

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

**ALTERAÇÕES FENOTÍPICAS DE DUAS ESPÉCIES
DE *Eragrostis* Wolf. (POACEAE) SOB DIFERENTES
CONDIÇÕES DE UMIDADE DO SOLO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Bruno Wolffenbüttel Carloto

**Santa Maria, RS, Brasil
2016**

**ALTERAÇÕES FENOTÍPICAS DE DUAS ESPÉCIES
DE *Eragrostis* Wolf. (POACEAE) SOB DIFERENTES
CONDIÇÕES DE UMIDADE DO SOLO**

Bruno Wolffenbüttel Carloto

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

Orientador: Prof. Galileo Adeli Buriol

**Santa Maria, RS, Brasil
2016**

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

Wolffenbuttel Carloto, Bruno
ALTERAÇÕES FENOTÍPICAS DE DUAS ESPÉCIES DE Eragrostis
Wolf. (POACEAE) SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE UMIDADE DO
SOLO / Bruno Wolffenbuttel Carloto.-2016.
76 p.; 30cm

Orientador: Galileo Adeli Buriol
Coorientador: Sylvio Henrique Bidel Dornelles
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de
Pós-Graduação em Agrobiologia, RS, 2016

1. Poaceae 2. Hipoxia 3. Planta Daninha 4. Invasora
5. Fenologia I. Adeli Buriol, Galileo II. Bidel
Dornelles, Sylvio Henrique III. Título.

© 2016

Todos os direitos autorais reservados a Bruno Wolffenbüttel Carloto. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita com autorização por escrito do autor.

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

End. Eletr: bruno.carloto@hotmail.com

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Naturais e Exatas
Programa de Pós-Graduação em Agrobiologia**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**ALTERAÇÕES FENOTÍPICAS DE DUAS ESPÉCIES DE *Eragrostis*
Wolf. (POACEAE) SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE UMIDADE DO
SOLO**

elaborada por
Bruno Wolffenbüttel Carloto

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Agrobiologia

COMISSÃO EXAMINADORA:

Galileo Adeli Buriol, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Sylvio Henrique Bidel Dornelles, Dr. (UFSM)

Danie Martini Sanchotene, Dr.(URI/Santiago)

Liliana Essi, Dra. (UFSM)

Santa Maria, 07 de março de 2016.

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a meus pais, José Carloto e Janete Carloto, a meus irmãos, minha namorada e meus amigos, pessoas fundamentais na concretização desse sonho, por todo o apoio e confiança depositados em mim para alcançar essa caminhada.

“A sorte surge quando a oportunidade encontra a preparação”

AGRADECIMENTOS

AGRADEÇO PRIMEIRAMENTE A DEUS POR TUDO QUE ME TEM FEITO.

À UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA PELA POSSIBILIDADE DA EXECUÇÃO DESTES TRABALHOS.

A FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL (FAPERGS) PELA DISPONIBILIDADE DA BOLSA DE MESTRADO, IMPORTANTE RECURSO PARA A CONDUÇÃO DA PESQUISA E INCENTIVO A PESQUISA ACADÊMICA.

AO MEU ORIENTADOR, PROFESSOR GALILEO ADELI BURIOL PELA CONFIANÇA EM MIM DEPOSITADA E A DISPONIBILIDADE QUE ME FOI DADA.

AO MEU CO-ORIENTADOR, AMIGO E PROFESSOR, SYLVIO HENRIQUE BIDEL DORNELLES PELO APOIO, CONFIANÇA, DEDICAÇÃO, ORIENTAÇÃO, POR CONSELHOS SEMPRE DE FORMA POSITIVA E INCENTIVADORA, E PELA AMIZADE, COM MUITO RESPEITO E ADMIRAÇÃO COMO PROFISSIONAL E AMIGO.

A PROFESSORA LILIANA ESSI, QUE NÃO MEDIU ESFORÇOS PARA SANAR DÚVIDAS E ME ORIENTAR SEMPRE QUE PRECISEI COM INCENTIVO E DEDICAÇÃO.

A PROFESSORA HILDA HILDEBRAND SORIANI PELA DEDICAÇÃO E APOIO PRESTADO A PESQUISA.

AO PROFESSOR E AMIGO DANIE MARTINI SANCHOTENE, PELO QUAL TENHO ADMIRAÇÃO PROFISSIONAL E PESSOAL PELA PESSOA QUE É, 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 E JAÍNE RUBERT OS QUAIS FORAM INCANSÁVEIS NA BUSCA DA REALIZAÇÃO DESSE TRABALHO.

A EMPRESA BIOMONTE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO PELO APOIO, CONFIANÇA, AMIZADE E INCENTIVO NO DESENVOLVIMENTO PROFISSIONAL, PESSOAL E ACADÊMICO CONQUISTADO.

A MINHA FAMÍLIA, JOSÉ, JANETE, VÍCTOR E GIOVANE 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.

A FAMÍLIA GIACOMINI, PELO APOIO PRESTADO, CONFIANÇA E AMIZADE ESTANDO SEMPRE DO MEU LADO.

MEU MUITO OBRIGADO.

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Agrobiologia
Universidade Federal de Santa Maria

ALTERAÇÕES FENOTÍPICAS DE DUAS ESPÉCIES DE *Eragrostis* Wolf. (POACEAE) SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE UMIDADE DO SOLO

As espécies *Eragrostis pilosa* e *Eragrostis plana* tem sido encontradas em ambientes de terras baixas promovendo interferência por competição com a cultura do arroz (*Oryza sativa*). *Eragrostis* são plantas exóticas ao ambiente várzea e, normalmente, se desenvolvem em solos profundos e bem drenados como as terras altas. A caracterização das espécies e o estudo da sua biologia em diferentes ambientes é necessário para entender o processo de adaptação destas espécies nestes ambientes mal drenados como forma de desenvolver um manejo eficiente destas. Neste sentido o presente trabalho tem por objetivo avaliar o comportamento do crescimento e desenvolvimento destas plantas quando submetidas a três condições de umidade do solo, uma simulando ambiente natural dessas plantas com umidade reduzida de 50% da capacidade de retenção de água do solo (CRA) e outros dois tratamentos simulando ambiente de terras baixas com maior umidade do solo, um com 100% da CRA, simulando ambientes mal drenados de várzea, e outro com lâmina de água de 10 cm simulando a lavoura de arroz irrigado. Foram analisadas as alterações morfológicas-anatômicas dos acessos através com medições de parâmetros morfológicos, alterações anatômicas com a quantificação da formação de mecanismos adaptativos ao meio hipóxico, ainda foram quantificados os pigmentos fotossintéticos e realizada a avaliação da capacidade de transporte de elétrons pela cadeia transportadora da fotossíntese. O estudo foi desenvolvido no ano de 2014/2015 em ambiente controlado de casa de vegetação, utilizando-se sementes de acessos de *Eragrostis pilosa* e *Eragrostis plana* oriundos de áreas de produção de arroz de Itaqui/RS. Os resultados permitem concluir que cada espécie apresentou respostas diferentes para os tratamentos os quais foram submetidas. Para *E. plana* houve a redução no perfilhamento, menor formação de panículas e redução do volume da parte aérea das plantas quando submetidas a lâmina de água. Já para as plantas de *E. pilosa*, as respostas ao tratamento de lâmina de água foram evidenciadas com a redução do perfilhamento, com consequente redução na formação de panículas por planta, alterações no desenvolvimento da folha bandeira, na redução de massa seca de raiz e parte aérea e no aumento do ciclo vegetativo das plantas. As duas espécies estudadas apresentaram formação de aerênquimas nas raízes e colmos e raízes adventícias na superfície do solo quando submetidas aos tratamentos de 100% da CRA e lâmina de água, como resposta ao estresse hipóxico. Para os parâmetros de clorofila, as respostas foram semelhantes para as duas espécies, com a redução da quantidade de clorofila *a* e clorofila total, refletindo na baixa capacidade de transporte de elétrons. A lâmina de água interferiu negativamente o desenvolvimento das plantas avaliadas, o que infere que o manejo da água da lavoura de arroz cumpre importante papel no manejo das plantas invasoras.

Palavras-chave: poáceas; morfologia; planta daninha; hipoxia

ABSTRACT

Master Disertation
Post-graduation in Agrobiology
Federal University of Santa Maria

PHENOTYPICAL ALTERATION OF TWO *Eragrostis* SPECIES UNDER DIFFERENT SOIL WATER CONDITIONS

The species *Eragrostis pilosa* and *Eragrostis plana* has been found in lowland environment promoting interference by competing with the rice (*Oryza sativa*). *Eragrostis* are exotic plants to the floodplain environment and usually develops in deep soils and well drained as the highlands. The characterization of the species and the study of their biology in different environments is needed to understand the process of adaptation of these species in these poorly drained environments in order to develop an efficient management of these. In this sense the present study at Masters level, aims to assess the phenotypic behavior and the anatomical and morphological alterations of these plants when subjected to three soil moisture conditions (50% soil water capacity, 100% soil water capacity and Flooding). The study was conducted in 2014/2015 season in greenhouse using seeds of *Eragrostis pilosa* and *Eragrostis plana* access derived from rice producing areas of Itaquí/ Rio Grande do Sul – Brazil. The results showed that each species showed different responses to treatments which have been submitted. For *E. plana* there was a reduction in tillering, less formation of panicles and reduction of aerenchymas of the plants when exposed to flooding. As for the plants *E. pilosa*, the responses to treatment flooding were observed with reduced tillering, with consequent reduction in the formation of panicles per plant, changes in the development of the flag leaf, reduction in dry weight root, and shoot and increasing the vegetative cycle of plants. The two species showed formation aerenchyma the roots and stems and adventitious roots on the soil surface when subjected to treatments of 100% of soil water capacity and flooding, in response to hypoxic stress. For chlorophyll parameters, the responses were similar in both species, by reducing the amount of chlorophyll, reflecting the low electron transport capability. The flooding affect the development of plants evaluated, which infers that the management of the rice crop water plays an important role in the management of invasive plants.

Key Words: Poaceae; Weeds; Morphology; Hypoxia.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Taxa de Transferência de Elétrons (ETR) versus intensidade de luz (PAR) medida pela fluorescência da clorofila em três condições de umidade do solo e duas espécies de plantas A. *Eragrostis plana* e B. *Eragrostis pilosa*).....72
- Figura 2. Cortes transversais de raízes de *Eragrostis plana* (A- 50% CRA; B- 100% CRA; C- Lâmina de água) e de *Eragrostis pilosa* (D- 50% CRA; E- 100% CRA; F- Lâmina de água. ae=aerênquima; me= medula; xip= xilema poliarca.....73
- Figura 3. Cortes transversais de colmos de *Eragrostis plana* (A- 50% CRA; B- 100% CRA; C- Lâmina de água) e de *Eragrostis pilosa* (D- 50% CRA; E- 100% CRA; F- Lâmina de água. ae= aerênquima; fi= medula fistulosa; fv= feixes vasculares.....73
- Figura 4. Cortes transversais de colmos e raízes de *Eragrostis pilosa* sob Lâmina de água. Detalhe da formação de raízes adventícias na superfície do solo.....74

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1 - Lista de parâmetros morfológicos utilizados na avaliação dos acessos e respectivas escala.....	39
Tabela 2 - Resultados médios obtidos para os parâmetros morfológicos avaliados nas plantas da <i>Eragrostis plana</i> submetidas a diferentes condições de umidade do solo.....	40
Tabela 3 - Resultados médios obtidos para os parâmetros morfológicos avaliados nas plantas de <i>Eragrostis pilosa</i> submetidas a diferentes condições de umidade do solo.....	41
Tabela 4. Resultados médios para os parâmetros fenológicos avaliados nas plantas da <i>Eragrostis plana</i> e <i>Eragrostis pilosa</i> submetidas a diferentes condições de umidade do solo.....	43

CAPÍTULO II

Tabela 1 – Teste de Tukey com nível de significância de 5% para a variável área relativa (%) da secção da raiz com formação de espaços aéreos (aerênquimas).....	58
Tabela 2 – Teste de Tukey com nível de significância de 5% para a variável área relativa (%) da secção do colmo com formação de espaços aéreos (aerênquimas).....	59
Tabela 3 – Quantidade média de raízes adventícias na superfície do solo formadas, número de perfilhos e massa seca da parte aérea e raízes em função de diferentes condições de umidade do solo.....	61
Tabela 4 – Taxa de transporte de elétrons (ETR) de <i>Eragrostis pilosa</i> submetida a diferentes condições hídricas.....	62
Tabela 5 – Taxa de transporte de elétrons (ETR) de <i>Eragrostis plana</i> submetida a diferentes condições hídricas.....	63
Tabela 6 – Efeito de três condições de umidade do solo (50% da CRA; 100% da CRA e Lâmina de água de 10 cm) na concentração de clorofila <i>a</i> (Chl <i>a</i>), clorofila <i>b</i> (Chl <i>b</i>), clorofila total (Chl total), na razão clorofila <i>a</i> sobre clorofila <i>b</i> (Chl <i>a/b</i>), na concentração de carotenoides e na razão carotenoides sobre clorofila total (carotenoides/Chl total).....	64
Tabela 7 – Fluorescência basal (Fo), e Fluorescência máxima (Fm) da clorofila <i>a</i> ; Eficiência quântica potencial do FSII (Fv/Fm), de <i>Eragrostis pilosa</i> submetido a diferentes condições hídricas do solo	64
Tabela 8 – Fluorescência basal (Fo), e Fluorescência máxima (Fm) da clorofila <i>a</i> ; Eficiência Quântica potencial do FSII (Fv/Fm), de <i>Eragrostis plana</i> submetido a diferentes condições hídricas Solo	65

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	12
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1. Poaceae: diversidade e características.....	14
2.2. Plantas invasoras.....	15
2.3. Características morfológicas, diversidade e invasividade do gênero <i>Eragrostis</i>	16
2.4. Importância da caracterização morfológica de espécies infestantes de áreas orizícolas.....	17
2.5. Saturação do solo e a baixa concentração de oxigênio para as raízes....	19
2.6. Formação de aerênquima como modificação anatômica em resposta ao déficit de oxigênio nas raízes.....	21
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	23
CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	31
CAPÍTULO I.....	32
Resumo.....	32
Abstract.....	33
Introdução.....	34
Material e Métodos.....	36
Resultados e discussão.....	39
Considerações finais.....	43
Referências Bibliográficas.....	44
CAPÍTULO II.....	48
Resumo.....	48
Abstract.....	49
Introdução.....	50
Material e Métodos.....	52
Resultados e discussão	57
Considerações finais.....	66
Referências Bibliográficas.....	66
Anexos.....	72
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	75

1. INTRODUÇÃO GERAL

O arroz (*Oryza sativa* L.) é o segundo cereal mais produzido no mundo, estando atrás somente do milho. É uma das culturas com maior potencial de aumento de produção. O Brasil é referência na produção orizícola, produzindo cerca de 80% de todo o arroz do Mercosul (SOSBAI, 2012) entre os dez principais países produtores deste alimento.

A região sul do país é responsável pela maior produção nacional do cereal. O estado do Rio Grande do Sul detém cerca de 60% de todo arroz produzido no país (SOSBAI, 2012). A maior produção do cereal se concentra na fronteira oeste do estado (CONAB, 2014).

A elevação da produção de arroz irrigado no Brasil está atrelada a produtividade final das lavouras orizícolas. São diversos os fatores que determinarão o alto rendimento de grãos, a qualidades dos grãos e o retorno financeiro esperado, tal como o manejo do solo, época de semeadura, adubação de base e de cobertura, controle de plantas daninhas, manejo da irrigação e manejo de insetos pragas e doenças. A competição com plantas daninhas é um dos fatores limitantes da produtividade e rendimento de colheita (LILGE *et al.*, 2003), especialmente com poáceas, que podem apresentar características de adaptação ambiental comuns à cultura de interesse comercial (DORNELLES, 2009).

No Rio Grande do Sul (RS) ocorrem aproximadamente 125 gêneros e 528 espécies de Poaceae (FILGUEIRAS *et al.*, 2015), dentre as quais, espécies do gênero *Eragrostis*, que é representado por 22 espécies (LONGHI-WAGNER *et al.*, 2015). Nesse gênero, ocorrem espécies com importância como forrageiras, invasoras e ornamentais. São espécies anuais ou perenes, exóticas ou nativas, com centro de origem no sul da África, e presentes em várias regiões do RS (REIS & COELHO, 2000). Boechat & Longhi-Wagner (2000) relataram que, dentre os 153 táxons do gênero referidos para o Brasil, 51 ocorrem no Estado. Suas espécies são comuns em áreas de coxilhas e também têm sido encontradas infestando solos de terras baixas, onde normalmente se cultiva arroz irrigado (COSTA *et al.*, 2013). Apresentam capacidade de adaptação a diferentes ambientes, principalmente com relação ao regime hídrico, uma vez que são plantas com características versáteis e com variabilidade biológica às pressões impostas por fatores abióticos.

Tendo em vista que o arroz irrigado e as espécies do gênero *Eragrostis* pertencem a mesma família (Poaceae) e, portanto, possuem características morfofisiológicas semelhantes, é natural que apresentem exigências nutricionais equivalentes em relação aos recursos disponíveis, o que torna ainda mais intensa a competição (SILVA & DURIGON, 2006).

Das espécies invasoras de *Eragrostis*, a mais conhecida é *Eragrostis plana* (capim-annoni-2), considerada a invasora mais agressiva dos campos do RS (MEDEIROS *et al.*, 2004). Segundo Boldrini *et al.* (2005), estas plantas apresentam alta prolificidade, rusticidade e capacidade de adaptar-se em solos pobres, o que confere rápida naturalização e comportamento invasivo às plantas desse gênero.

Outra espécie que tem sido encontrada como invasora em lavouras de arroz irrigado é o *Eragrostis pilosa* (L.) P. Beauv., conhecida popularmente como capim barbicha-de-alemão. É uma planta anual que apresenta reprodução por sementes. Geralmente encontradas em solos francos arenosos ou argilosos, úmidos e perturbados. Sua inflorescência é característica marcante para diferenciação de outras espécies do gênero, apresentando-se com espiguetas em ângulo de 90° em relação ao racemo principal e de coloração cinzenta (KISSMANN, 1997). O capim barbicha-de-alemão é uma planta daninha em quase todo o território brasileiro, infestando culturas anuais e perenes. Geralmente a introdução da espécie se inicia em locais de trânsito entre áreas e posteriormente adentra locais de cultivo promovendo competição com a cultura (LORENZI, 2000).

A naturalização das espécies de *Eragrostis* nas lavouras orizícolas é proveniente de mecanismos de adaptação que evoluíram durante anos através da seleção natural e antrópica pelo manejo da cultura do arroz irrigado. Espécies de plantas capazes de colonizar novos ambientes, como é o caso de ambiente alagado em lavouras de arroz, promovem interferência com a cultura acarretando em redução de produtividade. As espécies que colonizam esses novos ambientes, indubitavelmente possuem mecanismos de sobrevivência em ambientes alagados os quais foram sendo aprimorados durante várias gerações, proporcionando adaptação, disseminação e permanência dessas espécies nesses ambientes. Assim sendo, o estudo do comportamento do crescimento e desenvolvimento, bem como, dos mecanismos adaptativos para a sobrevivência em ambiente hipóxico, se faz necessário para que se possam traçar estratégias de manejo e controle para essas espécies invasoras. Com a intenção de contribuir para o conhecimento dos mecanismos que levaram à introdução e naturalização de espécies de *Eragrostis* em lavouras orizícolas, esse estudo objetiva desvendar quais os mecanismos adaptativos morfológicos desenvolvidos por essas espécies em ambientes com diferentes condições de umidade do solo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Poaceae: diversidade e características

Conhecida como “a família das gramíneas”, Poaceae é constituída por cerca de 10 mil espécies distribuídas em 793 gêneros (WATSON; DALLWITZ, 1992). No Brasil, ocorrem 1.486 espécies distribuídas em 225 gêneros (FILGUEIRAS *et al.*, 2015). No Rio Grande do Sul encontram-se 89 gêneros e 450 espécies nativas, sendo que 50 espécies ocorrem em formações florestais e 400 espécies em formações campestres (BOLDRINI; LONGHI-WAGNER, 2011). Em geral, as gramíneas são consideradas colonizadores primários, predominam em ambientes abertos e são capazes de colonizar desde solos secos a alagados.

São as principais espécies integrantes do denominado Bioma Pampa característico da Região Sul do RS (BOLDRINI *et al.*, 2005). Em se tratando das formações campestres, Poaceae se destaca por possuir grande diversidade específica e dominância fisionômica das áreas onde habitam (BOLDRINI *et al.*, 2010). As poáceas são menos encontradas em formações florestais, estando presentes preferivelmente em formações campestres (WELKER & LONGHI-WAGNER, 2007). Economicamente, possuem importância participando na alimentação humana, alimentação animal, construção civil, ornamentação, produção de biodiesel, entre outros (BOLDRINI *et al.*, 2008).

As poáceas apresentam caule do tipo colmo, com nós e entrenós bem marcados, bem como podem apresentar estolões ou rizomas. As folhas são alternas dísticas, paralelinérveas, incompletas, compostas por bainha e lâmina (com lígula ou não). A unidade floral é a espigueta, onde as flores estão protegidas por glumas e glumelas (pálea e lema). O conjunto de espiguetas forma uma sinflorescência, a qual pode ser uma panícula ou uma espiga. O perianto das flores é reduzido a duas a três lodículas, e os estigmas são tipicamente plumosos, característica essa relacionada ao principal modo de polinização da família, a anemofilia. O fruto é uma cariopse, porém ocorrem algumas exceções (KISSMANN; & GROTH, 1997; BOLDRINI *et al.*, 2005; MOREIRA & BRAGANÇA, 2010). Apesar de apresentarem caracteres marcantes na fase reprodutiva, existe grande dificuldade na diferenciação entre as espécies, principalmente quando analisadas plantas no estágio inicial de desenvolvimento.

2.2. Plantas invasoras

As plantas que são capazes de se desenvolverem em ambientes que não são de sua origem, gerando grande número de descendentes e dispersando-se a grandes distâncias, são denominadas plantas invasoras (MAGNUSSON, 2006). Essas plantas são capazes de perturbarem a estrutura do ecossistema invadido, caracterizando uma invasão biológica. A invasão biológica, atualmente é tratada como a principal ameaça à biodiversidade do planeta (SCHNEIDER, 2007).

Plantas invasoras são aquelas que iniciaram recentemente a infestação em novo ambiente, apresentam relatos recentes de aparecimento em ambientes diferentes ao de sua origem. Já as plantas daninhas são plantas que promovem interferência negativo aos cultivos com desenvolvimento pleno dentro do ambiente de lavoura, acarretando reduções de produtividade. Sendo assim as plantas invasoras são plantas de infestação inicial e as plantas daninhas são plantas problemática dentro de uma cultura.

As plantas daninhas são invasoras de culturas capazes de promover competições por recursos ambientais, geralmente, com maior eficiência que os cultivos, além de apresentarem alta rusticidade, resistência a doenças e pragas com um ciclo vegetativo, normalmente, mais acelerado e entrando em ciclo reprodutivo anteriormente a cultura, possibilitando assim gerar um grande número de sementes. A consequência dessa competição é o menor rendimento final da cultura e prejuízo para o produtor (VASCONCELOS *et al.*, 2012). A taxa de acúmulo de nutrientes das plantas daninhas é em média maior que em plantas cultivadas. Lorenzi (2008) afirma que as plantas daninhas possuem aproximadamente 1,6 vezes mais fósforo, 2 vezes mais de nitrogênio, 3,3 vezes mais magnésio, 3,5 vezes mais potássio e 7,6 vezes mais cálcio do que as plantas cultivadas. Obviamente que esses dados dependem da espécie. Assim sendo, a cultura do arroz sofre impacto da competição com as plantas daninhas podendo chegar a uma redução de rendimento de até 100% da produção caso não haja nenhuma estratégia de controle. Agostinetto *et al.* (2010) relatam que a perda na produção de arroz irrigado em competição com outra gramínea pode atingir 100%. A redução do rendimento está ligada a características da planta daninha que promove competição, sendo que em estudo com capim-arroz (*Echinochloa crusgalli*) foi observado que uma planta por m² pode gerar uma perda de 5 a 30% na produção final na cultura do arroz irrigado (GALON *et al.*, 2007; AGOSTINETTO *et al.*, 2007).

2.3. Características morfológicas, diversidade e invasividade do gênero *Eragrostis*

Algumas espécies de gramíneas africanas introduzidas propositalmente ou acidentalmente no Rio Grande do Sul tornam-se fortes competidoras tendo em vista que encontram ambiente favorável ao seu desenvolvimento. Não obstante, além de afetarem as populações nativas por competição, são capazes de modificar a estrutura do ecossistema (FREITAS & PIVELLO, 2006). Em meio às gramíneas invasoras, destacam-se as plantas do gênero *Eragrostis*, sendo a que a mais conhecida delas a *Eragrostis plana* Nees (capim-annoni-2), considerada a invasora mais agressiva dos campos do RS (MEDEIROS *et al.*, 2004). A invasão acidental do capim-annoni-2 ocorreu através da contaminação de um lote de sementes de capim-de-Rhodes de origem africana, na década de 1950. Posteriormente a espécie foi propagada com o propósito de aporte forrageiro (REIS, 1993). As características de invasividade do capim-annoni-2 como rápida proliferação, competição e desenvolvimento em detrimento de outras espécies classificam essa espécie como planta invasora (REIS *et al.*, 2000). A presença do capim-annoni-2 nos 6,5 milhões de hectares de pastagem nativa do Rio Grande do Sul geram danos ambientais e econômicos na produção de pecuária de corte desenvolvida nessa região (HASENACK *et al.*, 2007), e preocupa pesquisadores por se tratar de área de Bioma Pampa o qual é característico por apresentar elevada diversidade florística e de alto valor forrageiro. Dados obtidos por Medeiros *et al.* (2004) estimam que dois milhões de hectares dessa região estejam comprometidos pela presença do capim-annoni-2.

Práticas de manejo que tendem a reduzir a biodiversidade do ecossistema que envolva número diminuto de espécies vegetais como é o caso do manejo das áreas de cultivo de arroz irrigado onde há operações de gradagem e monocultura, promovem uma minimização de potenciais predadores e competidores, maximizando a vulnerabilidade do ambiente a invasões de espécies exóticas ou não (PERRINGS *et al.*, 2002).

Eragrostis é um gênero cosmopolita com cerca de 350 espécies no mundo (CLAYTON & RENVOIZE 1986). Pertencente à subfamília Chloridoideae Kunth ex Belischm, *Eragrostis* possui dois centros de diversidade específica, o continente africano onde são encontradas cerca de 150 espécies (CHIPPINDALL, 1955; CLAYTON, 1972; CLAYTON *et al.*, 1974; INNES, 1977; IBRAHIM & KABUYE, 1987; OUTDTSHOORN *et al.*, 1992; ZON, 1992) e a América. Na América, são registrados cerca de 43, 25 e 88 táxons de *Eragrostis* nativos, respectivamente para a América do Norte, Central e do Sul. O Brasil apresenta o maior número de táxons nativos (38), sendo sete exclusivos, além de 15 espécies

procedentes da Europa ou África. A região Centro-Oeste é o principal centro de diversidade do gênero (BOECHAT & LONGHI-WAGNER, 2000).

Dentre as espécies, duas possuem importância agrícola: a primeira, *Eragrostis pilosa*, popularmente conhecida como capim-barbicha-de-alemão, de origem europeia, e que foi introduzida no Brasil como planta forrageira e é muito apreciada pelo gado. A segunda, *Eragrostis plana*, conhecida por capim-annoni-2, foi introduzido da África para o RS na década de 1950 e utilizado com o objetivo forrageiro (REIS, 1993). Essas espécies merecem destaque, pois tem sido constatada a ocorrência em solos úmidos e alagados, podendo assim se constituir em planta daninha potencial no cultivo do arroz irrigado.

2.4. Importância da caracterização morfológica de espécies infestantes de áreas orizícolas.

O intenso distúrbio antrópico realizado nas áreas de cultivo de arroz irrigado, bem como a fragmentação, degradação e simplificação do ambiente (CUMMING, 2002; PERRINGS, 2005; PIMENTEL *et al.*, 2005; ALLEN *et al.*, 2006), a desestruturação ou não, utilização de cobertura do solo (BARRETT, 2000; CARLTON, 2000; RADOSEVICH *et al.*, 2003; PIMENTEL *et al.*, 2005), cultivo com inundações (NAYLOR, 2000) durante o ciclo da cultura e drenagem durante a entressafra das áreas de terras baixas tornam o sistema recipiente mais vulnerável à entrada de espécies invasoras que podem se adaptar e promover prejuízos para a cultura.

O manejo adequado de áreas inundáveis utilizadas para cultivo de arroz no Rio Grande do Sul depende fundamentalmente do controle de plantas daninhas. Espécies do gênero *Eragrostis* têm sido encontradas nestas áreas e apresentam um difícil controle, sendo a identificação das espécies, um pressuposto básico para tomada de decisões quanto ao método de manejo mais eficiente. Entretanto, não existem estudos caracterizando e definindo as espécies do gênero *Eragrostis* ocorrentes nos ambientes úmidos ou alagados, bem como é importante conhecer seu método de adaptação ao meio antes não habitado.

Essas plantas daninhas pertencentes ao gênero *Eragrostis* promovem perdas de produtividade por competição com a cultura do arroz. As principais infestantes são a *Eragrostis plana* e *Eragrostis pilosa*. Suspeita-se, também, da ocorrência de *Eragrostis lugens* Nees nas várzeas do RS. Como são plantas morfológicamente muito semelhantes,

Lorenzi (2000) reporta que a identificação de cada espécie se torna difícil, principalmente quando as plantas se encontram em estágio inicial de desenvolvimento.

O uso inadequado de práticas agrícolas no controle de plantas infestantes pode levar a resultados inferiores aos esperados. Com isso, deve-se conhecer, na mesma magnitude, a biologia das plantas daninhas, quanto se conhece as plantas cultivadas (CONCENÇO *et al.*, 2014) nos ambientes de produção de arroz irrigado. Assim, estudos anatômicos se tornam uma importante ferramenta para solucionar problemas taxonômicos em se tratando desse gênero (AHMAD *et al.*, 2011) que apresenta grande variabilidade na anatomia foliar (INGRAM, 2010).

A correta identificação e caracterização das plantas invasoras se faz necessária devido ao fato de que cada espécie invasora apresenta um potencial competitivo, agressividade e rusticidade para estabelecer-se e desenvolver-se em detrimento das plantas cultivadas, desta forma a interferência da competição pode variar dependendo da espécie invasora e da espécie cultivada (CRUZ *et al.*, 2009). A correta identificação é ponto fundamental para a escolha de método de controle eficiente, como afirmado por Sanchotene (2012). Em estudos sobre o capim-arroz, Sanchotene (2012) relatou a importância da realização de pesquisas que permitam avaliar os tipos morfológicos ocorrentes no Brasil, pela necessidade de conhecimento das características genotípicas e fenotípicas, bem como as interações das plantas em diferentes ambientes, sendo fundamental para traçar estratégias mais eficientes de convivência com estas plantas daninhas, em programas de manejo na cultura do arroz irrigado.

A adaptação de plantas em ambientes antes não comuns ao seu desenvolvimento pode ser reflexo da pressão do ambiente provocado pelo homem. Em lavouras de arroz irrigado onde há a necessidade de fazer irrigação continuamente com a manutenção de uma lâmina de água entre 5 e 10 cm, estão sendo relatados casos de adaptação de plantas que não eram comuns em ambientes alagados. Macedo (2015), em experimento com duas espécies do gênero *Urochloa* P. Beauv., sendo elas *Urochloa platyphylla* e *Urochloa plantaginea*, submetidas em ambiente com lâmina de água, observou a aclimatação destas espécies com o desenvolvimento de mecanismos morfofisiológicos para resistir a esse ambiente sem oxigênio na região radicial. Observou, ainda, a formação de aerênquimas de forma não apoptótica, ou seja, não resultante de morte celular programada, nas raízes, caules e folhas das plantas. Sendo esse um método de aclimatação das espécies em ambiente hipóxico com a produção de sementes para gerar descendentes.

2.5. Saturação do solo e a baixa concentração de oxigênio para as raízes

A saturação do solo devido o alagamento faz com que haja um déficit de oxigênio para as raízes. Conforme Liao & Lin (2001), quando inexistente oxigênio para suprir as raízes há uma alteração do metabolismo celular, o que induz uma diminuição rápida na respiração das raízes das plantas. A redução do oxigênio no solo promove uma condição de estresse para as plantas, conseqüentemente há uma resposta fisiológica e metabólica que confere eficiência ou não a esse ambiente, o que permite realizar diferenciação entre espécies ou cultivares classificando-as em tolerantes ou não tolerantes ao alagamento (BATISTA *et al.*, 2008).

As respostas fisiológicas e morfológicas ao estresse por queda na concentração de oxigênio disponível às raízes são dependentes do estágio em que se encontra o desenvolvimento da planta e a duração desse estresse (SCHOFFEL *et al.*, 2001). As principais alterações causadas pela hipoxia são verificadas nas raízes das plantas, as quais alteram seu metabolismo e sua morfologia, adaptando-se a esse ambiente (PIRES *et al.*, 2002; BORU *et al.*, 2003). A falta de oxigênio para as raízes, provocada pelo alagamento do solo, induz uma aclimatação bioquímica anaeróbica da planta, principalmente observado nas raízes, que tem como objetivo manter o metabolismo basal com gasto reduzido de energia e assim promover a sobrevivência da planta (IRFAN *et al.*, 2010). Alguns autores relatam que a falta de oxigênio por longos períodos induz a formação de raízes diageotrópicas, raízes adventícias, aerênquimas e ainda a formação de rachaduras corticais ou peridérmicas em caules resultantes de hipertrofia (DAVANSO *et al.*, 2002; BATISTA *et al.*, 2008).

Os mecanismos que promovem a aclimatação de plantas ao meio privado de oxigênio devido ao encharcamento são complexos e interligam respostas anatômicas, fisiológicas e exomorfológicas em diferentes partes da planta. Suas respostas são evidenciadas principalmente pela redução do acúmulo de biomassa de raiz, caule e hastes, formação de raízes adventícias, aerênquimas e pneumatóforos, expansão foliar, indução de abscisão foliar e senescência (COLMER & PEDERSEN 2008; ZANANDREA *et al.*, 2009; OLIVEIRA & JOLY, 2010). Várias espécies submetidas ao alagamento do solo apresentaram, ainda, sintomas mais intensos de estresse como amarelecimento foliar, em função da diminuição dos teores de clorofila nas folhas pela degradação ou redução da síntese da mesma (CARVALHO & ISHIDA, 2002; ISHIDA *et al.*, 2002; MAIA & PIEDADE, 2002; CHEN *et al.*, 2005).

O ambiente hipóxico pode gerar a inibição da fixação simbiótica e a absorção do nitrogênio e de outros nutrientes essenciais para a planta o que, conseqüentemente, reduz o crescimento radicular e a nodulação devido à exigência de oxigênio para o processo de fixação, é o que relata Amarante & Sodek (2006) em experimento com plantas de soja submetidas ao alagamento. Do mesmo modo, ocorre a diminuição da taxa fotossintética das folhas, conseqüência, em parte, da redução da condutância estomática (DAVANSO *et al.*, 2002). Ainda, a hipoxia provoca a redução na expansão foliar e a redução da taxa de assimilação líquida, o que confere menor crescimento das plantas (ALMEIDA *et al.*, 2003).

A interferência do déficit de oxigênio para as raízes da planta afeta o desenvolvimento e crescimento em diferentes órgãos da planta conforme a espécie e sua resposta a esse meio, não obstante acarreta alterações na respiração aeróbica em nível nutricional e fotossintético (ISHIDA *et al.*, 2002; BATISTA *et al.*, 2008). Os mecanismos de resposta das plantas ao meio hipóxico são norteados pela disponibilidade e mobilização de carboidratos (VAN DONGEN *et al.*, 2003). A taxa de translocação de carboidratos das folhas das plantas para as raízes é reduzida pelo encharcamento prolongado do solo, o que reduz o crescimento e a atividade metabólica da planta, sendo assim, há uma menor demanda de carboidratos. Conseqüentemente, pela redução da translocação de carboidratos há um acúmulo de fotossintatos nas folhas, na forma de amido (LIAO & LIN, 2001).

A hipoxia, de acordo com Kolb & Loly (2009), induz a mudança do metabolismo aeróbico para a via anaeróbica, e com isso ocorre uma queda no rendimento energético e uma produção de substâncias tóxicas como o etanol e o lactato, que são gerados em resposta a alteração no metabolismo respiratório das raízes. Entretanto, as plantas possuem mecanismos fisiológicos para superar o estresse através da difusão do oxigênio da parte aérea para o sistema radicular. Os mecanismos relacionados à tolerância de plantas ao ambiente hipóxico podem estar ligados à expressão de genes responsáveis pela síntese de enzimas do metabolismo de carboidratos, bem como a formação e desenvolvimento de aerênquimas e raízes adventícias (FRIES *et al.*, 2007)

De acordo com Sousa & Sodek (2002), o alagamento do solo acarreta em uma resposta das plantas por meio da mudança na expressão de alguns genes, os quais têm papel importante na adaptação das plantas ao meio anaeróbico. O processo de adaptação metabólica passa por um aumento na taxa de fermentação, o que é explicado pelo incremento na atividade das enzimas álcool desidrogenase (ADH), piruvato descarboxilase (PDC) e lactato desidrogenase (LDH). Em ambiente hipóxico, 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). Plantas com baixa taxa de piruvato descarboxilase e álcool-desidrogenase requerem a fermentação etanólica para que ocorra a aclimatação da planta a privação do oxigênio (GIBBS & GREENWAY, 2003; KÜRSTEINER *et al.*, 2003). O incremento na atividade da álcool desidrogenase permite que haja a reciclagem do NAD^+ de modo que a via glicolítica se mantenha ativa (BLOKHINA *et al.*, 2003).

2.6. Formação de aerênquima como modificação anatômica em resposta ao déficit de oxigênio nas raízes

A formação de aerênquimas por plantas submetidas a ambientes hipóxicos é uma forma de driblar a baixa taxa de oxigênio pelas raízes. Aerênquimas são espaços intercelulares ou tecido formado para que o oxigênio possa ser levado desde as folhas até as raízes por difusão (SAIRAM *et al.*, 2008). O termo aerênquima foi descrito primeiramente por Sachs (1882) caracterizando cavidades e tecidos responsáveis por trocas gasosas formados no interior das plantas.

Aerênquimas são tecidos especializados responsáveis por fazer trocas gasosas levando oxigênio do meio exterior da parte aérea das plantas para o sistema radicular, sempre que houver baixa disponibilidade de oxigênio para as raízes (HOSSAIN & UDDIN, 2011). Os aerênquimas podem ser formados em folhas, pecíolos, caules e raízes constituindo espaços intercelulares interligados longitudinalmente para que o oxigênio chegue até as raízes (ARMSTRONG, 1979). O objetivo principal do aerênquima é o transporte de oxigênio, mas outros gases podem ser difundidos como o metano, dióxido de carbono e etileno (COLMER, 2003).

De acordo com Grandis (2015), os aerênquimas podem ser do tipo cortical, como é o caso de espécies como o arroz (*Oryza sativa*), milho (*Zea mays*), cevada (*Hordeum vulgare*), trigo (*Triticum aestivum*), sorgo (*Sorghum bicolor*) e cana de açúcar (ARMSTRONG, 1979; EVANS 2003; JACKSON & ARMSTRONG, 1999; NISHIUCHI *et al.*, 2012; PROMKHAMBUT *et al.*, 2011; LEITE 2013), ou podem se apresentar em forma de um tecido branco e esponjoso que pode se formar em caules, hipocótilos, raiz principal, raízes adventícias e nódulos radiculares de leguminosas, como é o caso da soja (*Glycine max*),

Sesbania rastrata e *Viminaria juncea* em condições de encharcamento do solo (ARIKADO, 1954; WALKER *et al.*, 1983; SARASWATI *et al.*, 1992; MOCHIZUKI *et al.*, 2000).

A formação dos aerênquimas pode se dar de forma lisígena, que ocorre necessariamente com morte celular programada com a degradação da parede celular induzido pelo alagamento ou pelo etileno (GRANDIS, 2015). Em espécies capazes de tolerar o alagamento do solo, como é o caso do arroz (JOSHI & KUMAR, 2012), milho (ALVES *et al.*, 2002), fumo (JOHN, 1977), ervilha (SÁ *et al.*, 2004), braquiária (MARTINEZ & DIAS FILHO, 2012) e trigo (HOSSAIN & UDDIN, 2011) a formação de aerênquimas é sinalizada através de uma alta taxa de etileno em um processo envolvendo etileno e H₂O₂. O acúmulo progressivo de substâncias como etanol e acetaldeído promovem a acidificação do citoplasma o que conseqüentemente causam o rompimento do tonoplasto, da membrana nuclear e da parede celular formando cavidades aeríferas. A junção dessas cavidades forma tecidos que são denominados aerênquimas (COLMER *et al.*, 2006). O etileno é formado através do seu precursor ACC (1-amino cyclopropane 1-carboxylic acid), quando há baixa oxigenação a conversão de ACC em etileno é impedida fazendo com que compostos tóxicos como etanol, acetaldeído e lactato se acumulem afrouxando a parede celular até que haja a ruptura da mesma em reflexo à pressão gerada pelos gases, redundando na formação de uma cavidade aerífera (HOSSAIN & UDDIN, 2011).

Outro processo de formação de aerênquima é denominado esquizógeno e não requer morte celular programada. A formação do aerênquima esquizógeno se dá através de espaços intercelulares formados durante o desenvolvimento da planta (GRANDIS, 2015). Os espaços são formados através da diferenciação celular com a separação de células adjacentes através da deterioração apenas da lamela média existente entre as células (VISSER *et al.*, 2003; EVANS, 2003).

Apesar da grande maioria dos estudos encontrados na literatura atual realizar a investigação da interferência de indutores externos (hipoxia, deficiência nutricional, indução por etileno) na formação de aerênquimas, alguns autores relatam a formação de aerênquima sem a indução, simplesmente pelo desenvolvimento da planta ainda que em presença de indutores externos à área ocupada pelos aerênquimas apresentasse incremento (TAVARES, 2015).

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGOSTINETTO, D.; GALON, L.; MORAES, P. V. D.; TIRONI, S. P.; DAL MAGRO, T.; VIGNOLO, G. K. Interferência de capim-arroz (*Echinochloa* spp.) na cultura do arroz irrigado (*Oryza sativa*) em função da época de irrigação. **Planta Daninha**, v.25, n.4, p.689-696, 2007.
- AGOSTINETTO, D.; GALON, L.; SILVA, J. M. B. V.; TIRONI, S. P.; ANDRES, A. Interferência e nível de dano econômico de capim-arroz sobre o arroz em função do arranjo de plantas da cultura. **Planta Daninha**, v.28, n.spe, p.993-1003, 2010.
- AHMAD, F.; KHAN, M. A.; AHMAD, M.; HAMEED, M.; TAREEN, R. B.; ZAFAR, M.; JABEEN, A. Taxonomic application of foliar anatomy in grass of tribe Eragrostideae (Poaceae) from salt range of Pakistan. **Pakistan Journal of Botany**, Karachi, v. 43, n. 5, p. 2277-2284, 2011.
- ALLEN, C. R.; JOHNSON, A. R.; PARRIS, L. A framework for spatial risk assessments: potencial impacts of nonindigenous invasive species on native species. **Ecology and Society**. 2006. Disponível em: <http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss1/art39/>. Acesso em: 18 set. 2014.
- 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.
- ALVES, J. D.; MAGALHÃES, M. M.; GOULART, P. F. P.; DANTAS, B. F.; GOUVÊA, J. A.; PURCINO, R. P.; MAGALHÃES, P. C.; FRIES, D. D.; LIVRAMENTO, D. E.; MEYER, L. E.; SEIFFERT, M.; SILVEIRA, T. Mecanismos de tolerância da variedade de milho "Saracura" (BRS 4154) ao alagamento. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.1, n.1, p.41-52, 2002.
- AMARANTE, L.; SODEK, L. Waterlogging effect on xylem sap glutamine of nodulated soybean. **Biologia Plantarum**, v.50, p.405-410, 2006.
- ARMSTRONG W. Aeration in Higher Plants. In: Woolhouse HWW. (ed.) *Advances in Botanical Research* Vol. 7. London, Academic Press. p. 225-332. 1979.
- ARIKADO, H. Different responses of soybean plants to sodium excess of water with special reference to anatomical observations. **Japanese Journal of crop Science**. Japan. v.23, n.1, p.28-36. 1954.
- BARRETT, S. C. H. **Microevolutionary influences of global changes on plant invasions**. In: MOONEY, Harold A.; HOBBS, Richard J. (Ed.). *Invasive in a changing world*. Washinton: Island Press, 2000. P. 115-139.
- 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 Botanica 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.

BOECHAT, S. C.; LONGHI-WAGNER, H. M. Padrões de distribuição geográfica dos táxons brasileiros de *Eragrostis* (Poaceae, Chloridoideae). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 177-194, jun., 2000.

BOLDRINI, I. I.; FERREIRA, P. M. A. F.; ANDRADE, B. O.; SCHNEIDER, A. A.; SETUBAL, R. B.; TREVISAN, R.; FREITAS, E. M. **Bioma Pampa: diversidade florística e fisionômica**. Porto Alegre: Ed. Palloti. 64p. 2010.

BOLDRINI, I. I.; LONGHI-WAGNER, H. M. Poaceae no Rio Grande do Sul: diversidade, importância na fitofisionomia e conservação. **Ciência ambiental**. n. 42. p. 71-92. 2011.

BOLDRINI, I.I.; LONGHI-WAGNER, H.M. & BOECHAT, S.C. **Morfologia e taxonomia de Gramíneas Sul-rio-grandenses**. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS. 2 ed., 87p. 2008.

BOLDRINI, I.I.; LONGHI-WAGNER, H.M.; BOECHAT, S.D. **Morfologia e taxonomia de gramíneas Sul-Riograndenses**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. p. 45-47, 2005.

BORU, G.; VANTOAI, T.; ALVES, J.; HUA, D.; KNEE, M. Responses of soybean to oxygen deficiency and elevated rootzone carbon dioxide concentration. **Annals of Botany**, v.91, p.447-453, 2003.

CARLTON, J. T. **Global change and biological invasions in the oceans**. In: MOONEY, Harold A.; HOBBS, Richard J. (Ed.). *Invasive species in a changing world*. Washington, D.C.: Island Press, 2000. P. 31-53.

CARVALHO, C.J.R. & ISHIDA, F.Y. Resposta de pupunheiras (*Bactris gasipaes* Kunth) jovens ao alagamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. V.37, n.9, p.1231-1237. 2002.

CHEN, H.; QUALLS, R.G. & BLANK, R.R. Effect of soil flooding on photosynthesis, carbohydrate partitioning and uptake in the invasive exotic *Lepidium latifolium*. **Aquatic Botany**. v.82, p.250-268. 2005.

CHIPPINDALL, L.K.A. **The grasses and pastures of South Africa**. Pt. 1. A guide to the identification of grasses in South Africa. Central News Agency, Johannesburg. 1955.

CLAYTON, W. D., RENVOIZE, S. A. **Genera Graminum - Grasses of the World**. Crown Copyright. 1st ed. 1986.

CLAYTON, W.D., PHYLLIPS, M. RENVOIZE, S.A. **Gramineae**. In: **Flora of tropical east Africa** (R.M. Polhill, ed.). Crown Agents for Oversea Governments and Administrations, London, p. 188-244, 1974.

COLMER T. D.; FLOWERS, T. J.; MUNNS, R. Use of wild relatives to improve salt tolerance in wheat. **Journal of Experimental Botany**, v.57, p.1059–1078. 2006.

COLMER, T. D. Long-distance transport of gases in plants: a perspective on internal aeration and radial oxygen loss from roots, **Plant Cell Environ.** v.26, p.17-36. 2003.

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.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos.** Safra 2013/14. Sexto Levantamento da safra de grãos, Brasília, v.1, n.6, p.1-83. 2014.

CONCENÇO, G. *et al.* **Ciência das plantas daninhas: Histórico, Biologia, Ecologia e Fisiologia.** In: MONQUERO, P. A. (Org.). Aspectos da Biologia e Manejo das Plantas Daninhas. São Carlos: RiMa, 2014. p. 1-29.

COSTA, C. *et. al.* Efeito do herbicida Metamifop no controle de *Eragrostis lugens* em Arroz Irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 7., 2013. Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado, 2013. p. 399-402.

CRUZ, D. L. S. Levantamento de plantas daninhas em área rotacionada com as culturas da soja, milho e arroz irrigado no cerrado de Roraima. EMBRPA. **Nota Técnica.** v. 3, n. 1, p. 58-63, 2009.

CUMMING, G. S. **Habitat shape, species invasions, and reserve design: insights from simple models.** 2002. Disponível em: <http://www.ecologyandsociety.org/vol16/iss1/art3>>. Acesso em 18 set. 2014.

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.

EVANS, D. E. Aerenchyma formation. **New Phytologist**, v.161, p.35-49. 2003.

FILGUEIRAS, T.S.; CANTO-DOROW, T.S.; CARVALHO, M.L.S.; DÓREA, M.C.; FERREIRA, F.M.; MOTA, A.C.; OLIVEIRA, R.C. DE; OLIVEIRA, R.P.; REIS, P.A.; RODRIGUES, R.S.; SANTOS-GONÇALVES, A.P.; SHIRASUNA, R.T.; SILVA, A.S.; SILVA, C.; VALLS, J.F.M.; VIANA, P.L.; WELKER, C.A.D.; ZANIN, A.; LONGHI-WAGNER, H.M. *Poaceae* in **Lista de Espécies da Flora do Brasil.** Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB193>>. Acesso em: 17 Nov. 2015.

FREITAS, G. K.; PIVELLO, V. A. **Ameça das Gramíneas Exóticas à Biodiversidade.** In: PIVELLO, V. R.; VARANDA, E. M. (ORG). O Cerrado Pé-de-Gigante (Parque Estadual de Vassununga, São Paulo). São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente, p. 283-296, 2006.

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 alfa-amilase e invertases

associados ao aumento da tolerância ao alagamento exercido pelo cálcio exógeno. **Bragantia**, v.66, p.1-9, 2007.

GALON, L. AGOSTINETTO, D.II; MORAES, P.V.D.I; DAL MAGRO, T.I; PANOZZO, L.E.I; BRANDOLT, R.R.III; SANTOS, L.S. Estimativa das perdas de produtividade de grãos em cultivares de arroz (*Oryza sativa*) pela interferência do capim-arroz (*Echinochloa* spp.). **Planta Daninha**, v. 25, n. 4, p. 697-707, 2007.

GIBBS, J.; GREENWAY, H. Review: Mechanisms of anoxia tolerance in plants. I. Growth, survival and anaerobic catabolism. **Functional Plant Biology**.v.30, p.1-47, 2003.

GRANDIS, A. **Papel das enzimas de degradação da parede celular na formação do aerênquima em raízes de cana de açúcar**. 2015. 122 p. Tese (Doutorado). Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Departamento de Botânica. 2015.

HASENACK, H.; CORDEIRO, J.L.P.; COSTA, B.S.C da. Cobertura Vegetal Atual do Rio Grande do Sul. In: SIMPÓSIO DE FORRAGEIRAS E PRODUÇÃO ANIMAL, 2., 2007, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: UFRGS - Departamento de Forrageiras e Agrometeorologia, p. 15-21. 2007.

HOSSAIN, MD. A.; UDDIN, S. N. Mechanisms of waterlogging tolerance in wheat: Morphological and metabolic adaptations under hypoxia or anoxia. **Australian Journal of Crop Science**, v.5, n.9, p.1094-1101. 2011.

IBRAHIM, K.M.; & KABUYE, C.H.S. **An illustrated manual of Kenya grasses**. FAO, Rome. p. 457-493. 1987.

INGRAM, A. L. Evolution of leaf blade anatomy in *Eragrostis* (Poaceae). **Systematic Botany**, Washington, v. 35, n. 4, p. 755-765, 2010.

INNES, R.R. **A manual of Ghana grasses**. Ministry of Overseas Development, Surrey. Canada 1977.

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

ISHIDA, F.Y.; OLIVEIRA, L.E.M.; CARVALHO, C.J.R.; ALVES, J.D. Efeitos da inundação parcial e total sobre o crescimento, teor de clorofila e fluorescência de *Setaria anceps* e *Paspalum repens*. **Ciência e Agrotecnologia**, v.6, p.1152-1159, 2002.

JACKSON, M.B.; AMSTRONG, W. Formation of aerenchyma and the processes of plant ventilation in relation to soil flooding and submergence. **Plant Biology**, v.1, p.274-287. 1999.

KISSMANN, K. G. **Plantas infestantes e nocivas**. Ed.2. São Paulo, Basf Brasileira. 1997.

KOLB, R.M.; JOLY, C.A. Flooding tolerance of *Tabebuia cassinoides*: Metabolic, morphological and growth responses. **Flora**, v. 204, p.528-535. 2009.

KÜRSTEINER, O.; DUPUIS I.; KUHLEMEIER, C. The pyruvate decarboxylase1 gene of *Arabidopsis* required during anoxia but not other environmental stresses. **Plant Physiology**, v.132, p.968–978, 2003.

LEITE, D. C. C. Modificações da parede celular durante a formação de aerênquima em raízes de cana-de-açúcar. 2013. 106 p. **Dissertação** (mestrado). Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Departamento de botânica. 2013.

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

LILGE, C. G. *et al.* Desempenho de sementes de arroz de diferentes cultivares na presença do herbicida glufosinato de amônio. **Revista Brasileira de Sementes**. Pelotas, v.25, n.2, p.82-88, 2003.

LONGHI-WAGNER, H.M. 2011. *Eragrostis* in **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB13197>>. Acesso em: 17 Nov. 2015.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: Terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas**. 4ª ed. Plantarum, Nova Odessa, Brasil, 640 p. 2008.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas**. 3.ed. Nova Odessa: Plantarum, 624 p., 2000.

MACEDO, L.C.P. Alterações morfológicas em plantas do gênero *Urochloa* P. Beauv. submetidas a três condições de umidade do solo. 2015. 69 p. **Dissertação** (Mestrado em Agrobiologia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

MAGNUSSON, W. E. Homogeneização biótica. In: ROCHA, Carlos Frederico Duarte; BERGALLO, Helena Godoy; SLUYS, Monique van; ALVES, Maria Alice Santos (Ed.) **Biologia da conservação: essências**. São Carlos: Rima, p. 211-229. 2006.

MAIA, L.A.; PIEDADE, M.T. Influência do pulso de inundação na fenologia foliar e conteúdo de clorofila em duas espécies da floresta de igapó na Amazônia Central, Brasil. **Acta Amazonica**. v. 32, n1, p55-64. 2002.

MARTINEZ, G. B.; DIAS FILHO, M. B. Respostas morfofisiológicas de gramíneas de várzea sob inundação e sombreamento. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS PARA A PRODUÇÃO PECUÁRIA SUSTENTÁVEL, 7., 2012, Belém, PA. **Anais**. Sistemas silvipastoris, o caminho para a economia verde na pecuária mundial. Belém, PA: UFPA, 2012.

MEDEIROS, R. B.; PILLAR, V. P.; REIS, J. C. R. Expansão de *Eragrostis plana* Ness. (capim-annoni) no Rio Grande do Sul e indicativos de controle. In: REUNIÓN DEL GRUPO TÉCNICO REGIONAL DEL CONO SUR EM MEJORAMIENTO Y UTILIZACIÓN DE LOS RECURSOS FORRAJEROS DEL ÁREA TROPICAL Y SUBTROPICAL - GRUPO CAMPOS, 30., 2004, Salto. **Anais...** Salto: Universidad de la Republica, p. 211-212, 2004.

MOCHIZUKI, T.; TAKAHASHI, U.; SHIMAMURA, S.; FUKUYAMA, M. Secondary aerenchyma formation in hypocotyl in summer leguminous crops. *Japan. Journal CropScience*. v.69, p.69-73. 2000.

MOREIRA, H.J.C. & BRAGANÇA, H.B.N. **Manual de Plantas Infestantes: Arroz**. São Paulo, FMC AgriculturalProducts. 2010.

NAYLOR, R. L. **The economics of alien species invasions**. In: MOONEY, H. A.; HOBBS, R. J. (Ed.). *Invasive species in a changing world*. Washington: Island Press, p. 241-259. 2000.

NISHIUCHI, S.; YAMAUCHI, T.; TAKAHASHI, H.; KOTULA, L.; NAKAZONO, M. Mechanisms for coping with submergence and waterlogging in rice. **Rice**. v.5, n2. 2012.

OLIVEIRA, V.C. & JOLY, C.A. Flooding tolerance of *Calophyllum brasiliense* Camb. (Clusiaceae): morphological, physiological and growth responses. **Trees**. v.24, p.185-193. 2010.

OUDTSHOORN, P.V., TROLLOPE, W.S.W., SCOTNEY, D.M & McPHEE, P.J. **Guide to grasses of South Africa**. Briza Publikasies, Arcadia. 1992.

PERRINGS, C. **The socio economic links between invasive alien species and poverty report to the Global Invasive Species Program**. 2005. University of York Report. Disponível em: <<http://www.gisp.org/publications/economic/Perrings.pdf>>. Acesso em: 18 set. 2014.

PERRINGS, C.; WILLIAMSON, M.; BARBIER, E. B.; DELFINO, D.; DALMAZZONE, S.; SHOGREN, J.; SIMMONS, P.; WATKINSON, A. **Biological invasion risks and public good: an economic perspective**. 2002. Disponível em: <<http://www.consecol.org/vol6/iss1/art/>>. Acesso em: 18 set. 2014.

PIMENTEL, D.; ZUNIGA, R.; MORRISON, D. Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. **Ecological economics**, Amsterdam, Netherlands, v. 52, p. 273-288, 2005.

PIRES, J.L.F.; SOPRANO, E.; CASSOL, B. Adaptações morfofisiológicas da soja em solo inundado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.41-50, 2002.

PROMKHAMBUT, A.; POLTHANEE, A. AKKASAENG, C.; YOUNGER, A. Growth, yield and aerenchyma formation of sweet and multipurpose sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) as affected by flooding at diferente growth stages. **Australian Journal of Crop Science**. v.5, n.8, p.954-965. 2011.

RADOSEVICH, S. R.; STUBBS, M. M.; GHERSA, C. M. Plant invasions – process and patterns. **Weed Science**, Lawrence, U.S.A., v. 51, p. 254-259, 2003.

REIS, J. C. L. Capimannoni-2: origem, morfologia, características, disseminação. In: REUNIÃO REGIONAL DE AVALIAÇÃO DE PESQUISA COM ANNONI 2., 1991, Bagé. **Anais...** Bagé: Embrapa-CPPSUL, 5-23 p. 1993.

REIS, J.C.L.; COELHO, R.W. **Controle do capim-annoni-2 em campos naturais e pastagens. Pelotas**: Embrapa Clima Temperado (Embrapa Clima Temperado. Circular Técnica, 22) Biblioteca(s): Área de Informação da Sede; Embrapa Clima Temperado. 21 p. 2000.

SACHS, J. A. **A text book of botany**. Oxford, UK: Oxford University Press. 1882.

SAIRAM, R. K.; KUMUTHA, D.; EZHILMATHI, K.; DESHMUKH, P. S.; SRIVASTAVA, G. C. Physiology and biochemistry of waterlogging tolerance in plants. **Biologia Plantarum**, v.52, p.401-412. 2008.

SANCHOTENE, D.M. Caracterização de acessos de capim arroz do Rio Grande do Sul. 2012. 89 f. **Tese** (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

SARAWATI, R.; MATOH, T.; SEKIYA, J. Nitrogen fixation of *Sesbania rostrata*: contribution of stem nodules to nitrogen acquisition. **Soil Sci. Plant Nutr.** 38: 775-780. 1992.

SCHNEIDER, A. A. A flora naturalizada no estado do Rio Grande do Sul, Brasil: herbáceas subespontâneas. **Biociências**, Porto Alegre, v. 15, n. 2, p. 257-268, 2007.

SCHOFFEL, E.R.; SACCOL, A.V.; MANFRON, P.A.; MEDEIROS, S.L.P. Excesso hídrico sobre os componentes do rendimento da cultura da soja. **Ciência Rural**, v.31, p. 7-12, 2001

SILVA, M. R. M.; DURIGAN, J. C. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura do arroz de terras altas. I – Cultivar IAC 202. **Planta Daninha**, v. 24, n. 4, p. 685-694, 2006.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO. Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado Arroz Irrigado: **Recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil**. Gravatal, SC, SOSBAI. 2012.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO. Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado. Arroz Irrigado: **Recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil**. Bento Gonçalves, RS, SOSBAI. 2014.

SOUSA, C.A. F.; SODEK, L. The metabolic response of plants to oxygen deficiency. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.14, p.83-94, 2002.

TAVARES, E. Q. P. Regulação da degradação da parede celular durante a formação do aerênquima em raízes de cana-de-açúcar. 2015. 172 p. **Tese** (Doutorado). Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Departamento de Botânica. 2015.

VAN DONGEN JT, SCHURR U, PFISTER M, GEIGENBERGER P. Phloem metabolism and function have to cope with low internal oxygen. **Plant Physiology**, v. 131, p.1529–43, 2003.

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

VASCONCELOS, M.C.C.; SILVA, A.F.A.; LIMA, R.S. Interferência de Plantas Daninhas sobre Plantas Cultivadas. **ACSA – Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.8, n.1, p.01-06, jan-mar, 2012.

VISSER, E. J. W.; VOESENEK, L. A. C. J.; VARTAPETIAN, B. B.; JACKSON, M. B. Flooding and plant growth. **Annals of Botany**. v.91, p.107-109. 2003.

WALKER, B. A.; PATE, J. S.; KUO, J. Nitrogen fixation by nodulated roots of *Viminaria juncea* (Schrad. & Wendl.) Hoffmans (Fabaceae) when submerged in water. **Australian Journal of Plant Physiology**. v.10, p.409-421. 1983

WATSON, L.; DALLWITZ, M.J. The grass genera of the world: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval; including synonyms, morphology, anatomy, physiology, phytochemistry, cytology, classification, pathogens, world and local distribution, and references. 1992. Version: 12th August 2014. Disponível em: <http://delta-intkey.com>. Acesso em: 18 set. 2014.

WELKER, C. A. D.; LONGHI-WAGNER, H. M. A família Poaceae no Morro Santana, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**. Porto Alegre, v. 5, n. 4, p. 53-92, out/dez. 2007.

ZANANDREA, I.; ALVES, J.D.; DEUNER, S.; GOULART, P.F.P.; HENRIQUE, P. C.; SILVEIRA, N. M. Tolerance of *Sesbania virgata* plants to flooding. **Australian Journal of Botany**. v.57, p. 661-669. 2009.

ZON, A. P. M. van der. 1992. Graminees du Cameroun. **Flore**. Agricultural University Wageningen, the Netherlands. v. 2. 1992.

ALTERAÇÕES FENOTÍPICAS DE DUAS ESPÉCIES DE *Eragrostis* Wolf. (POACEAE) SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE UMIDADE DO SOLO

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O estudo da biologia das plantas através da influência do ambiente em seu desenvolvimento e crescimento é primordial para que possamos aprimorar o conhecimento sobre como agirmos perante as variações relacionadas à interação ambiente-organismo e na escolha do manejo mais adequado destas plantas.

A presente dissertação traz como objetivo o estudo do comportamento de plantas do gênero *Eragrostis* em ambientes antes não habitados por elas e a possível competição desses acessos com o cultivo de arroz irrigado prejudicando assim a produção. A pesquisa busca entender como plantas de origem de desenvolvimento em solo seco apresentam desenvolvimento e crescimento em solo alagado. Para isso, acessos das espécies *Eragrostis plana* e *Eragrostis pilosa* foram submetidos a três diferentes condições de umidade do solo, a primeira condição simula um ambiente de terras altas (coxilha), a segunda condição busca simular ambiente de terras baixas (várzea) e a terceira condição pretende simular um ambiente de cultivo de arroz irrigado (lâmina de água de 5 a 10 cm), a fim de acompanhar seu desenvolvimento e alterações morfológicas, fisiológicas e anatômicas impostas pelo meio em que se encontram.

A presente pesquisa busca estudar quais mecanismos esses acessos desenvolvem para que possam suportar ambientes adversos antes não habitados por eles. Através do entendimento da biologia de desenvolvimento dessas plantas podemos traçar estratégias de manejo dessas plantas nesse ambiente. Os resultados obtidos e a discussão dos resultados estão apresentados, a seguir, em dois capítulos formatados como artigos completos:

CAPÍTULO I: Comportamento Morfológico e Fenológico de Acessos de *Eragrostis plana* Nees e *Eragrostis pilosa* (L.) P. Beauv. Submetidos a Diferentes Quantidades de Água no Solo – para submissão à Revista Bragantia.

CAPÍTULO II: Desenvolvimento de Aerênquima e raízes adventícias como Mecanismo de Sobrevivência de Acessos de *Eragrostis plana* Nees e *Eragrostis pilosa* (L.) P. Beauv. Submetidos a Ambiente com Solo Alagado – para submissão à Revista Ceres.

CAPITULO I

Comportamento Morfológico e Fenológico de plantas de *Eragrostis plana* Nees e *Eragrostis pilosa* (L.) P. Beauv. Submetidas a Diferentes Quantidades de Água no Solo

Morphological and Physiological behavior of *Eragrostis plana* Nees plants and *Eragrostis pilosa* (L.) P. Beauv. subjected to different soil water conditions.

Bruno Wolffenbüttel Carloto¹; Galileo Adeli Buriol²; Sylvio Henrique Bidel Dornelles²;
Liliana Essi³; Nilton Teixeira Pedrollo⁴; Andrei Goergen⁴; Jaíne Rubert⁴

¹Pós-graduando do Programa de Pós-Graduação em Agrobiologia-UFSM; ²Professor do Programa de Pós-Graduação em Agrobiologia-UFSM; ³Professora Departamento de Biologia–UFSM; ⁴Acadêmicos de Agronomia Bolsistas de Iniciação Científica–UFSM.

RESUMO

No ano de 2014/2015, realizou-se um experimento em casa de vegetação onde submeteu-se acessos de *Eragrostis pilosa* e *Eragrostis plana* a três condições de umidade do solo simulando três ambientes diferentes, um simulando o ambiente de terras altas (50% da Capacidade de retenção de água do solo (CRA)), outro simulando ambientes de terras baixas (100% da CRA) e o terceiro tratamento buscou simular ambiente de lavoura de arroz irrigado (lâmina de água de 10 cm), com o objetivo de estudar o efeito destas condições na morfologia e no ciclo vegetativo dessas plantas através de avaliações de desenvolvimento e crescimento. Os resultados observados permitem inferir que as respostas foram diferentes para cada espécie onde o nível de estresse em diferentes quantidades de água no solo é dependente da capacidade plástica de cada espécie. Observou-se que o alagamento do solo com lâmina de água foi o tratamento que mais influenciou negativamente o desenvolvimento das plantas de *E. plana*, com a redução da formação de panículas por plantas e redução da massa seca da parte aérea. As respostas das plantas de *E. pilosa* ao ambiente alagado refletiram em redução nos parâmetros de perfilhamento, número de panículas por planta, massa seca de raiz e parte aérea, alterações na formação da folha bandeira e aumento do ciclo vegetativo, o que infere que essas plantas são mais sensíveis ao ambiente hipóxico. Os resultados inferem que o tratamento de lâmina de água é o possível causador de efeitos negativos no desenvolvimento das plantas estudadas, o que indica que o manejo da água na cultura do arroz irrigado é de suma importância para o manejo das plantas invasoras.

Palavras-chave: anaerobiose; solo; inundação; adaptação; gramínea.

ABSTRACT

In the season 2014/2015, there was an experiment which has undergone access weed *Eragrostis pilosa* and *Eragrostis plana* to three soil moisture conditions (50% and 100% of the soil water retention capacity and flooding), with the aim of studying the effect of these conditions on morphology and phenology of grasses through evaluations of development and growth of these plants. It was observed that the flooding was the treatment that most negatively influenced the dry mass of shoots and roots of species evaluated, reducing the number of tillers and panicle per plant. Also brought in *Eragrostis pilosa* an increased growing season, increasing the biological cycle.

Key words: anaerobic; soil; flooding; environmental adaptation; grasses.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a família Poaceae, conhecida popularmente por família das gramíneas, é constituída por 225 gêneros que contemplam 1.486 espécies. Mais especificamente no estado do Rio Grande do Sul são encontradas 528 espécies distribuídas em 125 gêneros (FILGUERAS *et al.* 2015). Segundo Boldrini *et al.* (2008) as gramíneas possuem importância econômica na alimentação humana e animal, produção de biodiesel, ornamentação, entre outros. Elas constituem o componente fitofisionômico mais marcante do Bioma Pampa, característico da região oeste e sul do estado do Rio Grande do Sul (BOLDRINI *et al.* 2005). Destacam-se pela grande diversidade específica e dominância das áreas em que habitam (BOLDRINI *et al.*, 2010).

As gramíneas são consideradas colonizadoras primárias de locais perturbados e são predominantes em locais abertos, sendo capazes de colonizar ambientes de solos secos e alagados. Muitas são as espécies capazes de colonizar novos ambientes e, em geral, produzindo grande número de descendentes, com uma dispersão de colonização a grandes distâncias, capazes de modificarem a composição florística do ambiente em detrimento de plantas nativas. Portanto, podem ser enquadradas como plantas invasoras (MAGNUSSON, 2006). A modificação do ambiente invadido com a mudança da estrutura do ecossistema caracteriza uma invasão biológica, que é a principal ameaça à biodiversidade do planeta na atualidade (SCHNEIDER, 2007).

Nesse contexto, indivíduos pertencentes à família Poaceae apresentam características que as tornam plantas com potencial competitivo em cultivos comerciais. Dentre os gêneros da família Poaceae encontra-se o gênero *Eragrostis*, que se apresenta, no estado do Rio Grande do Sul, com 22 espécies (LONGHI-WAGNER *et al.*, 2015) de importância forrageira e ornamental. Algumas das espécies do gênero *Eragrostis* de origem africana foram introduzidas propositalmente como forrageiras, porém ao encontrarem ambiente propício ao seu pleno desenvolvimento, em conjunto com sua rusticidade e agressividade competitiva, tornaram-se invasoras em potencial. Essas plantas além de serem capazes de modificar a estrutura do ecossistema, afetam o desenvolvimento das populações naturais (FREITAS & PIVELLO, 2006).

A espécie *Eragrostis plana* Nees, conhecida popularmente como Capim-anonni-2, é uma gramínea perene de estação quente e foi introduzida acidentalmente no Rio Grande do Sul na década de 50 (REIS, 1993) e posteriormente sendo tratada como espécie forrageira foi

propagada nos campos da região sul e oeste do estado do Rio Grande do Sul. Essa espécie é considerada por Medeiros *et al.* (2004) como a invasora mais agressiva dos campos do Rio Grande do Sul. A espécie apresenta alta prolificidade, rusticidade e capacidade de adaptar-se em solo pobres, características que conferem alta competitividade e adaptabilidade ao ambiente (BOLDRINI *et al.* 2005). A invasão dessa espécie é crescente nos 6,5 milhões de hectares de pastagem nativa localizadas no Rio Grande do Sul onde há produção de pecuária de corte (HASENACK *et al.*, 2007) denominado Bioma Pampa. Medeiros *et al.* (2004) estimam que 2 milhões de hectares dessa região já estejam comprometidos pela presença do capim-annoni-2.

Outra espécie pertencente ao gênero *Eragrostis* é *E. pilosa* (L.) P. Beauv., comumente conhecida como capim barbicha-de-alemão. *Eragrostis pilosa* é facilmente encontrada em lavouras de arroz irrigado, caracteriza-se por apresentar inflorescência em panícula laxa e espiguetas com vários antécios, possui tricomas nas axilas dos ramos basais da inflorescência e geralmente uma glândula visível a olho nu (BOECHAT & LONGHI-WAGNER, 2001; BOECHAT *et al.*, 2001). É uma planta capaz de sobreviver a ambientes alagados e perturbados, possui boa adaptação em solo arenoso pobre ou argiloso. Sua principal característica, que a distingue no campo das demais espécies do gênero, é uma inflorescência de coloração vermelho-acinzentada (KISSMAN, 1997). A infestação de áreas com o capim barbicha-de-alemão se dá primeiramente em locais de trânsito de máquinas entre áreas e posteriormente adentra áreas de cultivo (LORENZI, 2000). De acordo com Longhi-Wagner (2015) essa espécie já possui ocorrência confirmada em quase todo o território brasileiro.

Espécies de mesma família botânica, com características morfofisiológicas semelhantes apresentam requisições nutricionais semelhantes dos recursos naturais, esses fatores estão relacionados com a capacidade de competição entre as espécies e os recursos requeridos, tornando a competição intraespecífica ainda mais intensa (SILVA & DURIGON, 2006).

Nesse sentido, pelo fato de plantas de *Eragrostis* pertencerem à mesma família do arroz irrigado (*Oryza sativa* L.) e apresentarem características de rusticidade, alta competitividade pelo seu hábito de crescimento e capacidade de adaptação em novos ambientes, essas plantas vêm sendo relatadas em competição com a cultura do arroz. Tendo em vista que o arroz irrigado é cultivado sob lâmina de água, ou seja, com baixa concentração ou total ausência de oxigênio para as raízes (anoxia), e que há desconhecimento da biologia

destas espécies exóticas ao ambiente orizícola, torna-se importante a sua caracterização, bem como o conhecimento das modificações (mecanismos) que sofrem para adaptar-se à hipoxia, tornando possível manejá-las visando seu controle. A importância do correto conhecimento das plantas invasoras para que se possam traçar estratégias de controle efetivo, torna-se importante a investigação do mecanismo adaptativo, em relação com a morfofisiologia, desenvolvido para a sobrevivência dessas plantas a ambientes hipóxicos (anaeróbicos). Assim sendo, o presente estudo objetiva desvendar os mecanismos adaptativos e as diferenciações morfológicas e fenológicas de plantas de *Eragrostis plana* e *Eragrostis pilosa* quando submetidas a diferentes condições de umidade do solo. Estudou-se estes efeitos através de avaliações de desenvolvimento e crescimento das plantas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local de amostragem

As coletas dos acessos de *Eragrostis* foram realizadas em uma área de cultivo de arroz irrigado do município de Itaqui - Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul (29° 14' 58,43" S, 56° 20' 57,51" W) no mês de fevereiro de 2014. Foram coletadas sementes maduras de um acesso de cada espécie de *Eragrostis plana* (Capimannoni-2) e *Eragrostis pilosa* (Capim barbicha de alemão) caracterizados e identificados no local de coleta. Os pontos de coleta foram definidos com base em informações prévias da ocorrência das espécies objeto do estudo, neste local. Foram amostradas em torno de 100g de sementes para cada espécie. As sementes foram acondicionadas em saco de papel poroso com a identificação da espécie e coordenadas geográficas do local da amostra. A retirada das impurezas e secagem das amostras foi realizada em laboratório objetivando melhor armazenagem das mesmas em câmara seca com temperatura controlada.

2.2. Procedimento experimental

Para a execução da análise de plasticidade fenotípica de acessos de *Eragrostis*, as cariopses previamente coletadas foram colocadas a germinar em solo oriundo de área orizícola sistematizada (Unidade de mapeamento São Pedro, Argissolo vermelho, horizonte A). O solo foi peneirado com peneiras de malha 5 mm para retirada de sementes de plantas

invasoras e de torrões. Após o peneiramento, o solo foi acondicionado em vasos plásticos com capacidade para 7,5 litros, onde cada vaso recebeu 6 kg de solo peneirado, e foram alojados em casa de vegetação (estufa com cobertura plástica de 6 metros por 20 m, com pé-direito de 5 m).

Em cada vaso foram semeadas cinco cariopses de *Eragrostis*, com um total de 30 vasos para cada espécie. Após a emergência das plântulas, foi realizado um raleio, permanecendo apenas uma planta por vaso. A semeadura foi realizada no dia 30 de dezembro de 2014 e a emergência ocorreu entre os dias 06 e 09 de janeiro de 2015. Os vasos contendo os mesmos acessos foram divididos em três grupos contendo 10 vasos (repetições) para cada grupo: o primeiro grupo recebeu irrigação até atingir 50% da capacidade de retenção de água do solo, simulando ambiente de solo de terras altas (coxilha). O segundo recebeu irrigação constante com 100% da capacidade de retenção de água do solo. O terceiro teve irrigação mantendo o solo com lâmina de água de 10 cm, simulando um ambiente de lavoura orizícola (quadro inundado).

O Delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com três tratamentos (50% da CRA; 100% da CRA e lâmina de água de 10 cm), duas espécies (*Eragrostis pilosa* e *Eragrostis plana*) e 10 repetições por tratamento.

2.3. Determinação da capacidade de retenção de água do solo (CRA)

A determinação da capacidade de retenção de água do solo peneirado (CRA) foi realizada através da secagem do solo em estufa a 100° C com pesagens em balança de precisão de 0,01g a cada 30 minutos até peso constante. Nesse momento considerou-se que o solo estava completamente seco. Após a secagem do solo, foram colocados 3 kg de solo seco em vaso contendo orifícios na base. Estes vasos tinham peso conhecido e foram realizados sucessivos encharcamentos até que houvesse o escoamento da água pelos orifícios basais do vaso. Após o escoamento das últimas gotas pelos drenos do vaso foi considerado que o solo estava em 100% da CRA e assim foi realizada outra pesagem com balança de precisão de 0,01g. Através da diferença de peso do vaso com solo seco e do vaso com o solo a 100% da CRA obteve-se a massa de água necessária para atingir 100% CRA, considerando que a massa específica da água seja 1000 kg m⁻³ ou 1 kg L⁻¹.

Para a obtenção das umidades dos tratamentos (50% e 100% da CRA) foram utilizadas fórmulas para determinação segundo Schwab (2010):

$$PV_{100\%} = (PV_{CRA} - PV_{seco}).1 + PV_{seco}$$

$$PV_{50\%} = (PV_{CRA} - PV_{seco}).0,5 + PV_{seco}$$

Onde $PV_n\%$ é o peso do vaso para cada tratamento; PV_{CRA} é a capacidade de retenção de água do solo; PV_{seco} é o peso do vaso preenchido com o solo seco.

Foi utilizado uma tela plástica de malha 0,2 mm para cobrir os orifícios no fundo do vaso para evitar o possível escapamento do solo peneirado.

Antes do início dos tratamentos, foram realizadas irrigações de manutenção até 75% da CRA para favorecer a germinação das sementes. Este procedimento foi mantido até que as plantas atingissem o estágio de 3 folhas, quando se deu início à irrigação definitiva com 50% da CRA, 100% da CRA e lâmina d'água constante de 10 centímetros. Para a determinação da CRA de 75% utilizou-se a fórmula:

$$PV_{75\%} = (PV_{CRA} - PV_{seco}).0,75 + PV_{seco}$$

As diferentes irrigações iniciaram-se no dia 21 de janeiro de 2015, ou seja, 15 dias após a emergência das plântulas, e foram realizadas diariamente, onde, para se determinar a quantidade de água necessária para cada dia em cada vaso, realizou-se a medição da massa de cada vaso, utilizando uma balança eletrônica marca ACS System com precisão de 5 g. adicionando água até atingir a massa total pré-determinada (vaso + solo seco + volume de água para atingir 100% e 50% da CRA).

Os vasos receberam adubação na base conforme análise de solo previamente realizada, utilizando-se a tabela de recomendação da ROLAS (Rede Oficial de Laboratório de Análise de Solos) para a cultura do arroz irrigado. Receberam, ainda, adubação de cobertura com ureia baseado igualmente na recomendação para a cultura do arroz irrigado da Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado (SOSBAI, 2012). Todos os tratamentos receberam a mesma condição de adubação de base e de cobertura.

2.4. Análise morfológica (fenotípica) dos acessos e de massa seca

Os parâmetros morfológicos dos acessos em estudo estão listados na Tabela 1 a seguir:

TABELA 1. Lista de parâmetros morfológicos utilizados na avaliação dos acessos e respectivas escalas.

Descritores morfológicos e respectivas escalas
1. Espessura do colmo (mm) medido na posição mediana deste com paquímetro
2. Comprimento da lâmina da folha bandeira (cm) medido com régua decimimetrada
3. Largura da folha bandeira (mm) medido com régua decimimetrada
4. Número de panículas por planta
5. Altura de planta (cm) medido com régua decimimetrada
6. Número de perfilhos por planta
7. Ciclo vegetativo da planta (dias) da emergência à primeira inflorescência.
8. Massa seca da parte aérea (g)
9. Massa seca de raiz (g)

Os parâmetros foram avaliados quando as plantas se encontravam em pleno florescimento. Para a análise de massa seca, quatro plantas foram retiradas dos vasos e a parte aérea (incluindo planta mãe e perfilhos) foram separados de suas raízes. Depois disso o sistema radicular foi limpo com água corrente em um recipiente fechado, recuperando as raízes soltas. Os materiais limpos foram colocados em sacos de papel poroso, e colocados em estufa com secagem por ar forçado a uma temperatura de 65° C até que se atingiu massa seca constante.

2.5. Tabulação de dados e análise estatística

A análise estatística foi realizada utilizando-se o programa SISVAR, pelo método de análise Bootstrap. Para a comparação de médias, utilizou-se o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As duas espécies investigadas apresentaram diferenças morfológicas e fenológicas específicas para cada grupo/tratamento, influenciadas pela condição de água presente na unidade experimental. Para os fatores de comportamento morfológico, as plantas de *Eragrostis plana* apresentaram alterações no número de perfilhos e no número de panículas em resposta aos tratamentos com diferentes umidades do solo (Tabela 2).

A quantidade de perfilhos no tratamento lâmina de água e 100% da CRA foi numericamente menor do que na condição de 50% da CRA. Isto demonstra que um dos efeitos da saturação do solo com água reflete em menor formação de perfilhos nesta espécie

que originalmente é ambientada em terras altas bem drenadas. Verifica-se que este efeito da água sobre as plantas de *E. plana* reduz, ainda, a formação de inflorescências com menor número de panículas por planta na condição de lâmina de água do que em 50% da CRA e 100% da CRA. A condição com menor quantidade de água (50% da CRA) proporcionou a formação de 90,3% mais panículas do que na condição de maior umidade com lâmina de água de 10 cm. Verifica-se também que, apesar do número de perfilhos formados em *E. plana* ser estatisticamente equivalentes (Tukey – 5%) entre 100% da CRA e lâmina de água, a hipoxia (anaerobiose) provocada pela lâmina de água no solo foi suficiente para provocar uma redução de 81% na formação de panículas quando se comparam as duas condições de umidade do solo, segundo dados da Tabela 2

TABELA 2. Resultados médios obtidos para os parâmetros morfológicos avaliados nas plantas da *Eragrostis plana* submetidas a diferentes condições de umidade do solo.

Condição de umidade	Nº de perfilhos	Espessura do colmo (mm)	Nº de panículas	Comprimento da folha bandeira (cm)	Largura da folha bandeira (mm)	Altura de planta (cm)
50% CRA	124,27 a*	4,36 ns**	19,73 a	11,17 ns	0,15 ns	48,98 ns
100% CRA	97,18 b	4,25	10,09 ab	19,28	0,27	57,28
Lâmina de água	114,27 ab	2,90	1,91 b	12,18	0,21	55,01
C.V. (%)	21,39	64,31	92,35	61,05	65,44	39,98

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

**ns = Não ocorreu diferença significativa entre os tratamentos.

CRA = capacidade de retenção de água

A baixa taxa de oxigenação provocada pelo encharcamento do solo afeta o crescimento e desenvolvimento da planta de diferentes formas e em diferentes partes dependendo da espécie, ainda, ocasiona modificações na respiração anaeróbica e no metabolismo de assimilação fotossintético e nutricional (ISHIDA *et al.*, 2002; BATISTA *et al.*, 2008). Não obstante, a hipoxia promove a produção de substâncias tóxicas como o etanol e o lactato, que são gerados em resposta a alteração no metabolismo respiratório das raízes (KOLB & LOLY, 2009).

Nestas condições Sá *et al.* (2004) verificaram que a elevação do nível freático, mantido até a fase de florescimento da ervilha, promoveu menor formação das inflorescências, bem como promoveu 50% de redução no peso de mil sementes e na quantidade de sementes produzidas. Para Wolfe (1988), a drástica redução na produção de

flores e de sementes de algumas espécies está relacionada a maior habilidade adaptativa da espécie ao ambiente anaeróbico do solo saturado.

As diferentes condições de umidade do solo não promoveram diferenças estatísticas significativas em *E. plana* para os parâmetros espessura do colmo, comprimento da folha bandeira, largura da folha bandeira e altura de planta.

Para as plantas de *E. pilosa*, as condições de umidade do solo promoveram alterações morfológicas para os parâmetros de número de perfilhos, número de panículas, comprimento da folha bandeira e largura da folha bandeira (Tabela 3). De acordo com Almeida *et al.* (2003) a hipoxia provoca a redução da taxa de assimilação líquida e conseqüentemente diminuição da expansão foliar, o que confere menor crescimento das plantas.

TABELA 3. Resultados médios obtidos para os parâmetros morfológicos avaliados nas plantas de *Eragrostis pilosa* submetidas a diferentes condições de umidade do solo.

Condição de umidade	Nº de perfilhos	Espessura do colmo (mm)	Nº de panículas	Comprimento da folha bandeira (cm)	Largura da folha bandeira (cm)	Altura de planta (cm)
50% CRA	46,15 a	1,84 ^{ns}	32,15 a	29,00 a	0,62 a	44,85 ^{ns**}
100% CRA	42,30 a	1,70	28,69 a	23,45 b	0,58 ab	44,32
Lâmina de água	15,54 b	1,56	1,46 b	20,86 b	0,48 c	42,81
C.V. (%)	21,24	17,95	15,44	21,67	20,57	14,81

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si nas colunas.

**ns = Não ocorreu diferença significativa entre os tratamentos.

A condição de maior umidade no solo (Lâmina de água) está relacionada com a diminuição do número de perfilhos das plantas de *Eragrostis pilosa* que apresentou 15,54 perfilhos por planta, sendo estatisticamente inferior ao perfilhamento das plantas submetidas a condições de menor umidade, 50% e 100 % CC as quais apresentaram 46,15 e 42,30 perfilhos por planta, respectivamente. A diminuição do perfilhamento das plantas refletiu em número reduzido de panículas nas plantas submetidas à condição de Lâmina de água apresentando 1,46 panículas por planta, resultado estatisticamente inferior às outras condições as quais apresentam 32,15 (50% CRA) e 28,69 (100% CRA).

Plantas de capim barbicha-de-alemão (*Eragrostis pilosa*) submetidas a condições de alta umidade (100% e Lâmina de água) apresentaram menor comprimento de folha bandeira e largura da folha bandeira, resultados que estão de acordo com o que Dias-Filho e Carvalho (2000) relataram para gramíneas do gênero *Brachiaria* submetidas ao alagamento. A

diminuição do alongamento foliar está relacionada com o grau de tolerância das plantas a inundação (LIZASO & RITCHIE, 1997; YAMAGUCHI & BISWAS, 1997) sendo que quanto menor a alongação da folha, menor é a tolerância da espécie.

As plantas de *Eragrostis pilosa* apresentaram comportamento semelhante entre as três condições de umidade do solo para os parâmetros morfológicos de espessura do colmo e altura de planta, não diferindo estatisticamente entre si. Macedo (2015) submeteu duas espécies gramíneas do gênero *Urochloa* ao alagamento e assim estudou a morfologia das mesmas. Foi constatada uma significativa redução no perfilhamento da espécie *Urochloa plantaginea* quanto maior foi a quantidade de água no solo da unidade experimental. Não obstante, a condição de maior umidade do solo (Lâmina de água) ainda refletiu em redução do número de inflorescências e conseqüentemente na produtividade de sementes nas plantas.

Os parâmetros fenológicos apresentaram diferenças estatisticamente significativas, respondendo às condições de umidade do solo, segundo os dados da Tabela 4. A massa seca da parte aérea das plantas de Capim-annoni-2 (*Eragrostis plana*) apresentou maior massa seca em condições de menor umidade (50% e 100% CRA) com diferença significativa e superior em relação à condição de Lâmina de água. O menor aporte de biomassa é uma resposta comum em plantas submetidas a ambientes com encharcamento do solo (YAMAMOTO *et al.*, 1995), essa resposta ocorre mesmo em gramíneas classificadas como tolerantes ao alagamento do solo (LORETI & OESTERHELD, 1996) em função de efeitos da hipoxia sobre a fotossíntese e a produção de fotoassimilados.

Para as plantas de *Eragrostis plana* as diferentes condições de umidade do solo não afetaram os parâmetros de ciclo vegetativo e massa seca de raiz.

Em relação às plantas de capim barbicha-de-alemão (*Eragrostis pilosa*) os parâmetros de ciclo vegetativo, massa seca da parte aérea e massa seca de raiz sofreram interferência da quantidade de água no solo (Tabela 4). Condições de 50% e 100% da CRA não apresentaram diferenças significativas entre si para os parâmetros fenológicos. Porém a condição de maior umidade (Lâmina de água) apresentou aumento do ciclo vegetativo das plantas de *E. pilosa* e redução da massa seca da parte aérea e raiz. A aclimação das raízes ao ambiente com baixa concentração de oxigênio ocorre de diversas formas variando de acordo com a espécie e tolerância desta à hipoxia (DREW, 1997). Dias-Filho e Carvalho (2000), trabalhando com espécies do gênero *Brachiaria* relataram que houve uma significativa redução da biomassa de raiz e área foliar nas plantas que foram submetidas a ambiente encharcado. A inundação é

nociva para o desenvolvimento e formação das raízes, reduzindo o crescimento, e ainda predispondo a problemas com patógenos radiculares (KOZLOWSKI 1997).

TABELA 4. Resultados médios para os parâmetros fenológicos avaliados nas plantas da *Eragrostis plana* e *Eragrostis pilosa* submetidas a diferentes condições de umidade do solo.

Condição de umidade	<i>Eragrostis plana</i>			<i>Eragrostis pilosa</i>		
	Ciclo vegetativo (dias)	Massa seca da parte aérea (g)	Massa seca de raiz (g)	Ciclo vegetativo (dias)	Massa seca da parte aérea (g)	Massa seca de raiz (g)
50% CRA	85,85 ns**	61,18 a*	97,26 ns	50,00 b	56,09 a	53,75 a
100% CRA	90,83	50,34 a	84,49	51,40 b	58,32 a	67,74 a
Lâmina de água	99,00	29,92 b	86,51	57,46 a	14,13 b	5,57 b
C.V. (%)	15,55	16,67	49,87	6,22	11,13	13,37

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si nas colunas.

**Não ocorreu diferença significativa entre os tratamentos.

Estudos com gramíneas do gênero *Brachiaria* submetidas à condição de alagamento demonstram que há uma redução na fotossíntese líquida nas plantas devido ao déficit de oxigênio nas raízes (DIAS-FILHO e CARVALHO, 2000). Nessa condição há um declínio na produção de ATP (adenosina tri-fosfato) freando o metabolismo celular e a eficiência fotossintética o que reflete em redução do aporte de biomassa na planta (WOLFE, 1988).

Segundo Pires *et al.* (2002) e Boru *et al.* (2003) as raízes das plantas são as que mais demonstram alterações causadas pela hipoxia devido ao fato de sofrerem ação direta do déficit de oxigênio, as raízes sofrem alterações rápidas de metabolismo e morfologia adaptando-se ao ambiente.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos na presente pesquisa permitem inferir que o uso da lâmina de água pode representar uma ferramenta de manejo para provocar alterações na morfo-anatomia e na fisiologia das plantas de *Eragrostis pilosa* e *Eragrostis plana*, permitindo reduzir sua capacidade competitiva com culturas como o arroz, uma vez que as condições anaeróbicas do solo causadas pela lâmina de água interferem na formação de perfilhos, na produção de massa seca da parte aérea e do sistema radicular, reduzindo a formação de panículas o que pode ter um impacto importante na redução do banco de sementes destas infestantes no solo. Permite

também sugerir que o uso cada vez menor de inundação dos quadros para produção de arroz, com aumento das áreas em que se utilizam irrigação intermitente (irrigação por banhos nos quadros) pode ser o fator que está permitindo a invasividade e a naturalização destas espécies exóticas ao ambiente de terras baixas mal drenadas. Sugerem-se estudos complementares em campo para avaliar esta hipótese.

5. 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.
- 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 Botanica Brasilica**, v.22, p.91-98, 2008
- BOECHAT, S. C.; LONGHI-WAGNER, H. M. Padrões de distribuição geográfica dos táxons brasileiros de *Eragrostis* (Poaceae, Chloridoideae). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 177-194, jun., 2000.
- BOECHAT, S.C. & LONGHI-WAGNER, H.M. O gênero *Eragrostis* (Poaceae) no Brasil. **Iheringia**, Série Botânica. v.55, p.23-169. 2001.
- BOECHAT, S.C., GUGLIERI, A. & LONGHI-WAGNER, H.M. TriboEragrostideae. In: M.G.L. Wanderley, G.J. Shepherd & A.M. Giulietti (orgs.). **Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo**. FAPESP & HUCITEC, São Paulo, v. 1, pp. 61- 84. 2001
- BOLDRINI, I. I.; FERREIRA, P. M. A. F.; ANDRADE, B. O.; SCHNEIDER, A. A.; SETUBAL, R. B.; TREVISAN, R.; FREITAS, E. M. **Bioma Pampa: diversidade florística e fisionômica**. Porto Alegre: Ed. Palloti. 64p. 2010.
- BOLDRINI, I. I.; LONGHI-WAGNER, H. M. Poaceae no Rio Grande do Sul: diversidade, importância na fitofisionomia e conservação. **Ciência ambiental**. n. 42. p. 71-92. 2011.
- BOLDRINI, I.I.; LONGHI-WAGNER, H.M. & BOECHAT, S.C. **Morfologia e taxonomia de Gramíneas Sul-Rio-grandenses**. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS. 2 ed., 87p. 2008.
- BOLDRINI, I.L.; LONGHI-WAGNER, H.M.; BOECHAT, S.D. **Morfologia e taxonomia de gramíneas Sul-Riograndenses**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. p. 45-47, 2005.
- BORU, G.; VANTOAI, T.; ALVES, J.; HUA, D.; KNEE, M. Responses of soybean to oxygen deficiency and elevated rootzone carbon dioxide concentration. **Annals of Botany**, v.91, p.447-453, 2003.

CANTERI, M. G., ALTHAUS, R. A., VIRGENS FILHO, J. S., GIGLIOTI, E. A., GODOY, C. V. SASM - Agri: Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scoft-Knott, Tukey e Duncan. **Revista Brasileira de Agrocomputação**, v.1, n.2, p.18-24. 2001.

DIAS-FILHO, M.B.; CARVALHO, C.J.R. DE. Physiological and morphological responses of *brachiaria* spp. to flooding. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.10, p.1959-1966, out. 2000.

DORNELLES, S.H.B. Caracterização de acessos polimórficos de arroz vermelho do Rio Grande do Sul por descritores morfológicos e microssatélites. Santa Maria. 2009. 101 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria. 2009.

DREW, M.C. Oxygen deficiency and root metabolism: injury and acclimation under hypoxia and anoxia. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v.48, p.223-250, 1997.

FILGUEIRAS, T.S.; CANTO-DOROW, T.S.; CARVALHO, M.L.S.; DÓREA, M.C.; FERREIRA, F.M.; MOTA, A.C.; OLIVEIRA, R.C. DE; OLIVEIRA, R.P.; REIS, P.A.; RODRIGUES, R.S.; SANTOS-GONÇALVES, A.P.; SHIRASUNA, R.T.; SILVA, A.S.; SILVA, C.; VALLS, J.F.M.; VIANA, P.L.; WELKER, C.A.D.; ZANIN, A.; LONGHI-WAGNER, H.M. *Poaceae* in **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB193>>. Acesso em: 17 Nov. 2015.

FORSYTHE, W. **Física de solos: Manual de Laboratório**. Instituto interamericano de ciência agrícola, San José, Costa Rica, 212p. 1975

FREITAS, G. K.; PIVELLO, V. A. **Ameaça das Gramíneas Exóticas à Biodiversidade**. In: PIVELLO, V. R.; VARANDA, E. M. (ORG). O Cerrado Pé-de-Gigante (Parque Estadual de Vassununga, São Paulo). São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente, p. 283-296, 2006.

HASENACK, H.; CORDEIRO, J.L.P.; COSTA, B.S.C da. Cobertura Vegetal Atual do Rio Grande do Sul. In: SIMPÓSIO DE FORRAGEIRAS E PRODUÇÃO ANIMAL, 2., 2007, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: UFRGS - Departamento de Forrageiras e Agrometeorologia, p.15-21. 2007.

ISHIDA, F.Y.; OLIVEIRA, L.E.M.; CARVALHO, C.J.R.; ALVES, J.D. Efeitos da inundação parcial e total sobre o crescimento, teor de clorofila e fluorescência de *Setaria anceps* e *Paspalum repens*. **Ciência e Agrotecnologia**, v.6, p.1152-1159, 2002.

KISSMANN, K. G. **Plantas infestantes e nocivas**. Ed.2. São Paulo, Basf Brasileira. 1997.

KOLB, R.M.; JOLY, C.A. Flooding tolerance of *Tabebuia cassinoides*: Metabolic, morphological and growth responses. **Flora**, v. 204, p.528-535, 2009.

KOZLOWSKI, T.T. Responses of woody plants to flooding and salinity. **Tree Physiology**, v.1, 1997. Disponível: Heron Publishing – Victoria, Canada. URL: <http://www.heronpublishing.com/tp/monograph/kozlowski.pdf>

LIZAS O.J.I.; RITCHIE, J.T. Maize shoot and root response to root zone saturation during vegetative growth. **Agronomy Journal**, Madison, v.89, p.125-134, 1997.

LONGHI-WAGNER, H.M. *Eragrostis* in **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB13197>>. Acesso em: 17 Nov. 2015.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: Terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas**. 4ª ed. Plantarum, Nova Odessa, Brasil, 640 p. 2008.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas**. 3.ed. Nova Odessa: Plantarum, 624 p., 2000.

LORETI, J.; OESTERHELD, M. Intraspecific variation in the resistance to flooding and drought in populations of *Paspalum dilatatum* from different topographic positions. **Oecologia**, Berlin, v.108, p.279-284, 1996.

MACEDO, L.C.P. Alterações morfológicas em plantas do gênero *Urochloa* P. Beauv. submetidas a três condições de umidade do solo. 2015. 69 p. **Dissertação** (Mestrado em Agrobiologia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

MAGNUSSON, W. E. Homogenização biótica. In: ROCHA, Carlos Frederico Duarte; BERGALLO, Helena Godoy; SLUYS, Monique van; ALVES, Maria Alice Santos (Ed.) **Biologia da conservação: essências**. São Carlos: Rima, p. 211-229. 2006.

MEDEIROS, R. B.; PILLAR, V. P.; REIS, J. C. R. Expansão de *Eragrostis plana* Ness. (capim-annoni) no Rio Grande do Sul e indicativos de controle. In: REUNIÓN DEL GRUPO TÉCNICO REGIONAL DEL CONO SUR EM MEJORAMIENTO Y UTILIZACIÓN DE LOS RECURSOS FORRAJEROS DEL ÁREA TROPICAL Y SUBTROPICAL - GRUPO CAMPOS, 30., 2004, Salto. **Anais...** Salto: Universidad de la Republica, p. 211-212, 2004.

PILLAR, V.D.P.; Multivariate exploratory analysis and randomization testing with MULTIV. **Coenoses**. v.12, 1997.

PIRES, J.L.F.; SOPRANO, E.; CASSOL, B. Adaptações morfofisiológicas da soja em solo inundado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.41-50, 2002.

REIS, J. C. L. Capimannoni-2: origem, morfologia, características, disseminação. In: REUNIÃO REGIONAL DE AVALIAÇÃO DE PESQUISA COM ANNONI 2. 1991, Bagé. **Anais...** Bagé: Embrapa-CPPSUL, p. 5-23. 1993.

ROHLF, F. Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis. Versão 2.02. NTSYS-PC. 1997.

SANCHOTENE, D.M. Caracterização de acessos de capim arroz do Rio Grande do Sul. 2012. 89 f. **Tese** (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

SCHNEIDER, A. A. A flora naturalizada no estado do Rio Grande do Sul, Brasil: herbáceas subspontâneas. **Biociências**, Porto Alegre, v. 15, n. 2, p. 257-268, 2007.

SILVA, M. R. M.; DURIGAN, J. C. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura do arroz de terras altas. I – Cultivar IAC 202. **Planta Daninha**, v. 24, n. 4, p. 685-694, 2006.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO. Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado Arroz Irrigado: **Recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil**. Gravatal, SC, SOSBAI. 2012.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO. Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado. Arroz Irrigado: **Recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil**. Bento Gonçalves, RS, SOSBAI. 2014.

YAMAGUCHI, M.; BISWAS, J.K. Rice cultivar difference in seedling establishment in flooded soil. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.189, p.145-153, 1997.

YAMAMOTO, F.; SAKATA, T.; TERAZAWA, K. Physiological, morphological and anatomical responses of *Fraxinus mandshurica* seedlings to flooding. **Tree Physiology**, Victoria, v.15, p.713-719, 1995.

WOLFE, D.W.; HENDERSON, D. W.; HSIAO, T.C.; ALVINO, A. 1988. Interactive water and nitrogen effects on senescence of maize: I. Leaf area duration, nitrogen distribution, and yield. **Agronomy Journal**, 80: 859-864.

CAPÍTULO II

Desenvolvimento de Aerênquimas e Raízes Adventícias na superfície do solo como Mecanismo de Sobrevivência em Acessos de *Eragrostis plana* Nees e *Eragrostis pilosa* (L.) P. Beauv. Submetidos a Ambiente com Solo Alagado

Development aerenchyma and adventitious roots on the soil surface as a survival mechanism in *Eragrostis plana* Nees accesses and *Eragrostis pilosa* (L.) P. Beauv. in the soil flooding.

Bruno Wolffenbuttel Carloto¹; Galileo Adeli Buriol²; Sylvio Henrique Bidel Dornelles²; Liliana Essi³; Hilda Hidelandt Soriani⁴; Juçara Terezinha Paranhos²; Nilton Teixeira Pedrollo⁵; Andrei Goergen⁵;

¹Pós-graduando Programa de Pós-Graduação em Agrobiologia-UFSM; ²Professor Programa de Pós-Graduação em Agrobiologia-UFSM; ³Professora Departamento de Biologia–UFSM; ⁴Professora UFSM-Campus Frederico Westphalen; Acadêmicos de Agronomia Bolsistas de Iniciação Científica–UFSM.

RESUMO

O experimento foi realizado em casa de vegetação no ano de 2014/2015, onde foram avaliados os mecanismos adaptativos ao ambiente hipóxico de acessos das espécies de *Eragrostis plana* e *Eragrostis pilosa*, quando submetidas a três condições de umidade do solo. Os tratamentos foram constituídos de solo com 50% da capacidade de retenção de água (CRA) simulando ambientes de terras altas, 100% da CRA, simulando ambientes de terras baixas de várzea, e solo com lâmina de água de 10 cm, simulando ambiente de lavoura de arroz irrigado. Foram avaliados os parâmetros morfológico-anatômicos das plantas e quantificou-se a formação de aerênquimas e raízes adventícias na superfície do solo como respostas às diferentes quantidades de umidade do solo. Além disso, quantificou-se os pigmentos fotossintéticos e a capacidade de transporte de elétrons da cadeia fotossintética, com a intenção de verificar se a quantidade de água do solo apresenta interferência nesses parâmetros. Verificou-se que as respostas foram semelhantes entre as duas espécies quando submetidas em ambiente de lâmina de água, onde houve maiores formações de aerênquimas nas raízes e colmos, bem como raízes adventícias na superfície do solo, inferindo adaptações para sobrevivência ao stress anaeróbico. Efeitos negativos sobre o transporte de elétrons e a formação de pigmentos clorofílicos foram verificados para ambas as espécies quando submetidas ao ambiente hipóxico e, conseqüentemente, houve redução da massa seca da parte aérea e de raízes, bem como ocorreu redução na emissão de perfilhos. A avaliação da capacidade plástica de crescimento e desenvolvimento das plantas estudadas permite concluir que o manejo da água de irrigação e a lâmina de água na lavoura de arroz é importante aliado ao controle das plantas invasoras, tendo em vista os efeitos negativos causados ao crescimento e desenvolvimento destas.

Palavras-chave: hipoxia; morfologia; fotossíntese; inundação.

ABSTRACT

The experiment was conducted in a greenhouse in the year 2014/2015, which evaluated the adaptive mechanisms to hypoxic environment of hits species *Eragrostis plana* and *Eragrostis pilosa*, when subjected to three soil water conditions. The treatments consisted of soil with 50% of the Soil water capacity, 100% of the Soil water capacity, simulating environments of low floodplain land and soil with 10 cm water depth, simulating environment the rice paddy. We evaluated the morphological and anatomical parameters of plants and quantified the formation of aerenchyma and adventitious roots on the soil surface as answers to different amounts of soil water. Furthermore, it quantitated photosynthetic pigments and the electron transport capacity of the photosynthetic chain, with the intention of checking whether the amount of ground water has these interference parameters. It was found that the responses were similar between the two species when subjected to water depth environment where there were higher formations aerenchyma the roots and stems and adventitious roots on the soil surface, inferring adaptations for survival anaerobic stress. Negative effects on the transport of electrons and the formation of chlorophyll pigments were checked for both species when subjected to hypoxic environment and, consequently, a reduction of the dry mass of shoots and roots, and there was a reduction in the emission of tillers Evaluation plastic capacity for growth and development of the studied plants shows that the management of irrigation water and the water level in rice farming is an important ally to the control of invasive plants, in view of the negative effects on growth and development of these.

Key words: hypoxi; morphology; photosynthesis; flooding

1. INTRODUÇÃO

A produtividade final da cultura do arroz irrigado sofre interferência direta de vários fatores como o manejo a irrigação, época de semeadura, correta nutrição, ataque de insetos praga, doenças fitopatogênicas e competição com plantas daninhas. Dentre estes fatores destaca-se a competição da cultura com as plantas invasoras que competem por nutrientes e luz em detrimento das plantas de arroz, refletindo assim em redução da produtividade final (LILGE *et al.*, 2003).

As áreas de produção de arroz irrigado se encontram nas partes mais baixas, várzeas e estão em constante alagamento, tendo em vista que a condução do ciclo da cultura do arroz se dá com a manutenção de uma lâmina de água. Para que as plantas possam sobreviver a esse alagamento, deve-se desenvolver mecanismos para suprir o déficit de oxigênio do solo provocado pelo encharcamento. A hipoxia provocada pela lâmina de água induz uma aclimatação bioquímica anaeróbica da planta, o que é primeiramente observado nas raízes, as quais sofrem interferência direta da falta de oxigênio e com isso buscam manter o metabolismo basal com a redução do gasto de energia (IRFAN *et al.*, 2010).

A falta de oxigênio para as raízes em longos períodos reflete em respostas morfológicas, anatômicas e fisiológicas com a formação de raízes diageotrópicas, raízes adventícias, aerênquimas e ainda a formação de rachaduras corticais ou peridérmicas em caules resultantes de hipertrofia (DAVANSO *et al.*, 2002; BATISTA *et al.*, 2008). Outras respostas das plantas em aclimatação ao ambiente hipóxico são a redução do acúmulo de biomassa de raiz, caule e hastes, formação de raízes adventícias, aerênquimas e pneumatóforos, expansão foliar, indução de abscisão foliar e senescência (COLMER & PEDERSEN 2008; ZANANDREA *et al.*, 2009; OLIVEIRA & JOLY 2010). Em níveis de estresse por alagamento mais severo, as plantas podem apresentar amarelecimento foliar, em função da diminuição dos teores de clorofila nas folhas pela degradação ou redução da síntese da mesma (CARVALHO & ISHIDA, 2002; ISHIDA *et al.*, 2002; MAIA & PIEDADE, 2002; CHEN *et al.*, 2005).

Entretanto, algumas plantas possuem mecanismos adaptativos para suprir a falta de oxigênio para as raízes, e são consideradas plantas tolerantes ao alagamento. Esses mecanismos podem estar ligados a expressão ou ativação da expressão de alguns genes responsáveis pela síntese de enzimas do metabolismo de carboidratos, bem como a formação e desenvolvimento de aerênquimas e raízes adventícias na superfície do solo (FRIES *et al.*,

2007). O desenvolvimento de aerênquimas em plantas submetidas ao meio com solo alagado é um mecanismo para driblar o déficit de oxigênio das raízes através da difusão dos gases por espaços intercelulares formando um tecido longitudinal dentro da planta que liga a parte aérea às raízes (SAIRAM *et al.*, 2008).

As gramíneas são as principais plantas daninhas que acometem a cultura do arroz, isso se deve ao fato de apresentarem morfologia, exigências nutricionais e hábito de crescimento semelhante, o que gera uma competição ainda mais intensa (SILVA & DURIGON, 2006). Dentre as gramíneas que acometem a cultura do arroz, destacam-se as espécies *Eragrostis plana* e *Eragrostis pilosa* devido à recente introdução ao ambiente de lavoura orizícola e a competição com a cultura. Essas duas espécies foram introduzidas no estado como sendo espécies forrageiras de origem africana, com o desenvolvimento em ambientes de solo seco (OUTDTSHOORN *et al.*, 1992; ZON, 1992; REIS, 1993)

O Capim-annoni-2, como é conhecida popularmente *E. plana*, possui alta prolificidade, rusticidade e capacidade de aclimatar-se em ambientes distintos com rápida naturalização, características que conferem invasividade e forte competição (BOLDRINI *et al.*, 2005). Segundo Medeiros *et al.* (2004) o Capim-annoni-2 é a invasora mais agressiva dos campos do RS.

Popularmente conhecida como capim barbicha-de-alemão, *Eragrostis pilosa* é comumente encontrada competindo com a cultura do arroz. Essa espécie possui uma alta produção de sementes, sua inflorescência é característica e a distingue das demais espécies do gênero, através da posição das espiguetas com o ângulo de 90° em relação ao racemo principal e de coloração cinzenta. A espécie se reproduz por sementes e apresenta ciclo anual (KISSMANN, 1997). É encontrada em quase todo o território brasileiro em competição com lavouras anuais ou perenes, sua introdução se dá primeiramente em locais de trânsito de máquinas em áreas com posterior invasão de áreas de produção comercial (LORENZI, 2000).

O conhecimento da biologia, ciclo, hábito de desenvolvimento e características específicas das plantas que interferem na lavoura com a redução de produtividade é de suma importância. Concenço *et al.* (2014) afirmam que se deve conhecer a biologia das plantas daninhas o tanto quanto se conhece as plantas cultivadas.

A pesquisa objetiva desvendar os mecanismos e alterações anatômicas desenvolvidas por acessos de *Eragrostis plana* e *Eragrostis pilosa* para sobreviver em ambientes de lavoura orizícola através da simulação desse ambiente alagado em casa de vegetação. O conhecimento

das estratégias adaptativas dessas plantas é importante para que se possam traçar estratégias de controle dentro de um manejo integrado da cultura do arroz.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local de amostragem

Foram coletadas sementes de acessos de *Eragrostis plana* e *Eragrostis pilosa* no município de Itaqui na região da fronteira oeste do estado do Rio Grande do Sul no ano de 2014 (29° 14' 58,43" S, 56° 20' 57,51" W). A região foi escolhida através de informações prévias de produtores afirmando a ocorrência dessas espécies em lavouras de arroz irrigado. As plantas foram previamente caracterizadas em campo, identificadas e catalogadas como um acesso cada planta coletada. Coletou-se 100g de semente de cada espécie (sementes de uma planta) os quais foram acondicionados em sacos de papel poroso com a devida identificação de localidade, coordenadas geográficas, espécie e nome do coletor. Em laboratório foram realizados os processos de beneficiamento das sementes como limpeza e secagem para um melhor armazenamento.

2.2. Procedimento experimental

A análise da plasticidade anatômica dos acessos ocorreu em casa de vegetação (estufa com cobertura plástica de 6 metros por 20 m, com pé-direito de 5 m). Baseou-se na semeadura das cariopses em vasos divididos em três condições de capacidade de retenção de água do solo (CRA). O solo utilizado foi oriundo de área de cultivo de arroz irrigado (Unidade de mapeamento São Pedro, Argissolo vermelho, horizonte A). Após a coleta do solo, o mesmo passou por peneiras de 5 mm com a intenção de eliminar pedras e torrões e ainda sementes de plantas indesejadas para o experimento e então foi acondicionado em vasos com capacidade de 7,5 litros, cada vaso continha 6,0 kg de solo peneirado.

A unidade experimental baseou-se em um vaso com 6,0 kg de solo peneirado e uma condição de umidade. O processo ocorreu em 60 vasos que foram divididos entre as duas espécies (30 vasos para cada espécie). Cada 30 vasos receberam 5 sementes de mesma espécie. Após a emergência das plântulas procedeu-se a um raleio deixando uma planta por

vaso. A semeadura ocorreu no dia 30 de dezembro de 2014 e as plântulas emergiram entre o dias 06 e 09 de janeiro de 2015.

Vasos contendo sementes de mesma espécie foram divididos em três grupos de 10 vasos, cada vaso representando uma repetição. Os três grupos são descritos da seguinte forma: o primeiro grupo apresenta 50% da CRA com a intenção de simular ambiente seco (coxilha), o segundo grupo recebeu 100% da CRA com o intuito de simular ambientes encharcados (várzeas) e o terceiro grupo apresentou lâmina de água de 10 cm constante em todo o período de avaliações com o objetivo de simular ambiente de lavoura de arroz irrigado (quadro inundado). O Delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com três tratamentos (50% da CRA; 100% da CRA e lâmina de água de 10 cm), duas espécies (*Eragrostis pilosa* e *Eragrostis plana*) e 10 repetições por tratamento.

2.3. Determinação da capacidade de retenção de água do solo (CRA)

A CRA foi determinada por meio da secagem do solo em estufa a 100° C até atingir peso constante, com pesagens em balança de precisão de 0,01g a cada 30 minutos. Quando o peso não variou mais, considerou-se que o solo se encontrava seco. Em 3 kg de solo seco acondicionados em um vaso com orifícios na base foram realizados sucessivos encharcamentos até que a água escorresse pelos orifícios basais do vaso. Nesse momento, houve a interrupção dos encharcamentos. Com a avaliação do escoamento da água nos drenos basais do vaso determinou-se que o solo se encontrava com 100% da CRA (capacidade de retenção de água) quando o escoamento cessou, ou seja, após a última gota de água escorrer. Logo após, pesou-se o vaso com o solo úmido em balança de precisão de 0,01g e através da diferença entre o peso do vaso mais o peso do solo úmido menos o peso do vaso mais o peso do solo seco foi determinada a massa de água em gramas (considerando que a massa específica da água seja 1000 kg m⁻³ ou 1 kg L⁻¹) necessária para que o solo atinja 100% da CRA.

Para a obtenção das umidades dos tratamentos (50% e 100% da CRA) foram utilizadas fórmulas para determinação segundo Schwab (2010):

$$PV_{100\%} = (PV_{CRA} - PV_{seco}).1 + PV_{seco}$$

$$PV_{50\%} = (PV_{CRA} - PV_{seco}).0,5 + PV_{seco}$$

Onde $PV_n\%$ é o peso do vaso para cada tratamento; PV_{CRA} é a capacidade de retenção de água do solo; PV_{seco} é o peso do vaso preenchido com o solo seco.

Foi utilizado uma tala plástica de malha 0,2 mm para cobrir os orifícios no fundo do vaso para evitar o possível escapamento do solo peneirado.

Os tratamentos de 50%, 100% da CRA e Lâmina de água foram introduzidos quando as plantas de encontravam em estágio de 3 a 4 folhas. Até esse momento as plantas receberam irrigação constante de 75% da CRA. Para a determinação de 75% da CRA baseou-se na fórmula:

$$PV_{75\%} = (PV_{CRA} - PV_{seco}) \cdot 0,75 + PV_{seco}$$

No dia 21 de janeiro de 2015, os tratamentos tiveram início, quinze dias após a emergência das plântulas. A manutenção dos tratamentos foi realizada através de irrigações diárias com a pesagem dos vasos em balança ACS System com precisão de 5g, e o reabastecimento de água no vaso para atingir a CRA de cada tratamento pré-determinado (peso do vaso + peso do solo seco + massa de água para atingir a CRA requerida).

A adubação das unidades experimentais baseou-se na análise do solo utilizado levando em conta recomendações da ROLAS (Rede Oficial de Laboratório de Análise de Solos) para a cultura do arroz irrigado. A adubação de cobertura foi baseada nas recomendações da SOSBAI (Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado, 2012). Realizou-se adubação homogênea em todas as unidades experimentais.

2.4. Obtenção das amostras para análise anatômica

A coleta do material para análise anatômica dos acessos foi realizada quando as plantas se encontravam em estágio de florescimento. Com o auxílio de um bisturi, foram retirados cortes do terço médio da raiz e terço médio do colmo de cada planta em cada unidade experimental. Em um tubo de ensaio contendo fixador glutaraldeído 1% e formaldeído 4% (McDowell & Trump, 1976) em tampão fosfórico 0,1 M (Gabriel, 1982), foram acondicionados os cortes, com objetivo de manutenção da integridade celular. O armazenamento dos tubos contendo o material coletado ocorreu em estantes de arame na posição ereta a 5° C e foram fixados em câmara de vácuo e posteriormente armazenados em geladeira até a confecção das lâminas.

A técnica utilizada para a confecção das lâminas seguiu o protocolo modificado por Mariath & Santos (1996), técnica da historesina-Jung. O emblocamento do material foi realizado em hidroxietilmetacrilato, de acordo com o protocolo de Gerrits & Smid (1983). Através do seccionamento do material emblocado, com auxílio de um micrótomo de rotação, foram obtidos os cortes transversais anatômicos de 4 micrômetros de espessura e posteriormente foram processados e fixados em lâmina de vidro corados com azul de toluidina 0,05% (Feder & O'Brien, 1968).

2.5. Avaliações dos cortes anatômicos

Foram avaliados cortes anatômicos de raiz e caule de ambas as espécies. Para observação e registro fotográfico dos cortes anatômicos e de suas estruturas detalhadas foi utilizado um microscópio óptico da marca Zeiss (modelo Axio Scope.A1) com câmera acoplada de alta resolução e integrado a um microcomputador portando o software de análise de imagens Zen 2012.

Após o registro fotográfico, as imagens passaram por uma avaliação com o objetivo de determinar a área relativa da secção da raiz e caule que efetivamente apresentava formação de espaços aéreos ou aerênquimas. Para isso foi utilizado o software Zen 2012 que possui uma ferramenta de análise e edição de imagens, no qual mediu-se a área total da secção do corte e a área ocupada pelas estruturas de aerênquimas, assim permitindo por meio de uma simples equação determinar a área relativa em porcentagem (%). Os resultados foram analisados no software SISVAR (Ferreira, 2000), onde foram submetidos à análise da variância via bootstrap com 2000 simulações e as médias dos tratamentos para cada espécie, e de maneira separada foram comparadas pelo teste de Tukey a nível de 5% de significância.

2.6. Quantificação dos pigmentos fotossintéticos

As concentrações de clorofila a (Chl a), clorofila b (Chl b) e clorofila total (Chl total), bem como o teor de carotenoides, foram determinados seguindo a metodologia descrita por Hendry & Price (1993), sendo utilizadas quatro amostras por tratamento.

Do terço médio da folha bandeira de plantas de cada tratamento, foram coletadas amostras de tecido, imediatamente congeladas em N₂ líquido. As amostras foram maceradas em cadinho. Após, 50 mg de cada amostra foi homogeneizada em 5,0 mL de acetona 80%,

sendo transferida para tubos tipo Falcon com o objetivo de proceder a uma centrifugação a 4.000 rotações por 3 minutos na temperatura de 25°C conforme preconizado na metodologia.

As absorvâncias do sobrenadante a 480, 645 e 663 nm foram determinadas em espectrofotômetro modelo SF325NM (Bel Engineering, Itália) e as concentrações de clorofila a, b, total, bem como dos carotenoides foram calculadas através das equações:

$$\text{Chl } a \text{ (mg g}^{-1} \text{ MF): } \frac{(((11,75 \times A_{663}) - (2,35 \times A_{645})) \times V)}{\text{MF}}$$

$$\text{Chl } b \text{ (mg g}^{-1} \text{ MF): } \frac{(((18,61 \times A_{645}) - (3,96 \times A_{663})) \times V)}{\text{MF}}$$

$$\text{Chl total (mg g}^{-1} \text{ MF): Chl } a + \text{Chl } b$$

$$\text{Carotenoides (mg g}^{-1} \text{ MF): } \frac{((1000 \times A_{480}) - (2,27 \times \text{Chl } a) - (81,4 \times \text{Chl } b)) / 227}{\text{MF}} \times V$$

Onde: V = volume do extrato de folhas (mL) e MF = massa fresca da amostra (mg).

2.7. Avaliação da fluorescência da clorofila *a*

Os parâmetros de fluorescência da clorofila *a*: fluorescência inicial (F_0), fluorescência máxima (F_m), razão fluorescência variável/fluorescência máxima (eficiência fotoquímica máxima do PSII) (F_v/F_m), a razão fluorescência variável/fluorescência inicial (F_v/F_0), o rendimento quântico efetivo do PSII (Y_{II125}) e a taxa de transporte de elétrons (ETR_{1500}) foram medidos com o fluorômetro de pulso modulado JUNIOR-PAM (Walz, Alemanha) no período entre 3:00h e 8:00h. Para as medições utilizou-se a folha bandeira da planta mãe de cada planta avaliada. Antes das medições, as folhas a serem analisadas foram pré-adaptadas no escuro pelo período de 30 minutos para a determinação da fluorescência inicial (F_0) e, posteriormente submetidas a um pulso de luz saturante ($10.000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}$) por 0,6 s, determinando-se assim a fluorescência máxima (F_m). A eficiência fotoquímica máxima do PSII (F_v/F_m) foi calculada através da razão da fluorescência variável ($F_m - F_0$) e a fluorescência máxima e a razão F_v/F_0 através da razão da fluorescência variável ($F_m - F_0$) e a fluorescência inicial. A taxa de transporte de elétrons (ETR_{1500}) foi determinada através de curvas de luz (taxa de transporte de elétrons versus intensidade de luz - PAR), as quais foram construídas submetendo-se cada amostra a nove níveis de radiação (0, 125, 190, 285, 420,

625, 820, 1150 e 1500 $\mu\text{mol elétrons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) a cada 10 s. As curvas e a geração dos gráficos foram obtidas através do programa SIGMAPLOT versão 2011. Os dados foram submetidos à análise da variância após verificar-se as pressuposições quanto à normalidade e homogeneidade. Sendo significativos, foram submetidos ao teste de médias de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

As medições foram ajustadas usando a equação $\text{ETR} = \text{ETR}_{\text{max}}[1 - e^{-kQ}]$, onde k é uma constante de encaixe, e Q representa a intensidade de luz (PAR), segundo metodologia descrita por Rascher *et al.* (2000).

2.8 Avaliação do número de perfilhos e massa seca

O número de perfilhos foi contado no estágio de pleno florescimento, sendo que foi identificada desde o início do experimento a planta mãe com esta finalidade. Para a análise de massa seca, quatro plantas foram retiradas dos vasos e a parte aérea (incluindo planta mãe e perfilhos) foram separados de suas raízes. Depois disso o sistema radicular foi limpo com água corrente em um recipiente fechado, recuperando as raízes soltas. Os materiais limpos foram colocados em sacos de papel poroso, e colocados em estufa com secagem por ar forçado a uma temperatura de 65° C até que atingisse peso constante.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Formação de aerênquimas em colmo e raízes como mecanismo de adaptação ao ambiente hipóxico

Os resultados obtidos para a anatomia radicular (Tabela 1) permitem observar que ambas as espécies *Eragrostis pilosa* e *Eragrostis plana* apresentaram resposta semelhante com relação à formação de aerênquimas neste órgão. Com 50% da CRA, não foram observados tecidos aerenquimáticos no córtex e no cilindro central radicular dos cortes analisados (Figuras 3 e 4 - anexo). À medida que foi-se aumentando a quantidade de água no solo, a partir de 100% da CRA observa-se maior formação e ocupação de áreas relativas do córtex com aerênquimas sendo que, com lâmina de água, estatisticamente obteve-se maior área relativa com estes tecidos de reserva aerífera e difusão de O_2 como resposta ao alagamento.

TABELA 1. Teste de Tukey com nível de significância de 5% para a variável área relativa (%) da secção da raiz com formação de espaços aéreos (aerênquimas).

Condição de umidade do solo	Área relativa (%) da secção da raiz	
	<i>Eragrostis plana</i>	<i>Eragrostis pilosa</i>
1. 50% da CRA	0,0000 c	0,0000 c
2. 100% da CRA	26,7744 b	35,9471 b
3. Lâmina de água	57,6090 a	55,6949 a
DMS	7,9181	16,1524
CV (%)	14,0848	26,8110
Pr>F	0,0003 (significativo)	0,0000 (significativo)

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente sob as diferentes condições hídricas, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Em espécies do gênero *Urochloa*, Macedo (2015) também verificou maior formação de aerênquimas em raízes de plantas submetidas ao alagamento com manutenção de lâmina de água sobre a superfície do solo quando comparada com quantidade de água de 50% da CRA. Resultados que corroboram com os obtidos no presente estudo com espécies do gênero *Eragrostis*. O pesquisador também observou habilidades distintas de diferentes espécies do gênero *Urochloa* em sobreviver no ambiente alagado, concluindo que estas habilidades devem-se ao tempo de adaptação ao ambiente, sendo que *Urochloa platyphylla* por ser planta comum em ambientes de terras baixas apresentou maior capacidade de adaptar-se ao ambiente hipóxico do que a espécie *Urochloa plantaginea* planta daninha que é comum em ambiente de terras altas e de introdução mais recente no ambiente de várzeas inundáveis.

Plantas de arroz (*Oryza sativa*), ao longo da evolução, adaptaram-se ao ambiente com solos mal drenados e apresentam maior capacidade fisiológica e modificações bioquímicas importantes que permitem maior formação de aerênquimas e suprimento de oxigênio. Isto facilita a difusão de O₂ nestes canais que ligam a parte aérea da planta ao sistema radicular e permite que estas sobrevivam mesmo em condições de anoxia presentes nas partes mais profundas do solo alagado (HOLZSCHUH *et al.*, 2010). Porém em soja (SHIMONO *et al.*, 2012) o excesso de umidade do solo reduziu o crescimento das plantas, efeito também observado por Barta (2002) com alfafa, sendo que o maior nível de radiação medida associado ao maior encharcamento do solo produziu os maiores danos nas plantas, que não apresentam boa adaptação a estes ambientes.

Em plantas de girassol Wample & Davis (1983) observaram que o encharcamento do solo aumentou o teor de amido presente nos cloroplastos das células, e como consequência houve um efeito danoso sobre a taxa de fixação de CO₂, provocando distorções nas membranas dos tilacóides com redução da luz que as atinge. Neste sentido, há uma alteração

no fluxo de elétrons, que foi prejudicado, interferindo no crescimento das plantas em função da menor produção de fotoassimilados.

A análise dos dados referentes à área relativa (%) do colmo ocupada por aerênquimas (tabela 2), permite verificar que para *Eragrostis pilosa* não houve diferença estatística significativa (P-valor > 0,05) entre os tratamentos com diferentes quantidades de água no solo (50% da CRA, 100% da CRA e lâmina de água de 10 cm). Estes resultados devem-se à maior adaptação desta espécie ao ambiente alagado, já que é uma espécie comum em ambientes de produção de arroz em terras baixas, conforme afirma Kissmann (1997). Pressupõe-se que esta característica já esteja incorporada ao genótipo da espécie pelo maior período de adaptação ao ambiente alagado, e a planta forma mais aerênquimas no córtex das raízes do que no córtex do colmo além de raízes adventícias na superfície do solo, alterações morfológicas que permitem sobrevivência destas plantas neste ambiente hipóxico.

Avaliando a espécie *Eragrostis plana* que é uma espécie que originalmente se desenvolve em terras altas e bem drenadas (KISSMANN, 1997), verifica-se que a área relativa ocupada por aerênquimas no colmo é significativamente maior (P-valor < 0,05) na condição onde as plantas foram submetidas a lâmina de água, possivelmente uma resposta adaptativa à hipoxia encontrada neste ambiente.

TABELA 2. Teste de Tukey com nível de significância de 5% para a variável área relativa (%) da secção do colmo com formação de espaços aéreos (aerênquimas).

Condição de umidade do solo	Área relativa (%) da secção do colmo	
	<i>Eragrostis plana</i>	<i>Eragrostis pilosa</i>
1. 50% da CRA	7,1594 b	1,85 ^{ns}
2. 100% da CRA	5,0836 b	1,70
3. Lâmina de água	10,1956 a	1,56
DMS	5,8896	3,8857
CV (%)	44,2944	27,4883
Pr>F	0,0300 (significativo)	0,7013 (não significativo)

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente sob as diferentes condições hídricas, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro. **ns- não significativo (p>0,05).

Em gramíneas como arroz (JOSHI & KUMAR, 2012), braquiária (MARTINEZ & DIAS FILHO, 2012), milho (ALVES *et al.*, 2002) e trigo (HOSSAIN & UDDIN, 2011) a reação imediata à inundação é a formação de aerênquimas em função da presença de etileno que promove um processo de sinalização etileno-H₂O₂ (COLMER *et al.*, 2006), acumulando nas células substâncias como etanol, acetaldeído e lactato que acidificam o citoplasma causando ruptura da parede celular (danos sobre elastinas, celulose, hemicelulose e ligninas da parede), efeitos sobre a membrana do tonoplasto e na membrana nuclear, provocando o

aumento de áreas nos tecidos para reserva e difusão de oxigênio o que comumente são chamados de aerênquimas. Segundo Hossain & Uddin (2011) aerênquimas também se formam sem sinalização etileno-H₂O₂ apenas por pressão dos gases sobre as paredes, causando rompimento destas e aumento das áreas aeríferas.

3.2. Formação de raízes adventícias na superfície do solo como mecanismo de sobrevivência à hipoxia

Além de formar aerênquimas (DREW *et al.*, 1985; JOSHI & KUMAR, 2012) um dos mecanismos de adaptação para sobrevivência de poáceas ao ambiente hipóxico é a formação de raízes adventícias na porção caulinar junto à superfície do solo (BOURANIS *et al.*, 2006). Também podem ser formados estolões (POVH *et al.*, 2005) como alteração morfológica para ambientação ao alagamento. Estudos realizados por Visse *et al.* (1997) e corroborados por Colmer (2003), demonstram que a oxigenação dos tecidos radiculares sob alagamento permitem que seja criada uma pequena zona na superfície do solo (entre a lâmina de água e o solo em hipoxia) onde há oxigênio. Desta forma, algumas espécies como a soja (SULZBACH, 2014), o trigo (HOSSAIN & UDDIN, 2011) e papuã (MACEDO, 2015) formam raízes adventícias nessa zona superficial do solo como principal mecanismo de sobrevivência em resposta à possibilidade de aproveitamento deste oxigênio alocado nesta parte de solo oxidada.

Neste estudo verifica-se, através da análise dos dados da Tabela 3, que à medida que se aumentou a quantidade de água no solo desde 100% da capacidade de campo, houve formação de raízes adventícias na zona de transição colmo-raiz nas duas espécies avaliadas (*Eragrostis pilosa* e *Eragrostis plana*). A maior formação de raízes adventícias na superfície do solo se observou na condição de lâmina de água como resposta à condição anaeróbica e provavelmente em função de aproveitar este oxigênio difundido a partir do sistema de aerênquimas formados no colmo e nas raízes para esta zona de solo oxidada, logo abaixo da superfície alagada.

Em plantas de soja cultivada em terras baixas inundáveis, Hansel (2015) verificou que o mecanismo de adaptabilidade desta eudicotiledônea à anaerobiose não é somente a formação de aerênquimas, mas principalmente a formação de raízes adventícias na região hipocotiledonar. Para a soja, os aerênquimas acabam sendo um transtorno, uma vez que acabam fragilizando o tecido cortical radicular e caulinar, provocando fissuras na epiderme

podendo facilitar a entrada de determinados patógenos do solo, bem como por prejudicar a oxigenação do sistema radicular.

TABELA 3. Quantidade média de raízes adventícias formadas, número de perfilhos e massa seca da parte aérea e raízes em função de diferentes condições de umidade do solo.

Umidade do solo	Nº perfilhos por planta		Massa seca (g)				Quantidade média de raízes adventícias formadas na superfície do solo (por planta)	
			Parte aérea		Raiz		<i>E. plana</i>	<i>E. pilosa</i>
	<i>E. plana</i>	<i>E. pilosa</i>	<i>E. plana</i>	<i>E. pilosa</i>	<i>E. plana</i>	<i>E. pilosa</i>		
1. 50% CRA	99,45a	52,23a	75,46a	46,79a	91,35 ^{ns}	52,42a*	0,00c	0,00c
2. 100% CRA	81,62a	47,99a	66,66a	42,04a	92,36	47,50a	6,25b	10,20b
3. Lâmina água	79,33b	8,93b	35,49b	10,23b	89,27	11,98b	24,25a	27,75a
CV (%)	12,84	10,03	15,61	19,72	-	14,95	25,87	19,79

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si sob as diferentes condições hídricas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro. **ns - não significativo ($p > 0,05$).
CRA = Capacidade de Retenção de Água no solo.

A planta sob hipoxia, para formar raízes adventícias superficiais e aerênquimas, desvia carboidratos para as novas estruturas. Normalmente, estes carboidratos seriam carreados para a expansão de área foliar (BACANMWO & PURCELL, 1999). Em gramíneas também desviam energia para emissão de perfilhos (MACEDO, 2015). Porém, para garantir a adaptabilidade e capacidade de sobrevivência da planta, esses fotoassimilados são translocados preferencialmente para a formação de raízes adventícias superficiais em comparação com raízes primárias devido à sua porosidade elevada (JUSTIN & ARMSTRONG, 1987).

No caso das poáceas avaliadas nesta pesquisa (*Eragrostis plana* e *Eragrostis pilosa*), não se verificou estes danos por fissuras ao sistema radicular primário e secundário, e tanto aerênquimas como raízes adventícias mostraram-se alterações anatômico-morfológicas fundamentais na adaptação destas ao ambiente hipóxico promovido pela lâmina de água de 10 centímetros.

3.3. Efeito da quantidade de água do solo na fotossíntese e crescimento das plantas

As tabelas 4 e 5 demonstram que a condição de hipoxia provocada pela lâmina de água influenciou na taxa de transferência de elétrons medida pela fluorescência da clorofila tanto em *Eragrostis pilosa* como em *Eragrostis plana*. A medida da máxima luminosidade (ETR_{1500}) demonstrou que o aumento da quantidade de água no solo afetou negativamente a

fotossíntese nas espécies de *Eragrostis* avaliadas. Outras respostas importantes à condição de anaerobiose a que são submetidas plantas em condições de alagamento dizem respeito ao menor crescimento da parte aérea (MACEDO, 2015) com redução do índice de área foliar fotossinteticamente ativa (KOZLOWSKI, 1984). A extrema condição de hipoxia denominada anoxia (total ausência de oxigenação) que ocorre nas zonas mais profundas do solo alagado, limita o desenvolvimento vegetal (MORARD & SILVESTRE, 1996) uma vez que promovem distúrbios fisiológicos nas plantas mais sensíveis em função da dificuldade de absorção radicular de nutrientes do solo (GLINSKI & STEPNIEWSKI, 1986), especialmente nitrogênio (PIMENTA, 1998) e fósforo. Nitrogênio é importante para formação de pigmentos (PIMENTA, 1998) e a deficiência de fósforo influencia negativamente na produção e na fluorescência da clorofila (ULIANA, 2013). Como consequência há uma interferência na fotossíntese, alterando a abertura (condutância) estomática e a difusão de CO₂ (PIMENTA, 1998) bem como o transporte de elétrons.

Este estresse é um dos fatores que deve ter influenciado na menor produção de massa seca da parte aérea das plantas bem como no menor perfilhamento em condição de lâmina de água (Tabela 3). De acordo com Maxwell & Johnson (1997), como a fluorescência é uma das vias de dissipação da energia luminosa absorvida e as variações que ocorrem nesta, podem ser medidas para demonstrar alterações em outras vias de dissipação como calor ou a fotossíntese, os valores medidos permitem demonstrar respostas a estresses pelos quais estas plantas passam. No caso de hipoxia, este resultado também pode estar relacionado com menor absorção de nitrogênio, bem como pelo acúmulo de ferro ou manganês (toxidez) e gases como dióxido de carbono e etileno, conforme verificou Rodrigues *et al.* (1993). Em milho, Cruciani (1985) verificou aumento de 35,5% na concentração de CO₂ em raízes duas horas após a inundação do solo e de 64% após 216 horas levando as plantas à morte por déficit respiratório, produção de etileno e efeitos deletérios na fotossíntese das plantas.

TABELA 4. Taxa de transporte de elétrons (ETR) de *Eragrostis pilosa*, submetida a diferentes condições hídricas.

Tratamento	PAR (intensidade de luz)								
	0	125	190	285	420	625	820	1150	1500
A	0 ^{ns}	26,6a	32,2 ^{ns}	38,8a*	47,6a	50,2a	57,0a	64,1a	69,4a
B	0	22,5a	28,5	37,1a	45,1a	49,2a	54,9a	63,5a	70,5a
C	0	18,9b	25,0	30,7b	36,9b	41,2b	45,5b	53,6b	64,8b

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro. **ns- não significativo (p>0,05). Tratamentos: A (50% da CRA), B (100% da CRA) e C (Lâmina d'água). CRA = Capacidade de retenção de água no solo

TABELA 5. Taxa de transporte de elétrons (ETR) de *Eragrostis plana*, submetida a diferentes condições hídricas.

Tratamento	PAR (intensidade de luz)								
	0	125	190	285	420	625	820	1150	1500
A	0 ^{ns}	25,6 ^{ns}	32,2 ^{ns}	40,7 ^{ns}	48,8 ^{ns}	52,7a*	59,6a	68,0a	74,3a
B	0	23,5	29,4	36,7	43,9	46,8a	52,6a	61,0a	63,9a
C	0	21,3	25,7	31,0	36,6	38,4b	45,5b	53,5b	57,8b

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro. **ns- não significativo ($p > 0,05$). Tratamentos: A (50% da CRA), B (100% da CRA), e C (Lâmina d'água). CRA = Capacidade de retenção de água no solo

Sob hipoxia/anoxia, há uma modificação na fase gasosa do solo formando gases indesejáveis como CH₄, H₂S, N₂O, C₂H₄, H₂ ocorrendo deficiência de O₂ e acúmulo de dióxido de carbono (CARLESSO *et al.*, 2000) o que provoca redução da fosforilação oxidativa e da produção de ATP com desnaturação de proteínas (STEFFENS *et al.*, 2005) e efeito na formação de pigmentos importantes. Desta forma, pode-se verificar efeitos de estresses na fotossíntese, como o provocado pelos efeitos da hipoxia, medindo a quantidade de pigmentos fotossintéticos (HENDRY & PRICE, 1993). Os pigmentos fotossintéticos como a clorofila *a* e *b* e os carotenoides são os responsáveis pela absorção e captura da energia luminosa nas etapas iniciais da fotossíntese (BOWYER & LEEGOOD, 1997). Portanto efeitos negativos na formação destes compostos podem ser medidos.

No presente estudo, verificou-se redução crescente (significativa $p < 0,05$) na concentração de pigmentos clorofila *a* e clorofila total (tabela 6) quando as plantas de *Eragrostis pilosa* e *Eragrostis plana* foram submetidas a quantidades crescentes de água no solo, principalmente na condição de lâmina de água de 10 centímetros. Esta medida reforça os valores encontrados para a taxa de transporte de elétrons (ETR) cuja resposta foi semelhante, o que permite inferir que a menor quantidade de pigmentos clorofila *a* e a menor transferência de elétrons pelo PSII, afetou a fotossíntese nas plantas estudadas (figura 1 – gráficos A e B) explicando o menor crescimento e desenvolvimento destas. Além disso, pode-se inferir que parte da energia que deveria servir para fixar CO₂ pode ter sido usada pela planta para produzir raízes adventícias (tabela 3) ou aerênquimas caulinares e radiculares interferindo no desenvolvimento da parte aérea e raízes primárias e secundárias. Isto pode ser observado nos resultados obtidos na medição da massa seca da parte aérea e na emissão de perfilhos (tabela 3) que foram reduzidos à medida que foi-se adicionando maiores quantidades de água no solo.

TABELA 6. Efeito de três condições de umidade do solo (50% da CRA; 100% da CRA e Lâmina de água de 10 cm) na concentração de clorofila *a* (Chl *a*), clorofila *b* (Chl *b*), clorofila total (Chl total), na razão clorofila *a* sobre clorofila *b* (Chl *a/b*), na concentração de carotenoides e na razão carotenoides sobre clorofila total (carotenoides/Chl total).

Umidade do solo	Parâmetros avaliados					
	Chl <i>a</i> (mg g ⁻¹ MF)	Chl <i>b</i> (mg g ⁻¹ MF)	Chl total	Carotenoides (mg g ⁻¹ MF)	Chl <i>a/b</i>	Carot/Chl total
<i>Eragrostis plana</i>						
1. 50% CRA	1,125 a	0,236 ^{ns}	1,160 ab	0,270 ^{ns}	3,69 ^{ns}	0,252 a
2. 100% CRA	1,206 a	0,244	1,301 a	0,281	3,91	0,240 ab
3. Lâmina de água	1,016 b	0,231	1,011 b	0,263	4,42	0,210 b
CV%	7,90	20,38	11,55	6,64	17,03	6,56
<i>Eragrostis pilosa</i>						
1. 50% CRA	1,387 a	0,267 ^{ns}	1,669 a	0,334 ^{ns}	4,90 ^{ns}	0,237 a
2. 100% CRA	1,348 a	0,260	1,607 a	0,359	4,94	0,232 a
3. Lâmina de água	1,025 b	0,282	1,288 b	0,310	3,93	0,199 b
CV%	7,23	14,54	7,24	10,35	11,13	5,90

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro. **ns- não significativo (p>0,05). CRA = Capacidade de retenção de água no solo.

Os resultados encontrados para as variáveis da fluorescência da clorofila *a*, como fluorescência inicial (Fo), fluorescência máxima (Fm) e rendimento quântico efetivo do PSII (YII)₁₂₅ não foram afetadas pelo aumento da quantidade de água no solo (não significativo P>0,05).

Em plantas fisiologicamente equilibradas, normalmente, os valores de Fv/Fm chegam aproximadamente a 0,85 em condições de baixa radiação, podendo variar entre espécies (ULIANA, 2013), sendo que valores inferiores a este podem indicar que as plantas foram expostas a algum tipo de estresse biótico ou abiótico que reduziu a capacidade fotoquímica do fotossistema II (KALAJI, 2008).

TABELA 7. Fluorescência basal (Fo), e Fluorescência máxima (Fm) da clorofila *a*; Eficiência quântica potencial do FSII (Fv/Fm), de *Eragrostis pilosa* submetido a diferentes condições hídricas do solo.

Tratamento	Fo	Fm	Fv/Fm
50% da CRA	152,250 ^{ns}	675,750 ^{ns}	0,774 ^{ns}
100% da CRA	152,500	660,500	0,769
Lâmina de água 10 cm	138,000	594,250	0,767

*Médias seguidas de letra minúscula diferente na coluna diferem estatisticamente sob as diferentes condições hídricas do solo, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. **ns - não significativo (p<0,05). CRA = capacidade de retenção de água no solo

TABELA 8. Fluorescência basal (Fo), e Fluorescência máxima (Fm) da clorofila *a*; Eficiência quântica potencial do FSII (Fv/Fm), de *Eragrostis plana* submetido a diferentes condições hídricas do solo.

Tratamento	Fo	Fm	Fv/Fm
50% da CRA	162,000 ^{ns}	730,250 ^{ns}	0,777 ^{ns}
100% da CRA	155,250	698,000	0,777
Lâmina de água 10 cm	157,330	684,670	0,770

*Médias seguidas de letra minúscula diferente na coluna diferem estatisticamente sob as diferentes condições hídricas do solo, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. **ns - não significativo ($p < 0,05$). CRA = capacidade de retenção de água no solo

Neste contexto, verifica-se pelas tabelas 7 e 8 que, apesar de não ter sido verificado diferença estatística significativa ($p > 0,05$) entre os tratamentos com diferentes quantidades de água no solo no parâmetro eficiência quântica do fotossistema II (PSII – Fv/Fm), os valores encontrados abaixo do considerado normal ($< 0,85$) revelam que pode haver um certo estresse nas plantas mesmo com 50% da CRA. No caso de lâmina de água, quando se verifica a taxa de transportes de elétrons na máxima luminosidade (ETR₁₅₀₀) permite inferir que a energia gerada que deveria ser usada para fixar CO₂, em função de que a eficiência quântica do PSII não se mostra diferente estatisticamente entre tratamentos, deve estar sendo carregada para produzir raízes adventícias e aerênquimas, prejudicando o crescimento e desenvolvimento da parte aérea das plantas.

Estas respostas variam entre as espécies. Plantas mais sensíveis à anaerobiose pelo alagamento produzem menos ATP (PEREIRA *et al.*, 2008), formam etileno e fecham estômatos reduzindo a assimilação de CO₂ com danos ao crescimento e desenvolvimento destas (MEDRI *et al.*, 2007). Assim, as poáceas podem produzir menor massa seca de parte aérea, menor altura de plantas e menor perfilhamento (MACEDO, 2015). Plantas mais tolerantes, reagem ao stress anaeróbico formando tecidos aerenquimáticos (no córtex de raízes e caules) que são especializados na difusão de oxigênio da parte aérea para o sistema radicular (HOSSAIN & UDDIN, 2011), ou podem formar raízes adventícias para onde os carboidratos produzidos são carregados, principalmente se estas raízes tem importância para a adaptabilidade a este ambiente como em *Helianthus annuus* (KAWASE, 1974), em *Rumex obtusifolius* (VISSE *et al.*, 1996) ou em *Glycine max* (HANSEL, 2015). Porém, ao desviar esta energia para produzir raízes adventícias, tem afetada a sua fisiologia em função de menor taxa de fotossíntese líquida e desta forma, pode apresentar menor crescimento e desenvolvimento da parte aérea, porém promovem maior taxa de sobrevivência ao ambiente hipóxico (PSICCHIO *et al.*, 2010).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados experimentais obtidos nesta pesquisa demonstraram que a quantidade de água no solo influenciou negativamente no desenvolvimento morfológico e fisiológico das plantas de *Eragrostis pilosa* e *Eragrostis plana*. O alagamento faz com que estas plantas, para ambientarem-se em condições de hipoxia, emitam raízes adventícias na superfície do solo, formem aerênquimas radiculares e caulinares com prejuízo no crescimento da parte aérea por efeitos negativos verificados na fotossíntese, medidas pela menor quantidade de pigmentos clorofílicos produzidos e na menor taxa de transferência de elétrons.

Através desses resultados, pode-se inferir que a quantidade de água no solo pode ser usada para interferir no desenvolvimento destas espécies daninhas, favorecendo culturas comerciais como o arroz com as quais podem competir.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, J. D. *et al.* Mecanismos de tolerância da variedade de milho "Saracura" (BRS 4154) ao alagamento. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.1, p.41-52. 2002.
- BACANMWO, M; PURCELL, L. C. Soybean root morphological and anatomical traits associated with acclimation to flooding. **Crop Science**, v. 39, p. 143-149, 1999.
- BARTA, A. L.; SULC, R. M. Interaction between waterlogging injury and irradiance level in alfalfa. **Crop Science**, v.42, n.5, p.1529-1534, 2002.
- 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 Botanica Brasilica**, v.22, p.91-98, 2008.
- BOLDRINI, I. I.; LONGHI-WAGNER, M. H.; BOECHAT, S. C. **Morfologia e Taxonomia de Gramíneas Sul-Rio-Grandenses**. Ed. 1. Porto Alegre, Editora da UFRGS. 2005.
- BOURANIS, D. L. *et al.* Dynamics of aerenchyma distribution in the cortex of sulfate-deprived adventitious roots of maize. **Annals of Botany**, v.97, p.695-704. 2006.
- BOWYER, J. B.; LEEGOOD, R. C. Photosynthesis. In: DEY, P. M.; HARBORNE, J. B.; (eds) **Plant Biochemistry**, San Diego: Academic Press, p.49-110, 1997.
- BURMAN, A. G. Nature and composition of the grass flora of Brazil. **Willdenowia**, v.15. 1985.

CASSOL, B.; AGOSTINETTO, D.; MARIATH, J. E. A. Análise morfológica de *Sagittaria montevidensis* desenvolvida em diferentes condições de inundação. **Planta Daninha**, v.26, n3, p.487-496. 2008.

COLMER T. D.; FLOWERS, T. J.; MUNNS, R. Use of wild relatives to improve salt tolerance in wheat. **Journal of Experimental Botany**, v.57, p.1059–1078. 2006.

COLMER, T. D. Long distance transport of gases in plants: a perspective on internal aeration and radial axygen loss from roots. **Plant Cell and Environment**, v.26, p.17-36. 2003.

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, p.918-926. 2008.

CONCENÇO, G. *et al.* **Ciência das plantas daninhas: Histórico, Biologia, Ecologia e Fisiologia**. In: MONQUERO, P. A. (Org.). Aspectos da Biologia e Manejo das Plantas Daninhas. São Carlos: RiMa, p. 1-29. 2014.

CRUCIANI, D.E. Caracterização agrônômica do coeficiente de drenagem para a elaboração de pro- jetos com cultura de milho (*Zea mays*, L.). ITEM. **Irrigação e Tecnologia Moderna**, v.22, p.28-31, 1985.

DAVANSO, V.M.. *et al.* Photosynthesis, growth and development of *Tabebuia avellane- dae* Lor. Ex Griseb. (Bignoniaceae) in flooded soil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.45, p.375-384. 2002.

DREW, M. C. Oxigen deficiency and root metabolismo: Injury and Acclimation Under Hypoxia and Anoxia. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.48, p. 223-250. 1997.

DREW, M. C.; SAGLIO, P. H.; PRADET, A. Larger adenylate energy charge and ATP/ADP ratios in aerenchymatous roots of *Zea mays* in anaerobic media as a consequence of improved internal oxygen transport. **Plant**, v.165, p. 51-58. 1985.

FEDER, N.; O'BRIEN, T. P. Plant microthecique: some principles and new methods. **America Journal of Botany**, v.55, n.1, p.123-142. 1968.

FERREIRA, D. F. **Manual do sistema Sisvar para análises estatísticas**. Lavras: UFLA, 66p. 2000.

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 a-amilase e invertases associados ao aumento da tolerância ao alagamento exercido pelo cálcio exógeno. **Bragantia**, v.66, p. 1-9. 2007.

GERRITS, P.O.; SMID, L. A new, less toxic polymerization system for embedding of soft tissues in glycol methacrylate and subsequent preparing of serial sections. **Journal Microscopy**, v.132, p. 81-85. 1983.

HANSEL, D.S. Resposta da soja à aplicação de nitrogênio em sistemas de implantação em ambiente de várzea e modificações anatômicas em condições de hypoxia. 2015. 81 p. **Dissertação** (Mestrado em Agronomi) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015

HAQUE, M. E.; ABE, F.; KAWAGUCH, K. Formation and extention lysigenous aerenchyma in seminal root córtex of spring wheat (*Triticum aestivum* cv. Bobwhite line SH 9826) seedlings under different strength of waterlogging. **Plant Root**, v.4, p. 31-39. 2010.

HENDRY, G. A. F.; PRICE, A. H. **Stress indications: chlorophylls and carotenoids**. In: HENDRY, G.A.F. & GRIME, J.P. (Eds.). *Methods in comparative plant ecology. A laboratory manual*. London: Chapman e Hall, p.148-152. 1993.

HOLZSCHUH, M. J.; BOHNEN, H.; ANGHINONI, I. Avaliação da porosidade e placa férica de raízes de arroz cultivado em hipoxia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, n.5, p.1763-1769, 2010.

HOSSAIN, MD. A.; UDDIN, S. N. Mechanisms of waterlogging tolerance in wheat: Morphological and metabolic adaptations under hypoxia or anoxia. **Australian Journal of Crop Science**, v.5, n.9, p.1094-1101. 2011.

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

JOSHI, R.; KUMAR, P. Lysogenous aerenchyma formation involves non-apoptotic programed cell death in rice (*Oryza sativa* L.) roots. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, v.18, n.1, p. 1-9. 2012.

JOSHI, R.; SHUKLA, A.; MANI, S. C.; KUMAR, P. Hypoxia induced non-apoptotic cellular changes during aerenchyma formation in rice (*Oryza sativa* L.) roots. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, v.16, p.99-106. 2010.

KALAJI, H. M.; GUO, P. Chlorophyll fluorescence: a useful tool in barley plant breeding programs, **Nova Science Publishers**, v.12, p. 469 463, 2008.

KAWASE, M. Anatomical and morphological adaptation off plants to waterlogging. **HortScience**, v.16, p. 30-34. 1981.

KISSMANN, K. G. **Plantas infestantes e nocivas**. Ed.2. São Paulo, Basf Brasileira. 1997.

KOZLOWSKI, T. T. Responses of woody plants to flooding. In: Kozlowski, T.T. Ed. *Flooding and Plant Growth*. **Academic Press**. p.129–163. 1984.

KOZLOWSKI, T.T. Responses of woody plants to flooding and salinity. **Tree Physiology Monograph**. v.1. 1997.

LILGE, C. G. *et al.* Desempenho de sementes de arroz de diferentes cultivares na presença do herbicida glufosinato de amônio. **Revista Brasileira de Sementes**. Pelotas, v.25, n.2, p.82-88, 2003.

LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas**. Plantio direto e convencional. Ed. 4. Nova Odessa, Plantarum. 1994.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas**. Ed. 3. Nova Odessa, Plantarum. 2000.

MACEDO, L.C.P. Alterações morfológicas em plantas do gênero *Urochloa* P. Beauv. submetidas a três condições de umidade do solo. 2015. 69 p. **Dissertação** (Mestrado em Agrobiologia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

MARTÍNEZ, G. B.; DIAS FILHO, M. B. 2012. Respostas Morfológicas de Gramíneas de Várzea Sob Inundação e Sombreamento. Embrapa Amazônia Oriental – **Documentos**. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/103456/1/6706.pdf> - Acesso em 15 de janeiro de 2015.

MAXWELL, K.; JOHNSON, G. N. Chlorophyll fluorescence – a practical guide. **Journal of Experimental Botany**, v. 51, p. 659-668, 2000.

MCDOWELL, E. M.; TRUMP, B. Histological fixatives for diagnostic light and electron microscopy. **Archives of Pathology and Laboratory Medicine**, v.100, p. 405-414. 1996.

MEDEIROS, R. B.; PILLAR, V. P.; REIS, J. C. R. Expansão de *Eragrostis plana* Ness. (capim-annoni) no Rio Grande do Sul e indicativos de controle. In: REUNIÓN DEL GRUPO TÉCNICO REGIONAL DEL CONO SUR EM MEJORAMIENTO Y UTILIZACIÓN DE LOS RECURSOS FORRAJEROS DEL ÁREA TROPICAL Y SUBTROPICAL - GRUPO CAMPOS, 30., 2004, Salto. **Anais...** Salto: Universidad de la Republica, p. 211-212, 2004.

MEDRI, C. *et al.* Morfoanatomia de órgãos vegetativos de plantas juvenis de *Aegiphila sellowiana* Cham. (Lamiaceae) submetidas ao alagamento do substrato. **Acta Botanica Brasílica**, v.25, n.2, p. 445-454. 2011.

MEDRI, M. E. *et al.* Alterações morfoanatômicas em plantas de *Lithraea molleoides* (Vell.) Engl. submetidas ao alagamento. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v.29, n1, p. 15-22. 2007.

MORARD P.; SILVESTRE, J. Plant injury due to oxygen deficiency in the root environment of soilless culture: A review. **Plant and Soil**, v.184, p. 243–254. 1996.

OLIVEIRA, V.C. & JOLY, C.A. Flooding tolerance of *Calophyllum brasiliense* Camb. (Clusiaceae): morphological, physiological and growth responses. **Trees** v.24, p. 185-193. 2010.

OUUDTSHOORN, P.V., TROLLOPE, W.S.W., SCOTNEY, D.M & McPHEE, P.J. **Guide to grasses of South Africa**. Briza Publikasies, Arcadia. 1992.

PEREIRA, F. J.; CASTRO, E. M.; SOUZA, T. C. Evolução da anatomia radicular do milho 'Saracura' em ciclos de seleção sucessivos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.12, p. 1649-1656. 2008.

PIMENTA, J. A.; ORSI, M. M.; MEDRI, M. E. Aspectos morfológicos e fisiológicos de *Coleus blumei* Benth. submetido à inundação e à aplicação de ethrel e cobalto. **Revista Brasileira de Biologia**, v.53, p. 427-433. 1994.

PIMENTA, J.A. **Estudos populacionais de *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg. (Myrtaceae) no Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR.** 158p. Tese (Doutorado em Ecologia). Unicamp. Campinas, 1998.

POVH, J. A.; RUBIN FILHO, C. J.; MOURÃO, K. S. M.; PINTO, D. D. Respostas morfológicas e anatômicas de plantas jovens de *Chorisia speciosa* A. St.-Hil. (Bombacaceae) sob condições de alagamento. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v.27, p. 195-202. 2005.

PSICCHIO, C. M.; BIANCHINI, E.; PIMENTA, J. A.; SERT, M. A.; DAVANSO-FABRO, V. M.; MEDRI, M.E. *Heliocarpus popayanensis* Kunth (Malvaceae) tolera a hipoxia do substrato? **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v.32, p. 201-209. 2010.

RASCHER, U., LIEBIG, M., LÜTTGE, U. Evaluation of instant light response curves of chlorophyll fluorescence parameters obtained with a portable chlorophyll fluorometer on site in the field. **Plant Cell Environ.** v.23, p. 1397-1405. 2000.

REIS, J. C. L. Capim annoni-2: origem, morfologia, características, disseminação. In: REUNIÃO REGIONAL DE AVALIAÇÃO DE PESQUISA COM ANNONI 2., 1991, Bagé. **Anais...** Bagé: Embrapa-CPPSUL, p. 5-23. 1993.

RODRIGUEZ, D.; ANDRADE, F. H.; GOUDRIAAN, J. Does assimilate supply limit leaf expansion in wheat grown in the field under low phosphorus availability? **Field Crops Research**, v. 67, p. 227-238, 2000.

SÁ, J. S. DE; CRUCIANI, D. E.; MINAMI, K. Efeitos de inundações temporárias do solo em plantas de ervilha. **Horticultura Brasileira**, v.22, n.1, p. 50-54. 2004. Online: ISSN 0102-0536. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362004000100010>.

SAIRAM, R.K.; KUMUTHA, D.; EZHILMATHI, K.; DESHMUKH, P.S.; SRIVASTAVA, G.C. Physiology and biochemistry of waterlogging tolerance in plants. **Biologia Plantarum**, v.52, p. 401-412. 2008.

SCHWAB, N. T. Disponibilidade hídrica no cultivo de cravina em vasos com substrato de cinzas de casca de arroz. 2011. 82 f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

SHIMONO, H. *et al.* Interactive effects of elevated atmospheric CO₂ and waterlogging on vegetative growth of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). **Plant Production Science**, v.15, n.3, p.238-245, 2012.

SILVA, M. R. M.; DURIGAN, J. C. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura do arroz de terras altas. I – Cultivar IAC 202. **Planta Daninha**, v. 24, n. 4, p. 685-694, 2006.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO. Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado Arroz Irrigado: **Recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil**. Gravatal, SC, SOSBAI. 2012.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO. Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado. Arroz Irrigado: **Recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil**. Bento Gonçalves, RS, SOSBAI. 2014.

STEFFENS, D. *et al.* Water logging may inhibit plant growth primarily by nutrient deficiency rather than nutrient toxicity. **Plant Soil and Environment**, v.51, n.12, p.545-552, 2005.

ULIANA, S.C. - Caracterização fisiológica de genótipos de batata (*Solanum tuberosum* L.) e sua eficiência de uso e resposta quanto ao fósforo. 2013. 80 p. **Dissertação** (Mestrado em Agrobiologia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

VISSE, E. J. W.; NABBEN, R. H. M.; BLOM, C. W. P. M.; VOESENEK, L. A. C. J.. Elongation by primary lateral roots and adventitious roots during conditions of hypoxia and high ethylene concentration. **Plant Cell and Environment**, v.20, p. 647-53. 1997

VISSER, E. J. W. *et. al.* An ethylene- mediated increase in sensitivity to auxin induces adventitious root formation in flooded soil *Rumex palustris* Sm. **Plant physiology** v. 112, p.1678-1692. 1996.

WAMPLE, R. L.; DAVIS, R. W. Effect of flooding on starch accumulation in chloroplasts of sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Plant Physiology**, v.73, p.195-198, 1983.

ZANANDREA, I.; ALVES, J.D.; DEUNER, S.; GOULART, P.F.P.; HENRIQUE, P. C.; SILVEIRA, N. M. Tolerance of *Sesbania virgata* plants to flooding. **Australian Journal of Botany**. v.57, p. 661-669. 2009.

ZON, A. P. M. van der. 1992. Graminees du Cameroun. **Flore**. Agricultural University Wageningen, the Netherlands. v. 2. 1992.

5. ANEXOS

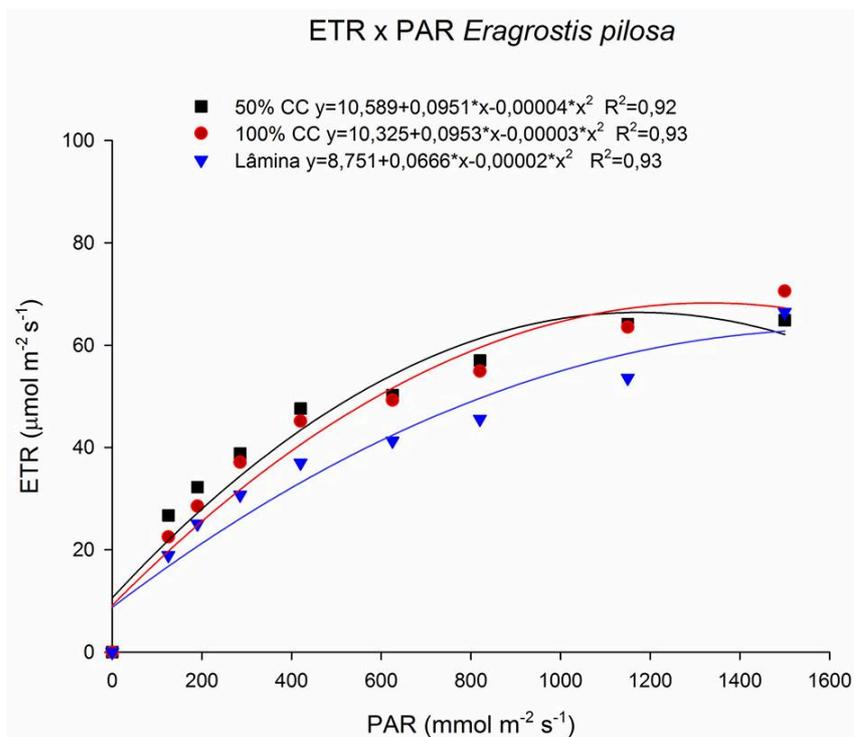
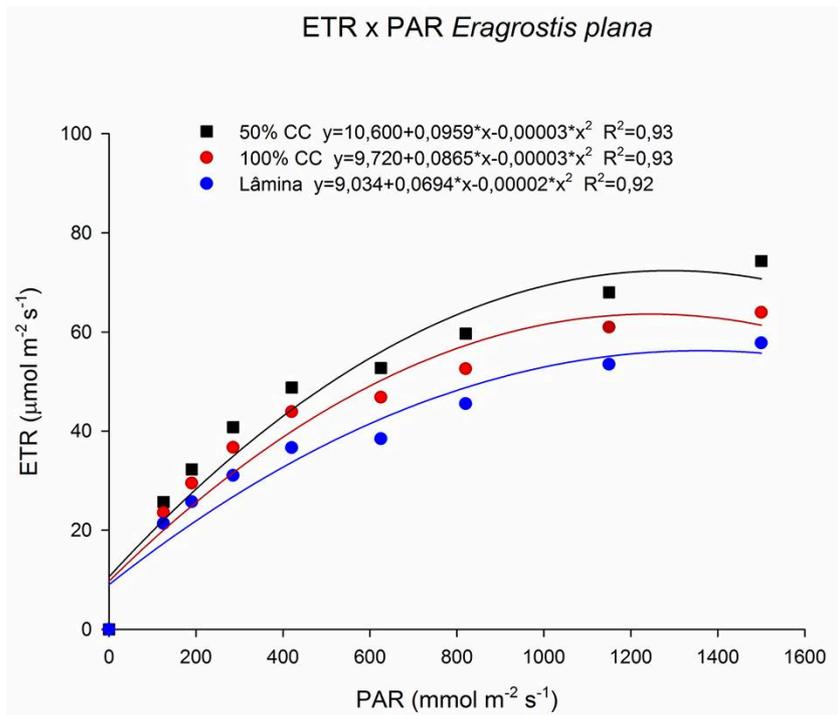


FIGURA 1 – Taxa de Transferência de Elétrons (ETR) versus intensidade de luz (PAR) medida pela fluorescência da clorofila em três condições de umidade do solo e duas espécies de plantas A. *Eragrostis plana* e B. *Eragrostis pilosa*).

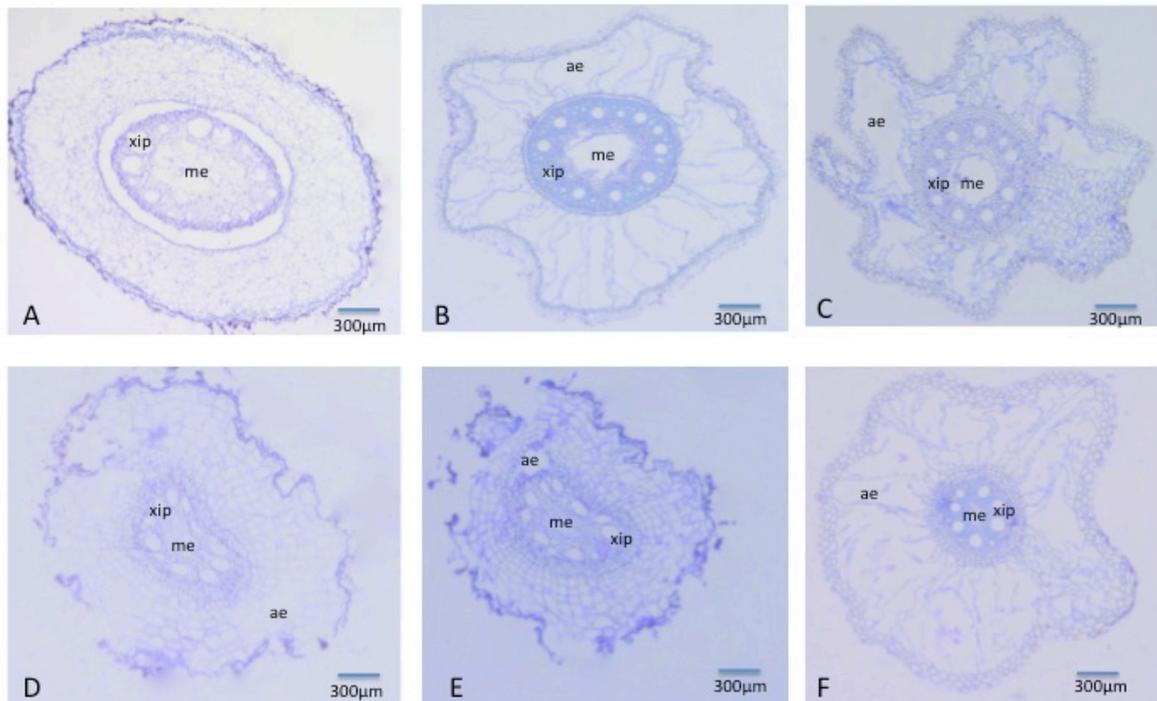


Figura 2. Cortes transversais de raízes de *Eragrostis plana* (A- 50% CRA; B- 100% CRA; C- Lâmina de água) e de *Eragrostis pilosa* (D- 50% CRA; E- 100% CRA; F- Lâmina de água. ae=aerênquima; me= medula; xip= xilema poliarca

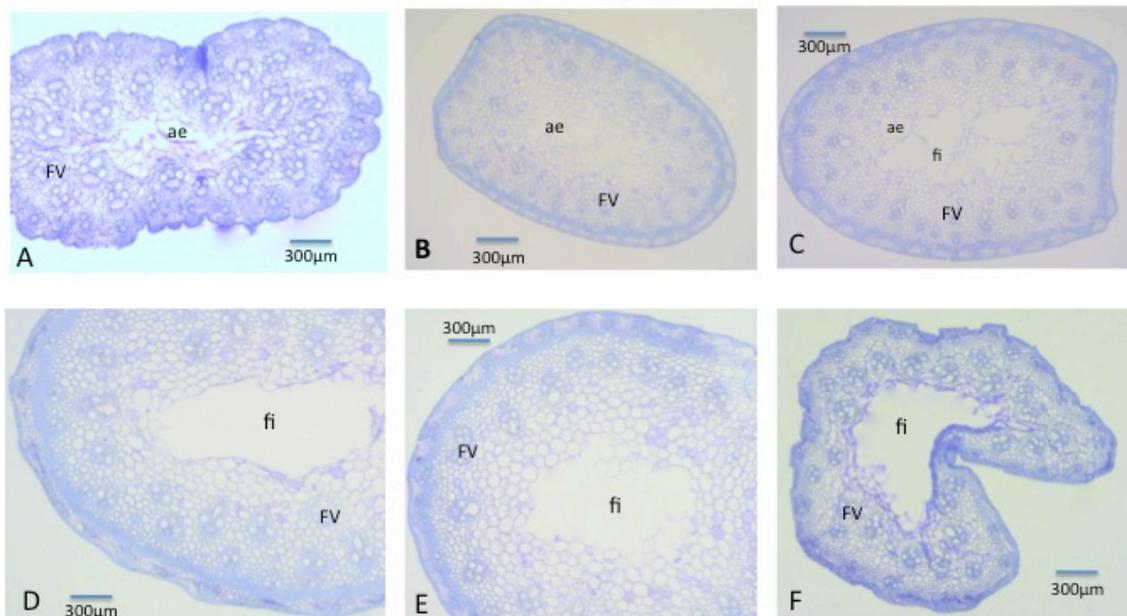


Figura 3. Cortes transversais de colmos de *Eragrostis plana* (A- 50% CRA; B- 100% CRA; C- Lâmina de água) e de *Eragrostis pilosa* (D- 50% CRA; E- 100% CRA; F- Lâmina de água. ae= aerênquima; fi= medula fistulosa; fv= feixes vasculares

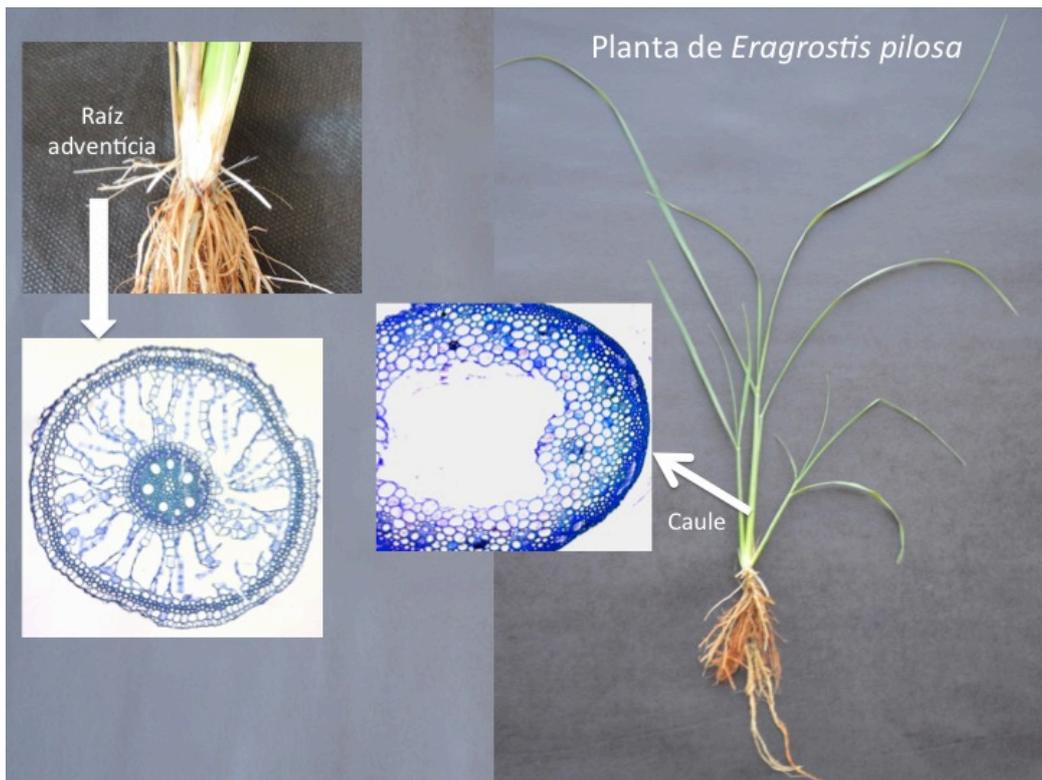


Figura 4. Cortes transversais de colmos e raízes de *Eragrostis pilosa* sob Lâmina de água. Detalhe da formação de raízes adventícias na superfície do solo

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos no presente estudo demonstram que as espécies *Eragrostis pilosa* e *Eragrostis plana* sobreviveram a diferentes condições de umidade do solo a que foram submetidas. Entretanto, à medida que se aumentou a quantidade de água até a capacidade máxima de retenção ou sob alagamento com lâmina de água, verificou-se alterações importantes na sua fenologia e morfologia (redução de massa seca da parte aérea e radicular, redução do perfilhamento e do florescimento com menor número de panículas por planta). Também afetou o período vegetativo.

Em relação à adaptabilidade ao ambiente anaeróbico, como o encontrado nas terras baixas mal drenadas, verifica-se que estas espécies sob hipoxia provocada pela lâmina de água desenvolveu aerênquimas e emitiu raízes adventícias na zona oxidada do solo como estratégia de sobrevivência sob esta condição.

O estudo demonstrou que houve um efeito negativo da lâmina de água sobre a fotossíntese, especialmente sobre a taxa de transferência de elétrons, sendo um dos fatores contribuintes, a menor produção de pigmentos clorofilianos como a clorofila *a* com influência negativa sobre a clorofila total.

Não havendo diferença na eficiência quântica do PSII (fotossistema II), permite supor que provavelmente parte da energia produzida para a fixação de CO₂ é desviada para a produção das raízes adventícias na superfície do solo e dos aerênquimas, razão pela qual observou-se menor produção de biomassa (redução da massa seca da parte aérea e das raízes secundárias), com reflexos na formação de panículas o que demonstra, na atualidade, que um dos fatores que tem permitido maior adaptação e naturalização destas espécies nestes ambientes com baixa drenagem, pode ser o menor uso da lâmina de água que vem sendo substituída na fronteira oeste do Rio Grande do Sul, local onde foram coletados os acessos das espécies estudadas, por uma irrigação intermitente, popularmente conhecida como irrigação das lavouras por banhos.

Perspectivas

Assim sendo, é muito provável que ao longo do tempo, através de práticas de manejo na lavoura de arroz, sejam selecionados os acessos de *Eragrostis* com maior plasticidade para o meio hipóxico, fazendo com que estas plantas venham a causar danos em redução de

produtividade para a cultura através da competição. Os relatos dessas espécies dentro da cultura do arroz ainda são recentes, porém a presente pesquisa aponta que essas plantas possuem plasticidade morfológica e fisiológica realizando modificações capazes de suportar níveis baixos de oxigênio para as raízes e assim sobreviver. A iminência da competição dessas plantas com a cultura do arroz está comprovada pelo estudo, agora necessitam práticas de manejo para o controle dessas plantas.

Sugestões

Sugere-se estudos complementares em campo, em nível de mestrado, para melhor compreender estas considerações. Sendo preconizadas práticas dentro de um manejo integrado entre controle químico e físico (preparo do solo antes da semeadura), bem como a rotação entre lavoura e pecuária. Sugere-se ainda o estudo de banco de sementes destas espécies para que possa quantificar o quanto a integração lavoura-pecuária é capaz de incrementar o banco de sementes.

Deve-se realizar um estudo detalhado de relatos destas espécies em todo o estado do Rio Grande do Sul, verificando se não há a introdução de mais espécies desse gênero, bem como se há a possibilidade de haver cruzamento entre elas gerando assim híbridos mais rústicos capazes de suportar melhor esse ambiente adverso de hipoxia.