ser atrasado de acordo com o período residual do pré emergente. Posteriores 15 a 35 dias à emergência do arroz, é o período de realizar a primeira adubação nitrogenada sob cobertura, o controle químico da população reinfestante e a entrada

da lâmina d'água (SOSBAI, 2016). Nesta etapa é que ocorrem as interações entre estádio da planta daninha, herbicidas e manejo da irrigação.

A imediata entrada de água, como forma de complementar o controle químico das plantas daninhas é salientada como mecanismo para evitar a emergência de novas plântulas, principalmente em anos de baixa precipitação pluviométrica (CHAUHAN, 2012). Assim também são satisfeitas as necessidades de água para o adequado desenvolvimento das plantas de arroz (ISMAIL et al., 2012). Nesse contexto, a relação entre o estresse ocasionado pelo excesso hídrico na irrigação do arroz e a performance dos herbicidas, é o ponto onde alcança-se os melhores resultados de controle, devido as plantas estarem em condições não tão favoráveis para o desenvolvimento (PEREIRA et al., 2015).

A detoxificação dos herbicidas pelas plantas, em contraste ao benefício no controle químico em situações de estresse, está geralmente associada a famílias de enzimas citocromo P450 monooxigenases (P450) e glutathione-S-transferases (GST) (READE et al., 2004). Por exemplo, as P450 pertencem a uma das maiores famílias de enzimas, são encontradas na maioria dos organismos e estão localizadas no retículo endoplasmático. O mecanismo de desativação dos herbicidas com a ação detoxificadora das P450 ocorre através da hidroxilação e a desalquilação de EROS através de elétrons do NADPH para ativar o oxigênio por uma enzima associada, citocromo P450 redutase (POWLES; YU, 2010). Geralmente, os compostos formados são menos ativos do que a molécula original e os produtos são glicosilados são transportados para o vacúolo (enzimas glicosil-transferases - GT) (COLEMAN et al., 1997).

As GST também são enzimas que catalisam herbicidas com a conjugação do tripeptídeo glutathione (GSH) para vários substratos hidrofóbicos e geralmente citotóxicos (MARRS, 1996). As GST no citosol das células ativam as GSH, as quais conjugam os substratos tóxicos (herbicida entre outros compostos endógenos e exógenos). As enzimas GST podem ser induzidas por estresses bióticos como infecções ou abióticos, tais como o estresse osmótico e temperaturas elevadas, além de estresses oxidativos (DIXON et al., 2002). Portanto, ao mesmo passo que as GST são ativadas para detoxificar os herbicidas, também em situações de estresse podem reduzir a eficácia dos mesmos, dentro sistema do arroz irrigado (BLOKHINA et al., 2003). Sugestão de tema para outros estudos científicos em relação a resposta dessas enzimas como mecanismos de tolerância/resistência.

3 CAPÍTULO I – CAPIM PÉ-DE-GALINHA: CARACTERIZAÇÃO 2 MORFOFISIOLOGICA EM CONDIÇÕES DE EXCESSO HÍDRICO

4 **Resumo**

5
6 A espécie *Eleusine indica* (L.) Gaertn. (capim pé-de-galinha) é uma gramínea exótica,
7 que possui destaque global como infestante em áreas típicas de cultivos agrícolas de terras
8 altas. Entretanto, nos últimos anos vem sendo relatada sua dispersão expressiva para áreas
9 de terras baixas, típicas do cultivo de arroz irrigado. Nesse diferente ecossistema, pouco
10 se conhece sobre seu comportamento e biologia, o que provoca muitas vezes equívocos
11 na comunidade técnica quanto a identificação e manejo. O objetivo do artigo foi investigar
12 se *Eleusine indica* consegue suportar o alagamento, alterando sua morfologia e/ou
13 fisiologia sob diferentes condições hídricas do solo. O delineamento experimental
14 utilizado foi inteiramente casualizado e consistiu na submissão de um fatorial com dois
15 acessos de *Eleusine indica* oriundos de terras altas e baixas, a três condições de água: solo
16 sob lâmina d'água, solo com 50 e 100% da capacidade de retenção. Foram determinados
17 parâmetros fotossintéticos e de trocas gasosas (taxa fotossintética (A), condutância
18 estomática (Gs), concentração de CO₂ intercelular (Ci), evapotranspiração (E), eficiência
19 do uso da água (EUA) e a relação de assimilação pela rubisco (A/Ci)). Foi determinada a
20 diversidade morfológica entre os acessos visando classificar um biótipo de terras baixas.
21 Ambos acessos mostraram-se capazes de sobreviver, desenvolver-se e gerar sementes por
22 planta no ambiente alagado. Ainda, não houve a possibilidade de discriminar a existência
23 de um biótipo típico de terras baixas, somente apontar indícios de um processo adaptativo.

24
25 **Palavras chave:** adaptação, *Eleusine indica*, *Oryza sativa*, invasividade.

27 **INTRODUÇÃO**

28
29 *Eleusine indica* (L.) Gaertn. é uma monocotiledônea anual conhecida popularmente
30 como capim pé-de-galinha, geralmente encontrada em áreas de solo bem drenado, típicas
31 de cultivos da soja (Radosevich et al., 2007; Chachuan & Johnson, 2008; Vargas et al.,
32 2013; Wandscheer, 2013). É considerada planta invasora por possuir grande poder

33 competitivo e fácil adaptação a quase todas regiões do globo, possuindo registro de
34 resistência a diversos mecanismos de ação herbicida (Holm et al., 1977; Kissmann, 2007;
35 Heap, 2017; Kraehmer et al., 2016). Contudo, esta espécie tem sido relatada em áreas de
36 solo mal drenado, características da produção de arroz irrigado, nas quais está
37 demonstrando suportar as condições impostas por esse diferenciado habitat (Erasmus et
38 al., 2004; Rao et al., 2007).

39 O estado do Rio Grande do Sul é o maior produtor de arroz do Brasil. A área
40 utilizada para o cultivo contempla aproximadamente 1.120.000 hectares, em que 89,9 %
41 desta é implantada em sistema de semeadura em solo seco. Esse valor corresponde aos
42 sistemas de cultivo convencional e mínimo, com sistematização das áreas em nível
43 (quadros) ou em desnível (com taipas) (Figura 1) (SOSBAI, 2016). Esse método permite
44 que outras espécies consigam se estabelecer até que ocorra a entrada da irrigação por
45 alagamento, em torno de 20 a 25 dias após a emergência do arroz. É neste intervalo que
46 possivelmente espécies como *Eleusine indica* acabam germinando e se estabelecendo na
47 área.

48 A presença de *Eleusine indica* no sistema arroz irrigado implica uma submissão a
49 diferentes condições no ambiente de crescimento em comparação a principalmente, os
50 componentes edafoclimáticos. Áreas com elevada concentração de água no solo geram
51 taxas de hipoxia devido ao menor teor de oxigênio (O₂), ou anoxia, em função do
52 consumo total deste pelos órgãos submersos de plantas ou microrganismos (Shiono et al.,
53 2008). Caracterizando-se em uma condição de estresse para espécies sensíveis aos efeitos
54 nocivos do alagamento.

55 O estresse provocado às plantas pela influência de um ambiente diferente daquele
56 ao qual as plantas estão adaptadas reflete em alterações anatômicas, morfológicas e
57 fisiológicas (Gonçalves et al., 2012; Ismail et al., 2012). A capacidade de aclimação de
58 uma espécie (plasticidade) é ponto chave na maximização de recursos essenciais para a
59 sobrevivência das plantas em tais condições (Dias-Filho & Carvalho, 2000).

60 O elevado conteúdo de água no solo é um fator que exerce forte seleção natural de
61 plantas, o qual pode produzir variações locais dentro da população, dependendo do
62 regime hídrico (Mollard et al., 2008). Este fator de seleção pode pôr em risco a
63 sobrevivência das espécies que forem suscetíveis à essa condição, principalmente por

64 afetar a assimilação e fixação de carbono, que é elemento essencial para produção de
65 biomassa (Jackson & Colmer, 2005).

66 Algumas das respostas para os distúrbios causados pela baixa disponibilidade de
67 oxigênio são marcadas por mudanças estratégicas através de alterações fisiológicas e
68 morfológicas, como troca de metabolismo, alongação da parte aérea, formação de raízes
69 adventícias no colmo (gramíneas) e aerênquimas (Kraehmer & Baur, 2013; Wang et al.,
70 2014). O baixo teor de oxigênio inicialmente acarreta em queda na taxa fotossintética,
71 fechamento estomático, seguido de colapso fotossintético, refletido pela ineficiência e
72 sobrevivência das raízes da planta nas condições de hipoxia e anoxia (Ismail et al., 2012).

73 Considerando o cenário de ocorrência, a frequência de *Eleusine indica* no ambiente
74 alagado e sua importância em nível global, acredita-se que a espécie é capaz de tolerar o
75 excesso hídrico, ou que existam biótipos com maiores níveis de adaptação ao ambiente
76 do arroz irrigado. O objetivo deste trabalho foi determinar se *Eleusine indica* consegue
77 sobreviver em solo alagado e completar o ciclo com a produção de sementes. Portanto,
78 de maneira mais específica, objetivou-se determinar parâmetros relacionados às trocas
79 gasosas e a existência de diversidade morfológica, em dois acessos de *Eleusine indica*,
80 oriundos de terras altas e terras baixas, quando submetidos a diferentes condições de água
81 no solo.

82

83 MATERIAL E MÉTODOS

84

85 O experimento foi conduzido em casa de vegetação, com 6m x 20 m e 5 m de pé
86 direito, no município de Santa Maria, estado do Rio Grande do Sul, durante o período de
87 março a julho de 2016.

88 O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado onde
89 trabalhou-se um bifatorial: acessos de *Eleusine indica* e condições hídricas do solo, com
90 cinco repetições. Os acessos de *Eleusine indica* foram: SMI – Santa Maria (sensível) (29°
91 39' 04,86'' S, 53° 57' 25,70'' O e altitude de 177 m), oriundo de lavoura de soja, terras
92 altas e, ALI – Alegrete (tolerante) (29° 27' 34,74'' S, 56° 07' 15,88'' O e altitude de 75
93 m), oriundo de lavoura de arroz irrigado, terras baixas. As condições hídricas testadas
94 foram: 50%, 100% da capacidade de retenção de água do solo (CRA) e lâmina d'água
95 (5cm).

96 As coletas dos acessos foram realizadas com base em informações prévias sobre a
97 ocorrência da espécie em cada área. Para amostragem nas áreas foram definidos 10 pontos
98 de coletas, dentro de um raio de 25 hectares, georreferenciados com GPS Etrex Garmin.
99 Para identificação da espécie utilizou-se a chave para a família Poaceae (Boldrini et al.,
100 2008). Após as coletas, as plantas foram acondicionadas em bandejas plásticas e levadas
101 ao laboratório para reprodução de sementes. Após a maturação fisiológica coletou-se em
102 torno de 70 a 100 g de sementes de uma única planta das dez de cada área amostral,
103 escolhida através de sorteio, para a execução do experimento em casa de vegetação.

104 As unidades experimentais foram constituídas por vasos plásticos flexíveis
105 (Nutriplant) de 11 litros de volume, preenchidos com 12 kg de Argilossolo vermelho
106 arênico distrófico, horizonte A, o que permitiu um sobressalente de 5 cm para os
107 tratamentos que receberam a lâmina d'água. O solo foi peneirado e corrigido de acordo
108 com a análise química, seguindo as indicações para cultura do arroz irrigado (Sociedade,
109 2016). Os resultados da análise química e física do solo foram: pH em água (1:1) = 4,25;
110 matéria orgânica = 2,3%; P = 3,3 mg dm⁻³; K = 0,119 cmol_c dm⁻³; Ca = 0,3 cmol_c dm⁻³;
111 Mg = 0,1 cmol_c dm⁻³; H + Al = 7,3 cmol_c dm⁻³; CTC efetiva = 2,7 cmol_c dm⁻³; Saturação
112 Bases = 7%; total areia = 41,228 kg kg⁻¹; silte = 41,972 kg kg⁻¹; argila: 16,8 kg kg⁻¹.

113 No dia 11 de março de 2016 foram semeadas em torno de 10 a 15 sementes de
114 *Eleusine indica* (posterior a escarificação mecânica para superação da dormência) sobre
115 cada unidade experimental; 15 vasos continham o acesso SMI e outros 15 com o acesso
116 ALI, totalizando 30 unidades experimentais. Foram realizadas irrigações de manutenção
117 até 75% da CRA, para favorecer a germinação das sementes. A emergência total das
118 plântulas ocorreu dia 23 de março de 2016 e, três dias depois, foi realizado um raleio para
119 permanecer apenas uma planta por vaso.

120 O fator condição hídrica foi imposto no dia 7 de abril de 2016, quando as plantas
121 de *Eleusine indica* atingiram o estágio de 3 folhas a 1 perfilho, em torno de 15 dias após
122 a emergência total, com a intenção de simular o momento em que ocorre a entrada d'água
123 na lavoura de arroz irrigado. A determinação da CRA do solo peneirado foi realizada
124 através do método de pesagens, em que foi feita a secagem do solo em estufa 70°C, sendo
125 realizadas pesagens em balança de precisão de 0,01 g a cada hora até massa constante.
126 Após a secagem foram colocados 3 kg de solo seco em um vaso de massa conhecida,
127 contendo orifícios na base, o qual foi encharcado até a saturação e posteriormente

128 submetido ao escoamento até massa constante. Considerando que a massa específica da
129 água seja 1000 kg m^{-3} ou 1 kg L^{-1} , determinou-se 100% da capacidade de retenção de
130 água do solo, através da diferença de peso do vaso com solo seco com o vaso em que
131 deixou-se drenar a água.

132 Para a obtenção das umidades dos tratamentos (50% e 100% da CRA) foram
133 utilizadas fórmulas para determinação:

134

$$135 \text{ PV100\%} = (\text{PVCRA} - \text{PVseco}) \cdot 1 + \text{PVseco}$$

$$136 \text{ PV50\%} = (\text{PVCRA} - \text{PVseco}) \cdot 0,5 + \text{PVseco}$$

137

138 Em que: PVn\% é o peso do vaso para cada tratamento; PVCRA é o peso do vaso
139 na capacidade de retenção de água do solo; PVseco é o peso do vaso preenchido com o
140 solo seco. Foi utilizado uma tela plástica de malha 0,2 mm para cobrir os orifícios no
141 fundo do vaso para evitar o possível escapamento do solo peneirado e saco plástico
142 revestindo o interior dos vasos que receberam a lâmina d'água.

143 As diferentes irrigações foram realizadas diariamente. Para manutenção, pesou-se
144 cada vaso, utilizando uma balança eletrônica marca ACS System com precisão de 5 g,
145 sendo adicionado água até atingir a massa total pré-determinada (vaso + solo seco +
146 volume de água para atingir 100% e 50% da CRA).

147 No dia 28 de abril de 2016, foram realizadas as avaliações fisiológicas, no terço
148 médio da folha bandeira completamente expandida de cada planta, no estágio de emissão
149 da inflorescência (emborrachamento), com a auxílio do medidor portátil Infra Red Gas
150 Analyzer (IRGA) (modelo LI-6400 XT, marca LI-COR), utilizando uma radiação
151 fotossintética de $1000 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ e concentração de CO_2 de $400 \mu\text{mol mol}^{-1}$. Nessa
152 ocasião, foram determinadas: a taxa fotossintética ($A - \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); condutância
153 estomática de vapores de água ($G_s - \text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); concentração interna de CO_2 ($C_i -$
154 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol air}^{-1}$); taxa transpiratória ($E - \text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); a eficiência do uso da água
155 ($\text{EUA} - \text{mol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$), obtida pela relação entre quantidade de CO_2 fixado pela
156 fotossíntese e quantidade de água transpirada e; a eficiência da carboxilação da enzima
157 rubisco (A/C_i), obtida pela relação entre quantidade de CO_2 fixado na fotossíntese e a
158 concentração interna de CO_2 . As avaliações ocorreram no período das 9 às 11 horas da

159 manhã, em dia ensolarado. No mesmo dia da avaliação fotossintética, realizou-se a
160 contagem do número de perfilhos por planta nesse estágio do desenvolvimento.

161 Ao final do ciclo foram realizadas avaliações de descritores morfológicos (Tabela
162 1) para análise de diversidade morfológica entre os acessos. Como comparativos positivos
163 foram utilizados biótipos adicionais da espécie *Eleusine tristachya*, CAT: Cruz Alta e
164 JCT: Júlio de Castilhos, bem como um *Eleusine indica* SCI: Santa Catarina.

165 Foram avaliadas também o acúmulo de massa seca da parte aérea, radicular e total
166 de cada planta; o número de perfilhos ao final do ciclo, a contagem de sementes por planta
167 através do cálculo: n° sementes por planta = (n° inflorescências por planta) x (n° de ramos
168 por inflorescência) x (n° de espiguetas por ramo) x (2,5 sementes por espiguetas pluriflora);
169 o comprimento do colmo principal (planta mãe) e a duração total do ciclo. Para as
170 avaliações de massa seca, as plantas foram retiradas dos vasos, lavadas, e secas em estufa
171 70°C até massa constante. Os eventos ocorridos no experimento, bem como as medições
172 de temperatura diária encontram-se na Figura 2.

173 A análise de variância para os dados foi realizada conforme o modelo matemático
174 do delineamento inteiramente casualizado com arranjo bifatorial. Os erros experimentais
175 foram testados quanto à normalidade de sua distribuição através do teste de Shapiro-Wilk
176 e a homogeneidade das variâncias através do teste de Bartlett, com auxílio do programa
177 Action (ESTATCAMP, 2011). Aos que não atenderam os pressupostos foi utilizada a
178 transformação BoxCox. Posteriormente, procedeu-se à análise de variância (ANOVA) e
179 o teste de Scott-Knott para agrupamento das médias, em 5% de probabilidade de erro
180 ($p < 0,05$), utilizando-se o programa estatístico Sisvar® 5.3 (Ferreira, 2011). Para
181 avaliação da diversidade morfológica, foram calculadas as distâncias genéticas entre os
182 acessos com base no método de Mahalanobis, a partir disso foram construídos
183 dendrogramas por análise de agrupamentos do tipo UPGMA (Unweighted Pair Group
184 Method using Arithmetical Averages), com o auxílio do software estatístico Genes (Cruz,
185 2013).

186

187

188

189

RESULTADOS E DISCUSSÃO

190

191 Somente os erros experimentais referentes a variável Gs (condutância estomática)
192 não atenderam ao pressuposto da distribuição normal e foram heterogêneos, sendo então
193 transformados os dados pelo procedimento Box-Cox (Box & Cox, 1964). Após a
194 transformação, os erros experimentais passaram a atender ao pressuposto da distribuição
195 normal e a homogeneidade de variâncias, realizou-se então a análise da variância pelo
196 teste de F ($p < 0,05$).

197 No presente estudo observou-se que o biótipo Alegrete, supostamente tolerante ao
198 encharcamento do solo, apresentou maior taxa fotossintética, acima de $23,81 \mu\text{mol de}$
199 $\text{CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$, quando comparado ao Santa Maria, sob condições de alta disponibilidade e
200 excesso hídrico (100% da CRA e lâmina d'água). Na submissão à baixa disponibilidade
201 de água, demonstrou redução na taxa fotossintética, mostrando ser menos tolerante a
202 deficiência hídrica (Tabela 2). O biótipo Santa Maria obteve menores taxas
203 fotossintéticas, comparado ao Alegrete, no entanto não diferiu dentro das três condições
204 hídricas impostas, 50, 100% da CRA e lâmina d'água (Tabela 2).

205 Os parâmetros Gs, Ci, E, EUA e A/Ci não apresentaram interação entre os biótipos
206 e condições hídricas. Verificou-se que, na condição hídrica dentro de cada biótipo,
207 existem comportamentos diferenciados em relação à condutância estomática (Gs) e à
208 evapotranspiração (E). O biótipo Santa Maria, de terras altas, mostrou-se indiferente nas
209 avaliações de condutância estomática e evapotranspiração, ao contrário do Alegrete, de
210 terras baixas, que tolerou menos a escassez. Nessa condição a condutância estomática foi
211 reduzida, levando a uma menor concentração interna de CO_2 (Ci) e evapotranspiração, o
212 que também implicou em melhor eficiência do uso da água (EUA). Contudo, a relação da
213 carboxilação pela rubisco (A/Ci) foi indiferente para todas médias observadas, o que
214 permite afirmar que não houve efeitos sobre a fixação de carbono atmosférico (Tabela 3).

215 Em situações de estresse hídrico, *Eleusine indica* tem como primeiro reflexo de
216 defesa o fechamento estomático, que reduz a condutância dos mesmos em cerca de $0,15$
217 $\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (Pereira et al., 2015). Nessas condições, a resposta da menor taxa
218 fotossintética é devido à restrição estomática com a desidratação das células guarda ou ao
219 sinal hormonal à falta d'água (Dias-Filho & Carvalho, 2000; Arcoverde et al., 2011). Por
220 consequência dessa queda no fluxo estomático ocorre interferência negativa no acúmulo
221 de biomassa, através da menor relação de carboxilação pela rubisco (A/Ci) (Scalon et al.,
222 2015). Em plantas suscetíveis ao alagamento, também é observado o fechamento

223 estomático como equilíbrio osmótico e resposta crítica de prevenção à desidratação da
224 folha (Ashraf, 2003). Isso indica que, a disponibilidade excessiva atua como um fator de
225 estresse sobre a planta. Neste contexto, o cenário de alta disponibilidade e excesso hídrico
226 sobre os parâmetros de trocas gasosas, não indicou diferenças entre os biótipos de
227 *Eleusine indica*, os quais responderam semelhantemente às condições de 100% da CRA
228 e lâmina d'água (Tabela 3). Para plantas adaptadas, o alagamento pode favorecer a
229 performance fisiológica com aumento da taxa fotossintética sem interferência na
230 condutância estomática (Baruch, 1994) e taxa de transpiração (Mollard et al., 2008). Em
231 outros estudos, foi possível classificar um biótipo de terras baixas, quando avaliadas três
232 espécies do gênero *Paspalum* na Argentina, o qual respondeu com maior taxa
233 fotossintética nas condições de excesso hídrico, sem ocorrer a restrição na condutância
234 estomática quando efetuada a submergência em água (Mollard et al., 2008).

235 O biótipo Alegrete produziu mais perfilhos que o Santa Maria na condição de
236 lâmina d'água, sugerindo que o mesmo é mais adaptado a este ambiente, ou possui maior
237 recuperação após o estresse imposto pela lâmina d'água (Tabela 4). A saturação do solo
238 com água implica em uma supressão dos processos fisiológicos da planta, em que ocorre
239 inicialmente a troca de metabolismo aeróbico pelo anaeróbico, com o processo
240 fermentativo (fermentação alcoólica) (Liao & Lin, 2001). Como consequência dessa
241 mudança, no sistema respiratório ocorrem processos danosos para o funcionamento da
242 célula vegetal, como a acidificação citoplasmática, elevação do Ca^{2+} citosólico, mudanças
243 no potencial redox, decréscimo da barreira de membrana e produção de espécies reativas
244 de oxigênio (EROS) (Blokhina et al., 2003; Fukao & Bailey-Serres, 2004). Esse estresse
245 acarreta na redução do perfilhamento (Gun Won et al., 1999), como é observado na
246 cultura do arroz irrigado com o aumento da profundidade da lâmina d'água (Ismail et al.,
247 2012), em que a energia é direcionada para produção de outras estruturas e alongação
248 celular, como das folhas (Dias-Filho & Carvalho, 2000) e do colmo (Ismail et al., 2012).
249 Esta alongação já é descrita molecularmente em variedades melhoradas de arroz para
250 cultivo em águas profundas, pelos genes *SNORKEL 1* e *SNORKEL 2* (Hattori et al., 2009).

251 A massa seca na avaliação das raízes observou-se um maior acúmulo (19,51g),
252 dentro da condição 100% da CRA, alavancando a média final, na avaliação da massa seca
253 total, sem ser perceptível ao teste estatístico (Tabela 5). Além disso, o biótipo Santa
254 Maria, dentro das condições hídricas, demonstrou em todas as partes acumular mais

255 massa seca na condição de 100% da CRA (raiz: 19,51g; parte aérea: 86,94g e total:
256 106,46g). O biótipo Alegrete foi indiferente quanto ao acúmulo de massa seca de raiz no
257 desdobramento dentro das três condições hídricas, mostrando-se insensível ao excesso
258 hídrico. Todavia, nas avaliações da parte aérea (Tabela 6) e total, acumulou menos massa
259 na condição de 50% da CRA, obtendo maiores acúmulos dentro das condições de alta
260 disponibilidade, 100% da CRA e excesso hídrico, lâmina d'água, em comparação a
261 condição de 50 % da CRA.

262 O acúmulo de massa seca total, ao final do ciclo das plantas, não houve diferenças
263 entre os biótipos. O biótipo Santa Maria alcançou uma maior massa seca total na média
264 das três condições hídricas impostas (79,35g), enquanto o Alegrete acumulou menos
265 (64,91g). Porém quando avaliados dentro da mesma condição não há diferenças entre
266 biótipos (Tabela 7).

267 O comprimento médio do colmo variou de maneira semelhante para os dois
268 biótipos, que responderam com menores dimensões somente na condição de 50% da
269 CRA. Dentro das condições de 100% da CRA e lâmina d'água o comprimento do colmo
270 principal não mostrou diferenças. Provavelmente para esta espécie, a elongação dos
271 tecidos só afetada em condições de maior profundidade, do que a trabalhada neste estudo
272 que foi com lâmina d'água de 5cm (Tabela 8).

273 O estresse gerado pela água afeta o metabolismo da planta, o que leva ao menor
274 acúmulo de metabólitos. Dentre eles os carboidratos, ácido orgânicos, ácido abscísico
275 (ABA) e amino ácidos, alteram a atividade de algumas enzimas com a menor síntese de
276 proteínas (Maranville & Paulsen, 1970). Refletindo assim em menor crescimento celular,
277 síntese de parede celular, assimilação do Nitrogênio e produção de clorofila,
278 consequentemente o acúmulo de massa seca (Pereira et al., 2015). A redução do acúmulo
279 de biomassa de raiz, caule e hastes, formação de raízes adventícias, aerênquimas e
280 pneumatóforos, expansão foliar, indução de abscisão foliar e senescência são algumas das
281 principais respostas evidenciadas ao estresse por excesso hídrico sobre plantas suscetíveis
282 (Colmer & Pedersen, 2008). Em estádios mais avançados, a falta de oxigênio reduz o teor
283 de clorofilas; espécies suscetíveis submetidas ao alagamento do solo apresentaram
284 sintomas mais intensos de estresse como amarelecimento foliar; devido a degradação ou
285 decréscimo de sua síntese pela baixa absorção de nitrogênio nas raízes, o que acarreta na
286 fotoinibição, necrose e morte de tecidos (Gonçalves et al., 2012).

287 A avaliação da diversidade morfológica mostrou cortes significativos na separação
288 das espécies *Eleusine indica* e *Eleusine tristachya*. Dentro das três condições hídricas, os
289 biótipos de *Eleusine indica* permaneceram sem diferenciação morfológica (Figura 3).
290 Apesar disso, o biótipo Alegrete mostrou uma tendência de melhor adaptação à condição
291 de lâmina d'água, sugerindo a existência de um processo de aclimatação de uma
292 população de terras baixas.

293 A diversidade genética em relação à diversidade geográfica foi ponto de debate no
294 passado, sendo que a maior variação observada hoje na classificação de biótipos é voltada
295 para expressão genética e a seleção dos mesmos em diferentes ambientes (Murthy &
296 Arunachalam, 1996). Lang et al. (2009) relataram em pesquisa com arroz que, embora
297 as variedades tenham vindo de diferentes locais, elas podem ser agrupadas por causa de
298 semelhanças próximas em termos de traços qualitativos. A avaliação da variação
299 morfológica com base em descritores é bastante informativa e pode ser manipulada para
300 seleção de acessos superiores quanto às características diferenciais, como observado para
301 o melhoramento genético (Khan et al., 2011; Umar & Kwon-Ndung, 2014). Assim,
302 informações do grupo sobre características pontuais ajudarão no futuro a verificar mais
303 acessos do mesmo grupo, com traços semelhantes ou intimamente relacionados, o que
304 facilitaria a indicação de um biótipo de terras baixas (Upadhyaya et al., 2007).

305 Outro ponto avaliado foi a duração do ciclo de *Eleusine indica* e a produção de
306 sementes por planta, dentro das condições hídricas (Tabela 9). O biótipo Alegrete teve
307 um ciclo mais curto na média geral (94 dias), justificado pelo encurtamento deste na
308 situação de estresse hídrico (50% da CRA) que foi de 84 dias, comparado aos 114 dias
309 do biótipo Santa Maria, que respondeu sem apresentar diferenças nas condições hídricas
310 avaliadas. Em estudos da fenologia de *Eleusine indica*, Takano et al. (2016) verificou que
311 a espécie encerra seu ciclo em 120 dias, com um rápido desenvolvimento inicial, emitindo
312 a inflorescência em menos de 30 dias após a emergência.

313 Ambos acessos produziram poucas sementes nas situações estressantes (50% da
314 CRA e lâmina d'água), sendo que sob lâmina d'água o número de sementes por planta
315 ficou situado em 63.946 para o biótipo Santa Maria e 59.890 para o Alegrete (Tabela 10).
316 Na condição de 100% da CRA, para o desenvolvimento, o biótipo Alegrete, teve um alto
317 índice, atingindo 161.246 sementes por planta, número acima da média verificada para a

318 espécie que é de 140.000 sementes por planta em condições ideais para o
319 desenvolvimento (Chauhan et al., 2008; Takano et al., 2016).

320 A interação observada neste trabalho mostra que a água é um grande fator limitante
321 para o crescimento e desenvolvimento das plantas. As diferentes disponibilidades de água
322 permitiram caracterizar biótipos adaptados a diferentes condições de estresse, seja por
323 falta ou excesso hídrico.

324 A principal hipótese deste trabalho foi confirmada, de que *Eleusine indica* é capaz
325 de sobreviver na condição de lâmina d'água, a qual simula o sistema de arroz irrigado,
326 com semeadura em solo seco com posterior admissão do alagamento. Apesar dos indícios
327 na diferenciação em biótipos de terras altas e baixas e, mesmo originados de ambientes
328 distintos, ainda não é possível definir um ecótipo ou um morfotipo de terras baixas. Como
329 observado para *Cyperus rotundus*, em que classificaram-se ecótipos de terras altas e de
330 terras baixas, diferenciando-os em tolerantes e intolerantes à deficiência de oxigênio no
331 solo (Peña-Fronteras et al., 2009).

332 Considerando o exposto neste trabalho, pode-se concluir que a espécie *Eleusine*
333 *indica* possui alto potencial de invasividade no sistema de arroz irrigado. Além disso é
334 incorreto afirmar a existência de um biótipo mais tolerante ao alagamento, classificado
335 como de terras baixas. Todavia, o acesso Alegrete pode ser oriundo de uma população
336 em transição para melhor adaptação, mas que até o momento responde semelhantemente
337 aos indivíduos de terras altas. Ambos biótipos suportaram o alagamento, foram
338 semelhantes quanto aos parâmetros fotossintéticos, acúmulo de massa seca e ciclo de
339 vida, sendo que ambos produziram cerca de 60 mil sementes na condição de lâmina
340 d'água. Para o cenário agrícola atual, *Eleusine indica* está se mostrando muito agressiva
341 quanto à invasividade em diferentes ambientes, visto suas características morfo-
342 fisiológicas.

343 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 344
345 ARCOVERDE, G. B.; RODRIGUES, B. M.; POMPELLI, M. F.; SANTOS, M. G. Water
346 relations and some aspects of leaf metabolism of *Jatropha curcas* young plants under two
347 water deficit levels and recovery. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v.
348 23, p. 123–130, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S1677-04202011000200004>
349
350 ASHRAF, M. Relationships between leaf gas exchange characteristics and growth of
351 differently adapted populations of Blue panicgrass (*Panicum antidotale* Retz) under
352 salinity or waterlogging. **Plant Science**, v.165, p. 69–75, 2003.

- 353
354 BARUCH, Z. Responses to drought and flooding in tropical forage grasses. II. Leaf water
355 potential, photosynthetic rate and dehydrogenase activity. **Plant Soil**, v. 164, 97–105,
356 1994.
- 357
358 BLOKHINA, O.; VIROLAINEN, E.; FAGERSTEDT, K.V. Antioxidants, oxidative
359 damage and oxygen deprivation stress: a review. **Annals of Botany**, v. 91, p. 79-194,
360 2003.
- 361
362 BOLDRINI, I. I.; LONGHI-WAGNER, H. M.; BOECHAT, S. C. **Morfologia e**
363 **taxonomia de Gramíneas Sul-rio-grandenses**. 2 ed. Porto Alegre: Editora da
364 Universidade/UFRGS, 2008. 87p.
- 365
366 BOX, G. E. P.; COX, D. R. An analysis of transformation. **Journal of the Royal**
367 **Statistical Society**, v.26, p.211-243, 1964.
- 368
369 CHAUHAN, B. S.; JOHNSON, D. E. Germination Ecology of Goosegrass (*Eleusine*
370 *indica*): An Important Grass Weed of Rainfed Rice. **Weed Science**, v. 55, p. 699-706,
371 2008.
- 372
373 CRUZ, C.D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and
374 quantitative genetics. **Acta Scientiarum**. v.35, n.3, p.271-276, 2013.
- 375
376 DIAS-FILHO, M. B.; CARVALHO, C. J. R. Physiological and morphological responses
377 of *Brachiaria* spp. to flooding. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 10,
378 p. 1959-1966, 2000.
- 379
380 ERASMO, E.A.L.; PINHEIRO, L.L.A.; COSTA, N.V. Levantamento fitossociológico
381 das comunidades de plantas infestantes em áreas de produção de arroz irrigado cultivado
382 sob diferentes sistemas de manejo. **Planta Daninha**, v.22, p.195-201, 2004.
- 383
384 ESTATCAMP. **Software Action**. Estatcamp - Consultoria em estatística e qualidade, São
385 Carlos, SP, 2014. Disponível em: <http://www.portalaction.com.br> Acesso em: 27 jun.
386 2016.
- 387
388 FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e**
389 **Agrotecnologia** (UFLA), v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.
- 390
391 FUKAO, T.; BAILEY-SERRES. Plant responses to hypoxia – is survival a balancing act?
392 **TRENDS in Plant Science**, v. 9, n. 9, p. 449-456, 2004.
- 393
394 GONÇALVES, J. F. C.; MELO, E. G. F.; SILVA, C. E. M.; FERREIRA, M. J.;
395 JUSTINO, G. C. Estratégias no uso da energia luminosa por plantas jovens de *Genipa*
396 *spruceana* Steyererm submetidas ao alagamento. **Acta Botânica Brasilica**, v. 26, n. 2,
397 2012.
- 398

- 399 GUN WON, J.; DON CHOI, C.; LEE, S. C. Tillering, lodging and Yield under Deep
400 Water Treatment in Direct-seeded Rice. **Plant Production Science**, v. 2, n.3, p. 200-205,
401 1999.
- 402
- 403 HATTORI, Y.; NAGAI, K.; FURUKAWA, S.; SONG, X.J.; KAWANO, R.;
404 SAKAKIBARA, H.; WU, J.; MATSUMOTO, T.; YOSHIMURA, A.; KITANO, H.;
405 MATSUOKA, M.; MORI, H.; ASHIKARI, M. The ethylene response factors
406 SNORKEL1 and SNORKEL2 allow rice to adapt to deep water. **Nature**, v. 460, p. 1026–
407 1031, 2009.
- 408
- 409 HEAP, I. **The International Survey of Herbicide Resistant**
410 **Weeds**. Online. Internet. Saturday, January 28, 2017.
- 411
- 412 ISMAIL, A. M.; JOHNSON, D. E.; ELLA, E. S.; VERGARA, G. V.; BALTAZAR, A.
413 M. Adaptation to flooding during emergence and seedling growth in rice and weeds, and
414 implications for crop establishment. **AoB PLANTS: PART OF A SPECIAL ISSUE**
415 **ENTITLED ‘FLOODING STRESS’**, 2012 doi:10.1093/aobpla/pls019
- 416
- 417 JACKSON, M. B.; COLMER, T. D. Response and Adaptation by Plants to Flooding
418 Stress. **Annals of Botany**, v. 96, p. 501-505, 2005.
- 419
- 420 KHAN, S., LATIF, A., AHMAD, Q., AHMAD, F. AND FIDA, M. Genetic variability
421 analysis in some advanced lines of soybean (*Glycine max* L.). **Asian Journal of**
422 **Agricultural Science**, v. 3, p. 138-141, 2011.
- 423
- 424 KISSMANN, K. G.; **Plantas infestantes e nocivas**. TOMO I. 3 ed. São Paulo: Basf
425 Brasileira S. A., 2007. 1 CD-ROM.
- 426
- 427 KRAEHMER, H., BAUR, P. **Weed Anatomy**. Wiley-Blackwell, Chichester, UK. 2013
- 428
- 429 KRAEHMER, H.; JABRAN, K.; MENNAN, H.; CHAUHAN, B.S. Global distribution
430 of rice weeds – A review. **Crop Protection**, v. 80, p. 73.-86, 2016.
- 431
- 432 LANG, M.T., TU, P.T.B., THANH, N.C., BUU, B.C. AND ISMAIL, A. Genetic
433 diversity of salt tolerance rice landraces in Vietnamese. **Journal of Plant Breed and**
434 **Crop Science**, v. 1, p. 230-243, 2009.
- 435
- 436 LIAO, C.T.; LIN, C.H. Physiological adaptation of crop plants to flooding stress.
437 **Proceedings National Science Council**, v. 25, p. 148-157, 2001.
- 438
- 439 MARANVILLE, J. E.; PAULSEN, G. M. Alteration of carbohydrate composition of corn
440 (*Zea mays* L.) seedlings during moisture stress. **Agronomy Journal**, Madison, v. 62, n.
441 5, p. 605-608, 1970.
442 <http://dx.doi.org/10.2134/agronj1970.00021962006200050015x>
- 443
- 444 MOLLARD, F. P. O.; STRIKER, G. G.; PLOSCHUK, E. L.; VEGA, A. S.; INSAUSTI,
445 P. Flooding tolerance os *Paspalum dilatatum* (Poaceae: Paniceae) from upland and
446 lowland positions in natural grassland. **Flora**, v. 203, p. 548-556, 2008.

- 447
448 MURTY, B.R.; ARUNACHALAM, V. The nature of divergence in relation to breeding
449 system in some crops plants. **Indian Journal of Genetic Plant Breeding**, v. 26: 188-
450 198, 1996.
- 451
452 PEÑA-FRONTERRAS, J. T.; VILLALOBOS, M. C.; BALTAZAR, A. M.; MERCA, F.
453 E.; ISMAIL, A. M.; JOHNSON, D. E. Adaptation to flooding in upland and lowland
454 ecotypes of *Cyperus rotundus*, a troublesome sedge weed of rice: tuber morphology and
455 carbohydrate metabolism. **Annals of Botany**, v. 103, p. 295-302, 2009.
- 456
457 PEREIRA, M.R.R.; SOUZA, G.S.F.; SILVA, J.I.C.; MACEDO, A.C.; MARTINS, D.
458 Influence of soil water potential in the action of herbicides on goosegrass (*Eleusine indica*
459 (L.) Gaertn). **Bioscience Journal**, v. 31, n. 1, p. 107-117, 2015.
- 460
461 RADOSEVICH, S. R.; HOLT, J.; GHERSA, C. **Ecology of weeds and invasive plants:
462 relationship to agriculture and natural resource management**. New York: John Wiley
463 & Sons, 3.ed., 454 p., 2007.
- 464
465 RAO, A. N.; Johnson D. E.; Sivaprasad B.; Ladha J. K.; Mortimer, A. M.. Weed
466 management in direct-seeded rice. **Advances in Agronomy**, v. 93, p. 153–255, 2007.
- 467
468 SCALON, S.P.Q.; KODAMA, F.M.; DRESCH, D.M.; MUSSURY, R.M.; PEREIRA,
469 Z.V. Gas exchange and photosynthetic activity in *Hanconia Speciosa* Gomes seedlings
470 under water deficit conditions and during rehydration. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 4, p.
471 1124-1132, 2015.
- 472
473 SHIONO, K.; TAKAHASHI, H.; COLMER, T. D.; NAKAZONO, M. Role of ethylene
474 in acclimations to promote oxygen transport in roots of plants in waterlogged soils. *Plant*
475 *Science*, v. 175, p. 52-58, 2008.
- 476
477 SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. COMISSÃO DE QUÍMICA E
478 FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio**
479 **Grande do Sul e de Santa Catarina**. RS/SC, Santa Catarina, 376 p., 2016.
- 480
481 SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI) – XXXI
482 Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado (Bento Gonçalves - RS). Arroz Irrigado:
483 recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Pelotas, RS: SOSBAI, 2016.
484 200 p.
- 485
486 TAKANO, H.K.; OLIVEIRA JR, R.S.; CONSTANTIN, J.; BRAZ, G.B.P.; PADOVESE,
487 J.C. Growth, development and seed production of goosegrass. **Planta Daninha**, v. 34, n.
488 2, p. 249-257, 2016.
- 489
490 UMAR, I.D.; KWON-NDUNG, E.H. Assessment of variability of finger millet (*Eleusine*
491 *coracana* (L) Gaertn) landraces germplasm in Northern Nigeria. **Nigerian Journal of**
492 **Genetics**, v. 28, p. 48-51, 2014.
- 493

- 494 UPADHYAYA, H.D., GOWDA, C.L.L., AND REDDY, V.G. Morphological diversity
 495 in finger millet germplasm introduced from Southern and Eastern Africa. **Journal of SAT**
 496 **Agricultural Research**, v. 3, p. 1-13, 2007.
- 497
 498 VARGAS, L.; ULGUIM, A. R.; AGOSTINETTO, D; MAGRO, T. D.; THÜRMER, L..
 499 Low level resistance of goosegrass (*Eleusine indica*) to glyphosate in rio grande do Sul-
 500 brazil. **Planta Daninha**, v.31, n. 3, p. 677-686, 2013.
- 501
 502 WANDSCHEER A. C. D.; RIZZARDI, M. A.; REICHERT, M.. Competitive ability of
 503 corn in coexistence with goosegrass. **Planta Daninha**, v.31, n. 2, p. 281-289, 2013.
- 504
 505 WANG, Q.; CHEN, J.; LIU, F.; LI. Morphological changes and resource allocation of
 506 *Zizania latifolia* (Griseb.) Stapf in response to different submergence depth and duration.
 507 **Flora**, v. 209, p. 279-284, 2014.
- 508
 509 **Tabela 1** – Descritores morfológicos utilizados para análise de diversidade genética entre
 510 acessos e sua respectiva escala métrica. Santa Maria/RS, 2016.

Descritores	Escala
1. Comprimento do colmo	cm
2. Espessura maior do colmo	mm
3. Espessura menor do colmo	mm
4. Comprimento da bainha da folha bandeira	cm
5. Comprimento da lâmina da folha bandeira	cm
6. Largura da lâmina da folha bandeira	cm
7. Número de perfilhos por planta	-
8. Número de inflorescências por planta	-
9. Comprimento da inflorescência	cm
10. Comprimento do pedúnculo	cm
11. Número de ramos por inflorescência	-
12. Comprimento dos ramos	cm
13. Número de espiguetas por ramo	-
14. Comprimento da espiguetas	cm
15. Número de sementes por planta	-

511
 512
 513
 514

515 **Tabela 2** – Médias da taxa fotossintética (A - $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$) da interação entre dois
 516 biótipos de *Eleusine indica* (Capim pé-de-galinha) e diferentes condições hídricas do
 517 solo, no período de alongação da inflorescência (emborrachamento). Santa Maria/RS,
 518 2016.

Condição hídrica do solo	Biótipo				Média
	Santa Maria		Alegrete		
50% CRA	18,52	a A	17,25	a C	17,89 C

100% CRA	21,91	b	A	27,39	a	A	24,65 A
Lâmina d'água	20,29	b	A	23,81	a	B	22,05 B
Média	20,24	b		22,82	a		
CV (%)				10,37			
Teste de F _{acesso} (A)				9,98*			
Teste de F _{condição hídrica} (C)				23,31**			
Teste F da interação A x C				6,03*			

519 Médias não seguida pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Scott-
 520 Knott, em 5% de probabilidade. CRA: capacidade de retenção de água do solo. ** e * significância em 1 e 5%
 521 respectivamente.
 522

523 **Tabela 3** – Médias da condutância estomática de vapores de água (Gs - mol de H₂O m⁻²s⁻¹),
 524 concentração de CO₂ intercelular (Ci - μmol de CO₂ mol⁻¹), taxa de transpiração (E -
 525 mmol de H₂O m⁻²s⁻¹), eficiência do uso da água (EUA - mol de CO₂ mol H₂O⁻¹) e
 526 eficiência instantânea de carboxilação pela rubisco (μmol m⁻²s⁻¹ Pa⁻¹) em dois biótipos de
 527 *Eleusine indica* (Capim pé-de-galinha), sob diferentes condições hídricas do solo, no
 528 período de alongação da inflorescência (emborrachamento). Santa Maria/RS, 2016.

Acesso	Parâmetros fisiológicos sem interação acesso x condição hídrica do solo									
	Gs		Ci		E		EUA		A/Ci	
	SMI	ALI	SMI	ALI	SMI	ALI	SMI	ALI	SMI	ALI
50% CRA	0,1903 ^{ns}	0,1421 b	211,97 b	196,33 b	2,60 ^{ns}	2,03 b	7,39 a	7,94 a	0,0880	0,0829
100% CRA	0,2737	0,3382 a	232,72 a	243,70 a	3,73	4,53 a	6,00 b	5,65 b	0,0954	0,1043
LAM	0,2538	0,2488 a	241,51 a	232,68 a	3,64	3,92 a	5,52 b	5,21 b	0,0808	0,0854
CV (%)	21,43		8,23		28,30		10,25		18,62	
F _{acesso} (A)	0,10 ^{ns}		0,43 ^{ns}		0,22 ^{ns}		0,02 ^{ns}		0,20 ^{ns}	
F _{cond.híd.} (C)	9,22**		10,76**		9,94**		35,76**		2,95 ^{ns}	
F(A) x F(C)	1,74 ^{ns}		1,37 ^{ns}		1,28 ^{ns}		1,53 ^{ns}		0,46 ^{ns}	

529 Médias não seguida pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Scott-
 530 Knott, em 5% de probabilidade. SMI: Santa Maria; ALI: Alegrete. CRA: capacidade de retenção de água do solo;
 531 LAM: Lâmina d'água. Gs - Dados transformados Box Cox. ** e * significância em 1 e 5% respectivamente.
 532
 533
 534
 535
 536
 537
 538
 539
 540
 541
 542

543 **Tabela 4** – Médias do número de perfilhos a partir da base em dois biótipos de *Eleusine*
 544 *indica*, sob diferentes condições hídricas do solo, no período de alongação da
 545 inflorescência (emborrachamento). Santa Maria/RS, 2016.

Condição hídrica do solo	Biótipo				Média		
	Santa Maria		Alegrete				
50% CRA	14,6	a	B	14,4	a	C	14,5 B
100% CRA	26,6	a	A	28,8	a	A	27,7 A

Lâmina d'água	8,2	b	C	19,8	a	B	14 B
Média	16,46	b		21	a		
CV (%)				19,79			
Teste de F _{acesso} (A)				11,21*			
Teste de F _{condição hídrica} (C)				43,90**			
Teste F da interação A x C				7,07*			

546 Médias não seguida pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Scott-
 547 Knott, em 5% de probabilidade. CRA: capacidade de retenção de água do solo. ** e * significância em 1 e 5%
 548 respectivamente.
 549

550 **Tabela 5** – Médias da massa seca das raízes (g) em dois biótipos de *Eleusine indica*, sob
 551 diferentes condições hídricas do solo, ao final do ciclo. Santa Maria/RS, 2016.

Condição hídrica do solo	Biótipo				Média		
	Santa Maria		Alegrete				
50% CRA	13,16	a	B	9,33	a	A	11,25 B
100% CRA	19,51	a	A	11,62	b	A	15,57 A
Lâmina d'água	12,9	a	B	12,13	a	A	12,51 B
Média	15,19	a		11,03	b		
CV (%)				27,18			
Teste de F _{acesso} (A)				10,23*			
Teste de F _{condição hídrica} (C)				3,88*			
Teste F da interação A x C				2,51 ^{ns}			

552 Médias não seguida pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Scott-
 553 Knott, em 5% de probabilidade. CRA: capacidade de retenção de água do solo. ** e * significância em 1 e 5%
 554 respectivamente.
 555

556

557

558

559

560

561

562

563

564

565 **Tabela 6** – Médias da massa seca da parte aérea (g) em dois biótipos de *Eleusine indica*,
 566 sob diferentes condições hídricas do solo, ao final do ciclo. Santa Maria/RS, 2016.

Condição hídrica do solo	Biótipo				Média		
	Santa Maria		Alegrete				
50% CRA	42,04	a	B	28,22	a	B	35,13 C
100% CRA	86,94	a	A	75,76	a	A	81,35 A

Lâmina d'água	63,5	a	B	57,5	a	A	60,58 B
Média	64,16	a		53,88	a		
CV (%)				27,97			
Teste de F _{acesso} (A)				2,90 ^{ns}			
Teste de F _{condição hídrica} (C)				19,66 ^{**}			
Teste F da interação A x C				0,15 ^{ns}			

567
568
569
570
571

Médias não seguida pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, em 5% de probabilidade. CRA: capacidade de retenção de água do solo. ** e * significância em 1 e 5% respectivamente.

572 **Tabela 7** – Médias da massa seca total (g) em dois biótipos de *Eleusine indica*, sob
573 diferentes condições hídricas do solo, ao final do ciclo. Santa Maria/RS, 2016.

Condição hídrica do solo	Biótipo				Média		
	Santa Maria		Alegrete				
50% CRA	55,21	a	B	37,55	a	B	46,38 C
100% CRA	106,46	a	A	87,38	a	A	96,92 A
Lâmina d'água	76,39	a	B	69,8	a	A	73,09 B
Média	79,35	a		64,91	b		
CV (%)				25,88			
Teste de F _{acesso} (A)				4,48*			
Teste de F _{condição hídrica} (C)				18,34 ^{**}			
Teste F da interação A x C				0,33 ^{ns}			

574
575
576
577

Médias não seguida pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, em 5% de probabilidade. CRA: capacidade de retenção de água do solo. ** e * significância em 1 e 5% respectivamente.

578

579

580

581

582

583

584

585

586

587 **Tabela 8** – Médias do comprimento do colmo principal em centímetros (planta mãe) em
588 dois biótipos de *Eleusine indica*, sob diferentes condições hídricas do solo, ao final do
589 ciclo. Santa Maria/RS, 2016.

Condição hídrica do solo	Biótipo				Média		
	Santa Maria		Alegrete				
50% CRA	25,78	a	B	24,76	a	B	25,27 B

100% CRA	34,74	a	A	35,12	a	A	34,93 A
Lâmina d'água	35,14	a	A	36,4	a	A	35,77 A
Média	31,88	a		32,09	a		
CV (%)	9,85						
Teste de F _{acesso} (A)	0,03 ^{ns}						
Teste de F _{condição hídrica} (C)	34,30 ^{**}						
Teste F da interação A x C	0,33 ^{ns}						

590 Médias não seguida pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Scott-
 591 Knott, em 5% de probabilidade. CRA: capacidade de retenção de água do solo. ** e * significância em 1 e 5%
 592 respectivamente.
 593

594 **Tabela 9** – Médias da duração do ciclo (dias) em dois biótipos de *Eleusine indica*, sob
 595 diferentes condições hídricas do solo, ao final do ciclo. Santa Maria/RS, 2016.

Condição hídrica do solo	Biótipo						Média
	Santa Maria			Alegrete			
50% CRA	114	a	A	84	b	A	99 A
100% CRA	103	a	A	87	a	A	96 A
Lâmina d'água	119	a	A	109	a	A	114 A
Média	112	a		94	b		
CV (%)	18,48						
Teste de F _{acesso} (A)	6,81*						
Teste de F _{condição hídrica} (C)	2,54 ^{ns}						
Teste F da interação A x C	0,75 ^{ns}						

596 Médias não seguida pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Scott-
 597 Knott, em 5% de probabilidade. CRA: capacidade de retenção de água do solo. ** e * significância em 1 e 5%
 598 respectivamente.
 599

600

601

602

603

604

605

606

607

608

609 **Tabela 10** – Médias do número de sementes por planta, em dois biótipos de *Eleusine*
 610 *indica*, sob diferentes condições hídricas do solo, ao final do ciclo. Santa Maria/RS, 2016.

Condição hídrica do solo	Biótipo						Média
	Santa Maria			Alegrete			
50% CRA	63230	a	A	54129,5	a	B	58679,75 B

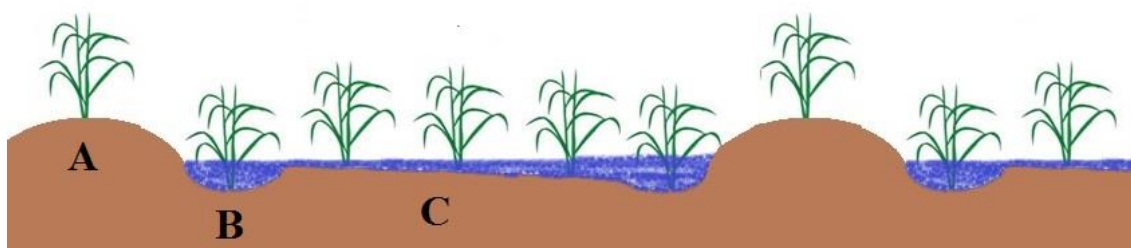
100% CRA	81430,5	b	A	161246	a	A	121338,2	A
Lâmina d'água	63946	a	A	59890	a	B	61918	B
Média	69535,5	a		91755,16	a			
CV (%)				42,71				
Teste de F _{acesso} (A)				3,12 ^{ns}				
Teste de F _{condição hídrica} (C)				10,48 ^{**}				
Teste F da interação A x C				5,25 [*]				

611 Médias não seguida pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Scott-
 612 Knott, em 5% de probabilidade. CRA: capacidade de retenção de água do solo. ** e * significância em 1 e 5%
 613 respectivamente.
 614

614

615

616



A - Taipa (Sem lâmina d'água);

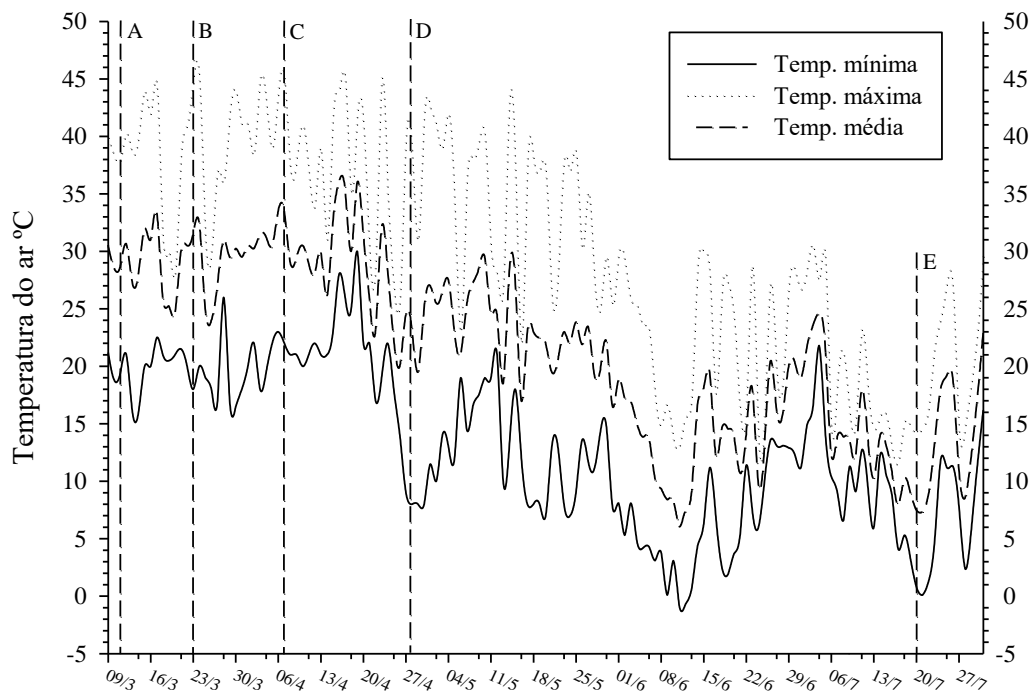
B - Leiveiro (Lâmina d'água entre 15-30 cm);

C - Quadro (Lâmina d'água entre 3-10 cm).

617

618 **Figura 1** – Ilustração do sistema de cultivo de arroz irrigado em desnível, respectivas
 619 denominações e alturas da lâmina d'água. Santa Maria/RS, 2016.

620



621

622 **Figura 2** – Temperatura do ar (°C) máxima, média e mínima dentro da casa de vegetação
 623 durante o experimento, com destaque para os principais eventos: A- semeadura dos
 624 acessos (11/mar); B- emergência total das plantas (23/mar); C- entrada do fator condição
 625 hídrica (07/abr); D- avaliação fisiológica e contagem do número de perfilhos
 626 (emborrachamento) (28/abr); E- final total do ciclo das plantas. Santa Maria/RS, 2016.

627

628

629

630

631

632

633

634

635

636

637

638

639

640

641

642

643

644

645

646

a.

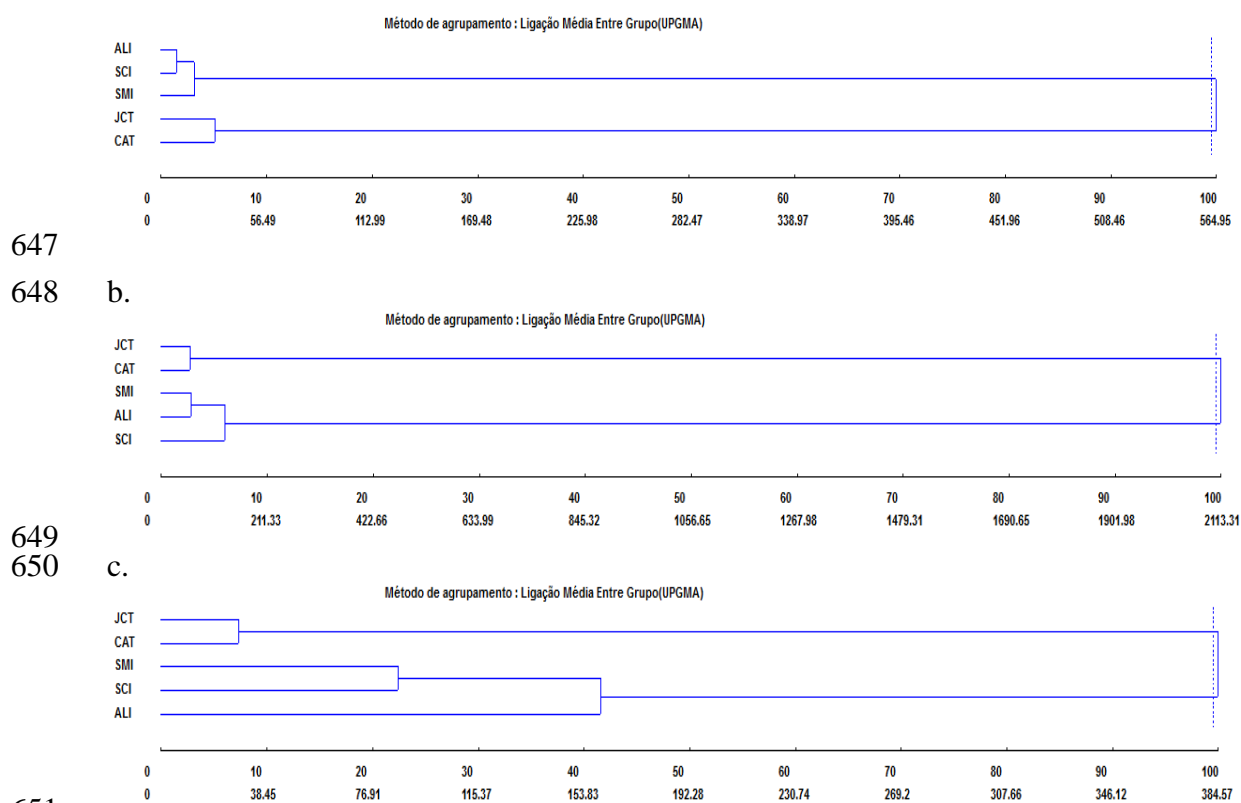


Figura 3 – Dendrograma obtido a partir da distância genética de Mahalanobis e método UPGMA para biótipos de *Eleusine indica* e *Eleusine tristachya*. Corte significativo na posição 100 para todas condições, A e B: 50% e 100% da capacidade de retenção de água do solo (CRA); C: Lâmina d'água; ALI: Alegrete; CAT: Cruz Alta; JCT: Júlio de Castilhos; SCI: Santa Catarina; SMI: Santa Maria. Santa Maria/RS, 2016.

4 CAPÍTULO II – DESEMPENHO DE HERBICIDAS SOBRE CAPIM PÉ-DE-GALINHA SOB DOIS ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO E TRÊS MANEJOS DE ÁGUA

5 **Resumo**

6
7 O estudo foi realizado em casa de vegetação, com o objetivo de avaliar o desempenho de
8 herbicidas no controle da espécie *Eleusine indica* (L.) Gaertn. (capim pé-de-galinha), em
9 relação ao estágio de desenvolvimento da planta e manejo da irrigação, simulando os
10 sistemas utilizados na cultura do arroz irrigado. O delineamento experimental utilizado
11 foi o inteiramente casualizado com três fatores: herbicidas, estádios de desenvolvimento
12 de *Eleusine indica* e manejo da água, em quatro repetições. Foram avaliados os
13 herbicidas: propaquizafop, clethodim, cyhalofop-butyl, glyphosate e imazapic+imazapyr;
14 estádios de 2 a 3 e 3 a 4 perfilhos e os manejos da irrigação, compostos por aplicação
15 sobre a lâmina, entrada de lâmina após aplicação e sem lâmina d'água. Observou-se que
16 a entrada da lâmina de água imediatamente após a pulverização interferiu negativamente
17 no desempenho de cyhalofop-butyl e de imazapic+imazapyr. Os níveis de controle foram
18 reduzidos quando as plantas daninhas encontravam-se com 3 a 4 perfilhos. Os
19 desempenhos de propaquizafop, clethodim e glyphosate não foram afetados pelo manejo
20 de água ou pelo estágio de desenvolvimento das plantas de *Eleusine indica*.

21 **Palavras chave:** alagamento, poaceae, planta daninha, invasividade.

23 **INTRODUÇÃO**

24
25 *Eleusine indica* (L.) Gaertn. é uma espécie da família Poaceae de ciclo anual,
26 diplóide ($2n=18$), mecanismo fotossintético tipo C_4 , cosmopolita e pouco exigente quanto
27 às características do solo. Destaca-se por ser altamente competitiva, como planta daninha
28 em 46 culturas e presente em mais de 60 países (Holm et al. 1977; Kissmann, 2007;
29 Chauhan & Johnson, 2008). Atualmente, a espécie ocupa o 4º lugar no ranking de plantas
30 mais resistentes a herbicidas no mundo, possuindo resistência a sete mecanismos de ação.
31 Para o Brasil são registrados os casos aos herbicidas inibidores da enzima acetyl
32 coenzyme A (CoA) carboxylase (ACCase) (ano de registro: 2003) e inibidores da enzima

33 5-enolpiruvilshikimate 3-phosphate synthase (EPSPs) (ano de registro: 2016) (Heap,
34 2017).

35 Apesar de ser uma invasora típica do ambiente de terras altas, esta espécie vem
36 sendo observada em cerca de 20 países como invasora no cultivo de arroz (Rao et al.,
37 2007). *Eleusine indica* e outras espécies como: *Cynodon dactylon* (L.) Pers., *Digitaria*
38 *sanguinalis* (L.) Scop. e *Paspalum distichum* L. ainda são consideradas gramíneas de
39 pouca importância dentro desse sistema, mas que possuem alto potencial daninho sobre
40 a cultura do arroz (Kraehmer et al., 2016).

41 O ecossistema do arroz irrigado soma fatores que na prática geram desafios nas
42 recomendações técnicas, quando se trata do controle de novas espécies invasoras, que se
43 tornam naturalizadas em ambientes distintos e frequentemente encontradas, sendo
44 portanto consideradas plantas daninhas quando passam a se reproduzir e disseminar
45 nestes locais. O fator manejo da água de irrigação, além de se constituir barreira física
46 para o crescimento e desenvolvimento destas plantas, é considerado eficaz método de
47 controle cultural e físico (Rao et al., 2007). A inundação atua sobre espécies daninhas
48 com efeitos sobre a uniformidade, vigor, densidade, poder competitivo, bem como na
49 eficiência dos herbicidas utilizados (Ismail et al., 2012). Essa barreira imposta pela água
50 reduz a disponibilidade de oxigênio no solo, através da sua saturação ou com o
51 alagamento, estabelecendo condições de hipoxia (deficiência de oxigênio) ou anoxia
52 (ausência total de oxigenação) (Ismail et al., 2012). Pouco se conhece sobre os efeitos
53 desta barreira imposta pelo alagamento no o desempenho de herbicidas, utilizados na
54 lavoura de arroz irrigado.

55 Outro aspecto importante é quanto ao estágio de desenvolvimento da planta daninha
56 e sua relação com a eficiência de controle de herbicidas. Geralmente plantas jovens são
57 mais sensíveis a herbicidas, logo o controle deve ser mais fácil do que em plantas em
58 estágios mais avançados de desenvolvimento (Oliveira Jr et al., 2011). Estudos
59 confirmam que o controle de *Eleusine indica* torna-se mais difícil conforme o avanço do
60 estágio de desenvolvimento, principalmente a partir de um afilho. Por exemplo,
61 herbicidas como glyphosate e quinclorac têm redução de eficácia, nessa condição, o que
62 pode até ser confundido com princípios de resistência (Zawierucha & Penner, 2001;
63 Ulguim et al., 2013).

64 Considerando a importância de *Eleusine indica* como planta daninha de
65 importância global, suas características e o novo sistema de cultivo em que está sendo
66 relatada, o objetivo deste trabalho foi mensurar o desempenho de herbicidas sobre
67 diferentes estádios de desenvolvimento, juntamente com distintos manejos da água, de
68 acordo com situações encontradas no cultivo do arroz irrigado.

69

70

MATERIAL E MÉTODOS

71

72 O experimento foi instalado em casa de vegetação, no município de Santa Maria,
73 estado do Rio Grande do Sul, localizada geograficamente sob as coordenadas
74 29°38'42,15''S, 53°57'40,85''O e altitude de 152m. O estudo foi conduzido durante o
75 período de novembro (2016) a janeiro (2017). As dimensões da casa de vegetação eram
76 6x20m e as condições do ambiente consistiram em temperatura média de 25,8° C, com
77 mínima de 15,9° C, máxima de 35,7° C e umidade relativa de 73,7%.

78 O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com três
79 fatores: herbicidas, estádios de desenvolvimento de *Eleusine indica* e manejo da água em
80 quatro repetições. As características dos herbicidas testados encontram-se na Tabela 1.
81 Os estádios de *Eleusine indica* foram: plantas com 1 a 2 perfilhos ou 3 a 4 perfilhos. Os
82 manejos de água foram: 1. aplicação dos herbicidas sobre a lâmina d'água; 2. aplicação
83 dos herbicidas seguida da entrada de lâmina d'água 24h depois, e, 3. aplicação dos
84 herbicidas sem entrada da lâmina d'água.

85 As plantas de *Eleusine indica* foram coletadas em campo no dia 28 de novembro
86 de 2016 (29°38'55,08''S; 53°57'32,36''O e 164 m) e transplantadas para vasos plásticos
87 com capacidade de 500 mL, contendo uma planta em cada vaso, os quais constituíram a
88 unidade experimental. Para identificação da espécie, utilizou-se a chave de identificação
89 das espécies da família Poaceae (Boldrini et al., 2008). Os vasos foram preenchidos com
90 um mix 1:1 de areia + substrato comercial Plantmax e mantidos com irrigação diária. Três
91 dias após o transplante (01/jan/2016) se iniciou o manejo da água, com a colocação da
92 lâmina d'água (3 cm) nos vasos que receberam a aplicação herbicida no método sobre a
93 lâmina. A colocação da lâmina d'água em todos tratamentos que a receberam ocorreu
94 sem o molhamento foliar, com irrigação por mangueira dirigida para superfície o
95 substrato.

96 As aplicações herbicidas ocorreram no dia 7 de dezembro de 2016, sete dias após
97 a colocação da lâmina d'água no tratamento em que ocorre a aplicação sobre a lâmina.
98 Nas aplicações foi utilizado um pulverizador costal pressurizado por CO₂, munido de uma
99 barra com dois bicos espaçados 0,5m entre si. Utilizou-se pontas do tipo leque (MagnoJet
100 110.02-AD). A pressão de trabalho foi de 144,8 kPa e a taxa de aplicação de 150 L ha⁻¹.

101 Para os efeitos dos tratamentos herbicidas sobre *Eleusine indica* foram realizadas
102 avaliações da porcentagem de injúria causada de forma visual aos 5, 10, 15, 20 e 25 dias
103 após a aplicação (DAA), por meio de escala percentual de notas, na qual zero consiste em
104 ausência de injúria e 100 na morte de todas as plantas daninhas, referenciada na condição
105 da testemunha (SBCPD, 1995). Assumiu-se como níveis de controle satisfatório médias
106 percentuais acima de 80%, optando-se para fins de resposta, a avaliação dos 20 DAA. Ao
107 final do experimento (25 DAA), realizou-se a lavagem das plantas para posterior secagem
108 com ar forçado em estufa a 70° C, até massa constante. Posteriormente foi realizada a
109 pesagem das massas secas das raízes, parte aérea e total. Foi realizada análise de
110 correlação de Pearson entre a porcentagem de controle aos 20 DAA e os valores de massa
111 seca, de raiz, parte aérea e total.

112 A análise de variância para os dados foi realizada conforme o modelo matemático
113 do delineamento inteiramente casualizado, com arranjo trifatorial. Os erros experimentais
114 foram testados quanto à normalidade de sua distribuição através do teste de Shapiro-Wilk
115 e homogeneidade das variâncias através do teste de Bartlett, com auxílio do programa
116 Action (ESTATCAMP, 2011). Aos que não atenderam os pressupostos, foi utilizada a
117 transformação de dados Box-Cox. Procedeu-se a análise de variância (ANOVA) e o teste
118 de Scott-Knott para agrupamento das médias, em 5% de probabilidade de erro ($p < 0,05$),
119 utilizando o programa estatístico Sisvar® 5.3 (Ferreira, 2011).

120

121

122

RESULTADOS E DISCUSSÃO

123 Os erros experimentais referentes somente às avaliações de massa seca não
124 atenderam ao pressuposto da distribuição normal e foram heterogêneos, sendo então
125 transformados os dados pelo procedimento Box-Cox (Box & Cox, 1964). Após a
126 transformação os erros experimentais passaram a atender ao pressuposto da distribuição
127 normal e a homogeneidade de variâncias, realizou-se então a análise da variância pelo
128 teste F.

129 A interação observada entre o herbicida utilizado, o estágio de desenvolvimento da
130 espécie daninha e o manejo da água de irrigação, mostra que o manejo de plantas daninhas
131 na cultura do arroz irrigado é complexo e composto por uma soma de fatores que foram
132 observados neste trabalho.

133 Os herbicidas propaquizafop, glyphosate e clethodim promoveram níveis de
134 controle satisfatórios, não sendo afetados pelos manejos da água avaliados, bem como
135 não ocorreram diferenças em função da variação do estágio de 1 a 2 perfilhos para 3 a 4
136 perfilhos. Esses herbicidas responderam com médias de controle acima de 90% na
137 avaliação realizada aos 20 dias após aplicação (Figura 1). Adicionalmente, observou-se
138 maior velocidade de controle com glyphosate, que proporcionou controle acima de 60%
139 já na avaliação inicial dos 5 DAA, independente do manejo de água ou estágio da planta
140 daninha (Figura 2) e, conseqüentemente esse desempenho refletiu em maior redução da
141 massa seca das plantas (Tabelas 2,3 e 4) gerando uma correlação negativa, quanto maior
142 a porcentagem de controle, menor a massa seca (Tabela 5).

143 O herbicida cyhalofop-butyl teve seu desempenho afetado pelos tratamentos com
144 manejo da água e em função do estágio de desenvolvimento da planta daninha. A entrada
145 da lâmina de água 24h após a aplicação do herbicida, fez com que seu desempenho sobre
146 plantas de 3 a 4 perfilhos fosse reduzido em aproximadamente 15%, em comparação ao
147 observado em plantas com 1 a 2 perfilhos. Essa ineficácia pode ser verificada na massa
148 seca, a qual ficou próxima dos valores observados para o tratamento testemunha (Tabelas
149 2,3 e 4). Desta forma, os resultados permitem inferir que o estágio de desenvolvimento
150 da planta e o momento da entrada da lâmina de água são fatores que devem ser
151 considerados em programas que utilizem este herbicida, visando controle de capim pé-
152 de-galinha.

153 Este resultado não corresponde ao esperado, dentro do atual sistema de manejo de
154 plantas daninhas em arroz irrigado no Rio Grande do Sul, já que o encharcamento do solo,
155 após a aplicação de herbicidas pré ou pós-emergentes, seguido da elevação do nível de
156 alagamento (profundidade da lâmina de água), é prática corriqueira. Esse método é
157 considerado supressor de germinação e desenvolvimento de plantas daninhas, por efeitos
158 na redução do fluxo de oxigênio da atmosfera para o solo, assim interferindo no
159 metabolismo radicular das plantas e controlando-as (Ismail et al., 2012).

160 Conforme indicações técnicas para o Sul do Brasil é recomendável a mais rápida
161 introdução da lâmina de água para favorecer o efeito dos herbicidas pós-emergentes
162 aplicados (SOSBAI, 2016). Em competição do arroz com *Echinochloa* spp. Galon et al.
163 (2007) verificaram que a antecipação do início da irrigação para 1 dia após a aplicação
164 dos herbicidas aumentou a produtividade de grãos de arroz, resultado corroborado por
165 Pinto et al. (2008), que observou perda de rendimento de grãos de arroz em 41% quando
166 atrasou em 10 dias a entrada da água, após a aplicação do herbicida penoxsulam em
167 função da redução do controle de gramíneas.

168 Neste estudo (figura 1), outros herbicidas inibidores da enzima ACCase avaliados
169 (propaquizafox e clethodim) não tiveram seus desempenhos afetados pelo momento de
170 entrada da água ou pelo estágio de desenvolvimento da planta daninha, sendo eficientes
171 no controle de *E. indica* tanto em plantas com 1 a 2 perfilhos como em plantas com 3 a 4
172 perfilhos, independente do período de colocação da lâmina de água.

173 Os herbicidas clethodim e fluazifop-p-butyl foram eficientes no controle dos
174 biótipos de capim pé-de-galinha em estudos realizados por Burke et al. (2005). Eles
175 verificaram controle eficiente com clethodim em plantas de até seis perfilhos, sob ótimas
176 condições de umidade do solo. Porém, em condições de estresse hídrico, Pereira et al.
177 (2011) observaram menor eficiência de controle de *E. indica* com o herbicida sethoxydim,
178 aplicado em condições de baixa disponibilidade de água no solo. O mesmo ocorre para
179 espécie *Urochloa plantaginea* (*Brachiaria plantaginea*), em que a pulverização com
180 umidade em nível considerado déficit hídrico obteve controle de 78,25%, considerado
181 insatisfatório para esta espécie (Pereira et al., 2010).

182 A reduzida disponibilidade de água no solo compromete o desempenho de
183 herbicidas (Abbott & Sterling, 2006), principalmente sistêmicos, ao afetar a absorção,
184 translocação e o metabolismo (Rocha-Pereira et al., 2012). Porém, o alagamento ao
185 provocar alterações no metabolismo das plantas, pode também influenciar negativamente
186 no desempenho de herbicidas foliares, ao prejudicar sua absorção e translocação, uma vez
187 que produz efeitos sobre o aparato da fotossíntese, reduzindo a eficiência fotossintética
188 e o fornecimento de energia em função da redução no teor de clorofilas (Ishida et al.,
189 2002).

190 No presente estudo, não se verificou redução de controle do capim pé-de-galinha
191 com propaquizafox ou clethodim, mesmo no manejo em que não foi colocada a lâmina

192 de água após a aplicação, resultado semelhante ao obtido com pulverização sobre a lâmina
193 de água ou com a entrada da água imediatamente após a aplicação dos herbicidas. Para
194 estes herbicidas, o fator manejo de água não apresentou diferença significativa,
195 independentemente do estágio de aplicação do herbicida.

196 Estes resultados podem também estar relacionados à dose do herbicida avaliada.
197 Para cyhalofop-butyl, foi utilizada dose do produto comercial registrado no Brasil
198 (AGROFIT, 2017), entretanto pode ter sido insuficiente para o controle desta espécie
199 daninha no estágio de 3 a 4 perfilhos. Mesma observação para o herbicida
200 imazapic+imazapyr.

201 O alagamento, ao promover modificações nas concentrações de oxigênio no solo
202 (Ishida et al., 2002), como a hipoxia ou anoxia, provoca nas plantas o fechamento
203 estomático, menor difusão de CO₂ (Joshi & Kumar, 2012), menor absorção de nitrogênio
204 do solo, produção de etileno e ácido abscísico (Colmer, 2003) e aumento na concentração
205 de EROS - espécies de oxigênio reativo (Joshi & Kumar, 2012), que provocam colapso
206 na estrutura foliar. Desta forma, o colapso interfere na interceptação da radiação solar,
207 reduzindo a capacidade dos cloroplastos de fixar o CO₂, com efeito sobre a produção e
208 translocação de açúcares. Estes fatores, em conjunto, podem influenciar no desempenho
209 dos herbicidas foliares (Ismail et al., 2012) e que dependem do fluxo floemático. É
210 possível também alterações na expressão de enzimas detoxificadoras (Queiroz et al.,
211 2013).

212 Diferentes herbicidas podem responder diferentemente à concentração de
213 substâncias que podem metabolizá-lo, como enzimas detoxificadoras pertencente as
214 famílias do citocromo P450 monooxigenases (P450) e glutathione-S-transferases (GST)
215 (Queiroz et al., 2013). Apesar dessas enzimas terem ação detox em sítios diferentes, não
216 são garantidos resultados semelhantes para distintos herbicidas de mesmo mecanismo de
217 ação, aplicados nas mesmas condições.

218 O herbicida imazapic+imazapyr mostrou-se sensível ao avanço do estágio de
219 desenvolvimento de *Eleusine indica*, respondendo com menor controle (35%) para as
220 plantas com 3 a 4 perfilhos. No menor estágio (1 a 2 perfilhos) comportou-se de maneira
221 semelhante ao verificado com cyhalofop-butyl, sendo que a entrada da lâmina de água
222 imediatamente após aplicação dos tratamentos, reduziu o desempenho do herbicida,
223 resultado diferente do observado por Panozzo et al. (2014) para o herbicida penoxsulam,

224 aplicado para controle de espécies do gênero *Echinochloa*, em que observaram maior
225 controle da gramínea quando a introdução da lâmina de água ocorreu 1h após a aplicação
226 dos tratamentos herbicidas, alcançando a redução dos níveis de controle à medida que
227 atrasaram a entrada da água nos quadros.

228 Neste trabalho foram observadas respostas variáveis de acordo com o tratamento
229 herbicida aplicado, manejo da água utilizado e o estágio de desenvolvimento da planta
230 daninha, no momento da pulverização dos herbicidas, os quais refletiram no desempenho
231 de controle. Observou-se que o nível de controle em plantas com 3 a 4 perfilhos foi
232 afetado para alguns herbicidas em função do avançado estágio de desenvolvimento.
233 Também observou-se que a colocação da lâmina de água logo após a aplicação dos
234 herbicidas reduziu a eficácia de alguns tratamentos, com maior interferência quando o
235 capim pé-de-galinha encontrava-se no estágio de desenvolvimento de 3 a 4 perfilhos.

236 Considerando a resposta neste experimento, constatou-se que o desempenho dos
237 herbicidas pode ser afetado de diversas maneiras dentro do programa de controle para
238 cultura do arroz irrigado. Pode-se concluir que o alagamento provocado pela entrada de
239 lâmina d'água 24h após a pulverização interferiu negativamente no desempenho de
240 cyhalofop-butyl e imazapic+imazapyr, bem como redução de controle no estágio mais
241 avançado, de 3 a 4 perfilhos. Os herbicidas propaquizafop, clethodim e glyphosate
242 mantiveram eficácia de controle nos três manejos de água e no dois diferentes estádios
243 das plantas de *Eleusine indica*. Dentro de programas herbicidas para o controle de plantas
244 daninhas no sistema arroz irrigado essas novas informações permitem um melhor
245 posicionamento em relação ao herbicida, estágio e manejo da irrigação no momento da
246 aplicação.

247

248

249

250

251

252

253

254

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

255 ABBOTT, L.B.; STERLING, T.M. Recovery of African rue seedlings from water stress:
256 Implications for recruitment and invasion. African rue (*Peganum harmala*) seedling

- 257 response to herbicides applied under water-deficit stress. **Weed Science**, v. 54, p. 198-
258 204, 2006.
- 259
- 260 BOLDRINI, I. I.; LONGHI-WAGNER, H. M.; BOECHAT, S. C. **Morfologia e**
261 **taxonomia de Gramíneas Sul-rio-grandenses**. 2 ed. Porto Alegre: Editora da
262 Universidade/UFRGS, 2008. 87p.
- 263
- 264 BOX, G. E. P.; COX, D. R. An analysis of transformation. **Journal of the Royal**
265 **Statistical Society**, v.26, p.211-243, 1964.
- 266
- 267 CHAUHAN, B. S.; JOHNSON, D. E. Germination Ecology of Goosegrass (*Eleusine*
268 *indica*): An Important Grass Weed of Rainfed Rice. **Weed Science**, v. 55, p. 699-706,
269 2008.
- 270
- 271 ESTATCAMP. **Software Action**. Estatcamp - Consultoria em estatística e qualidade, São
272 Carlos, SP, 2014. Disponível em: <http://www.portalaction.com.br> Acesso em: 27 jun.
273 2016.
- 274
- 275 FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e**
276 **Agrotecnologia** (UFLA), v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.
- 277
- 278 GALON, L.; AGOSTINETTO, D.; MORAES, P.V.D.; TIRONI, S.P.; DAL MAGRO, T.
279 Estimativa das perdas de produtividade de grãos em cultivares de arroz (*Oryza sativa*)
280 pela interferência do capim-arroz (*Echinochloa* spp.). **Planta daninha**. vol. 25, n. 4, p.
281 697-707, 2007.
- 282
- 283 HEAP, I. **The International Survey of Herbicide Resistant**
284 **Weeds**. Online. Internet. Saturday, January 28, 2017.
- 285
- 286 HOLM, L. G. et al. **The world's worst weeds: distribution and biology**. Honolulu:
287 University Press Hawaii, 1977. 609 p.
- 288
- 289 ISHIDA, F. Y.; OLIVEIRA, L.M.; CARVALHO, C.J.R.; ALVES, J.D. Efeitos da
290 inundação parcial e total sobre o crescimento, teor de clorofila e fluorescência de *Setaria*
291 *anceps* e *Paspalum repens*. **Ciência Agrotécnica**, v. 26, n. 6, p. 1152-1159, 2002.
- 292
- 293 ISMAIL, A. M.; JOHNSON, D. E.; ELLA, E. S.; VERGARA, G. V.; BALTAZAR, A.
294 M. Adaptation to flooding during emergence and seedling growth in rice and weeds, and
295 implications for crop establishment. **AoB PLANTS: PART OF A SPECIAL ISSUE**
296 ENTITLED 'FLOODING STRESS', 2012 doi:10.1093/aobpla/pls019
- 297
- 298 KISSMANN, K. G.; **Plantas infestantes e nocivas**. TOMO I. 3 ed. São Paulo: Basf
299 Brasileira S. A., 2007. 1 CD-ROM.
- 300
- 301 KRAEHMER, H.; JABRAN, K.; MENNAN, H.; CHAUHAN, B.S. Global distribution
302 of rice weeds – A review. **Crop Protection**, v. 80, p. 73.-86, 2016.
- 303

- 304 PANOZZO, L.E.; AGOSTINETTO, D.; MORAES, P.V.D.; MAGANO, D.A; HARTER,
305 A.; PINTO, L.B. Control of *Echinochloa* sp. In the irrigated rice crop. **International**
306 **Journal of Agronomy**, v. 2014, p. 1-6, 2014.
- 307
308 PEREIRA, M.R.R.; MARTINS, D.; SILVA, J.I.C.; RODRIGUES-COSTA, A.C.P.;
309 KLAR, A.E. Efeito de herbicidas sobre plantas de *Brachiaria plantaginea* submetidas a
310 estresse hídrico. **Planta Daninha**, v. 28, número especial, p. 1047-1058, 2010.
- 311
312 PEREIRA, M.R.R.; SOUZA, G.S.F.; SILVA, J.I.C.; MACEDO, A.C.; MARTINS, D.
313 Influence of soil water potential in the action of herbicides on goosegrass (*Eleusine indica*
314 (L.) Gaertn). **Bioscience Journal**, v. 31, n. 1, p. 107-117, 2015.
- 315
316 PEREIRA, M.R.R.; SOUZA, G.S.F.; MARTINS, D.; MELHORANÇA FILHO, A.L.;
317 KLAR, A.E. Respostas de plantas de *Eleusine indica* sob diferentes condições hídricas a
318 herbicidas inibidores da ACCase. **Planta Daninha**, v. 29, p. 397-404.
- 319
320 PINTO, J.J.O.; GALON, L.; DAL MAGRO, T.; PROCÓPIO, S.O.; CONCENÇO, G.;
321 PINHO, C.F.V; FERREIRA, E.A. Controle de Capim-Arroz (*Echinochloa* spp.) em
322 função de métodos de manejo na cultura do arroz irrigado. **Planta Daninha**, v. 26, n. 4,
323 p. 767-777, 2008.
- 324
325 QUEIROZ, A.R.S; VIDAL, R.A; MEROTTO, A.J Fatores que possibilitam a redução da
326 dose dos herbicidas inibidores da enzima ALS: Revisão de literatura. **Pesticidas: Revista**
327 **de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 23, p. 25-36, 2013.
- 328
329 RAO, A. N.; Johnson D. E.; Sivaprasad B.; Ladha J. K.; Mortimer, A. M.. Weed
330 management in direct-seeded rice. **Advances in Agronomy**, v. 93, p. 153–255, 2007.
- 331
332 ROCHA-PEREIRA, M; KLAR, A.E.; MARTINS, D.; SOUZA, G.S.F.; VILLALBA, J.
333 Effect of water stress on herbicide efficiency applied to *Urochloa decumbens*. **Ciencia e**
334 **Investigación Agraria**, v. 39, n. 1, p. 211-220, 2012.
- 335
336 SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI) – XXXI
337 Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado (Bento Gonçalves - RS). Arroz Irrigado:
338 recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Pelotas, RS: SOSBAI, 2016.
339 200 p.
- 340
341 ULGUIM, A.R.; Vargas, L.; Agostinnetto, D.; DAL MAGRO, T.; WESTENDORFF,
342 N.R.; HOLZ, M.T. Manejo de capim pé-de-galinha em lavouras de soja transgênica
343 resistente ao glifosato **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 1, p. 17-24, 2013.
- 344
345 JOSHI, R.; KUMAR, P. Lysigenous aerenchyma formation involves non-apoptotic
346 programmed cell death in rice (*Oryza sativa* L.) roots. **Physiology and Molecular**
347 **Biology of Plants**, v. 18, n. 1, p. 1-9, 2012.
- 348
349 ZAWIERUCHA, J.E.; PENNER, D. The relationship of goosegrass (*Eleusine indica*)
350 stage of growth to quinclorac tolerance. **Weed Technology**, v.15, p.216-219, 2001. DOI:
351 10.1614/0890-037X(2001)015[0216:TROGEI]2.0.CO;2.

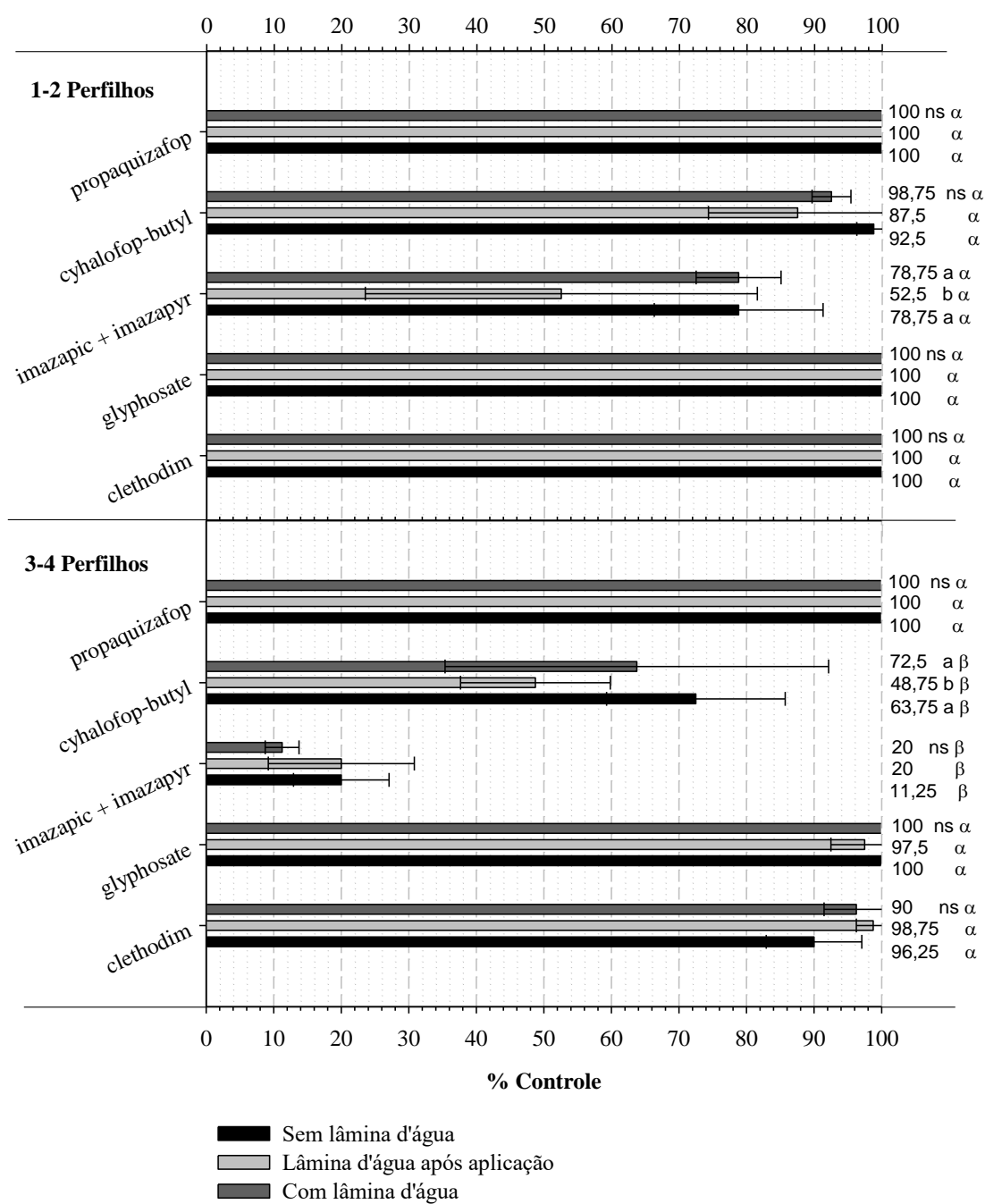
352
353

354 **Tabela 1** – Descrição dos herbicidas utilizados: ingrediente ativos, concentrações e doses.
 355 Santa Maria/RS, 2016.

Nome ingrediente ativo	Concentração (g L ⁻¹)	Dose pc ha ⁻¹ (ml)	Dose ia/ea ha ⁻¹ (g)
propaquizafoxop	100	1250	125
cyhalofop-butyl	152	1250	225
imzapyr+imzapyr	263+88	200	52,6+17,6
glyphosate	360	2000	720
clethodim	240	400	96

356 pc: produto comercial; ia: ingrediente ativo; ea: equivalente ácido.

357



358

359

360

361

362

363

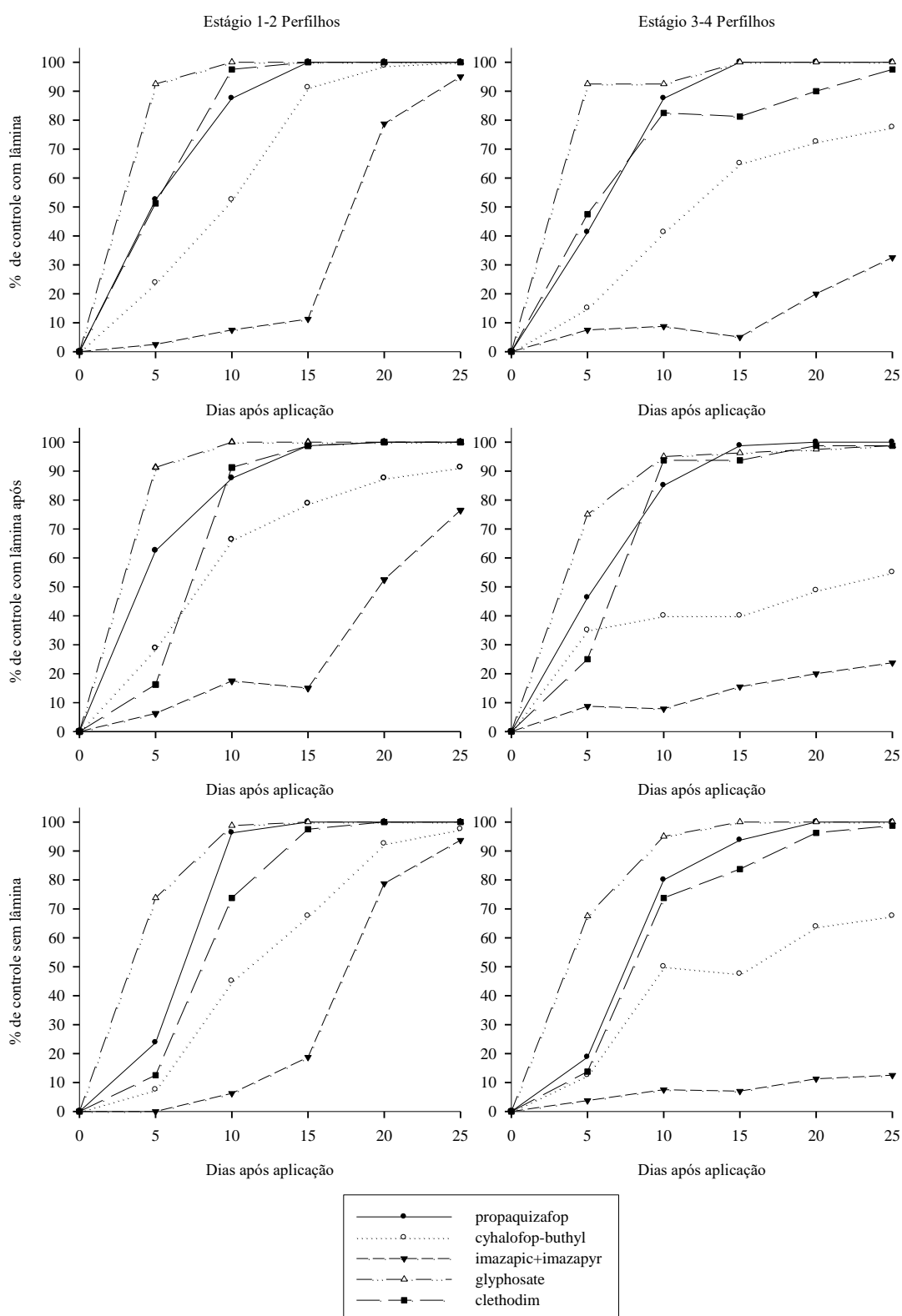
364

365

366

Médias não seguidas pela mesma letra, minúsculas fator manejo da água dentro (Herbicida x Estádio) e gregas fator estádio dentro (Herbicida x Manejo da água), diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. O intervalo de confiança ($p < 0,05$) separa o herbicida dentro (Estádio x Manejo da água).

Figura 1 – Médias da porcentagem de controle visual aos 20 dias após aplicação, em dois estádios de desenvolvimento da espécie *Eleusine indica*, quando submetida a diferentes herbicidas e três manejos de água no momento da aplicação. Santa Maria/RS, 2016.



367

368

369

370

371

Figura 2 – Evolução dos níveis de controle sobre *Eleusine indica* nos dois estádios (vertical) e três manejos da água (horizontal), aos 0, 5, 10, 15, 20 e 25 dias após aplicação. Santa Maria/RS, 2016.

372 **Tabela 2** – Médias do acúmulo de massa seca das raízes, aos 25 dias após a aplicação.
 373 Santa Maria/RS, 2016.

	Herbicida	Manejo da água							
		Com lâmina d'água		Lâmina d'água após aplicação			Sem lâmina d'água		
Estádio 1-2 perfilhos	Testemunha	1,8254	b A α	2,1996	b A α	1,8543	b A α		
	propaquizafop	0,1657	a A α	0,2594	a A α	0,1785	a A α		
	cyhalofop-butyl	0,1894	a A α	0,5027	a A α	0,3123	a A α		
	imazapic + imazapyr	0,2543	a A α	0,7183	a B α	0,2849	a A α		
	glyphosate	0,0800	a A α	0,1286	a A α	0,1396	a A α		
	clethodim	0,1876	a A α	0,2928	a A α	0,1592	a A α		
Estádio 3-4 perfilhos	Testemunha	2,8316	c A β	3,6245	c A β	2,6383	c A β		
	propaquizafop	1,5631	b B β	1,3697	b B β	0,9394	a A β		
	cyhalofop-butyl	1,087	b A β	1,7087	b B β	1,3802	b A β		
	imazapic + imazapyr	1,2736	b A β	1,4979	b A β	1,5701	b A β		
	glyphosate	0,321	a A α	0,6128	a A β	0,6408	a A β		
	clethodim	0,9329	b A β	0,7813	a A β	0,7335	a A β		
Teste de $F_{\text{Herbicida}}$ (H)				130,480**					
Teste de $F_{\text{Estádio}}$ (E)				27,6464**					
Teste de F_{gua} (A)				8,571**					
Teste F da interação H x E				4,676**					
Teste F da interação H x A				1,997*					
Teste F da interação E x A				0,208 ^{ns}					
Teste F da interação H x E x A				1,160 ^{ns}					
CV (%)				34,05					

374
 375
 376
 377
 378
 379
 380
 381
 382
 383
 384
 385
 386
 387
 388
 389

Médias não seguidas pelas mesmas letras, minúsculas fator herbicidas dentro do mesmo Estádio e Manejo da água, maiúsculas fator manejos da água dentro do mesmo Estádio e Herbicida, e, gregas fator estádios dentro do mesmo Herbicida e Manejo da água, pelo teste de Scott-Knott, em 5% de probabilidade. ** e * significativo em 1 e 5% respectivamente.

390 **Tabela 3** – Médias do acúmulo de massa seca da parte aérea, aos 25 dias após a aplicação.
 391 Santa Maria/RS, 2016.

	Herbicida	Manejo da água							
		Com lâmina d'água		Lâmina d'água após aplicação			Sem lâmina d'água		
Estádio 1-2 perfilhos	Testemunha	3,475	b A α	3,0075	d B α	3,75	b A α		
	propaquizafop	0,3925	a A α	0,4825	a A α	0,3775	a A α		
	cyhalofop-butyl	0,345	a A α	0,87	b B α	0,4550	a A α		
	imazapic + imazapyr	0,5425	a A α	1,4125	c B α	0,7025	a A α		
	glyphosate	0,245	a A α	0,2	a A α	0,5150	a A α		
	clethodim	0,3475	a A α	0,5975	a A α	0,56	a A α		
Estádio 3-4 perfilhos	Testemunha	4,625	d A β	3,75	d B β	4,5875	c B β		
	propaquizafop	1,1675	b A β	1,075	a A β	1,4575	a A β		
	cyhalofop-butyl	1,5375	b A β	1,6625	b A β	1,4625	a A β		
	imazapic + imazapyr	2,9525	c A β	3,1725	c A β	2,9725	b A β		
	glyphosate	0,5575	a A α	0,78	a A β	0,9925	a A α		
	clethodim	1,3275	b A β	0,93	a A α	1,5175	a A β		
Tesde de $F_{\text{Herbicida (H)}}$				130,480**					
Teste de $F_{\text{Estádio (E)}}$				27,6464**					
Teste de $F_{\text{gua (A)}}$				8,571**					
Teste F da interação H x E				4,676**					
Teste F da interação H x A				1,997*					
Teste F da interação E x A				0,208 ^{ns}					
Teste F da interação H x E x A				1,160 ^{ns}					
CV (%)				34,05					

392 Médias não seguidas pelas mesmas letras, minúsculas fator herbicida dentro (Estádio x Manejo da água), maiúsculas
 393 fator manejo da água dentro (Estádio x Herbicida) e gregas fator estádio dentro (Herbicida x Manejo da água), pelo
 394 teste de Scott-Knott, em 5% de probabilidade. ** e * significativo em 1 e 5% respectivamente.
 395

396

397

398

399

400

401

402

403

404

405

406

407 **Tabela 4** – Médias do acúmulo de massa seca total, a aos 25 dias após a aplicação. Santa
 408 Maria/RS, 2016.

	Herbicida	Manejo da água							
		Com lâmina d'água		Lâmina d'água após aplicação		Sem lâmina d'água			
Estádio 1-2 perfilhos	Testemunha	5,2975	b A α	5,205	d A α	5,6025	b A α		
	propaquizafop	0,56	a A α	0,7375	a A α	0,5575	a A α		
	cyhalofop-butyl	0,5375	a A α	1,37	b A α	0,77	a A α		
	imazapic + imazapyr	0,7925	a A α	2,13	c B α	0,99	a A α		
	glyphosate	0,325	a A α	0,33	a A α	0,655	a A α		
	clethodim	0,535	a A α	0,89	a A α	0,7175	a A α		
Estádio 3-4 perfilhos	Testemunha	7,545	d A β	7,37	e A β	7,2275	d A β		
	propaquizafop	2,73	b A β	2,445	b A β	2,395	b A β		
	cyhalofop-butyl	2,625	b A β	3,3725	c B β	2,8425	b A β		
	imazapic + imazapyr	4,23	c A β	4,67	d A β	4,5425	c A β		
	glyphosate	0,88	a A α	1,3925	a A β	1,635	a A β		
	clethodim	2,26	b A β	1,71	a A β	2,25	b A β		
Tesde de $F_{Herbicida}$ (H)				130,480**					
Teste de $F_{Estádio}$ (E)				27,6464**					
Teste de F_{gua} (A)				8,571**					
Teste F da interação H x E				4,676**					
Teste F da interação H x A				1,997*					
Teste F da interação E x A				0,208 ^{ns}					
Teste F da interação H x E x A				1,160 ^{ns}					
CV (%)				34,05					

409 Médias não seguidas pelas mesmas letras, minúsculas fator herbicida dentro (Estádio x Manejo da água), maiúsculas
 410 fator manejo da água dentro (Estádio x Herbicida) e gregas fator estágio dentro (Herbicida x Manejo da água), pelo
 411 teste de Scott-Knott, em 5% de probabilidade. ** e * significativo em 1 e 5% respectivamente.
 412

413 **Tabela 5** – Correlações de Pearson entre a porcentagem de controle aos 20 dias após a
 414 aplicação com as avaliações da massa seca acumulada de raiz, parte aérea e total, aos 25
 415 dias após a aplicação. Santa Maria/RS, 2016.

Correlação	% Controle 20 DAA	MS Raiz	MS Parte Aérea	MS Total
% Controle 20 DAA	1	-0,5712**	-0,7970**	-0,7347**
MS Raiz	-	1	0,8030**	0,9357**
MS Parte Aérea	-	-	1	0,96166**
MS Total	-	-	-	1

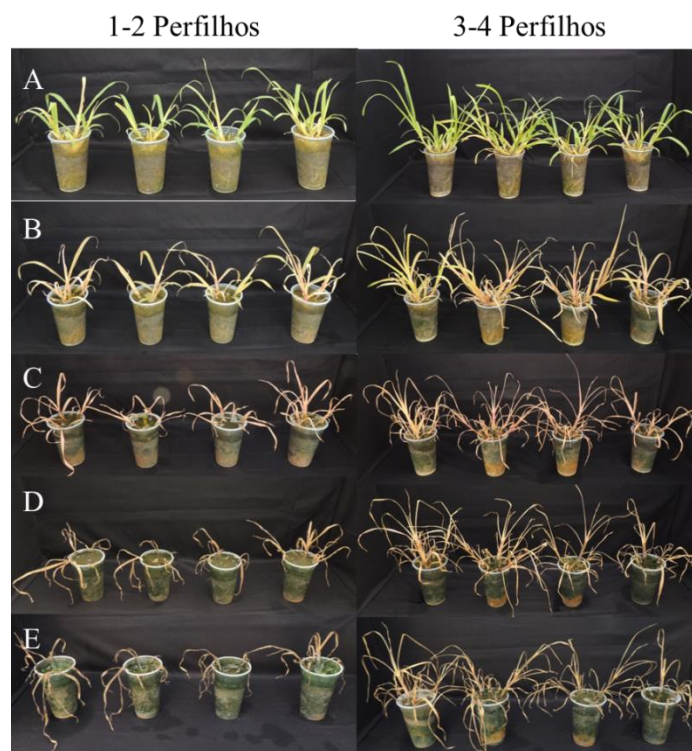
416 **Significativo em 1%.

417

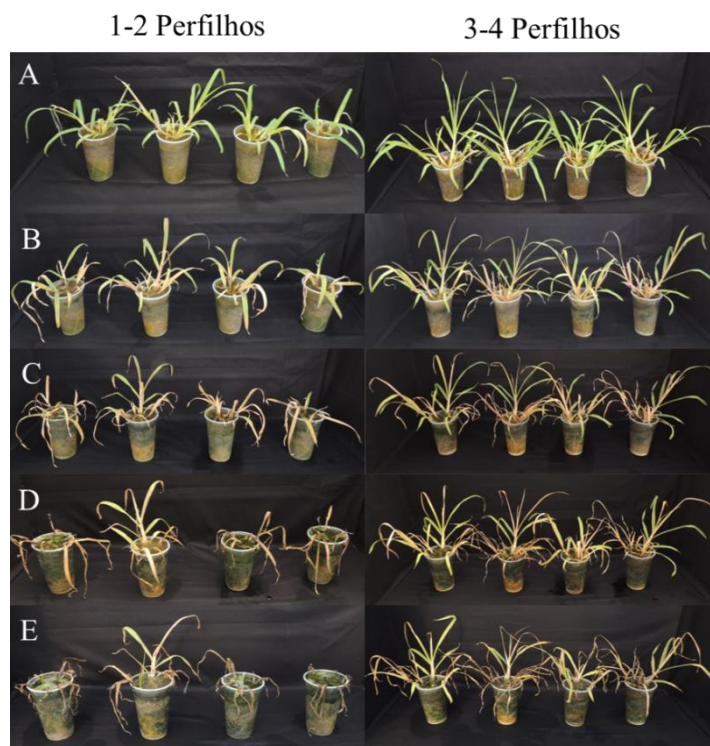
418

419

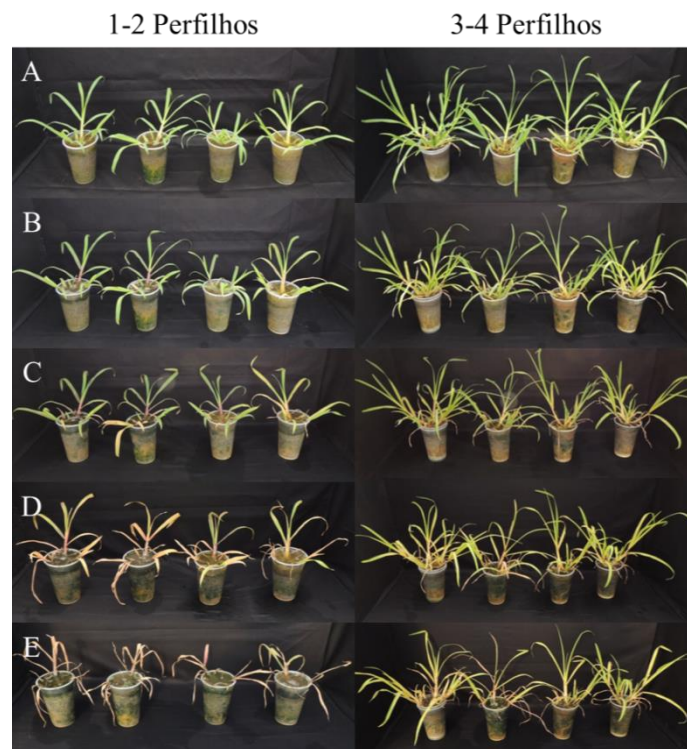
420



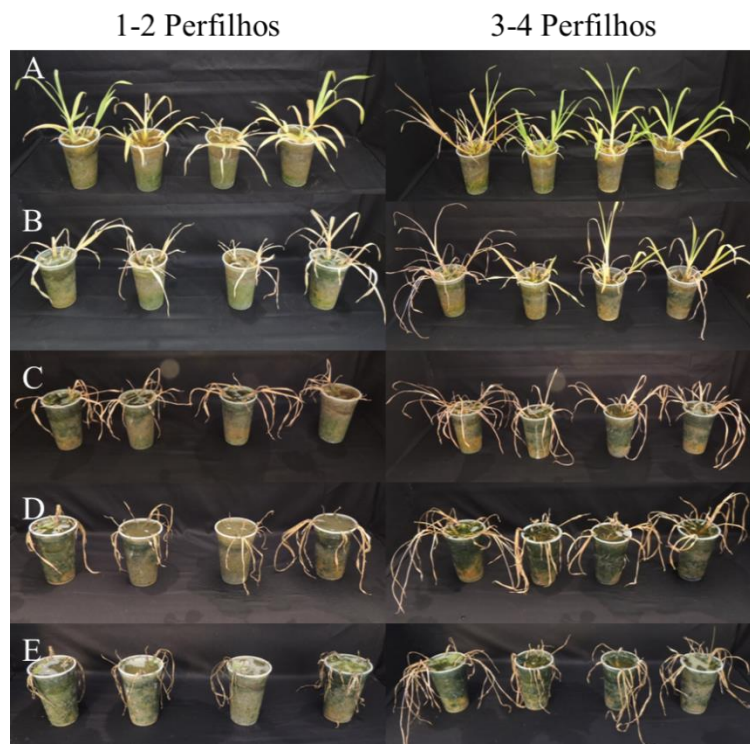
421
 422 **Figura 3** – Efeito de propaquizafop sobre *Eleusine indica* de 1 a 2 perfilhos e 3 a 4
 423 perfilhos, avaliado aos 05, 10, 15, 20 e 25 dias após a aplicação (A, B, C, D e E) do
 424 herbicida sobre a lâmina d'água. Santa Maria/RS, 2016.
 425



426
 427 **Figura 4** – Efeito de cyhalofop-butyl sobre *Eleusine indica* de 1 a 2 perfilhos e 3 a 4
 428 perfilhos, avaliado aos 05, 10, 15, 20 e 25 dias após a aplicação (A, B, C, D e E) do
 429 herbicida sobre a lâmina d'água. Santa Maria/RS, 2016.



430
 431 **Figura 5** – Efeito de imazapic + imazapyr sobre *Eleusine indica* de 1 a 2 perfilhos e 3 a
 432 4 perfilhos, avaliado aos 05, 10, 15, 20 e 25 dias após a aplicação do herbicida sobre a
 433 lâmina d'água (A, B, C, D e E). Santa Maria/RS, 2016.
 434

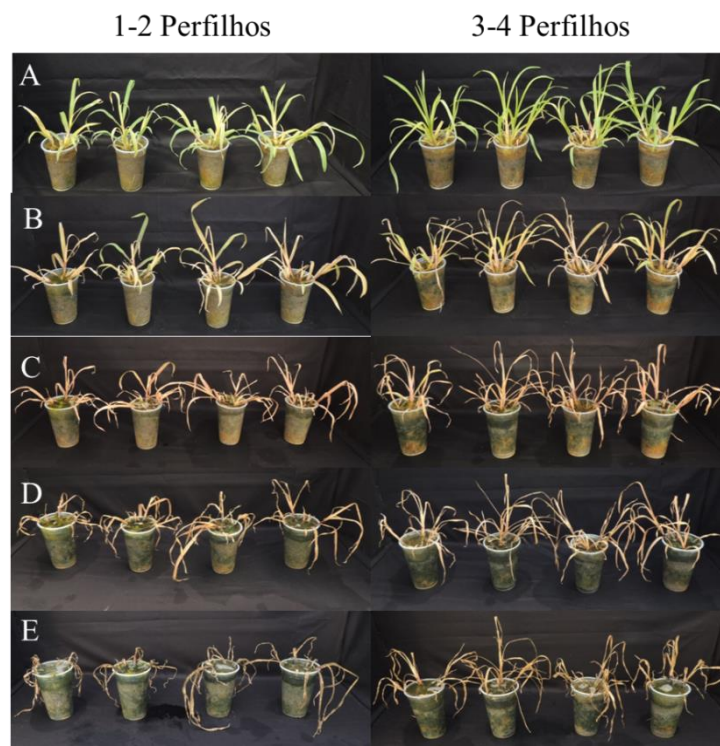


435
 436 **Figura 6** – Efeito de glyphosate sobre *Eleusine indica* de 1 a 2 perfilhos e 3 a 4 perfilhos,
 437 avaliado aos 05, 10, 15, 20 e 25 dias após a aplicação do herbicida sobre a lâmina d'água
 438 (A, B, C, D e E). Santa Maria/RS, 2016.



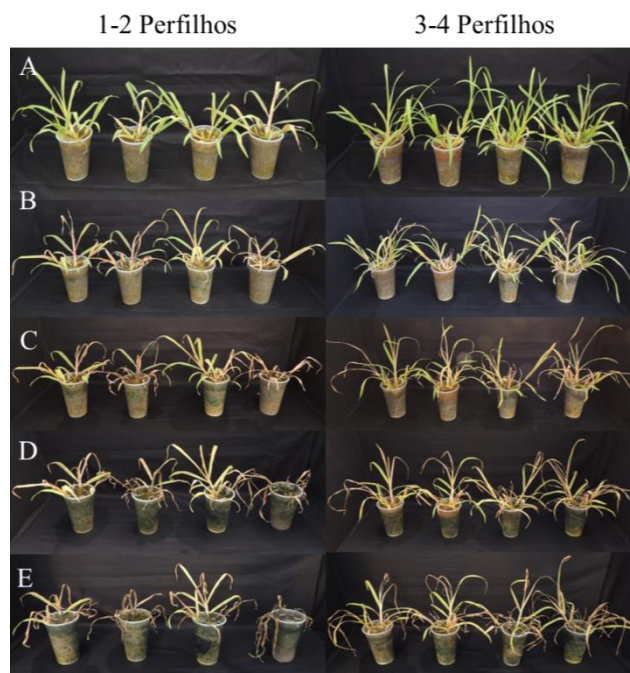
439
440
441
442
443

Figura 7 – Efeito de clethodim sobre *Eleusine indica* de 1 a 2 perfilhos e 3 a 4 perfilhos, avaliado aos 05, 10, 15, 20 e 25 dias após a aplicação do herbicida sobre a lâmina d'água (A, B, C, D e E). Santa Maria/RS, 2016.



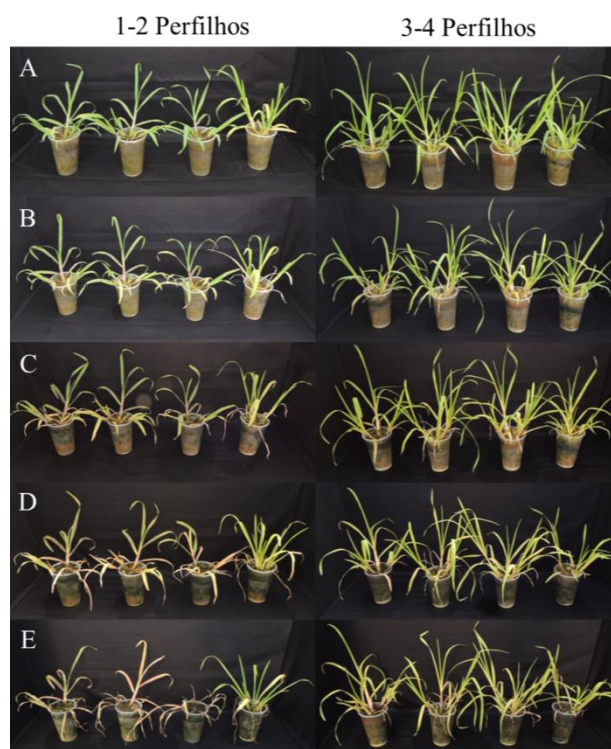
444
445
446
447

Figura 8 – Efeito de propaquizafop sobre *Eleusine indica* de 1 a 2 perfilhos e 3 a 4 perfilhos, avaliado aos 05, 10, 15, 20 e 25 dias após a aplicação do herbicida (A, B, C, D e E), com entrada lâmina d'água após aplicação. Santa Maria/RS, 2016.



448
449
450
451
452

Figura 9 – Efeito de cyhalofop-butyl sobre *Eleusine indica* de 1 a 2 perfilhos e 3 a 4 perfilhos, avaliado aos 05, 10, 15, 20 e 25 dias após a aplicação do herbicida (A, B, C, D e E), com entrada lâmina d'água após aplicação. Santa Maria/RS, 2016.

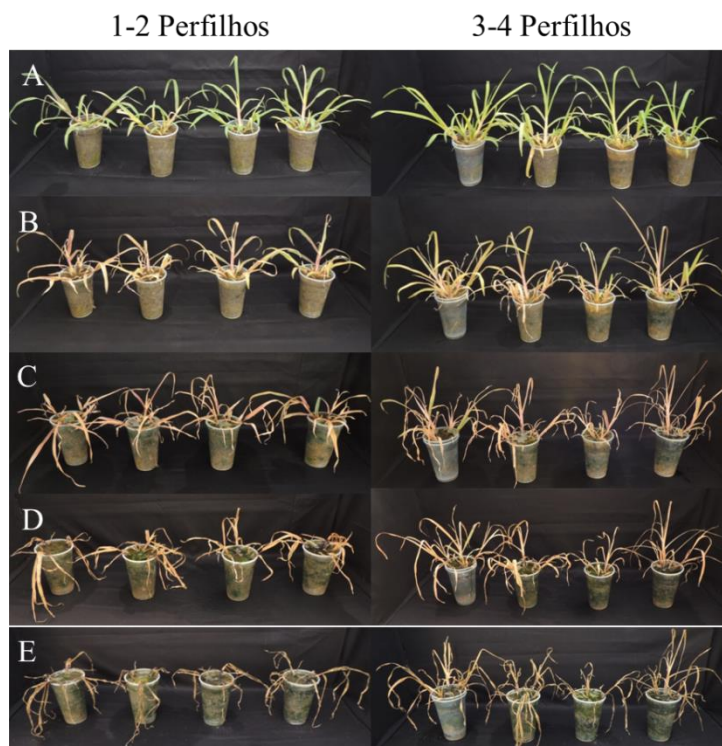


453
454
455
456

Figura 10 – Efeito de imazapic+imzapyr sobre *Eleusine indica* de 1 a 2 perfilhos e 3 a 4 perfilhos, avaliado aos 05, 10, 15, 20 e 25 dias após a aplicação do herbicida (A, B, C, D e E), com entrada lâmina d'água após aplicação. Santa Maria/RS, 2016.



457
 458 **Figura 11** – Efeito de glyphosate sobre *Eleusine indica* de 1 a 2 perfilhos e 3 a 4 perfilhos,
 459 avaliado aos 05, 10, 15, 20 e 25 dias após a aplicação do herbicida (A, B, C, D e E), com
 460 entrada lâmina d'água após aplicação. Santa Maria/RS, 2016.
 461

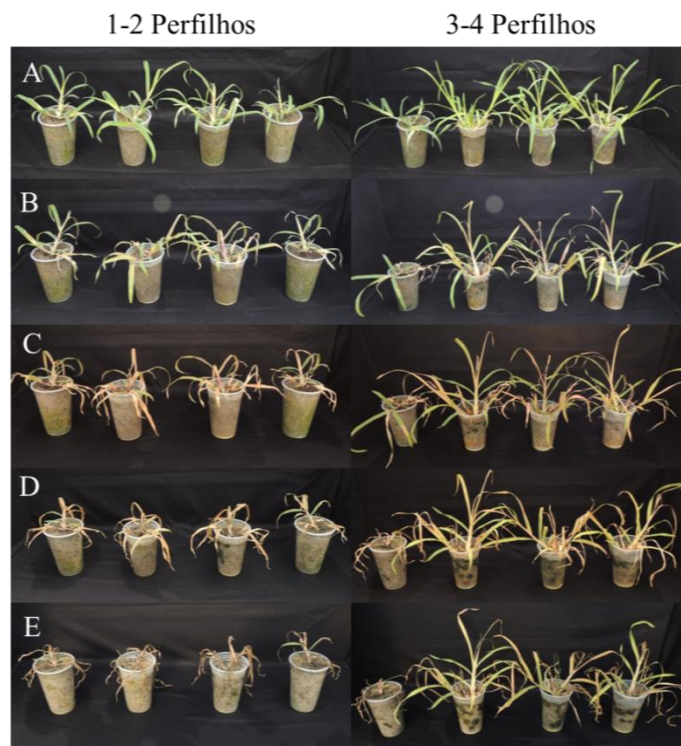


462
 463 **Figura 12** – Efeito de clethodim sobre *Eleusine indica* de 1 a 2 perfilhos e 3 a 4 perfilhos,
 464 avaliado aos 05, 10, 15, 20 e 25 dias após a aplicação do herbicida (A, B, C, D e E), com
 465 entrada lâmina d'água após aplicação. Santa Maria/RS, 2016.



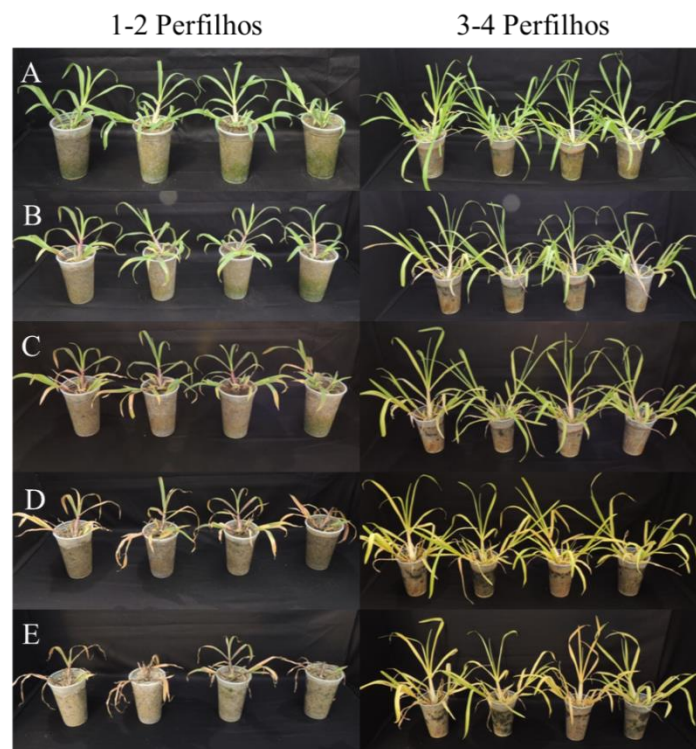
466
467
468
469
470

Figura 13 – Efeito de propaquizafop sobre *Eleusine indica* de 1 a 2 perfilhos e 3 a 4 perfilhos, avaliado aos 05, 10, 15, 20 e 25 dias após a aplicação do herbicida (A, B, C, D e E), sem lâmina d'água após aplicação. Santa Maria/RS, 2016.

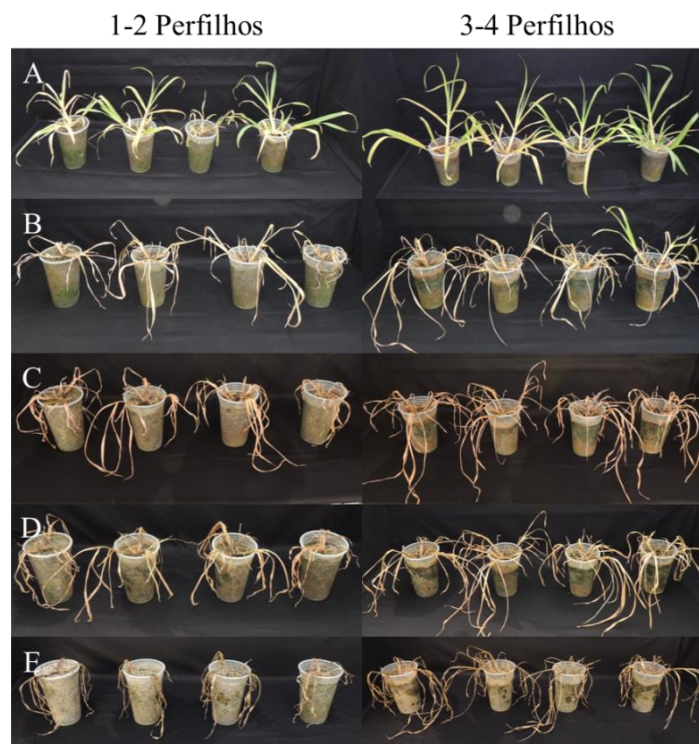


471
472
473
474

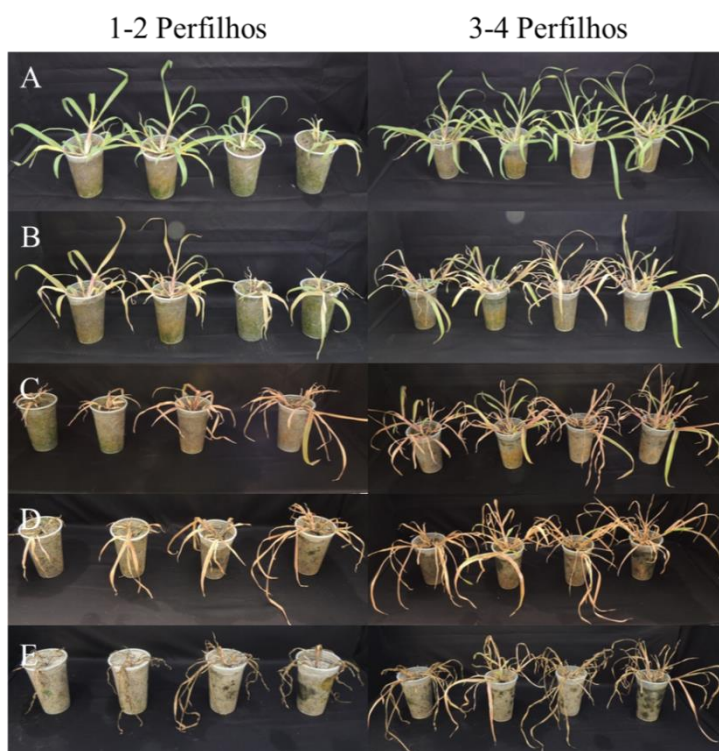
Figura 14 – Efeito de cyhalofop-butyl sobre *Eleusine indica* de 1 a 2 perfilhos e 3 a 4 perfilhos, avaliado aos 05, 10, 15, 20 e 25 dias após a aplicação do herbicida (A, B, C, D e E), sem lâmina d'água após aplicação. Santa Maria/RS, 2016.



475
 476 **Figura 15** – Efeito de imazapic+imazapyr sobre *Eleusine indica* de 1 a 2 perfilhos e 3 a
 477 4 perfilhos, avaliado aos 05, 10, 15, 20 e 25 dias após a aplicação do herbicida (A, B, C,
 478 D e E), sem lâmina d'água após aplicação. Santa Maria/RS, 2016.
 479



480
 481 **Figura 16** – Efeito de glyphosate sobre *Eleusine indica* de 1 a 2 perfilhos e 3 a 4 perfilhos,
 482 avaliado aos 05, 10, 15, 20 e 25 dias após a aplicação do herbicida (A, B, C, D e E), sem
 483 lâmina d'água após aplicação. Santa Maria/RS, 2016.



484
485 **Figura 17** – Efeito de clethodim sobre *Eleusine indica* de 1 a 2 perfilhos e 3 a 4 perfilhos,
486 avaliado aos 05, 10, 15, 20 e 25 dias após a aplicação do herbicida (A, B, C, D e E), sem
487 lâmina d'água após aplicação. Santa Maria/RS, 2016.
488
489

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando o exposto, foi possível averiguar no capítulo I que a espécie *Eleusine indica* possui a capacidade de sobreviver após a imposição de lâmina d'água sobre o solo, a partir do estágio de 3 folhas a 1 perfilho. Esta informação remete ao fato de que se ocorrer a germinação do capim pé-de-galinha juntamente com o arroz irrigado, o excesso hídrico não implicará na supressão da planta daninha, fazendo dela um problema dentro do cultivo. Outro ponto importante é que além de sobreviver, *Eleusine indica* também acaba se desenvolvendo e produzindo sementes, as quais recarregam o banco de sementes no solo.

Quanto aos parâmetros das trocas gasosas e identificação dessa espécie dentro do sistema arroz irrigado, pode-se observar que existe uma tendência da evolução de um biótipo ocorrente em terras baixas, o qual demonstrou indícios de maior taxa fotossintética, em relação a outro oriundo de terras altas. Porém, morfológicamente não ocorrem alterações, podendo ser descrita com os mesmos aspectos dos indivíduos presentes em terras altas, assim não sendo possível classificá-la como um novo biótipo oriundo de terras baixas.

A resposta observada no capítulo II permite concluir que o alagamento provocado pela entrada de lâmina d'água imediatamente após a pulverização foi o que mais interferiu negativamente no desempenho de cyhalofop-butyl e imazapic+imazapyr. Esse impacto consequentemente reduziu o controle, mais ainda com incremento do estágio de desenvolvimento de *Eleusine indica*, de 3 a 4 perfilhos. Os herbicidas propaquizafop, clethodim e glyphosate mantiveram eficácia de controle nos três manejos de água e no dois diferentes estádios das plantas de *Eleusine indica*. Dentro de programas herbicidas para o controle de plantas daninhas no sistema arroz irrigado essas novas informações permitem um melhor posicionamento em relação a produto, estágio e principalmente momento de aplicação em relação ao início da irrigação da lavoura.

Todo esse conjunto de novas informações possibilitam novos trabalhos em relação ao comportamento de respostas a nível enzimático. Se fosse possível influenciar a resposta de P450 e GSTs, como seria feito e quais impactos observaria-se?

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, A.M.; VRIEZEN, W.H.; STRAETEN, D. Molecular and Physiological mechanisms of flooding avoidance and tolerance in rice. **Russian Journal of Plant Physiology**, v.50, p.743-751, 2003.
- AMARANTE, L.; SODEK, L. Waterlogging effect on xylem sap glutamine of nodulated soybean. **Biologia Plantarum**, v.50, p.405-410, 2006.
- BATISTA, C. U. N.; MEDRI, M. E.; BIANCHINI, E.; MEDRI, C.; PIMENTA, J. A. Tolerância à inundação de *Cecropia pachystachya* Trec. (Cecropiaceae): aspectos ecofisiológicos e morfoanatômicos. **Acta Botânica Brasilica**, v. 22, p. 91-98, 2008.
- BLOKHINA, O.; VIROLAINEN, E.; FAGERSTEDT, K.V. Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: a review. **Annals of Botany**, v. 91, p. 79-194, 2003.
- BOLDRINI, I. I.; LONGHI-WAGNER, H. M.; BOECHAT, S. C. **Morfologia e taxonomia de Gramíneas Sul-rio-grandenses**. 2 ed. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS, 2008. 87p.
- CARNEIRO, A. M.; IRGANG, B. E. Origem e distribuição geográfica das espécies ruderais da Vila de Santo Amaro, General Câmara, Rio Grande do Sul. **IHERINGIA: Série Botânica**, Porto Alegre, v. 60, n. 2, p. 175-188, 2005.
- CHAUHAN, B. S.; JOHNSON, D. E. Germination Ecology of Goosegrass (*Eleusine indica*): An Important Grass Weed of Rainfed Rice. **Weed Science**, v. 55, p. 699-706, 2008.
- CHAUHAN, B.S.; ABUGHO, S.B. Effect of growth stage on the efficacy of postemergence herbicides on four weed species of direct-seeded rice. **The Scientific World Journal**, v. 2012, p. 1-8, 2012.
- COLEMAN, J.O.D.; BLAKE-KALFF, M.M.A.; DAVIES, T.G.E. Detoxification of xenobiotics by plants: chemical modification and vacuolar compartmentation. **Trends in Plant Science**, v.2, n.4, p.144-151, 1997.
- COLMER, T.D. & PEDERSEN, O. Underwater photosynthesis and respiration in leaves of submerged wetland plants: gas films improve CO₂ and O₂ exchange. **New Phytologist**. v.177, n.4, p.918-926. 2008.
- DAVANSO, V.M.; SOUZA, L.A.; MEDRI, M.E.; PIMENTA, J.A.; BIANCHINI, E. Photosynthesis, growth and development of *Tabebuia avellanedae* Lor. Ex Griseb. (Bignoniaceae) in flooded soil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.45, p.375-384, 2002.
- DIAS-FILHO, M. B.; CARVALHO, C. J. R. Physiological and morphological responses of *Brachiaria* spp. to flooding. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 10, p. 1959-1966, 2000.
- DIXON, D.P.; LAPHORN, A.; EDWARDS, R. Plant glutathione transferases. **Genome Biology**, v.3, n.3, p.1-10, 2002.

FOYER, C.H.; NOCTOR, G. Ascorbate and glutathione: the heart of the redox hub. **Plant Physiology**, Rockville, v.155, n.1, p.2-18, 2011.

FRIES, D.D.; ALVES, J.D.; DELÚ FILHO, N.; MAGALHÃES, P.C.; GOULART, P. F.P. Crescimento de plântulas do milho "saracura" e atividade de α -amilase e invertases associados ao aumento da tolerância ao alagamento exercido pelo cálcio exógeno. **Bragantia**, v. 66, p. 1-9, 2007.

FUKAO, T.; BAILEY-SERRES. Plant responses to hypoxia – is survival a balancing act? **TRENDS in Plant Science**, v. 9, n. 9, p. 449-456, 2004.

GALBIERI, R.; URASHIMA, A. S.. Caracterização, compatibilidade e ocorrência de reprodução sexual entre isolados de *Pyricularia grisea* de diferentes hospedeiros. **Summa Phytopathol**, Botucatu. v. 34, n. 1, p. 22-28, 2008.

GEIGENBERGER, P. Response of plant metabolism to too little oxygen. *Current Opinion in Plant Biology*, v. 6, 247–256, 2003.

GONÇALVES, J. F. C.; MELO, E. G. F.; SILVA, C. E. M.; FERREIRA, M. J.; JUSTINO, G. C. Estratégias no uso da energia luminosa por plantas jovens de *Genipa spruceana* Steyererm submetidas ao alagamento. **Acta Botânica Brasilica**, v. 26, n. 2, 2012.

HATTORI, Y.; NAGAI, K.; FURUKAWA, S.; SONG, X.J.; KAWANO, R.; SAKAKIBARA, H.; WU, J.; MATSUMOTO, T.; YOSHIMURA, A.; KITANO, H.; MATSUOKA, M.; MORI, H.; ASHIKARI, M. The ethylene response factors SNORKEL1 and SNORKEL2 allow rice to adapt to deep water. **Nature**, v. 460, p. 1026–1031, 2009.

HEAP, I. **The International Survey of Herbicide Resistant Weeds**. Online. Internet. Saturday, January 28, 2017.

HOLM, L. G. et al. **The world's worst weeds: distribution and biology**. Honolulu: University Press Hawaii, 1977. 609 p.
<http://dx.doi.org/10.2134/agronj1970.00021962006200050015x>

IRFAN, M.HAYAT, S.; HAYAT, Q.; AFROZ, S.; AHMAD, A. Physiological and biochemical changes in plants under waterlogging. **Protoplasma**, v. 241, n. ¼, p. 3-17, 2010.

ISMAIL, A. M.; JOHNSON, D. E.; ELLA, E. S.; VERGARA, G. V.; BALTAZAR, A. M. Adaptation to flooding during emergence and seedling growth in rice and weeds, and implications for crop establishment. **AoB PLANTS: PART OF A SPECIAL ISSUE ENTITLED 'FLOODING STRESS'**, 2012 doi:10.1093/aobpla/pls019

JACKSON, M. B.; COLMER, T. D. Response and Adaptation by Plants to Flooding Stress. **Annals of Botany**, v. 96, p. 501-505, 2005.

KISSMANN, K. G.; **Plantas infestantes e nocivas**. TOMO I. 3 ed. São Paulo: Basf Brasileira S. A., 2007. 1 CD-ROM.

KRAEHMER, H.; JABRAN, K.; MENNAN, H.; CHAUHAN, B.S. Global distribution of rice weeds – A review. **Crop Protection**, v. 80, p. 73.-86, 2016.

LEE, L.J.; NGIM, J. A first report of glyphosate-resistant goosegrass (*Eleusine indica* (L) Gaertn) in Malaysia. *Pest Management Science*, v.56, p.336-339, 2000.

LIAO, C.T.; LIN, C.H. Physiological adaptation of crop plants to flooding stress. *Proceedings National Science Council*, v. 25, p. 148-157, 2001.

MARRS, K. A. The functions and regulation of glutathione s-transferases in plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, v.47, p. 127-158, 1996.

OLIVEIRA JR, CONSTANTIN, J.; IONUE, H.M. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba, PR: Omnipax, 348 p., 2011.

PEÑA-FRONTERRAS, J. T.; VILLALOBOS, M. C.; BALTAZAR, A. M.; MERCA, F. E.; ISMAIL, A. M.; JOHNSON, D. E. Adaptation to flooding in upland and lowland ecotypes of *Cyperus rotundus*, a troublesome sedge weed of rice: tuber morphology and carbohydrate metabolism. *Annals of Botany*, v. 103, p. 295-302, 2009.

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

RADOSEVICH, S. R.; HOLT, J.; GHERSA, C. **Ecology of weeds and invasive plants: relationship to agriculture and natural resource management**. New York: John Wiley & Sons, 3.ed., 454 p., 2007.

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.

READE, J.P.H.; MILNER, L.J.; COBB, A.H. A role for glutathione S-transferases in resistance to herbicides in grasses. *Weed Science*, v.52, n.3, p.468-474, 2004.

SCALON, S.P.Q.; KODAMA, F.M.; DRESCH, D.M.; MUSSURY, R.M.; PEREIRA, Z.V. Gas exchange and photosynthetic activity in *Hancornia Speciosa* Gomes seedlings under water deficit conditions and during rehydration. *Bioscience Journal*, v. 31, n. 4, p. 1124-1132, 2015.

SHARMA, P.; JHA, A.B.; DUBEY, R.S.; PESSARAKLI, M. Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. *Journal of Botany*, v.2012, p.1-26, 2012.

SHIONO, K.; TAKAHASHI, H.; COLMER, T. D.; NAKAZONO, M. Role of ethylene in acclimations to promote oxygen transport in roots of plants in waterlogged soils. *Plant Science*, v. 175, p. 52-58, 2008.

SINGH S.; SINGH, M. Effect of growth stage on trifloxysulfuron and glyphosate efficacy in twelve weed species of citrus groves. *Weed Technology*, vol. 18, n. 4, p. 1031–1036, 2004.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI) – XXXI Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado (Bento Gonçalves - RS). Arroz Irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Pelotas, RS: SOSBAI, 2016. 200 p.

STRECK, E.V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R.S.D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P.C.; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L.F.S. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER/RS, ed. 2, 222p., 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: ArtMed, ed. 5, 2013. 954 p.

ULGUIM, A.R.; Vargas, L.; Agostinotto, D.; DAL MAGRO, T.; WESTENDORFF, N.R.; HOLZ, M.T. Manejo de capim pé-de-galinha em lavouras de soja transgênica resistente ao glifosato **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 1, p. 17-24, 2013.

VARTAPETIAN, B.B. Plant anaerobic stress as a novel trend in ecologicalphysiology, biochemistry, and molecular biology: 2., further development os the problem. **Russian Journal of Plant Physiology**, v. 53, n. 6, p. 711-738, 2006.

ZAWIERUCHA, J.E.; PENNER, D. The relationship of goosegrass (*Eleusine indica*) stage of growth to quinclorac tolerance. **Weed Technology**, v.15, p.216-219, 2001. DOI: 10.1614/0890-037X(2001)015[0216:TROGEI]2.0.CO;2.