

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

Leandro Lima Spatt

**DESEMPENHO FOTOSSINTÉTICO E EFICIÊNCIA DE HERBICIDAS
EM *Urochloa plantaginea* (POACEAE) SUBMETIDAS ÀS DIFERENTES
CONDIÇÕES HÍDRICAS DO SOLO E DOSES DE NITROGÊNIO**

Santa Maria, RS

2018

Leandro Lima Spatt

DESEMPENHO FOTOSSINTÉTICO E EFICIÊNCIA DE HERBICIDAS EM *Urochloa plantaginea* (POACEAE) SUBMETIDAS ÀS DIFERENTES CONDIÇÕES HÍDRICAS DO SOLO E DOSES DE NITROGÊNIO

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

Orientador: Sidinei José Lopes

Santa Maria, RS, Brasil
2018

Spatt, Leandro

Desempenho fotossintético e eficiência de herbicidas em *Urochloa plantaginea* (Poaceae) submetidas às diferentes condições hídricas do solo e doses de nitrogênio / Leandro Spatt.- 2018.

57 p.; 30 cm

Orientador: Sidinei Lopes

Coorientador: Sylvio Dornelles

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de Pós-Graduação em Agrobiologia, RS, 2018

1. Caracterização de plantas 2. Desempenho de herbicidas 3. Alagamento 4. Desempenho fotossintético I. Lopes, Sidinei II. Dornelles, Sylvio III. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

© 2018

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

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

E-mail:leandrolimaspatt@gmail.com

Leandro Lima Spatt

**DESEMPENHO FOTOSSINTÉTICO E EFICIÊNCIA DE HERBICIDAS EM
Urochloa plantaginea (POACEAE) SUBMETIDAS ÀS DIFERENTES CONDIÇÕES
HÍDRICAS DO SOLO E DOSES DE NITROGÊNIO**

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

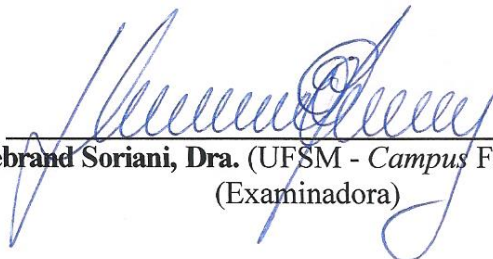
Aprovado em 01 de março de 2018



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



Juçara Terezinha Paranhos, Dra. (UFSM)
(Examinadora)



Hilda Hildebrand Soriani, Dra. (UFSM - Campus Frederico Westphalen)
(Examinadora)

Santa Maria, RS
2018

AGRADECIMENTOS

A concretização deste trabalho somente foi possível devido ao esforço conjunto de uma equipe. Agradeço imensamente a todos que de alguma maneira interagiram e contribuíram para a conclusão do mesmo. Em especial, agradeço:

Ao meu orientador, professor Dr. Sidinei José Lopes pela confiança em mim depositada e contribuições valiosas para o planejamento e condução dos experimentos, análise e interpretação dos resultados.

Ao meu co-orientador, professor Dr. Sylvio Henrique Bidel Dornelles, por seus conselhos, confiança, incentivo, profissionalismo, criatividade e principalmente sua amizade, na qual levarei como exemplo.

Ao professor Dr. Danie Martini Sanchotene, o qual agradeço imensamente por sua contribuição com experiências práticas, amizade e sabedoria.

À professora Dra. Luciane Almeri Tabaldi pela disposição, dedicação e orientação nas análises relacionadas à peroxidação de lipídeos.

Ao professor Dr. Fernando Teixeira Nicoloso e a Dra. Camila Peligrinotti Tarouco pela orientação e disponibilidade para a realização das avaliações relacionadas à fotossíntese.

Aos membros do grupo interdisciplinar de pesquisa em herbologia (GIPHe), os quais sem eles não seria possível a realização desse trabalho.

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

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

Muito obrigado!

RESUMO

DESEMPENHO FOTOSSINTÉTICO E EFICIÊNCIA DE HERBICIDAS EM *Urochloa plantaginea* (POACEAE) SUBMETIDAS ÀS DIFERENTES CONDIÇÕES HÍDRICAS DO SOLO E DOSES DE NITROGÊNIO

AUTOR: Leandro Lima Spatt
ORIENTADOR: Sidinei José Lopes

A espécie *Urochloa plantaginea*, naturalmente oriunda de terras altas tem crescente ocorrência em ambiente alagado nas lavouras de arroz irrigado do estado do Rio Grande do Sul. Existem poucas informações relacionadas às interações específicas entre esse ambiente e a espécie. Objetivou-se caracterizar a morfologia e fisiologia da espécie em diferentes condições hídricas do solo e a interação entre adubação nitrogenada e herbicidas. Foram realizados dois experimentos em casa de vegetação no ano de 2016 e 2017. O primeiro consistiu em avaliar uma população de *U. plantaginea* de terras altas e outra de terras baixas submetidas a três condições de água no solo: 50 e 100% da capacidade de retenção de água do solo e lâmina d'água à 5 cm. Foram avaliados caracteres fotossintéticos, peroxidação de lipídeos e caracteres morfológicos. O segundo experimento foi composto por um trifatorial 2x3x4, sendo os fatores: condições hídricas do solo (100% da capacidade de retenção de água no solo e lâmina d'água de 5 cm), doses de nitrogênio (zero; 80,0 e 160,0 kg de N ha⁻¹) e doses de herbicida (zero; 1/2 dose de registro; dose de registro; 2x a dose de registro). Os herbicidas utilizados foram cyhalofop-butyl, imazethapyr e imazapyr + imazapic, onde avaliou-se a fitotoxicidade e massa seca aos 28 dias após a aplicação. Conclui-se que as populações se diferenciaram quanto à morfofisiologia nas condições hídricas avaliadas. A população de várzea evidenciou estar em processo de adaptação ao ambiente alagado, apresentando características favoráveis ao seu desenvolvimento. As interações entre doses de nitrogênio, doses de herbicidas e condições hídricas do solo, variaram de acordo com o herbicida em questão. A adubação nitrogenada otimizou o controle de papuã, utilizando os herbicidas cyhalofop-butyl e imazapyr + imazapic nas duas condições hídricas avaliadas. Já para imazethapyr, na condição de 100% da CRA do solo, o controle foi mais eficiente sem a presença do fertilizante nitrogenado, ocorrendo o inverso em condição de alagamento a partir da dose de 35,0 g de i.a. ha⁻¹. Torna-se evidente a diversidade de respostas das plantas de papuã às condições de manejo comumente impostas e a complexidade do controle desta espécie em lavoura orizícola.

Palavras-chave: Papuã. Alagamento. Fotossíntese. Planta daninha.

ABSTRACT

PHOTOSYNTHETIC PERFORMANCE AND EFFICIENCY OF HERBICIDES IN *Urochloa plantaginea* (POACEAE) SUBMITTED TO DIFFERENT WATER CONDITIONS OF SOIL AND NITROGEN DOSES

AUTHOR: LEANDRO LIMA SPATT
ADVISOR: SIDINEI JOSÉ LOPES

The species *Urochloa plantaginea* naturally native from upland areas, has been demonstrating high occurrence in flooded areas at rice crop in Rio Grande do Sul state of Brazil. There is little information related to specific interactions between this environment and the species. The objective of this work was to comprehend the morphophysiological characteristics of the species in different water regimes of the soil and the interaction between nitrogen fertilization and herbicides. Two experiments were carried out under greenhouse conditions in 2016 and 2017. The first one consisted of evaluating the responses of a *U. plantaginea* population from upland and lowland areas submitted to three soil water conditions: 50 and 100% of soil water retention capacity and water depth of 5 cm. Photosynthetic parameters, lipid peroxidation and morphological aspects were evaluated. The second experiment was composed of a 2x3x4 trifactorial, with the following factors: soil water conditions (100% of soil water retention capacity and water depth of 5 cm), nitrogen doses (zero, 80.0 and 160.0 kg of a.i. ha⁻¹) and herbicides doses (zero; ½ of labeled dose, labeled dose, 2 times labeled dose). The herbicides used were cyhalofop-butyl, imazethapyr and imazapyr + imazapic, where phytotoxicity and dry mass were evaluated at 28 days after application. It is concluded that the populations showed differential behaviors related to the morphophysiology in the water conditions evaluated. The low land population evidenced to be in a process of adaptation to the flooded environment, presenting characteristics favorable to its development. The interactions between nitrogen doses, herbicide doses and soil water conditions varied according to the herbicide in question. Nitrogen fertilization optimized alexander grass control using cyhalofop-butyl and imazapyr + imazapic herbicides in the two water conditions evaluated. In the case of imazethapyr, 100% of soil WRC was more efficient without the presence of nitrogen fertilizer, and the inverse occurred at flooded condition since 35.0 g of a.i. ha⁻¹. It is evident the diversity of the responses of alexander grass plants to the conditions of management commonly imposed and the control complexity of this species in rice cultivation.

Keywords: Alexander grass. Flooding. Photosynthesis. Weed.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	9
2 OBJETIVOS	11
2.1 OBJETIVO GERAL.....	71
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	81
3 REVISÃO DE LITERATURA	11
3.1 CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS DE <i>Urochloa plantaginea</i>	11
3.2 ESTRESSE EM PLANTAS DEVIDO AO EXCESSO HÍDRICO DO SOLO	12
3.3 NITROGÊNIO E MANEJO DE ÁGUA NA EFICÁCIA DE HERBICIDAS	13
4 CAPÍTULO I – DESEMPENHO FOTOSSINTÉTICO, PEROXIDAÇÃO LIPÍDICA E ASPECTOS MORFOLÓGICOS DE PLANTAS DE PAPUÃ ORIUNDAS DE AMBIENTES DE TERRAS ALTAS E BAIXAS EXPOSTAS A DIFERENTES CONDIÇÕES HÍDRICAS DO SOLO	16
RESUMO	16
4.1 INTRODUÇÃO.....	17
4.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	18
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
4.4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31
5 CAPÍTULO II – INTERAÇÃO ENTRE ADUBAÇÃO NITROGENADA, CONDIÇÃO HÍDRICA DO SOLO E HERBICIDAS NO CONTROLE DE <i>Urochloa plantaginea</i>	35
RESUMO	35
5.1 INTRODUÇÃO.....	35
5.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	37
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
5.4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

1 INTRODUÇÃO GERAL

A família Poaceae é composta por espécies ocorrentes em vários ambientes do mundo, com possibilidades de adaptação para variações ambientais diversas (BOLDRINI et al., 2008). Este grupo de plantas é considerado o mais influente no sistema produtivo do ser humano, pois nele incluem-se os cereais cultivados para alimentar o homem, forrageiras para nutrir animais, bem como, espécies atuantes na renovação do oxigênio da atmosfera e proteção do solo contra erosão (KISSMANN, 1997). Pertencente a esta família, *Urochloa plantaginea* (Link) R.D. Webster encontra-se entre as espécies daninhas de maior relevância no cultivo de arroz irrigado no sul do Brasil (SOSBAI, 2016).

As lavouras de arroz, no Rio Grande do Sul, ocorrem predominantemente em várzeas (solo mal drenado), sendo característica destas áreas a elevada saturação de água no solo devido à baixa altitude e pouca declividade do terreno. O sistema de semeadura convencional em curvas de nível (taipas) predomina na região da fronteira oeste e campanha. Comumente este cenário de cultivo caracteriza-se por possuir três condições hídricas do solo: em cima da taipa sem lâmina d'água; o leiveiro (faixa ao lado da taipa de onde foi extraído o solo para sua confecção), com profundidade de 10-12 cm do nível do solo e o quadro com profundidade de 5-7 cm. Em consequência desta realidade, a deficiência na drenagem aliada as sucessivas irrigações por alagamento, tornam este ambiente ideal para a cultura. Diferentemente, o habitat natural das espécies pertencentes ao gênero *Urochloa*, mais especificamente *U. plantaginea*, é caracterizado por ser de terras altas, bem drenadas (KISSMANN, 1997). Espécies, quando introduzidas em determinado local distinto de seu ambiente de origem, utilizam estratégias de modificações anatômicas e metabólicas para adaptarem-se com êxito (JOLY, 1991). Em solos alagados, as respostas das plantas podem variar, dependendo da espécie e do estágio de desenvolvimento da mesma.

A ineficiência no controle de plantas do gênero em estudo tem sido atrelada a resistência, entretanto, esta pode ser uma resposta de adaptabilidade e naturalização ao ambiente. Ao mesmo tempo, é necessário avaliar uma hipótese surgida durante estudo inicial desenvolvido por Macedo (2015), de que parte destas respostas pode estar na eficiência fotossintética diferencial dos biótipos. Desta maneira, a utilização de um possível desvio na rota de uso da energia e síntese de compostos reativos, redirecionando-os para a formação de aerênquimas ao invés da produção de biomassa não é descartada.

Adicionalmente à condição hídrica do solo, peculiar das áreas cultivadas com a cultura do arroz, existem outros fatores que podem estar influenciando a eficiência no controle de

papuã. Inevitavelmente, o manejo utilizando adubação nitrogenada em cobertura insere altas quantidades de nitrogênio na lavoura, sendo de extrema importância para alcançar elevados níveis produtivos na cultura do arroz irrigado. Antes do uso deste fertilizante, normalmente ocorre a aplicação de herbicidas para controle das plantas daninhas ocorrentes na área. Após a aplicação dos herbicidas para controle de papuã, são observadas falhas na eficácia de alguns produtos apontadas por técnicos e orizicultores. Este fato pode estar relacionado com a interação entre os fatores herbicida, condição hídrica do solo e doses de nitrogênio (BLACKSHAW et al., 2003; CATHCART et al., 2004). Explicando assim, alterações na estrutura da comunidade de plantas daninhas em áreas orizícolas e possíveis falhas no controle de espécies invasoras. Portanto, espera-se elucidar o menor ou maior crescimento e desenvolvimento que *Urochloa plantaginea* apresenta em função das condições hídricas do solo, doses de nitrogênio e herbicidas avaliados.

A presente dissertação foi elaborada na forma de capítulos temáticos, a fim de valorizar os resultados apresentados e facilitar o entendimento do leitor. Após a introdução geral e definição dos objetivos do trabalho, o capítulo I refere-se a resposta fotossintética e peroxidação lipídica de duas populações de *Urochloa plantaginea* sob três diferentes condições hídricas do solo. O capítulo II aborda a interação de condições hídricas do solo e doses de nitrogênio na eficiência do controle químico em plantas de *U. plantaginea*. Para finalizar, são apresentadas as considerações finais da pesquisa com recomendações e sugestões para trabalhos subsequentes.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o desempenho fotossintético e eficiência de herbicidas em papuã (*Urochloa plantaginea* (Link) R.D. Webster) submetida a diferentes condições hídricas do solo e doses de nitrogênio.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar populações de *Urochloa plantaginea* oriundas de terras altas (coxilha) e terras baixas (várzea), averiguando alterações morfofisiológicas, tais como caracteres fotossintéticos, peroxidação de lipídeos e morfologia externa, quando expostas a diferentes condições hídricas do solo.
- Verificar as interações entre condição hídrica do solo e doses de nitrogênio na eficiência dos herbicidas cyhalofop-butyl, imazethapyr e imazapyr + imazapic no controle de papuã.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS DE *Urochloa plantaginea*

O gênero *Urochloa* P. Beauv. compreende espécies anteriormente descritas, tal como a *Brachiaria* (Thin) Griseb. No Brasil foram registradas 18 espécies de *Urochloa* (SHIRASUNA, 2015). Popularmente conhecida como capim-marmelada ou capim-papuã, *Urochloa plantaginea* (Link) R.D. Webster é uma planta que foi introduzida no período colonial do Brasil, acreditando-se ser proveniente do continente africano (KISSMANN, 1997). A espécie possui uma ampla dispersão no país, ocorrendo em todas as regiões (SHIRASUNA, 2015). Apresenta alto valor forrageiro devido ao seu crescimento acelerado, característica que a torna uma planta competitiva em ambiente agrícola. Ela propaga-se por sementes, apresenta ciclo anual e hábito de crescimento ereto e/ou semiereto (podendo atingir até um metro de altura), com perfilhamento formando touceira, sendo formada por colmos cilíndricos e/ou achatados, com nós e entrenós glabros. As bainhas das folhas desta planta são longas, com coloração verde, manifestando cerosidade na face adaxial, e apresentam em suas

folhas camadas esclerenquimáticas subepidérmicas, localizadas adaxial e abaxialmente no mesófilo, impondo resistência a danos mecânicos e químicos. As espiguetas dispõem-se em uma panícula de ramos unilaterais especiformes. O fruto, do tipo cariopse, tem forma variando de ovada a ovada-arredondada (KISSMANN, 1997; MARQUES et al., 2012; MOREIRA; BRAGANÇA, 2010;).

A espécie *Urochloa plantaginea* pertence a um gênero característico de vegetais capazes de adaptar-se em diversos ambientes (KISSMANN, 1997). Estes ambientes podem variar tanto no tipo de solo (propriedades físicas e químicas) quanto no teor de umidade dos mesmos. Solos de várzea, frequentemente, apresentam alta concentração de água no solo atingindo a saturação do mesmo. Esta característica pode ocorrer de forma natural por período de chuvas e/ou cheias de rios, ou por ação antrópica, utilizando a irrigação.

A espécie apresenta ciclo fotossintético predominante C4, tornando-se altamente eficiente na fixação de carbono e na estabilidade dos caracteres relacionados à fotossíntese em condições de estresse (FERREIRA et al., 2014). A temperatura base para seu desenvolvimento é de 3,0 °C e apresenta filocrono entre 100,1 – 142,6 °C dia folha⁻¹ (PAULA; STRECK, 2008). *Urochloa plantaginea* possui grande habilidade de aproveitamento de nitrogênio do solo, podendo haver um incremento de biomassa de 55,70 kg de MS dia⁻¹ ha⁻¹ com uma adubação de aproximadamente 200 kg de N ha⁻¹ (VENTURINI et al., 2017). A espécie acumula cerca de 60% da sua biomassa em raízes nos primeiros 35 dias após sua emergência, facilitando a absorção de água e nutrientes no início do seu desenvolvimento (CARVALHO et al., 2007).

3.2 ESTRESSE EM PLANTAS DEVIDO AO EXCESSO HÍDRICO DO SOLO

O alagamento do solo acarreta na sua saturação, ocasionando um déficit de oxigênio para o sistema radicular das plantas presentes neste ambiente. A escassez no suprimento de oxigênio para as raízes altera o metabolismo celular do vegetal, induzindo à supressão da respiração (LIAO; LIN, 2001). Nesta condição de estresse (hipóxia), a planta desenvolve respostas fisiológicas e bioquímicas, as quais conferem a capacidade de tolerar ou não ambiente alagado. Esta distinção permite a diferenciação entre espécies tolerantes ou não tolerantes ao alagamento (BATISTA et al., 2008). A ineficiência no aporte de oxigênio para as raízes induz uma aclimação bioquímica anaeróbica da planta, otimizando assim o gasto energético na manutenção do metabolismo basal (IRFAN et al., 2010). A falta de oxigênio por

longos períodos induz a formação de raízes adventícias e aerênquimas (COLMER; VOESENEK, 2009).

No processo de aclimação da planta a este ambiente atípico, mecanismos, tais como: respostas anatômicas, fisiológicas e exomorfológicas, atuam como protagonistas desta tarefa. As características inerentes ao processo de aclimação ao ambiente alagado podem variar conforme a espécie, constituindo de redução no acúmulo de biomassa de raiz, caule e ramos, formação de raízes adventícias, aerênquimas e pneumatóforos, expansão foliar, indução de abscisão foliar e senescência, amarelecimento foliar, em função da diminuição dos teores de clorofila nas folhas pela degradação ou redução da síntese da mesma (COLMER; PEDERSEN, 2008; OLIVEIRA; JOLY, 2010; ZANANDREA et al., 2009). Do mesmo modo, ocorre a redução da taxa fotossintética das folhas, ligada diretamente à diminuição da condutância estomática (DAVANSO et al., 2002). Espera-se que plantas em ambientes hipóxicos apresentem redução na expansão foliar e redução da taxa de assimilação líquida, ocasionando menor crescimento (ALMEIDA et al., 2003).

De acordo com Kolb e Joly (2009), alterações no metabolismo respiratório das raízes, ocasionam queda no rendimento energético associado a produção de substâncias tóxicas como o etanol e o lactato. Entretanto, para minimizar os efeitos negativos causados pelo estresse, mecanismos como a difusão de oxigênio da parte aérea em direção às raízes podem ocorrer. Este transporte gasoso acontece devido à formação de estruturas chamadas aerênquimas, os quais são formados a partir da atividade enzimática específica (FRIES et al., 2007). Em diversas espécies o etileno é a substância que desempenha papel importante na formação de aerênquimas logo após a inundação (HOSSAIN; UDDIN, 2011; MARTINEZ; DIAS FILHO, 2012; SÁ et al., 2004). O referido fitohormônio é produzido quando ocorre acúmulo de seu precursor ACC (ácido 1-carboxílico-1-amino ciclopropano) no vegetal (COHEN; KENDE, 1987). O déficit de oxigênio no interior das células bloqueia a conversão de ACC em etileno, assim diversos compostos tóxicos (etanol, acetaldeído e lactato) acumulam-se ocasionando o rompimento da parede celular (TENHAKEN et al., 1995). Este tipo de aerênquima que foi formado devido ao rompimento das células é denominado lisígeno, permitindo a difusão de gases da parte aérea para as raízes (HOSSAIN; UDDIN, 2011).

3.3 NITROGÊNIO E MANEJO DE ÁGUA NA EFICÁCIA DE HERBICIDAS

A fertilidade do solo e a disponibilidade hídrica influenciam processos fisiológicos relacionados ao modo de ação de herbicidas, podendo assim alterar sua eficiência (GRAFSTROM; NALEWAJA, 1988; HUNT et al., 1985; MITHILA et al., 2008). O efeito da adubação nitrogenada na ação do herbicida é uma relação direta e específica entre espécie e ingrediente ativo (CATHCART et al., 2004). As características da molécula do herbicida definem sua interação com a espécie e suas rotas metabólicas, onde na maioria dos ingredientes ativos descritos na literatura, a adição do nitrogênio favorece a translocação e absorção do mesmo (MITHILA et al., 2008). Para fluazifop-p-butyl, um herbicida inibidor da enzima ACCase, o auxílio no transporte de ingrediente ativo após a fertilização com nitrogênio facilitou o controle de *Avena sativa* devido à maior concentração nos meristemas (DICKSON et al., 1990). Igualmente, ocorreu para o herbicida nicosulfuron, em que a dose necessária para reduzir em 50% a massa seca de *Amaranthus retroflexus* foi de 3,0 a 3,5 vezes menor em que houve adubação nitrogenada (CATHCART et al., 2004).

Entretanto, as respostas de algumas plantas nem sempre seguem esse padrão observado, em que outros fatores fisiológicos específicos da interação espécie/ingrediente ativo associado ao nitrogênio desempenham função fundamental na eficácia do herbicida (DICKSON et al., 1990; KIM et al., 2006; MITHILA et al., 2008; SONDESKOV et al., 2012). Exemplificando esta problemática, para controle de *Setaria viridis*, utilizando o herbicida nicosulfuron, foi necessária uma dose seis vezes maior na condição sem adubação nitrogenada, enquanto em *Abutilon theophrasti*, a adubação nitrogenada não influenciou a ação do herbicida (CATHCART et al., 2004). Em algumas espécies, a adubação nitrogenada induz o aumento na atividade de enzimas relacionadas a detoxificação de compostos tóxicos às células, incluindo moléculas de herbicidas (GONZALEZ et al., 2002; LI-PING et al., 2006; SUN et al., 2001).

A inundação do solo normalmente favorece o controle de plantas daninhas devido a ocorrência de distúrbios fisiológicos em algumas espécies, nas quais ocorre a redução da oxigenação de raízes e a produção de espécies reativas de oxigênio (ISMAIL et al., 2012; GEALY et al., 2014). Estudos relatam que a inundação logo após a pulverização de herbicidas com mecanismo de ação em que inibem a enzima acetolactato sintase, aumentam a eficiência dos mesmos (CONCENÇO et al., 2006; PANOZZO et al., 2014; PINTO et al., 2008). Além da influência direta do alagamento no controle de plantas daninhas via herbicidas, aspectos relacionados à condição ótima de germinação do banco de sementes e desenvolvimento variam de acordo com a espécie, podendo ser favorecida ou não (KENT; JOHNSON, 2001).

Espécies do gênero *Echinochloa* reduzem sua invasividade à medida que se aumenta a profundidade da lâmina d'água (WILLIAMS et al., 1990). Porém, para *Luziola peruviana* o alagamento favoreceu seu desenvolvimento e maior impacto negativo na produtividade da cultura do arroz (WILLIAMS et al., 1990).

4 CAPÍTULO I – DESEMPENHO FOTOSSINTÉTICO, PEROXIDAÇÃO LIPÍDICA E ASPECTOS MORFOLÓGICOS DE PLANTAS DE PAPUÃ ORIUNDAS DE AMBIENTES DE TERRAS ALTAS E BAIXAS EXPOSTAS A DIFERENTES CONDIÇÕES HÍDRICAS DO SOLO

RESUMO

O presente trabalho buscou elucidar o surgimento de um novo biótipo de *Urochloa plantaginea* com características fisiológicas diferenciais, melhor crescimento e desenvolvimento em ambiente alagado. Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado com esquema bifatorial 2x3: populações de *Urochloa plantaginea* (várzea e coxilha) e condições hídricas do solo (50% e 100% da capacidade de retenção de água no solo; lâmina d'água de 5 cm). Verificaram-se as respostas fotossintéticas e peroxidação lipídica, 24h e 192h após o início das condições hídricas. Variáveis relacionadas à morfologia foram obtidas no final do ciclo da planta. As plantas oriundas de um ambiente de várzea frente às plantas de coxilha, demonstraram características morfofisiológicas superiores em condição de alagamento do solo, pode-se ressaltar, maior eficiência no uso da água (cerca de 30%), maior altura de plantas, menor peroxidação de lipídeos da parte aérea e um maior incremento de massa seca de parte aérea. Adicionalmente, a população de várzea demonstrou não variar as variáveis fotossintéticas taxa fotossintética ($A - \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); condutância estomática de vapores de água ($G_s - \text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); concentração interna de CO_2 ($C_i - \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol air}^{-1}$); taxa transpiratória ($E - \text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); eficiência do uso da água ($\text{EUA} - \text{mol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$) e eficiência da carboxilação da enzima rubisco (A/C_i) quando exposta à lâmina d'água, isto comparando-se com a condição de 100% da capacidade de retenção de água do solo. As duas populações sobreviveram e encerraram seu ciclo produzindo sementes. Não foi possível identificar um novo biótipo de terras baixas, entretanto evidenciou-se um possível processo adaptativo da população ao ambiente alagado.

Palavras chave: *Urochloa plantaginea*. Adaptação. Estresse hídrico. Alagamento.

4.1 INTRODUÇÃO

O papuã (*Urochloa plantaginea* sin. *Brachiaria plantaginea*) é uma planta anual que se reproduz por semente principalmente entre a primavera e o verão. Possui porte ereto e/ou semi-ereto (podendo atingir até um metro de altura) com intenso perfilhamento formando touceira ascendente (KISSMANN, 1997; MOREIRA; BRAGANÇA, 2010; SOUZA; LORENZI, 2005). As sementes têm baixo poder germinativo logo após a maturação, porém passando o inverno, o mesmo aumenta, conservando-se por muitos anos. Segundo Kissmann (1997), tem-se conhecimento de áreas que voltaram a ser infestadas, após movimentação do solo, depois de seis anos com cobertura por outra vegetação.

No Brasil, o papuã é uma das plantas daninhas mais frequentes nos solos cultivados das regiões Centro-Oeste e Sul e está presente em quase todos os Estados (LORENZI, 2000). A espécie encontra-se em 62% das áreas do Planalto do Rio Grande do Sul, sendo a gramínea com maior incidência nessa região (BIANCHI, 1996). Entretanto, esta espécie daninha tem ocorrido com bastante frequência em ambiente de terras baixas nas lavouras de arroz irrigado. Velho et al. (2012) constataram que 25 plantas/m² de papuã em competição com o arroz ocasionaram um impacto negativo de 96% na produtividade da cultura. Anteriormente, esta espécie infestava as curvas de nível (taipas) na lavoura arrozeira, em que a condição de umidade do solo aproxima-se de 100% da capacidade de retenção de água. Porém, atualmente tornou-se comum o desenvolvimento desta planta no quadro sob lâmina d'água. Este fato pode estar ligado ao surgimento de um novo biótipo da espécie, o qual pode apresentar características fisiológicas e morfológicas que auxiliem na sua melhor adaptação a esta condição hídrica do solo.

As plantas pertencentes à família Poaceae, caso da espécie em estudo, normalmente respondem às condições de baixa disponibilidade de oxigênio no solo através de alterações fisiológicas e morfológicas, tais como: mudanças em rotas metabólicas, alongação da parte aérea, formação de raízes aéreas no colmo e aerênquimas (KRAEHMER; BAUR, 2013; MACEDO et al., 2015; WANG et al., 2014). Além disso, baixas concentrações de oxigênio atrelado à inundação do solo

podem ocasionar queda na taxa fotossintética e fechamento estomático, prejudicando o desenvolvimento e acúmulo de matéria seca (ARMSTRONG et al., 1994; ISMAIL et al., 2012).

Levando em consideração os fatos explanados anteriormente, o presente trabalho buscou elucidar o surgimento de um novo biótipo de *U. plantaginea* com características fisiológicas diferenciais, na qual permita uma melhor adaptação e desenvolvimento em ambiente alagado. Para este fim, buscou-se determinar o comportamento fotossintético, a peroxidação de lipídeos e as variáveis morfológicas de duas populações, sendo oriundas de terras altas (coxilha) e baixas (várzea) em diferentes condições hídricas do solo.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, Santa Maria, RS, com 6 m x 20 m e 5 m de pé direito, durante o período de outubro (2016) a março (2017). As amostras de *Urochloa plantaginea* foram coletadas em dois locais: 1) lavouras de arroz irrigado (várzea) do município de Itaqui - Rio Grande do Sul (LAT: 29° 15' 6,2" S; LONG: 56° 22' 0,9" W); 2) em terras altas (coxilha) em Augusto Pestana, planalto do Estado do Rio Grande do Sul (LAT: 28° 28' 17,2" S; LONG: 54° 2' 7,8" W). A localização dos pontos de coleta foi aferida utilizando-se GPS, marca Garmin modelo Etrex 10, possibilitando assim retornar ao local de amostragem se necessário. Em uma área abrangendo 30 hectares, foram coletadas as sementes de plantas aleatórias pertencentes à população alvo, sendo as mesmas acondicionadas em sacos de papel poroso até o momento da semeadura. Para a correta identificação dos acessos coletados utilizou-se a chave de identificação das espécies da família Poaceae (BOLDRINI et al., 2008).

Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado na forma de um bifatorial 2x3 sendo os fatores: duas populações de *Urochloa plantaginea*, sendo uma oriunda de área de coxilha e outra de várzea; três condições hídricas do solo: 50%, 100% da capacidade de retenção de água no solo (CRA) e lâmina d'água (5,0 cm). Para avaliar as variáveis morfológicas utilizaram-se vasos com a capacidade de 11 litros e cinco repetições, devido a necessidade de cultivar as plantas até o final do ciclo. Para as

variáveis relacionadas à fotossíntese foram utilizados vasos de 3,0 litros e quatro repetições. A determinação da CRA do solo foi realizada através da secagem até massa constante (estufa à 60 °C). Após a constatação de que a massa do solo atingiu constância, aferiu-se a capacidade de retenção de água do solo. O vaso a ser utilizado continha orifícios em sua base para a drenagem do excesso de água. O mesmo, foi irrigado até a saturação do solo, sendo que, posteriormente, aguardou-se até o momento em que o mesmo atingiu massa constante. Assim, através da diferença de massa do vaso com solo seco para o vaso com solo úmido, obteve-se o valor da quantidade de água para atingir 100% da capacidade de retenção de água. Para a determinação das condições hídricas do solo (50% e 100% da CRA) foram utilizadas as seguintes equações:

$$MV50\% = (MVCRA - MVseco) \times 0,5 + MVseco$$

$$MV100\% = (MVCRA - MVseco) \times 1,0 + MVseco$$

Em que: MVn% é a massa do vaso para cada um dos tratamentos; MVCRA é a massa do vaso na capacidade de retenção de água; MVseco corresponde a massa do vaso preenchido com solo seco.

Recortes de material poroso foram utilizados para preencher os orifícios de drenagem na base do vaso, com o intuito de não ocorrer perda de solo no momento das irrigações. As irrigações foram realizadas diariamente, juntamente com a pesagem de cada vaso, utilizando uma balança eletrônica marca ACS System com precisão de 5 g, adicionando-se água até atingir a massa total pré-determinada (vaso + solo seco + volume de água para atingir 100% e 50% da CRA).

Para o correto estabelecimento das plantas, estas foram submetidas a uma condição de germinação de 100% da capacidade de retenção de água no solo. Anteriormente à semeadura, realizou-se um teste de germinação para determinar a viabilidade do lote de disseminulos coletados e o número necessário por vaso. A partir deste resultado, em que se obteve uma média de 24% de germinação, optou-se por semear 10 propágulos por recipiente em vasos de 11 L e 30 em vasos de 3,0 L. A variação no número de sementes por vaso foi adequada ao fim, devido a análise de peroxidação de lipídeos (3,0 L) ser destrutiva e necessitar de um mínimo de massa seca para a análise na qual uma planta não seria suficiente. Após a emergência ocorreu o raleio das plântulas, permanecendo uma planta por vaso de 11 L e três plantas por vaso

de 3,0 L. Os tratamentos referentes à condição hídrica do solo iniciaram 28 dias após a semeadura, quando as plantas de *U. plantaginea* apresentavam de 3-4 folhas completamente desenvolvidas (simulando a condição de entrada d'água na lavoura de arroz irrigado).

As avaliações das variáveis relacionados à fotossíntese foram aferidas no terço médio da última folha completamente expandida de cada planta. As plantas de papuã encontravam-se no estágio 3-4 folhas no momento da leitura dos dados, realizada 24 e 192 horas após o início dos tratamentos de condição hídrica do solo. O equipamento utilizado foi o medidor portátil Infra Red Gas Analyzer (IRGA) (modelo LI-6400 XT, marca LI-COR), utilizando uma radiação fotossintética de $1000 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ e concentração de CO_2 de $400 \mu\text{mol mol}^{-1}$. As variáveis determinadas foram: taxa fotossintética ($A - \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); condutância estomática de vapores de água ($G_s - \text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); concentração interna de CO_2 ($C_i - \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol air}^{-1}$); taxa transpiratória ($E - \text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); eficiência do uso da água (EUA - $\text{mol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$), obtida pela relação entre quantidade de CO_2 fixado pela fotossíntese e quantidade de água transpirada e eficiência da carboxilação da enzima rubisco (A/C_i), obtida pela relação entre quantidade de CO_2 fixado na fotossíntese e a concentração interna de CO_2 . As avaliações ocorreram no período das 8:00 às 10:00 horas da manhã, em dia ensolarado. Após a avaliação fotossintética nos respectivos períodos de 24 e 192 horas, foram realizadas a coleta de parte aérea e raiz com o intuito de estimar a peroxidação de lipídeos.

A peroxidação de lipídios foi avaliada pelo método de El-Moshaty et al. (1993), em que as amostras de raízes e da parte aérea, logo após a coleta, foram envoltas por papel alumínio e congeladas em nitrogênio líquido contido em caixa de isopor. Após a coleta, as amostras ficaram armazenadas em um freezer com temperatura de $-80 \text{ }^\circ\text{C}$ até o momento do início da técnica laboratorial para estimativa dos dados. Amostras frescas de raízes e parte aérea (0,5 g) foram maceradas em nitrogênio líquido e homogeneizadas em 5,0 mL de 0,2 M de tampão citrato (pH 6,5), contendo 0,5% de Triton X-100. O homogeneizado foi centrifugado por 15 min a $20.000 \times g$. Um mL do sobrenadante foi adicionado a 1,0 mL de TCA 20% (w/v) contendo 0,5% (w/v) de ácido tiobarbitúrico. A mistura foi aquecida à $95 \text{ }^\circ\text{C}$ por 40 min e então resfriada por 15 min, sendo centrifugada a $10.000 \times g$ por 15 min. A absorbância do sobrenadante foi lida a 532 e

600 nm (para corrigir a turbidez não específica). A peroxidação lipídica foi expressa em nmol MDA mg⁻¹ de proteína.

Ao final do ciclo foram realizadas avaliações das variáveis morfológicas MSR (massa seca de raiz), MSPA (massa seca de parte aérea), AFPM (altura final da planta mãe) e NTP (número total de perfilhos). Para as avaliações de massa seca, as plantas foram retiradas dos vasos, lavadas, e secas em estufa a temperatura de 60 °C até massa constante.

A análise de variância para os dados foi realizada conforme o modelo matemático do delineamento inteiramente casualizado com arranjo bifatorial. Os erros experimentais foram testados quanto à normalidade de sua distribuição através do teste de Shapiro-Wilk e a homogeneidade das variâncias através do teste de Bartlett, com auxílio do programa Action (ESTATCAMP, 2014). Posteriormente, procedeu-se à análise de variância (ANOVA) e o teste de Scott-Knott para agrupamento das médias, em 5% de probabilidade de erro ($p < 0,05$), utilizando-se o programa estatístico Sisvar® 5.3 (FERREIRA, 2011).

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se interação entre o fator condição hídrica do solo e população de *Urochloa plantaginea* para a variável condutância estomática (Gs - mol de H₂O m⁻²s⁻¹), ocorrendo 192 horas após o início dos tratamentos de condição hídrica do solo (Tabela 1). Considerando-se a média geral das populações de várzea e coxilha, houve uma maior condutância estomática em condições de estresse hídrico, seja na falta d'água (50% da CRA do solo) ou excesso (Lâmina). Analisando-se as populações isoladamente pode-se concluir que a população coxilha apresentou maior condutância estomática em condição de alagamento. Sendo que na população várzea não houve diferença entre as três condições hídricas do solo, demonstrando comportamento semelhante nestas três condições.

Tabela 1 – Médias da condutância estomática (Gs - mol de H₂O m⁻²s⁻¹) da interação entre duas populações de *Urochloa plantaginea* e diferentes condições hídricas do solo 192 horas após o início dos tratamentos de umidade do solo e resumo do teste F da análise de variância

Condição hídrica do solo	População				Média
	Coxilha		Várzea		
50% CRA	0,12	B a	0,19	A a	0,15 A
100% CRA	0,11	B a	0,09	A a	0,10 B
Lâmina d'água	0,20	A a	0,12	A b	0,16 A
Média	0,15	a	0,13	a	
CV (%)	36,36				
F da Análise de Variância					
F _{população} (A)	0,34 ns				
F _{cond.híd.} (C)	3,12 ns				
F de A x C	3,68*				

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

Plantas adaptadas ou em processo de adaptação à condições de estresse hídrico, seja por falta ou excesso de água no solo, demonstram maior estabilidade na condutância estomática quando expostas a esta condição (NAIDOO; NAIDOO, 1992; MOLLARD et al., 2008). Na condição de lâmina d'água, as plantas de coxilha obtiveram condutância estomática superior às de várzea. Algumas espécies adaptadas ao ambiente alagado fecham seus estômatos quando expostas a condição de lâmina d'água (KOZLOWSKI, 1984; PEZESHKI, 1994; PEZESHKI et al., 1996). Este fato está intimamente ligado com a redução na condutância estomática e transpiração, assim, diminuindo a velocidade na absorção de água pelas raízes (PEZESHKI, 2001). Complementarmente, a redução na taxa de transpiração da planta em processo de adaptação pode estar atribuída a nova estruturação e diferenciação celular, formando aerênquimas, bloqueios no xilema e lignificação celular, assim reduzindo a condutividade hidráulica das raízes (BRAMLEY; TYERMAN, 2010; HERZOG et al., 2016). A formação de aerênquima lisígeno em *Urochloa plantaginea* em ambiente alagado já foi caracterizada por Macedo (2015).

Na avaliação 24 horas após o início dos tratamentos de condição hídrica do solo, as variáveis taxa fotossintética ($A - \mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$), condutância estomática de vapores de água ($G_s - \text{mol de H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$), concentração de CO_2 intercelular ($C_i - \mu\text{mol de CO}_2 \text{ mol}^{-1}$), taxa de transpiração ($E - \text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$), eficiência do uso da água ($\text{EUA} - \text{mol de CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$) e eficiência instantânea de carboxilação pela rubisco ($A/C_i \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1} \text{ Pa}^{-1}$) não apresentaram interação significativa entre os fatores

condição hídrica do solo e população (Tabela 2). Da mesma maneira, as aferições realizadas 192 horas após o início dos tratamentos de condição hídrica do solo as variáveis: A, Ci, E, EUA e A/Ci, não apresentaram interação entre os fatores estudados.

Tabela 2 – Médias da taxa fotossintética (A - $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$), condutância estomática de vapores de água (Gs - $\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$) e concentração de CO_2 intercelular (Ci - $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ mol}^{-1}$) em duas populações de plantas de *Urochloa plantaginea* 24 horas após o início dos tratamentos de condições hídricas do solo e resumo do teste de F da análise de variância

Condição Hídrica	A		Gs			Ci	
	População						
	COX	VAR	COX	VAR	Média	COX	VAR
50% CRA	16,45 B a	25,65 A a	0,13 B a	0,16 B a	0,14 B	187,59 A a	97,66 A b
100% CRA	14,07 B a	17,78 A a	0,11 B a	0,12 B a	0,12 B	182,83 A a	147,57 A a
LAM	33,04 A a	32,05 A a	0,29 A a	0,27 A a	0,28 A	164,62 A a	152,39 A a
MÉDIA	-	-	-	-	-	178,34 a	132,53 b
CV (%)	41,13		44,19			26,81	
F da Análise de Variância							
F _{população (A)}	1,05 ns		0,02 ns			7,25*	
F _{cond.híd. (C)}	6,39*		9,24*			0,61 ns	
F de A x C	0,57 ns		0,20 ns			1,83 ns	

Médias não seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, em 5% de probabilidade. COX: coxilha; VAR: várzea. CRA: capacidade de retenção de água do solo; LAM: Lâmina d'água. * significância em 5%. ns: não significativo em nível de 5% de probabilidade de erro.

Foram evidenciados comportamentos diferenciados nas populações de coxilha e várzea quanto à eficiência no uso da água (EUA) nos dois momentos avaliados (24 horas e 192 horas). Em média das condições hídricas, a população de papuã oriunda de um ambiente de várzea, caracterizou-se por ser mais eficiente no uso da água perante as plantas oriundas de terras altas (coxilha) (Tabela 3).

Tabela 3 – Médias da taxa de transpiração (E - $\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$), eficiência do uso da água (EUA - $\text{mol de CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$) e eficiência instantânea de carboxilação pela rubisco (A/Ci - $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1} \text{ Pa}^{-1}$) em duas populações de plantas de *Urochloa plantaginea* 24 horas após o início dos tratamentos de condições hídricas do solo e resumo do teste de F da análise de variância

Condição Hídrica	E			EUA			A/Ci		
	População								
	COX	VAR	Média	COX	VAR	Média	COX	VAR	Média

50% CRA	2,44 B a	2,70 B a	2,57 B	6,08 A b	9,63 A a	7,86 A	0,12 A b	0,29 A a	0,20 A
100% CRA	2,50 B a	2,50 B a	2,50 B	5,52 A a	7,04 B a	6,28 B	0,08 A a	0,12 A a	0,10 B
LAM	5,63 A a	5,02 A a	5,33 A	5,80 A a	6,37 B a	6,08 B	0,20 A a	0,21 A a	0,20 A
Média	-	-	-	5,80 b	7,68 a	-	-	-	-
CV (%)	35,43			19,94			52,73		
F da Análise de Variância									
F _{população (A)}	0,05 ns			11,76*			3,59 ns		
F _{cond.híd. (C)}	13,72*			4,18*			3,24*		
F de A x C	0,26 ns			2,57 ns			1,78 ns		

Médias não seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, em 5% de probabilidade. COX: coxilha; VAR: várzea. CRA: capacidade de retenção de água do solo; LAM: Lâmina d'água. * significância em 5%. ns: não significativo em nível de 5% de probabilidade de erro.

Em contrapartida, a população de coxilha diferenciou-se por apresentar maior C_i comparando-se com as plantas de várzea na primeira avaliação. Porém, esta diferença na C_i não se confirmou na avaliação de 192 horas após o início dos tratamentos (Tabela 4). Para as variáveis A, Gs, E e A/ C_i , não foi possível comprovar a existência de diferenças entre as populações avaliadas no presente estudo, considerando as médias gerais dos tratamentos de condição hídrica do solo.

Tabela 4 – Médias da taxa fotossintética (A - $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$), concentração de CO_2 intercelular (C_i - $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ mol}^{-1}$) e taxa de transpiração (E - $\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$) em duas populações de plantas de *Urochloa plantaginea*, 192 horas após o início dos tratamentos de condições hídricas do solo e resumo do teste de F da análise de variância

Condição Hídrica	A		Ci			E			
	População								
	COX	VAR	COX	VAR	Média	COX	VAR	Média	
50% CRA	16,72 ns	21,59 ns	165,17 A a	183,96 A a	174,56 A	2,55 B a	3,10 A a	2,83 B	
100% CRA	18,49	16,12	113,82 B a	106,03 B a	109,92 B	2,60 B a	2,12 A a	2,36 B	
LAM	22,55	19,74	177,22 A a	118,76 B b	147,99 A	4,35 A a	2,91 A b	3,63 A	
CV (%)	31,79			22,61			27,64		
F da Análise de Variância									
F _{população (A)}	0,01 ns		1,41 ns			1,90 ns			
F _{cond.híd. (C)}	0,79 ns		7,95*			4,98*			
F de A x C	1,00 ns		2,90 ns			3,03 ns			

Médias não seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, em 5% de probabilidade. COX: coxilha; VAR: várzea. CRA: capacidade de retenção de água do solo; LAM: Lâmina d'água. * significância em 5%. ns: não significativo em nível de 5% de probabilidade de erro.

Na condição de déficit hídrico simulada no tratamento de 50% da CRA do solo, as plantas de várzea apresentaram maior eficiência no uso da água e maior eficiência instantânea de carboxilação 24 horas após o início dos tratamentos. Entretanto, esta diferença não se manteve na avaliação de 192 horas (Tabela 5). Por outro lado, a população de coxilha acumulou maior quantidade de CO₂ intercelular se comparada à população de terras baixas. Para as demais variáveis aferidas atreladas ao comportamento fotossintético, não houve diferenças significativas entre as populações na condição de 50% da CRA do solo. As plantas C4, como o papuã, apresentam menor flutuação em seu desempenho fotossintético em condição de déficit hídrico, fixando com maior eficiência o carbono (pela enzima rubisco) (TAYLOR et al., 2014). Na condição de 100% da CRA do solo, as plantas das populações de coxilha e várzea não diferiram estatisticamente para as variáveis relacionadas à fotossíntese, tanto na avaliação de 24 horas quanto na de 192 horas.

Tabela 5 – Médias da eficiência do uso da água (EUA - mol de CO₂ mol H₂O⁻¹) e eficiência instantânea de carboxilação pela rubisco (A/Ci - μmol m⁻²s⁻¹ Pa⁻¹) em duas populações de plantas de *Urochloa plantaginea* 192 horas após o início dos tratamentos de condições hídricas do solo e resumo do teste de F da análise de variância

Condição Hídrica	EUA		A/Ci	
	População			
	COX	VAR	COX	VAR
50% CRA	6,28 A a	6,82 A a	0,11 ns	0,12 ns
100% CRA	6,98 A a	7,57 A a	0,19	0,15
LAM	5,24 A b	6,79 A a	0,12	0,17
Média	6,17 b	7,06 a	-	-
CV (%)	14,38		45,48	
	F da Análise de Variância			
F _{população (A)}	5,29*		0,15 ns	
F _{cond.híd. (C)}	3,53 ns		1,41 ns	
F de A x C	0,72 ns		0,78 ns	

Médias não seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, em 5% de probabilidade. COX: coxilha; VAR: várzea. CRA: capacidade de retenção de água do solo; LAM: Lâmina d'água. * significância em 5%. ns: não significativo em nível de 5% de probabilidade de erro.

Na coleta de dados realizada 24 horas após o início da irrigação, não houve diferença estatística para as variáveis A, Gs, Ci, E, EUA e A/Ci na condição hídrica de

alagamento do solo (LAM) entre as populações avaliadas (Tabelas 2 e 3). Entretanto, na avaliação de 192 horas, a população de coxilha apresentou uma maior concentração de CO₂ intercelular, obteve uma maior taxa de transpiração e condutância estomática em condição de lâmina d'água no solo. A população de várzea por outro lado, apresentou menor quantidade de CO₂ intercelular, apresentou menor taxa de transpiração e condutância estomática. As duas populações diferiram significativamente quanto à eficiência no uso da água, onde a população de terras baixas foi mais eficiente. Menor taxa de transpiração associada a maior eficiência no uso da água e a inexistência de diferença na taxa fotossintética entre as populações, indicam melhor controle no status hídrico das plantas de várzea em condição de lâmina d'água (MOLLARD et al., 2008; PEZESHKI; CHAMBERS, 1985). Além disso, as plantas que apresentam rota fotossintética C4 possuem menor variação em sua resposta da taxa fotossintética quando expostas a situações de estresse hídrico, devido a alta eficiência na fixação de CO₂ (SAGE, 2000).

Analisando-se as variáveis morfológicas pode-se inferir que a partir da média geral das populações de várzea e coxilha nos três ambientes, não houve diferença significativa para as variáveis massa seca de raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA), altura final da planta mãe (AFPM) e número total de perfilhos (NTP) ao fim do ciclo (Tabelas 6 e 7). As plantas de papuã das populações analisadas neste estudo responderam de maneira semelhante nas três condições hídricas do solo para a MSR e MSPA, considerando as médias gerais de cada condição hídrica (Tabela 6). Para a condição de lâmina d'água, as massas de raiz e parte aérea reduziram drasticamente quando comparadas com as condições de 50% e 100% da CRA do solo. Torna-se comum em plantas que não são oriundas de ambientes com elevada umidade do solo, a redução da massa seca quando expostas à esta condição hídrica (GOMATHI et al., 2010). Cabe ressaltar que para a variável MSPA, a população de *U. plantaginea* oriunda da várzea demonstrou maior crescimento (39,1 g) em ambiente alagado, diferindo significativamente das plantas de coxilha (12,4 g) nesta condição (Tabela 6). Em contrapartida, as plantas de coxilha demonstraram maior MSPA em condição hídrica ótima (100% da CRA do solo).

Tabela 6 – Médias da massa seca de raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA) de diferentes populações de *Urochloa plantaginea*, sob diferentes condições hídricas do solo e resumo do teste F da Análise de Variância

Condição Hídrica	MSR (g)			MSPA (g)		
	População					
	COX	VAR	Média	COX	VAR	Média
50% CRA	146,1 A a	141,5 A a	143,85 A	80,8 A a	81,7 A a	81,27 A
100% CRA	155,8 A a	155,8 A a	155,87 A	88,6 A a	73,8 A b	81,22 A
LAM	6,3 B a	16,8 B a	11,60 B	12,4 B b	39,1 B a	25,81 B
CV (%)	35,82			15,76		
F da Análise de Variância						
F _{população} (A)	0,02 ns			1,39 ns		
F _{cond.híd.} (C)	46,36*			104,74*		
F de A x C	0,11 ns			11,24*		

Médias não seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, em 5% de probabilidade. COX: coxilha; VAR: várzea. CRA: capacidade de retenção de água do solo; LAM: Lâmina d'água. Significância em 5%. ns: não significativo em nível de 5% de probabilidade de erro.

A população de várzea quando submetida a condição de alagamento do solo, apresentou um maior crescimento médio em altura (94,0 cm) perante a população de coxilha (56,2 cm) (Tabela 7). Nas espécies ambientadas à condição de lâmina d'água, observa-se maior altura, como exemplo do arroz, onde o acúmulo de etileno induz a expressão dos genes SNORKEL1 e SNORKEL2, que via giberelina ocasionam em alongação dos entrenós (HATTORI et al., 2009; KOZLOWSKI; PALLARDY, 1984). Já na condição ótima de disponibilidade de água para o papuã (100% da CRA do solo), as plantas de coxilha obtiveram maior proveito desta condição no parâmetro em questão. Avaliando as respostas das populações dentro de cada nível da condição hídrica do solo para a variável AFPM, notam-se algumas peculiaridades. A população de terras altas não diferiu em altura nas condições de 50% e 100% da CRA do solo. Sendo que, a de várzea não diferiu em altura nas condições de lâmina d'água e 100% da CRA do solo. O que evidencia um comportamento diferencial das duas populações para a variável em questão nas condições impostas.

Tabela 7 – Médias da altura final da planta mãe (AFPM) e número total de perfilhos (NTP) de diferentes populações de *Urochloa plantaginea*, sob diferentes condições hídricas do solo e resumo do teste F da Análise de Variância

Condição Hídrica	AFPM (cm)			NTP		
	População					
	COX	VAR	Média	COX	VAR	Média
50% CRA	119,4 A a	129,10 A a	124,25 A	30,6 A a	22,6 B b	26,60 A
100% CRA	138,1 A a	98,80 B b	118,45 A	28,4 A a	34,4 A a	31,40 A
LAM	56,2 B b	94,00 B a	75,10 B	5,6 B a	11,2 C a	8,40 B
CV (%)	14,03			23,09		
	F da Análise de Variância					
F _{população} (A)	0,25 ns			0,41 ns		
F _{cond.híd.} (C)	32,65*			56,36*		
F de A x C	17,22*			6,08*		

Médias não seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, em 5% de probabilidade. COX: coxilha; VAR: várzea. CRA: capacidade de retenção de água do solo; LAM: Lâmina d'água. Significância em 5%. ns: não significativo em nível de 5% de probabilidade de erro.

Em relação ao número total de perfilhos, as plantas de terras altas diferiram dos indivíduos de terras baixas somente na condição de déficit hídrico (50% da CRA), caracterizando-se por demonstrarem maior capacidade de perfilhamento nesta condição (Tabela 7). Nas demais condições hídricas, as populações não se diferenciaram estatisticamente em NTP. Para a população de coxilha, não houve distinção no número de perfilhos nas condições de 50% e 100% da CRA, porém na condição de lâmina d'água, a emissão de perfilhos foi reduzida. Mesmo gramíneas, que habitam solos com frequente déficit hídrico, podem reduzir o número de perfilhos nesta condição devido à menor disponibilidade do recurso (NEZAR, 2005), fato este que não foi demonstrado pela população de coxilha. Em contrapartida, para as plantas de várzea, a resposta aos níveis de umidade do solo foi outra, onde a condição de déficit hídrico reduziu o NTP quando comparada a condição ótima de água no solo (100% da CRA). Em plantas ambientadas à condição de alagamento, quando expostas à condição de déficit hídrico, naturalmente tendem a reduzir o número de perfilhos e sua altura (FAROOQ et al., 2010).

Outro parâmetro avaliado foi a peroxidação de lipídeos, tanto em raízes quanto na parte aérea das plantas, 24 horas e 192 horas após o início dos tratamentos de condição hídrica do solo. Em raízes, não houve diferenças estatísticas nos fatores avaliados em nenhum dos momentos de coleta dos dados (Tabela 8).

Tabela 8 – Médias da peroxidação de lipídeos (nmol de MDA mg⁻¹ de proteína) radicular, 24 e 192 horas após o início dos tratamentos em duas populações

de plantas de *Urochloa plantaginea* sob diferentes condições hídricas do solo e resumo do teste de F da Análise de Variância

Condição Hídrica	24h		192h	
	População			
	COX	VAR	COX	VAR
50% CRA	0,0045 ns	0,0105 ns	0,0084 ns	0,0036 ns
100% CRA	0,0048	0,0056	0,0116	0,0075
LAM	0,0065	0,0108	0,0027	0,0062
CV (%)	30,21		28,24	
F da Análise de Variância				
F _{população} (A)	2,45 ns		0,79 ns	
F _{cond.híd.} (C)	0,76 ns		2,23 ns	
F de A x C	0,43 ns		1,74 ns	

Médias não seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, em 5% de probabilidade. COX: coxilha; VAR: várzea. CRA: capacidade de retenção de água do solo; LAM: Lâmina d'água. * significância em 5%. ns: não significativo em nível de 5% de probabilidade de erro.

Tratando-se da peroxidação lipídica de parte aérea, não se evidenciou diferenças significativas em nenhum dos fatores no período de 24 horas após o início dos tratamentos (Tabela 9). Entretanto, na avaliação 192 horas após o início dos tratamentos de umidade do solo, observou-se uma interação significativa entre os fatores população e condição hídrica do solo. As plantas de papuã originárias de coxilha apresentaram maior peroxidação de lipídeos nas situações de estresse tanto por falta quanto por excesso d'água, diferindo significativamente da condição de 100% da CRA do solo. As plantas de várzea não diferiram estatisticamente para a peroxidação de lipídeos nos três ambientes, podendo ser indicativo de melhor resposta das plantas ao estresse hídrico em ambas as condições.

Tabela 9 – Médias da peroxidação de lipídeos (nmol de MDA mg⁻¹ de proteína) em parte aérea 24 e 192 horas após o início dos tratamentos em duas populações de plantas de *Urochloa plantaginea*, sob diferentes condições hídricas do solo e resumo do teste de F da Análise de Variância

Condição Hídrica	24h		192h		
	População				
	COX	VAR	COX	VAR	Média
50% CRA	0,0165 ns	0,0153 ns	0,0157 A a	0,0150 A a	0,0153 A
100% CRA	0,0168	0,0155	0,0120 B a	0,0122 A a	0,0121 B
LAM	0,0170	0,0164	0,0178 A a	0,0135 A b	0,0156 A

CV (%)	20,12	14,78
F da Análise de Variância		
F _{população (A)}	0,60 ns	3,33 ns
F _{cond.híd. (C)}	0,119 ns	6,75*
F de A x C	0,21 ns	2,47 ns

Médias não seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, em 5% de probabilidade. COX: coxilha; VAR: várzea. CRA: capacidade de retenção de água do solo; LAM: Lâmina d'água. * significância em 5%. resumo do teste de F da Análise de Variância. ns: não significativo em nível de 5% de probabilidade de erro.

A análise de peroxidação de lipídeos é um bom indicador para avaliar a sensibilidade de uma planta à condição de estresse (HERZOG et al., 2016). Em plantas expostas a condições hipóxicas e anóxicas, Li et al. (2006) relataram que ocorrem extensas peroxidações de lipídeos, sendo relacionado à peroxidação de membranas. Esta degradação de tecidos internos é justificada em condições hipóxicas devido ao acúmulo de espécies reativas de oxigênio (EROs) na parte aérea de gramíneas (BIEMELT et al., 2000; GOMATHI; CHANDRAN, 2012; KALASHNIKOV et al., 1994). Observando o fator condição hídrica do solo dentro de cada população, ressalta-se a maior peroxidação de lipídeos na população de coxilha e menor na população de várzea sob condição de lâmina d'água. Após 192h do alagamento, observou-se maior redução na massa seca e maior peroxidação de lipídeos nas duas populações de *Urochloa plantaginea*. Em condição de lâmina d'água no solo, a alta redução de massa seca em parte aérea comumente é relacionada à alta peroxidação de lipídeos (LOPES et al., 2005; SHAO et al., 2013). Normalmente as respostas de variáveis relacionadas a peroxidação de lipídeos ocorrem cerca de 4 a 6 dias após a exposição à condição hídrica, explicando a significância dos resultados 192h após o início dos tratamentos de umidade do solo (HERZOG et al., 2016; LI et al., 2006; TANG et al., 2010).

As plantas oriundas de ambiente de várzea quando comparadas às plantas de coxilha, demonstraram no presente estudo características morfofisiológicas superiores em condição de alagamento do solo. Pode-se ressaltar, maior eficiência no uso da água (cerca de 30%), maior altura de plantas, menor peroxidação de lipídeos de parte aérea e maior incremento de massa seca de parte aérea. Adicionalmente, a população de várzea demonstrou não variar as variáveis fotossintéticas: A, Gs, Ci, E, EUA e A/Ci quando exposta à lâmina d'água, isto comparando-se com a condição de 100% da CRA. O comportamento desta população em ambiente alagado demonstra maior adaptação ao

mesmo, evidenciando características para superar as limitações impostas pelo ambiente hipóxico/anóxico.

Os resultados apresentados neste trabalho permitem concluir que a condição hídrica do solo é limitante para o crescimento e desenvolvimento de *Urochloa plantaginea*. As diferentes disponibilidades de água no solo impostas às plantas, possibilitaram caracterizar as respostas de cada população frente a estes ambientes. Seria equivocado afirmar a existência de um biótipo mais tolerante ao alagamento. Para *Panicum virgatum* L. identificou-se um ecótipo de terras baixas na qual não apresentava diferenças no crescimento tanto em ambiente alagado quanto em 100% CRA do solo, ao contrário do ecótipo de terras altas (BARNEY et al., 2009). Entretanto, as plantas coletadas em ambiente de lavoura de arroz podem estar em fase transitória de adaptação, demonstrando maior poder de invasividade no ambiente alagado. Ambas as populações suportaram o alagamento até o final do ciclo e produziram sementes, além disso não se diferenciaram em A, A/Ci (192h), número total de perfilhos, MSR e peroxidação de lipídeos radicular (24h e 192h).

4.4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARMSTRONG, W.; BRANDLE, R.; JACKSON, M. B. Mechanisms of flood tolerance in plants. **Acta Botanica**, v. 43, n. 4, p. 307-358, 1994.

BARNEY, J. N.; MANN, J. J.; KYSER, G. B.; BLUMWALD, E.; DEYNZE, A. V.; DITOMAZO, J. M. Tolerance of switchgrass to extreme soil moistures stress: Ecological implications. **Plant Science**, v. 177, n. 6, p. 724-732, 2009. DOI: 10.1016/j.plantsci.2009.09.003

BIANCHI, M. A. **Programa de difusão de manejo integrado de plantas daninhas em soja**. In: Reunião de pesquisa de soja da Região Sul, 23., 1996, Porto Alegre. Ata e Resumos. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1996. p. 125.

BIEMELT, S.; KEETMAN, U. H. P.; MOCK, B. G. Expression and activity of isoenzymes of superoxide dismutase in wheat roots in response to hypoxia and anoxia. **Plant, Cell & Environment**, v. 23, p. 135-144, 2000. DOI: 10.1046/j.1365-3040.2000.00542.x

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

BRAMLEY, H.; TYERMAN S.D. **Root water transport under waterlogged conditions and the roles of aquaporins.** In: Waterlogging Signalling and Tolerance in Plants (eds Mancuso S. & Shabala S.). Springer, Berlin Heidelberg, p. 151-180, 2010.

EL-MOSHATY, F. I. B.; PIKE, S. M.; NOVACKY, A. J.; SEHGAL, O. P. Lipid peroxidation and superoxide productions in cowpea (*Vigna unguiculata*) leaves infected with tobacco rings virus or southern bean mosaic virus. **Journal of Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 43, p. 109-119, 1993.

ESTATCAMP. **Software Action.** Estatcamp - Consultoria em estatística e qualidade, São Carlos, SP, 2014. Disponível em: <http://www.portalaction.com.br> Acesso em: 27 jun. 2016.

FAROOQ, M.; KOBAYASHI, N.; ITO, O.; WAHID, A.; SERRAJ, R. Broader leaves result in better performance of indica rice under drought stress. **Journal of Plant Physiology**, v. 13, p. 1066-1075, 2010. DOI: 10.1016/j.jplph.2010.03.003.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia** (UFLA), v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

GOMATHI, R.; CHANDRAN, K.P.N.; GURURAJA, R.; RAKKIYAPPAN, P. Effect of waterlogging in sugarcane and its management. **Sugarcane Breeding Institute (SBI-ICAR)**, Extension Pub. n. 185, 2010.

GOMATHI, R.; CHANDRAN, K. **Physiological markers for screening waterlogging Resistance in sugarcane.** In: Proceedings of International symposium on “New Paradigms in Sugarcane Research” ISNPSR 2012. Organised by SSRD & SBI at Coimbatore. Abstract No. 129, 2012.

HATTORI, Y.; NAGAI, K.; FURUKAWA, S.; SONG, X. J.; KAWANO, R.; SAKAKIBARA, H.; MATSUMOTO, T.; YOSHIMURA, A.; KITANO, H. The ethylene response factors SNORKEL1 and SNORKEL2 allow rice to adapt to deep water. **Nature**, v. 460, p. 1026-1030, 2009. DOI:10.1038/nature08258

HERZOG, M.; STRIKER, G. G.; COLMER, T. D.; PEDERSEN, O. Mechanisms of waterlogging tolerance in wheat – a review of root and shoot physiology. **Plant, Cell and Environment**, v. 39, p. 1068-1086, 2016. DOI: 10.1111/pce.12676

KALASHNIKOV, J. E.; BALAKHNINA, T. I.; ZAKRZHEVSKY, D. A. Effect of soil hypoxia on activation of oxygen and the system of protection from oxidative destruction in roots and leaves of *Hordeum vulgare*. **Russian Journal of Plant Physiology**, v. 41, p. 583–588, 1994.

KISSMANN, K. G. **Plantas infestantes e nocivas.** 2. ed., Tomo I, São Paulo: Basf S.A., CD-ROOM. 1997.

KOZLOWSKI, T. T. Plant responses to flooding of soil. **Bioscience**, v. 34, p. 162–167, 1984.

KOZLOWSKI, T. T.; PALLARDY, S. G. Effects of flooding on water, carbohydrate and mineral relations. In: Kozlowski, T.T. (Ed.), **Flooding and Plant Growth**. Academic Press, p. 165–193. 1984.

KRAEHMER, H.; BAUR, P. **Weed Anatomy**. Wiley-Blackwell, Chichester, UK. 2013

LI, J. C.; WEI, F. Z.; WANG, C. Y.; YIN, J. Effects of waterlogging on senescence of root system at booting stage in winter wheat. **Acta Agronomica Sinica**, v. 9, p. 1355-1360, 2006.

LOPES, M. J. C.; SOUZA, I. R. P.; MAGALHÃES, P. C.; GAMA, E. E. G.; ALVES, J. D.; MAGALHÃES, M. M. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 4, n. 3, p. 362-373, 2005.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas**. 3.ed. Nova Odessa: Plantarum, 2000. 608 p.

LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional**. 6. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, p. 339, 2005.

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

MOLLARD, F. P. O.; STRIKER, G. G.; PLOCHUK, E. L.; VEGA, A. S.; INSAUSTI, P. Flooding tolerance os *Paspalum dilatatum* (Poaceae: Paniceae) from upland and lowland positions in natural grassland. **Flora**, v. 203, p. 548-556, 2008. DOI: 10.1016/j.flora.2007.10.003

MOREIRA, H. J. C.; BRAGANÇA, H. B. N. **Manual de Plantas Infestantes: Arroz**. São Paulo: Ed. FMC Agricultural Products. 2010. 642 p.

NAIDOO, G.; NAIDOO, S. Waterlogging responses of *Sporobolus virginicus* (L) Kunth. **Oecologia**, v. 90, n.3, p. 445–450, 1992. DOI: 10.1007/BF00317704

NEZAR, S. H. Effects of drought stress on growth and yield of barley. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 25, n. 1, p. 145-149, 2005. DOI: 10.1051/agro:2004064

PEZESHKI, S. R.; CHAMBERS, J. L. Response of cherrybark oak (*Quercus falcata* var. *pagodaefolia*) seedlings to short-term flooding. **Forest Science**, v. 31, p. 760–771, 1985. DOI: 10.1093/forestscience/31.3.760

PEZESHKI, S. R. **Plant responses to flooding**. In: Wilkinson, R.E. (Ed.), **Plant-Environment Interactions**. Marcel Dekker, p. 289–321, 1994.

PEZESHKI, S. R.; PARDUE, J. H.; DELAUNE, R. D. Leaf gas exchange and growth

of flood-tolerant and flood-sensitive tree species under low soil redox conditions. **Tree Physiology**, v. 16, p. 453–458, 1996.

PEZESHKI, S. R. Wetland plant responses to soil flooding. **Environmental and Experimental Botany**, v. 46, p. 299-312, 2001. DOI: 10.1016/S0098-8472(01)00107-1

SAGE, R. F. C3 versus C4 photosynthesis in rice: ecophysiological perspectives. **Studies in Plant Science**. v. 7, p. 13-25, 2000. DOI: 10.1016/S0928-3420(00)80004-X

SHAO, G. C.; LAN, J. J.; YU, S. E.; LIU, N.; GUO, R. Q.; SHE, D. L. Photosynthesis and growth of winter wheat in response to waterlogging at different growth stages. **Photosynthetica**, v. 51, n. 3, p. 429-437, 2013. DOI: 10.1007/s11099-013-0039-9

TANG, B.; XU, S.; ZOU, X.; ZHENG, Y.; QIU, F. Changes of antioxidative enzymes and lipid peroxidation in leaves and roots of waterlogging-tolerant and waterlogging-sensitive maize genotypes at seedling stage. **Agricultural Sciences in China**, v. 9, n. 5, p. 651-661, 2010. DOI: 10.1016/S1671-2927(09)60140-1

TAYLOR, S. H.; RIPLEY, B. S.; MARTIN, T.; DE-WET, L.; WOODWARD, F. I.; OSBORNE, C. P. Physiological advantages of C4 grasses in the field: a comparative experimente demonstrating the importance of drought. **Global Change Biology**, v. 20, p. 1992-2003, 2014. DOI: 10.1111/gcb.12498

VELHO, G. F.; CRUSCIOL, C. A. C.; VELINI, E. D.; CASTRO, G. S. A.; BORGHI, E. Interferência de *Brachiaria plantaginea* com a cultura do arroz, cv. Primavera. **Planta Daninha**, v. 30, n. 1, p. 17-26, 2012. DOI: 10.1590/S0100-83582012000100003

WANG, Q.; CHEN, J.; LIU, F.; LI. Morphological changes and resource allocation of *Zizania latifolia* (Griseb.) Stapf in response to different submergence depth and duration. **Flora**, v. 209, p. 279-284, 2014. DOI: 10.1016/j.flora.2014.03.006

5 CAPÍTULO II – INTERAÇÃO ENTRE ADUBAÇÃO NITROGENADA, CONDIÇÃO HÍDRICA DO SOLO E HERBICIDAS NO CONTROLE DE *Urochloa plantaginea*

RESUMO

O presente estudo buscou constatar a existência de interações entre as condições hídricas do solo, nitrogênio e herbicidas comumente utilizados para controle de papuã (*Urochloa plantaginea*) no cultivo do arroz irrigado. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado composto por um trifatorial 2x3x4, sendo os fatores: condições hídricas do solo (100% da capacidade de retenção de água no solo - CRA e lâmina d'água de 5 cm), doses de nitrogênio (0,0; 80,0 e 160,0 kg de N ha⁻¹) e doses de herbicida (0,0; 1/2 dose de registro; dose de registro; 2x a dose de registro). Os herbicidas avaliados foram cyhalofop-butyl (0,0; 95; 190 e 380 g de i.a. ha⁻¹), imazapyr + imazapic (0,0; 36,75 + 12,25; 73,5 + 24,5 e 147 + 49 g de i.a. ha⁻¹) e imazethapyr (0,0; 50; 100 e 200 g de i.a. ha⁻¹). Avaliou-se a fitotoxicidade e a massa seca aos 28 dias após a aplicação. Para cyhalofop-butyl e imazapyr + imazapic, a fitotoxicidade visual em plantas de *U. plantaginea* submetidas às condições de 100% da CRA do solo e lâmina d'água foi superior nos tratamentos com adubação nitrogenada. Entretanto, para imazethapyr na condição de 100% da CRA do solo ocasionou maior fitotoxicidade em papuã na ausência de adubação nitrogenada. Para a condição de alagamento, a partir da dose de 35 g de i.a. ha⁻¹, o resultado no controle para o herbicida imazethapyr foi otimizado nas condições de adubação com 80 kg de N ha⁻¹ e 160 kg de N ha⁻¹. Além das condições hídricas do solo, a adubação nitrogenada deve ser levada em consideração no manejo desta espécie daninha à cultura do arroz irrigado.

Palavras chave: Papuã. Alagamento. Invasividade. Imazethapyr.

5.1 INTRODUÇÃO

Para a obtenção de elevados níveis de produtividade na cultura do arroz irrigado, o manejo possui como um dos pilares o uso de agroquímicos. Dentre estes, os herbicidas tornaram-se elemento chave para alcançar este objetivo. A escolha da utilização dos mesmos é devido ao custo reduzido, praticidade na operação de aplicação e controle satisfatório da comunidade infestante de plantas daninhas. Atualmente, existem 281 herbicidas disponíveis no mercado, sendo que os mesmos estão distribuídos em apenas 26 mecanismos de ação. O

cenário tornou-se alarmante em relação a resistência de plantas daninhas à herbicidas. Existem 485 casos de resistência únicos (espécie x mecanismo de ação) no mundo, sendo que destes, 48 encontram-se no Brasil. Além disso, há um dado mais preocupante, dentre os 26 mecanismos de ação somente três não estão envolvidos em algum caso de resistência (HEAP, 2017).

Entretanto, existem alguns fatores abióticos que podem alterar a resposta de uma planta ao herbicida, tais como: a umidade do solo, nebulosidade, temperatura do ar, umidade relativa do ar, entre outros. Atualmente, a comunidade científica necessita de respostas para a interação entre práticas de manejo e eficiência de herbicidas. A adubação nitrogenada em culturas como o milho, por exemplo, pode ocasionar alterações no resultado da aplicação de herbicidas como o glifosato em espécies de *Amaranthus* sp. Estudo relatado por Kohrt et al. (2016) comprovou a redução do fator de resistência de 27,8 para 4,7 em biótipo de *Amaranthus tuberculatus* resistente à glifosato. Porém, em *Amaranthus palmeri*, a resposta não foi a mesma, em que a adubação nitrogenada não influenciou o fator de resistência em biótipos resistentes à glifosato. As conclusões sugerem que as respostas irão depender diretamente da espécie de planta daninha e do ingrediente ativo utilizado.

Pesquisas anteriores apontam evidências da influência do nitrogênio na maior ou menor eficácia de herbicidas, porém existem poucos estudos realizados sobre as bases fisiológicas de processos específicos entre plantas daninhas, ingredientes ativos e sua interação com o nitrogênio. Os mecanismos de alteração na eficiência de herbicidas em relação ao nitrogênio não são bem compreendidos devido ao fato de que são realizados em condições ótimas para o desenvolvimento das plantas alvo (MITHILA et al., 2008). Diferenças na eficácia de herbicidas, resultantes dos variados níveis de nitrogênio disponível no solo, podem alterar a estrutura na comunidade de plantas daninhas em áreas agrícolas (BLACKSHAW et al., 2003; CATHCART et al., 2004). Este fator permite explicar possíveis falhas no controle de espécies invasoras nas culturas.

No ambiente da lavoura de arroz irrigado cultivada no sistema de curvas de nível, além do manejo utilizando adubação nitrogenada em cobertura, a estruturação do terreno para a semeadura ocasiona algumas peculiaridades na irrigação. Pode-se dizer que existem 3 condições hídricas do solo, o leiveiro com lâmina d'água de aproximadamente 10-12 cm; quadro com 3-5 cm e no topo da curva de nível com uma condição de 100% da CRA (capacidade de retenção de água no solo). Em resumo, possui-se uma condição próximo à 100% da CRA do solo e outra com lâmina d'água.

Observações em áreas orizícolas realizadas por técnicos e produtores, indicam uma variação no controle químico de plantas daninhas que pode ser explicado pela adubação nitrogenada. Fator este que está intimamente ligado com vários processos fisiológicos envolvendo transporte de açúcares e outras rotas metabólicas. Estas observações são a premissa deste trabalho, buscando constatar e esclarecer se existem interações entre as condições hídricas do solo, nitrogênio e herbicidas comumente utilizados no controle de papuã (*Urochloa plantaginea*) no cultivo do arroz irrigado. Face a esta problemática, novas alternativas de manejo devem ser ressaltadas e desenvolvidas, com o objetivo da diversificação nos métodos de controle de espécies daninhas e orientação da equipe técnica atuante.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

Realizou-se o experimento em casa de vegetação, no município de Santa Maria, estado do Rio Grande do Sul (29° 38' 42,1''S, 53° 57' 40,8''O), sendo conduzido durante o período de outubro a dezembro do ano de 2017. O estudo sobre a eficiência de herbicidas foi arranjado em um esquema fatorial 2x3x4: duas condições hídricas do solo, lâmina d'água de 5 cm e 100% de capacidade de retenção de água do solo (CRA); três doses de adubação nitrogenada: 0,0, 80 e 160 kg de N ha⁻¹; e doses crescentes dos herbicidas: 0,0; 1/2 dose de registro; dose de registro; 2x a dose de registro. Os herbicidas avaliados foram cyhalofop-butyl (0,0; 95; 190 e 380 g de i.a. ha⁻¹), imazapyr + imazapic (0,0; 36,75 + 12,25; 73,5 + 24,5 e 147 + 49 g de i.a. ha⁻¹) e imazethapyr (0,0; 50; 100 e 200 g de i.a. ha⁻¹).

Os propágulos de *Urochloa plantaginea* foram coletados em lavoura de arroz (várzea) localizada no município de Itaqui - Rio Grande do Sul (LAT: 29° 15' 6,2" S; LONG: 56° 22' 0,9" W). As cariopses de *Urochloa plantaginea* foram propagadas em vasos de polietileno com 0,5 L de capacidade de solo, semeadas à profundidade de 1,0 cm. No momento em que as plantas atingiram o estágio de 3-4 folhas (cerca de 28 dias após a semeadura), foram aplicados os herbicidas, em sequência a aplicação da adubação nitrogenada e, posteriormente, as condições hídricas. Para efetuar a adubação nitrogenada, foi realizada a diluição do fertilizante ureia (46% de nitrogênio) em água, com o intuito de padronizar a operação e reduzir o erro sobre a aplicação na forma granulada. As plantas foram mantidas em uma condição de 100% da CRA (capacidade de retenção de água no solo) até o momento da aplicação dos herbicidas, adubação nitrogenada e condição hídrica. Para aplicação dos herbicidas, utilizou-se um pulverizador costal pressurizado a CO₂, munido com uma barra de

0,5 m contendo duas pontas do tipo XR Teejet 110.02, à pressão de 29 lbs pol⁻² e taxa de aplicação de 150 L ha⁻¹.

A determinação da capacidade de retenção de água no solo (CRA) foi realizada através da secagem até massa constante (estufa à 60 °C). Após a constatação de que a massa do solo atingiu constância, aferiu-se a capacidade de retenção de água do solo. No vaso a ser utilizado, contendo uma massa de solo conhecida, continha orifícios em sua base para a drenagem do excesso de água. O vaso foi irrigado até ocorrer a saturação do solo, sendo que posteriormente aguardou-se até o momento em que o mesmo atingiu massa constante. Assim, através da diferença de massa do vaso com solo seco para o vaso com solo úmido, obteve-se o valor da quantidade de água para atingir 100% da capacidade de retenção de água. As irrigações foram realizadas diariamente, pesando-se cada vaso, utilizando uma balança eletrônica marca ACS System com precisão de 5,0 g, sendo adicionado água até atingir a massa total pré-determinada (vaso + solo seco + volume de água para atingir 100% da CRA).

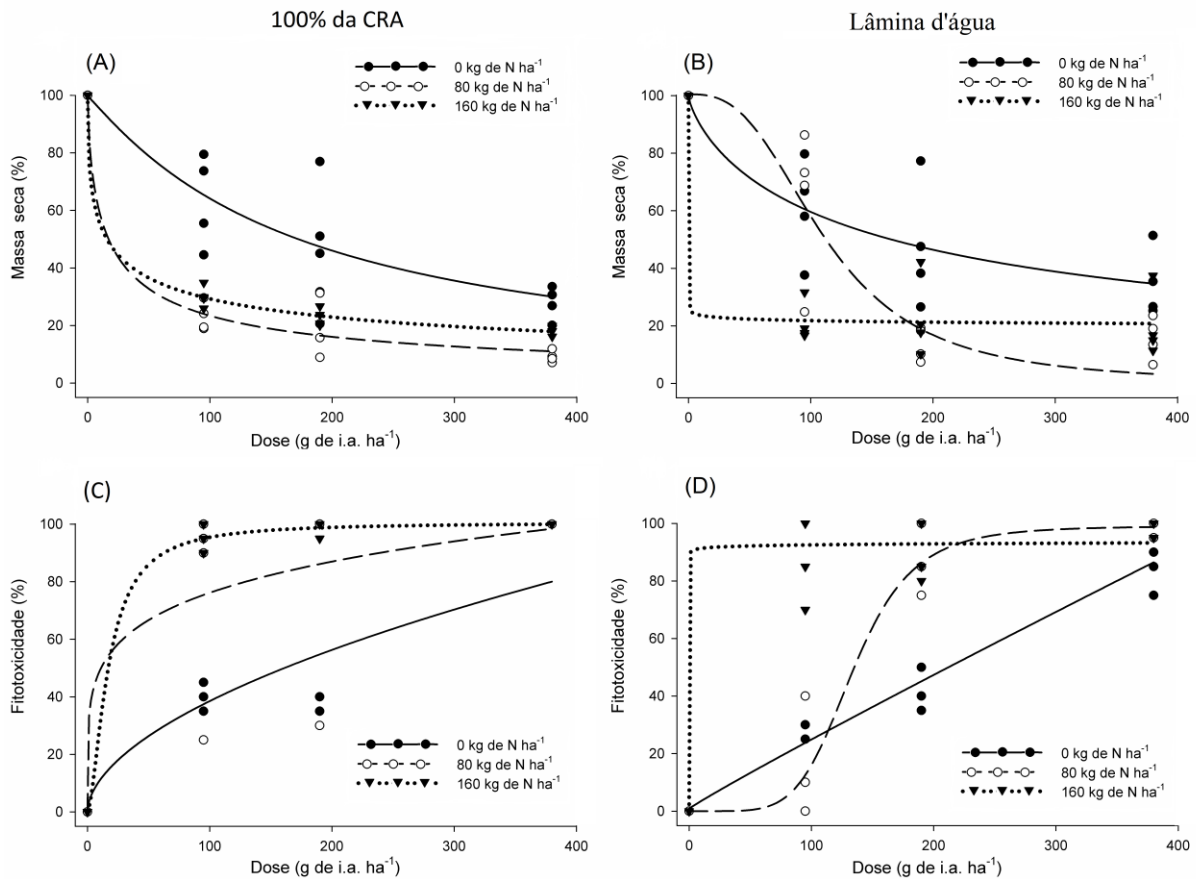
A determinação da massa seca (MS) de plantas foi realizada aos 28 dias após a aplicação (DAA), tempo suficiente para visualização dos sintomas de fitointoxicação nas plantas-alvo. Realizou-se análise visual conforme escala da Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas (SBCPD, 1995) aos 28 DAA. Para realizar a determinação de MS, as amostras foram secas em estufa à 60 °C até massa constante. As curvas dose-resposta foram obtidas através da análise da porcentagem da matéria seca e fitotoxicidade em comparação à dose zero.

Os dados foram submetidos à análise de variância conforme o modelo matemático do delineamento inteiramente casualizado com arranjo trifatorial. Os erros experimentais foram testados quanto à normalidade de sua distribuição através do teste de Shapiro-Wilk e a homogeneidade das variâncias através do teste de Bartlett, com auxílio do programa Action (ESTATCAMP, 2014). Posteriormente, procedeu-se à análise de variância (ANOVA) e o teste de Scott-Knott para agrupamento das médias, em 5% de probabilidade de erro ($p < 0,05$), utilizando-se o programa estatístico Sisvar® 5.3 (FERREIRA, 2011). Os dados de massa seca foram convertidos em porcentagem baseada na testemunha. Após a conversão, os dados foram analisados via regressão não linear logística com 3 ou 4 parâmetros, optando-se pelo modelo na qual obteve-se o melhor valor de R ajustado. Os parâmetros exigidos na equação foram obtidos através da plotagem dos dados da massa seca e fitotoxicidade de plantas em relação à testemunha. Os gráficos foram gerados a partir de uma matriz básica de dados analisada no programa SigmaPlot® versão 11.

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação tripla entre os fatores (condição hídrica do solo, doses de nitrogênio e doses do herbicida cyhalofop-butyl) foi significativa tanto para a variável massa seca quanto para fitotoxicidade de plantas de *Urochloa plantaginea*. Em ambas as condições hídricas, o aporte de nitrogênio na dose de 80 e 160 kg ha⁻¹ reduziu o acúmulo de massa seca comparando-se ao tratamento sem nitrogênio (Figura 1). Isto, tomando como base a dose necessária para reduzir em 50% a massa seca das plantas (GR₅₀) de papuã. A redução no acúmulo de massa seca conforme o aumento na dose de cyhalofop-butyl tornou-se mais evidente na condição de 100% da CRA (capacidade de retenção de água) do solo. A fitotoxicidade em plantas de *U. plantaginea*, submetidas à condição de 100% da CRA do solo, foi superior nos tratamentos com adubação nitrogenada. O mesmo ocorreu na condição de lâmina d'água, havendo uma otimização da eficiência do herbicida associado às doses de nitrogênio.

Figura 1 – Massa seca em relação à testemunha (A e B) e fitotoxicidade visual (C e D) de *Urochloa plantaginea* submetidas à condição de lâmina d'água (B e D) e 100% da CRA (A e C), sob diferentes doses do herbicida cyhalofop-butyl e nitrogênio. Curvas foram ajustadas pelo modelo logístico



A GR₅₀ na condição de 100% CRA do solo foi 10,03 (80 kg de N ha⁻¹) e 10,95 (160 kg de N ha⁻¹) vezes menor em comparação com o tratamento sem nitrogênio (Tabela 1). Já na condição de alagamento, a maior dose de nitrogênio acarretou em uma redução de 503,75 vezes a dose de cyhalofop-butyl necessária para reduzir 50% da massa seca. Baseando-se nestes resultados, pode-se inferir que o aumento da adubação nitrogenada associada a aplicação de cyhalofop-butyl, tanto em ambiente alagado quanto em 100% da CRA do solo, ocasionou menor acúmulo de massa seca em plantas de papuã.

Tabela 1 – Estimativa dos parâmetros a, b e X₀, coeficiente de determinação (R² ajustado) do modelo log-logístico ajustado para doses de cyhalofop-butyl e massa seca de *Urochloa plantaginea* e a relação entre doses de nitrogênio a partir dos dados de GR₅₀ e condição hídrica do solo

Condição Hídrica do solo	Dose de Nitrogênio	a	b	X ₀ = GR ₅₀ (g de i.a. ha ⁻¹)	R ² aj	Relação entre GR ₅₀
Massa Seca						
100% CRA	0 kg de N ha ⁻¹	99,75	1,07	173,23	0,81	-

	80 kg de N ha ⁻¹	99,99	0,67	17,27	0,97	10,03*
	160 kg de N ha ⁻¹	100,0	0,47	15,81	0,99	10,95*
Lâmina d'água	0 kg de N ha ⁻¹	100,0	0,76	166,24	0,74	-
	80 kg de N ha ⁻¹	100,4	2,77	112,22	0,84	1,48*
	160 kg de N ha ⁻¹	100,0	0,04	0,33	0,93	503,75*

CRA: Capacidade de Retenção de Água do Solo; GR₅₀: dose do herbicida na qual atingi-se 50% da massa seca. a: limite superior; b: inclinação da curva no ponto de inflexão. *: D0/Dn; Dn: dose de nitrogênio em que GR₅₀ comparada com a testemunha; D0: dose da testemunha;

O uso da adubação nitrogenada ocasionou uma redução considerável na dose de cyhalofop-butyl necessária para se obter um controle eficiente (F_{80} = Fitotoxicidade $\geq 80,0\%$) de *U. plantaginea* (Tabela 2). Adicionalmente, á medida que se aumentou a dose de nitrogênio na adubação, acarretou em maior eficiência do herbicida. Na condição de 100% da CRA do solo a adubação de 80 kg de N ha⁻¹ e 160 kg de N ha⁻¹ proporcionaram uma redução na F_{80} de 2,88 e 9,71 vezes, respectivamente, sendo comparados com o tratamento sem adubação nitrogenada. Na condição de lâmina d'água, as reduções foram semelhantes à condição de 100% da CRA, aumentando a eficiência do herbicida conforme incremento na fertilização com nitrogênio.

Estresse relacionado à fertilidade do solo e à disponibilidade de água, assim como qualquer outro, influenciam processos fisiológicos e podem alterar a eficácia de herbicidas devido a mudanças na translocação e no desenvolvimento das plantas alvo (GRAFSTROM; MITHILA et al., 2008; HUNT et al., 1985; NALEWAJA, 1988). Dependendo das características do herbicida, a adubação nitrogenada favorece a translocação e absorção do mesmo em algumas espécies (MITHILA et al., 2008). Em estudo realizado por Dickson et al. (1990), evidenciaram que a adubação nitrogenada aumentou a translocação de herbicidas inibidores da enzima ACCase em cerca de duas a três vezes comparando-se com a condição sem adubação com nitrogênio. Este auxílio no transporte de ingrediente ativo pelos vasos, conduz mais facilmente o mesmo até os meristemas, assim facilitando o controle da planta daninha (DICKSON et al., 1990). Adicionalmente, a inundação do solo após a aplicação dos herbicidas favorece a eficiência de herbicidas e aumento na produtividade da cultura do arroz (GEALY et al., 2014).

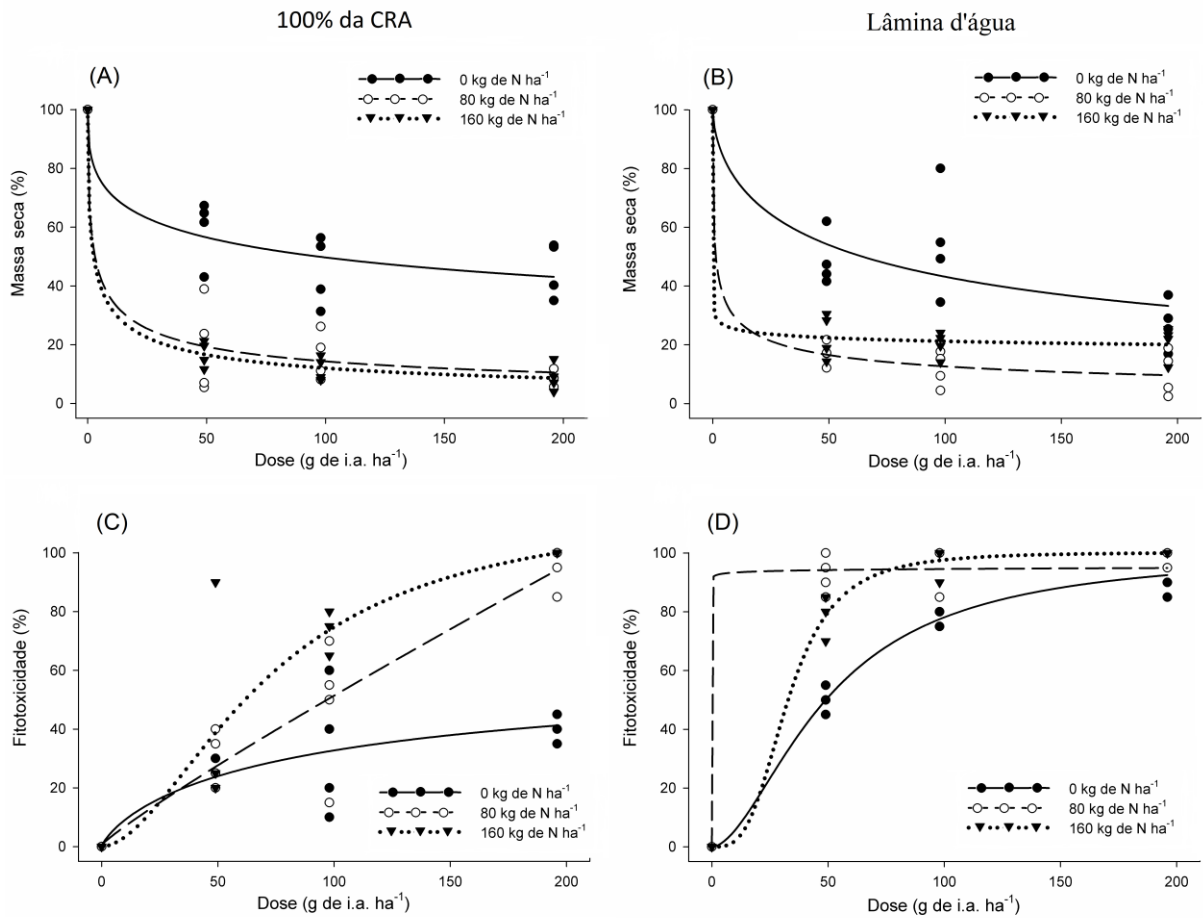
Tabela 2 – Estimativa dos parâmetros a, b e X₀, F₈₀ e coeficiente de determinação (R² ajustado) do modelo log-logístico ajustado para cyhalofop-butyl e fitotoxicidade de *Urochloa plantaginea* sob diferentes condições hídricas do solo e doses de nitrogênio

Condição Hídrica do solo	Dose de Nitrogênio	a	b	X ₀ = F ₅₀ (g de i.a. ha ⁻¹)	F ₈₀ (g de i.a. ha ⁻¹)	R ² aj
Fitotoxicidade						
100% CRA	0 kg de N ha ⁻¹	100,0	0,54	161,22	382,17	0,99
	80 kg de N ha ⁻¹	100,1	0,19	11,71	132,54	0,72
	160 kg de N ha ⁻¹	100,5	1,65	16,02	39,32	0,99
Lâmina d'água	0 kg de N ha ⁻¹	85,10	0,95	221,62	350,82	0,95
	80 kg de N ha ⁻¹	99,06	5,54	134,69	175,62	0,94
	160 kg de N ha ⁻¹	116,11	0,02	1,16	1,99	0,95

CRA: Capacidade de Retenção de Água do Solo; F₅₀: dose do herbicida na qual atingi-se 50% de fitotoxicidade; F₈₀: dose do herbicida na qual atingi-se 80% de fitotoxicidade. a: limite superior; b: inclinação da curva no ponto de inflexão.

Houve interação tripla significativa entre os fatores (Condição hídrica do solo, doses de nitrogênio e doses do herbicida imazapyr + imazapic) para a variável fitotoxicidade em plantas de *Urochloa plantaginea*. Além disso, confirmou-se interação dupla entre os fatores (doses de nitrogênio e doses do herbicida imazapyr + imazapic), sendo a mesma significativa para a variável massa seca. Em ambas as condições hídricas do solo, as curvas dose-reposta obtiveram um comportamento semelhante para a variável massa seca (Figura 2). Tanto na condição de 100% da CRA do solo quanto em lâmina d'água, o uso da adubação nitrogenada ocasionou maior redução de massa seca ao longo do aumento das doses de imazapyr + imazapic, isto comparando-se com o tratamento sem nitrogênio. A eficiência de imazapyr + imazapic, na condição de 100% da CRA do solo, foi otimizada com o uso de fertilizante nitrogenado a partir da dose de 30,0 g de i.a. ha⁻¹. Em situação de solo alagado nota-se resposta semelhante, porém a diferença no controle estreita-se a medida que a dose dos compostos herbicidas imazapyr + imazapic crescem.

Figura 2 – Massa seca em relação a testemunha (A e B) e fitotoxicidade visual (C e D) de *Urochloa plantaginea* submetidas à condição de lâmina d'água (B e D) e 100% da CRA (A e C), sob diferentes doses do herbicida imazapyr + imazapic e nitrogênio. Curvas foram ajustadas pelo modelo logístico, onde os parâmetros da equação encontram-se descritos nas Tabelas 3 e 4



Analisando-se os dados de massa seca relacionados a aplicação dos herbicidas imazapyr + imazapic e doses de nitrogênio, nota-se maior redução no acúmulo de biomassa nas condições contendo adubação nitrogenada. Na condição de 100% da CRA do solo, onde não houve fertilização com nitrogênio, a dose necessária para reduzir 50% da massa seca de plantas de papuã apresentou diferença considerável perante as condições adubadas (Tabela 3). Na condição de 80 kg de N ha⁻¹ e 160 kg de N ha⁻¹, ocorreu uma redução na GR₅₀ de 31,04 e 38,28 vezes respectivamente, comparando-se com a condição de 0 kg de N ha⁻¹. Em situação de alagamento, a resposta foi semelhante, indicando um decréscimo na GR₅₀ de 47,39 e 54,56 vezes na devida ordem, em comparação com o tratamento onde não houve aplicação de fertilizante nitrogenado. Além disso, pode-se concluir que a dose de imazapyr + imazapic necessária para reduzir em 50% a massa seca das plantas de *U. plantaginea* em ambiente sem a adubação nitrogenada, foi menor na condição de lâmina d'água (64,93 g de i.a. ha⁻¹) perante 100% da CRA do solo (96,85 g de i.a. ha⁻¹).

Tabela 3 – Estimativa dos parâmetros a, b e X₀, coeficiente de determinação (R²) do modelo log-logístico ajustado para doses de imazapyr + imazapic e massa seca de

Urochloa plantaginea e a relação entre doses de nitrogênio a partir dos dados de GR₅₀ e condição hídrica do solo

Condição Hídrica do solo	Dose de Nitrogênio	a	b	X ₀ = GR ₅₀ (g de i.a. ha ⁻¹)	R ²	Relação entre GR ₅₀
Massa Seca						
100% CRA	0 kg de N ha ⁻¹	100,04	0,39	96,85	0,84	-
	80 kg de N ha ⁻¹	99,99	0,51	3,12	0,95	31,04*
	160 kg de N ha ⁻¹	100,0	0,54	2,53	0,99	38,28*
Lâmina d'água	0 kg de N ha ⁻¹	99,79	0,62	64,93	0,79	-
	80 kg de N ha ⁻¹	100,0	0,45	1,37	0,98	47,39*
	160 kg de N ha ⁻¹	100,0	0,09	1,19	0,97	54,56*

CRA: Capacidade de Retenção de Água do Solo; GR₅₀: dose do herbicida na qual atingi-se 50% da massa seca. a: limite superior; b: inclinação da curva no ponto de inflexão. *: D0/Dn; Dn: dose de nitrogênio em que GR₅₀ comparada com a testemunha; D0: dose da testemunha;

Assim como na variável massa seca, os resultados referentes à fitotoxicidade indicam maior eficiência dos herbicidas imazapyr + imazapic sob adubação nitrogenada, independente da condição hídrica do solo avaliada. Na condição de 100% da CRA do solo as adubações de 80 kg de N ha⁻¹ e 160 kg de N ha⁻¹ proporcionaram redução na F₈₀, sendo comparadas com o tratamento sem adubação nitrogenada (Tabela 4). No tratamento na condição hídrica de 100% CRA do solo sem fertilização, a F₈₀ não pode ser estimada devido ao comportamento da curva, onde a mesma demonstrou uma tendência a estabilizar-se após a dose de 450 g de i.a. ha⁻¹. A análise da resposta para a F₅₀, mostra claramente a otimização do controle dos herbicidas devido a inserção do nitrogênio no sistema nesta condição hídrica do solo. A F₅₀ neste caso foi reduzida 4,96 e 7,32 vezes para as doses de 80 kg de N ha⁻¹ e 160 kg de N ha⁻¹, respectivamente. Para a condição de lâmina d'água, foram observados comportamentos semelhantes dos herbicidas imazapyr + imazapic combinados ao manejo de adubação nitrogenada. Sendo que, ao inserirmos o nitrogênio no sistema, o controle de *U. plantaginea* foi facilitado.

O efeito positivo do nitrogênio sobre o controle de plantas daninhas é dependente da interação espécie – ingrediente ativo. Em *Amaranthus retroflexus*, a dose de nicosulfuron necessária para reduzir em 50% a massa seca foi de 3,0 a 3,5 vezes menor sob a condição onde houve adubação nitrogenada (CATHCART et al., 2004). Os dados deste estudo corroboram com os resultados obtidos por Catchcart et al. (2004), onde a eficiência de imazapyr + imazapic foi otimizada com a presença de adubação nitrogenada. Além disso, a

condição hídrica do solo com lâmina d'água proporcionou maior fitotoxicidade em plantas de papuã, conseqüentemente um controle mais eficiente. A inundação do solo interfere na ação de herbicidas, em que na maioria dos casos favorece o controle de plantas daninhas devido à distúrbios fisiológicos envolvendo a redução do fluxo de oxigênio para as raízes e a produção de espécies reativas de oxigênio (ISMAIL et al., 2012).

Tabela 4 – Estimativa dos parâmetros a, b e X_0 , F_{80} e coeficiente de determinação (R^2) do modelo log-logístico ajustado para imazapyr + imazapic e fitotoxicidade de *Urochloa plantaginea* sob diferentes condições hídricas do solo e doses de nitrogênio

Condição Hídrica do solo	Dose de Nitrogênio	a	b	$X_0 = F_{50}$ (g de i.a. ha ⁻¹)	F_{80} (g de i.a. ha ⁻¹)	R^2
Fitotoxicidade						
100% CRA	0 kg de N ha ⁻¹	65,0	-0,79	456,12	-	0,99
	80 kg de N ha ⁻¹	93,1	0,90	97,07	163,19	0,87
	160 kg de N ha ⁻¹	117,07	-1,7	62,27	112,21	0,84
Lâmina d'água	0 kg de N ha ⁻¹	100,0	-1,76	49,35	106,81	0,98
	80 kg de N ha ⁻¹	131,39	-0,01	0,41	0,68	0,98
	160 kg de N ha ⁻¹	100,3	-3,25	32,89	51,92	0,99

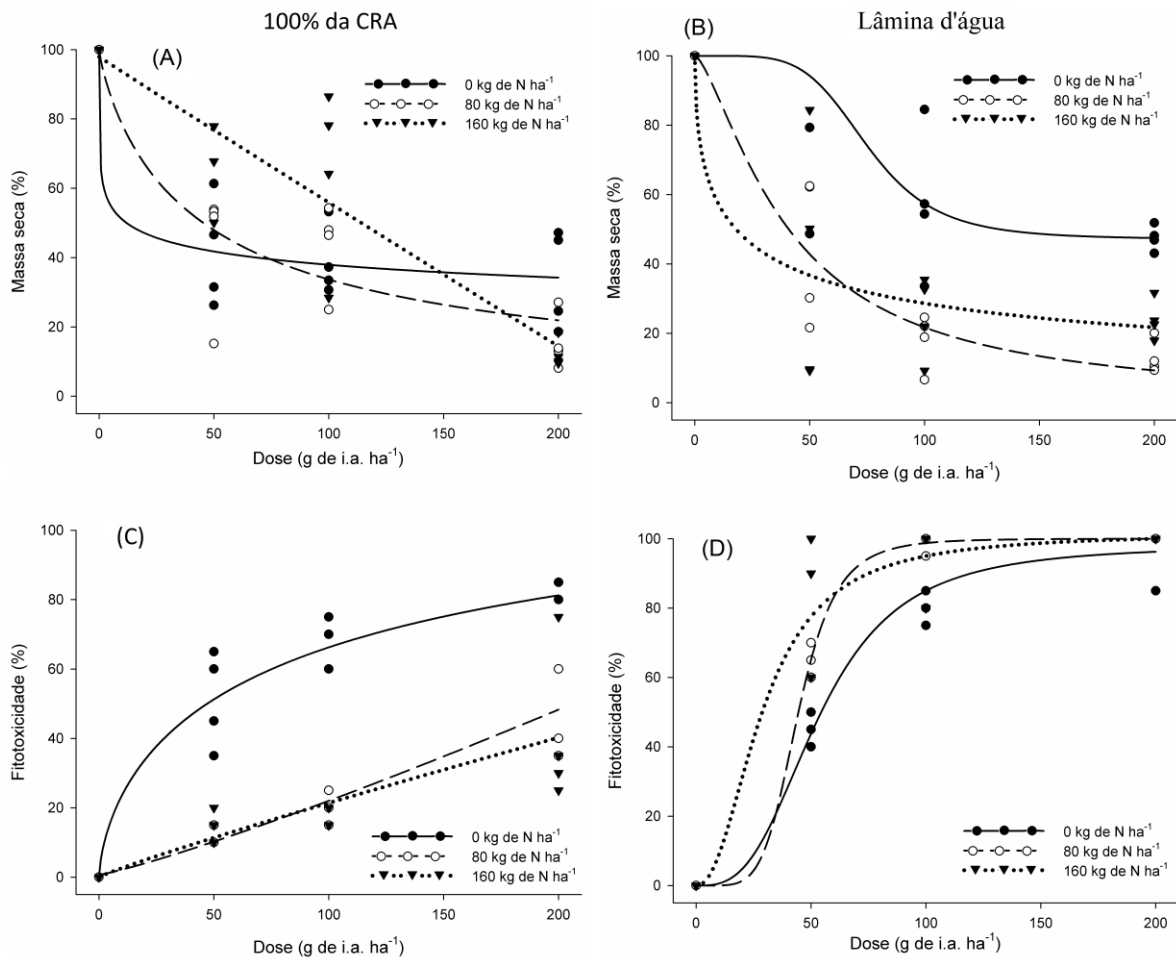
CRA: Capacidade de Retenção de Água do Solo; F_{50} : dose do herbicida na qual atingi-se 50% de fitotoxicidade; F_{80} : dose do herbicida na qual atingi-se 80% de fitotoxicidade. a: limite superior; b: inclinação da curva no ponto de inflexão.

Para o herbicida imazethapyr, verificou-se interação tripla significativa entre os fatores (condição hídrica do solo, doses de nitrogênio e doses do herbicida imazethapyr), tanto para a variável massa seca quanto para fitotoxicidade de plantas de papuã. Em solo alagado, as plantas de *Urochloa plantaginea* sob efeito do herbicida imazethapyr, acumularam menor massa seca quando ocorreu a adubação de 80 kg de N ha⁻¹ e 160 kg de N ha⁻¹ (Figura 3). Já para a condição de 100% da CRA do solo, até a dose de 70,0 g de i.a. ha⁻¹ houve um maior incremento de massa seca onde ocorreu a adubação nitrogenada. Porém, após a dose referida de imazethapyr, denota-se uma inversão de resultados. Assim sendo, na dose de 148,0 g de i.a. ha⁻¹, o acúmulo de massa seca foi superior na condição sem nitrogênio.

A resposta das plantas de papuã para fitotoxicidade à imazethapyr nas diferentes doses de nitrogênio variou nas duas condições hídricas do solo avaliadas. Primeiramente, na condição de 100% da CRA do solo, o herbicida imazethapyr ocasionou maior fitotoxicidade em papuã onde não houve adubação nitrogenada. Entretanto, para a condição de alagamento a

partir da dose de 35 g de i.a. ha^{-1} , o resultado no controle para o herbicida imazethapyr foi otimizado nas condições de adubação com 80 kg de N ha^{-1} e 160 kg de N ha^{-1} .

Figura 3 – Massa seca em relação à testemunha (A e B) e fitotoxicidade visual (C e D) de *Urochloa plantaginea* submetidas à condição de lâmina d'água (B e D) e 100% da CRA (A e C), sob diferentes doses do herbicida imazethapyr e nitrogênio. Curvas foram ajustadas pelo modelo logístico, onde os parâmetros da equação encontram-se descritos nas Tabelas 5 e 6



Tornam-se evidentes as diferenças entre a resposta das plantas de papuã ao herbicida imazethapyr submetidas às condições hídricas do solo e nitrogênio. Em uma condição hídrica ideal do solo (100% da CRA) para a espécie, pode-se inferir que a adubação nitrogenada interferiu negativamente na ação do herbicida em questão (Tabela 5). Comparando-se com o tratamento sem a presença de fertilizante nitrogenado, verificou-se um acréscimo de 3,81 (80 kg de N ha^{-1}) e 9,57 (160 kg de N ha^{-1}) vezes a dose necessária de imazethapyr para reduzir em 50% a massa seca das plantas alvo. Em solo com lâmina d'água de 5,0 cm, ocorreu o inverso, onde tanto a dose de 80 kg de N ha^{-1} quanto a de 160 kg de N ha^{-1} promoveram maior

eficiência do herbicida. As reduções na GR₅₀ foram de 3,16 vezes para o tratamento de 80 kg de N ha⁻¹ e 7,20 para 160 kg de N ha⁻¹.

Tabela 5 – Estimativa dos parâmetros a, b e X₀, coeficiente de determinação (R²) do modelo log-logístico ajustado para doses de imazethapyr e massa seca de *Urochloa plantaginea* e a relação entre doses de nitrogênio a partir dos dados de GR₅₀ e condição hídrica do solo

Condição Hídrica do solo	Dose de Nitrogênio	a	b	X ₀ = GR ₅₀ (g de i.a. ha ⁻¹)	R ²	Relação entre GR ₅₀
Massa Seca						
100% CRA	0 kg de N ha ⁻¹	99,99	0,23	11,94	0,85	-
	80 kg de N ha ⁻¹	99,79	0,85	45,60	0,83	3,81*
	160 kg de N ha ⁻¹	98,84	-0,98	114,30	0,78	9,57*
Lâmina d'água	0 kg de N ha ⁻¹	99,3	5,07	129,17	0,45	-
	80 kg de N ha ⁻¹	100,0	1,43	40,86	0,90	3,16**
	160 kg de N ha ⁻¹	100,0	0,53	17,93	0,73	7,20**

CRA: Capacidade de Retenção de Água do Solo; GR₅₀: dose do herbicida na qual atingi-se 50% da massa seca. a: limite superior; b: inclinação da curva no ponto de inflexão. *: Dn/D0; **: D0/Dn; Dn: dose de nitrogênio em que GR₅₀ comparada com a testemunha; D0: dose da testemunha;

Os resultados de controle visual de papuã corroboram com os resultados de massa seca, indicando uma interação entre os fatores condição hídrica do solo, doses de nitrogênio e doses do herbicida imazethapyr (Tabela 6). A mesma pode-se dizer positiva na condição de lâmina d'água, reduzindo a F₈₀ a medida que a adubação nitrogenada foi inserida no sistema. Em contrapartida, a interação negativa no controle visual ocorreu em condição hídrica de 100% da CRA do solo, onde a adição da adubação nitrogenada prejudicou o controle das plantas pelo herbicida. Este aumento da F₈₀ foi de 1,76 vezes para a dose de 80 kg de N ha⁻¹ comparando-se com o tratamento sem nitrogênio, e 2,46 vezes para a dose de 160 kg de N ha⁻¹. A eficiência de herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase apresenta uma maior eficiência quando a inundação ocorre logo após a pulverização (CONCENÇO et al., 2006; PANOZZO et al., 2014; PINTO et al., 2008).

Tabela 6 – Estimativa dos parâmetros a, b e X₀, F₈₀ e coeficiente de determinação (R²) do modelo log-logístico ajustado para imazethapyr e fitotoxicidade de *Urochloa plantaginea*

Condição Hídrica do Solo	Dose de Nitrogênio	a	b	X ₀ = F ₅₀ (g de i.a. ha ⁻¹)	F ₈₀ (g de i.a. ha ⁻¹)	R ² _{aj}
Fitotoxicidade						
100% CRA	0 kg de N ha ⁻¹	100,5	-0,66	47,22	180,42	0,94
	80 kg de N ha ⁻¹	100,2	-1,12	215,34	318,21	0,87
	160 kg de N ha ⁻¹	100,0	-0,91	259,32	444,19	0,60
Lâmina d'água	0 kg de N ha ⁻¹	98,08	-3,01	53,73	88,67	0,97
	80 kg de N ha ⁻¹	100,03	-5,37	44,56	57,82	0,99
	160 kg de N ha ⁻¹	101,52	-2,17	29,17	53,32	0,93

CRA: Capacidade de Retenção de Água do Solo; F₅₀: dose do herbicida na qual atingi-se 50% de fitotoxicidade; F₈₀: dose do herbicida na qual atingi-se 80% de fitotoxicidade. a: limite superior; b: inclinação da curva no ponto de inflexão.

Os resultados deste trabalho evidenciam uma relação entre ingrediente ativo e a espécie em estudo, em que na condição de 100% da CRA do solo, o imazethapyr demonstrou um comportamento inverso em sua eficiência comparando-se com imazapyr + imazapic e cyhalofop-butyl levando em consideração a presença do nitrogênio. Cathcart et al. (2004) reportam que para controle de *Setaria viridis* utilizando o herbicida nicosulfuron, foi necessária uma dose seis vezes maior na condição sem adubação nitrogenada, porém em *Abutilon theophrasti* a adubação nitrogenada não influenciou a ação do herbicida. Portanto, as evidências indicam que outros processos fisiológicos estão envolvidos na relação entre nitrogênio, herbicida e espécie.

Pesquisas neste intuito relatam que o fator principal para alterações na eficiência dos herbicidas sob a influência da adubação nitrogenada esteja relacionado com a translocação facilitada. Entretanto, para alguns casos os resultados indicam que outros fatores fisiológicos específicos, relacionando espécie e ingrediente ativo desempenham papel fundamental no processo (DICKSON et al., 1990; KIM et al., 2006; MITHILA et al., 2008; SONDESKOV et al., 2012). A hipótese da menor eficiência de imazethapyr quando inserido o nitrogênio no manejo, pode estar atribuída à redução no controle devido a maior metabolização do herbicida pela planta de papuã. A adubação nitrogenada proporciona um aumento na atividade de enzimas relacionadas a detoxificação de compostos tóxicos às células (GONZALEZ et al., 2002; LI-PING et al., 2006; SUN et al., 2001). Dentre estas, pode-se destacar a enzima citocromo P450, a qual desempenha uma função crucial na inativação via hidroxilação de moléculas herbicidas (KREUZ et al., 1996; WERCK-REICHHART et al., 2000). Dependendo da espécie, os níveis de citocromo P450 podem aumentar quando a planta

absorve altas concentrações de nitrogênio (CHANDNA et al., 2015). Estudos realizados em sorgo revelam que a ativação desta enzima ocorre em nível transcricional, onde o nitrogênio possui influência neste processo de ativação (BUSK; MOLLER, 2002).

A molécula de imazethapyr sofre uma hidroxilação mediada pela enzima P450 tornando-se hidroxiiamazethapyr, onde logo após enzimas do tipo glicosiltransferases adicionam uma glucose à molécula (KREUZ et al., 1996; TECLE et al., 1993). Quando a molécula de imazethapyr é transformada em hidroxiiamazethapyr ela apresenta pouca ação herbicida, porém após a conjugação com a glucose, a mesma torna-se inativa (KREUZ et al., 1996; LITTLE; SHANER, 1991; TECLE et al., 1993). A adubação nitrogenada aumenta a concentração de açúcares, assim aumentando a disponibilidade de glúcoses para esta reação (KOHRT et al., 2016; MITHILA et al., 2008). Estudo realizado por Stougaard et al. (1990) corroboram com esta hipótese, relatando que plantas daninhas são mais facilmente controladas por imazethapyr em solos com baixa disponibilidade de nitrogênio. O efeito da enzima P450 em moléculas herbicidas, pode variar de acordo com o ingrediente ativo em questão, embora sendo do mesmo mecanismo de ação e a aplicação ocorrer em condições ambientais semelhantes (QUEIROZ et al., 2013). Este fato exemplifica por que alguns compostos herbicidas são mais facilmente metabolizados e outros não.

Os resultados da interação dos fatores são importantes para o manejo de *Urochloa plantaginea* em áreas orizícolas. Desta maneira, tornou-se evidente que além das condições hídricas do solo, a adubação nitrogenada deve ser levada em consideração no manejo desta espécie daninha à cultura do arroz irrigado. No caso da utilização do herbicida imazethapyr no sistema de manejo químico, pode-se antecipar a sua aplicação para que a adubação nitrogenada não interfira na ação do herbicida. Da mesma forma, quando houver a intenção de utilizar os herbicidas cyhalofop-butyl e imazapyr + imazapic, poderia-se priorizar a pulverização dos mesmos o mais próximo possível da distribuição do fertilizante nitrogenado, potencializando a ação herbicida dos ativos. Assim, considerando os resultados apresentados, a observação do ambiente/situação na qual o ingrediente ativo será pulverizado torna-se de suma importância para determinar seu potencial de controle em *U. plantaginea*.

5.4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BLACKSHAW, R. E.; BRANDT, R. N.; JANZEN, H. H.; ENTZ, T.; GRANT, C. A.; DERKSEN, D. A. Differential response of weed species to added nitrogen. **Weed Science**, v. 51, p. 532-539, 2003.

BUSK, P.; MOLLER, L. B. Dhurrin synthesis in sorghum is regulated at the transcriptional level and induced by nitrogen fertilization in older plants. **Plant Physiology**, v. 129, n. 3, p. 1222-1231, 2002. DOI: 10.1104/pp.000687

CATHCART, J. R.; CHANDLER, K.; SWANTON, C. J. Fertilizer nitrogen rate and response of weeds to herbicides. **Weed Science**, v. 52, p. 291-296, 2004. DOI: 10.1614/WS-03-049R

CHANDNA, R.; AHMAD, A. Nitrogen stress-induced alterations in the leaf proteome of two wheat varieties grown at different nitrogen levels. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, v. 21, n. 1, p. 19-33, 2015. DOI: 10.1007/s12298-014-0277-8

CONCENÇO, G.; LOPES, N. F.; ANDRES, A.; MORAES, D. M.; SANTOS, M. Q.; RIEFFEL FILHO, J. A.; VILELLA, J. V. Controle de plantas daninhas em arroz irrigado em função de doses de herbicida pré-emergentes e início da irrigação. **Planta Daninha**, v. 24, n. 2, p. 303-309, 2006. DOI: 10.1590/S0100-83582006000200013.

DICKSON, R. L.; ANDRES, M.; FIELD, R. J.; DICKSON, E. L. Effect of water stress, nitrogen, and gibberellic acid on fluazifop and glyphosate activity on oats (*Avena sativa*). **Weed Science**, v. 38, n. 1, p. 54-61, 1990. DOI: 10.1017/S0043174500056113

ESTATCAMP. **Software Action**. Estatcamp - Consultoria em estatística e qualidade, São Carlos, SP, 2014. Disponível em: <http://www.portalaction.com.br> Acesso em: 22 dez. 2017.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia (UFPA)**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011. DOI: 10.1590/S1413-70542011000600001

GEALY, D. R.; ANDERS, M.; WATKINS, B.; DUKE, S. Crop Performance and Weed Suppression by Weed-Suppressive Rice Cultivars in Furrow and Flood-Irrigated Systems under Reduced Herbicide Inputs. **Weed Science**, v. 62, p. 303-320, 2014. DOI: 10.1614/WS-D-13-00104.1

GRAFSTROM, L. D.; NALEWAJA, J. D. Uptake and translocation of fluazifop in green foxtail (*Setaria viridis*). **Weed Science**, v. 36, p. 153-158, 1988. DOI: 10.1017/S0043174500074646

GONZALEZ, K.; ERDEI, L.; LIPS, S. H. The activity of antioxidant enzymes in maize and sunflower seedlings affected by salinity and different nitrogen sources. **Plant Science**, v. 162, p. 923-930, 2002. DOI: 10.1016/S0168-9452(02)00040-7

HEAP, I. **The International Survey of Herbicide Resistant Weeds**. Online. 2017. Disponível em: <www.weedscience.org>. Acessado em: 13/10/2017.

HUNT, E. R.; WEBER, J. A.; GATES, D. M. Effect of nitrate application on *Amaranthus powelli* Wats.: I. Changes in photosynthesis, growth rates, and leaf area. **Plant Physiology**, v. 79, p. 609-613. 1985.

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

KIM, D. S.; MARSHALL, E. J. P.; CASELEY, J. C.; BRAIN, P. Modelling interactions between herbicide and nitrogen fertiliser in terms of weed response. **Weed Research**, v. 46, p. 480-491, 2006. DOI: 10.1111/j.1365-3180.2006.00531.x

KOVRT, J. R.; YOUNG, J. M.; MATTHEWS, J. L.; YOUNG, B. G. Influence of Nitrogen Status on the Sensitivity of Glyphosate-Resistant and - Susceptible Tall Waterhemp (*Amaranthus tuberculatus*) and Palmer Amaranth (*Amaranthus palmeri*). **Weed Science Society of America**, v. 64, n. 4, p. 735-742, 2016. DOI: 10.1614/WS-D-16-00051.1

KREUZ, K.; TOMMASINI, R.; MARTINOIA, E. Old enzymes for a new job. **Plant Physiology**, v. 111, p. 349-353, 1996. DOI: 10.1104/pp.111.2.349

LI-PING, B.; FANG-GONG, S.; TI-DA, G.; ZHAO-HUI, S.; YIN-YAN, L.; GUANG-SHENG, Z. Effect of soil drought stress on leaf water status, membrane permeability and enzymatic antioxidant system of maize. **Pedosphere**, v. 16, n. 3, p. 326-332, 2006. DOI: 10.1016/S1002-0160(06)60059-3

LITTLE, D.; SHANER, D. L. Absorption and translocation of imidazolinone herbicides, **In: The imidazolinone Herbicides** (DALE, L.; SHANER, L.O.; O'CONNOR, S.L.), p. 53-59, 1991.

MITHILA, J.; SWANTON, C. J.; BLACKSHAW, R. E.; CATHCART, R. J.; HALL, J. C. Physiological basis for reduced glyphosate efficacy on weeds grown under low soil nitrogen. **Weed Science**, v. 56, p. 12-17, 2008. DOI: 10.1614/WS-07-072.1

PANOZZO, L. E.; AGOSTINETTO, D.; MORAES, P. V. D.; MAGANO, D. A.; HARTE, A.; PINTO, L. B. Control of *Echinochloa* sp. In the irrigated rice crop. **International Journal of Agronomy**, v. 2014, p. 1-6, 2014. DOI: 10.1155/2014/931840

PINTO, J. J. O.; GALON, L.; DAL MAGRO, T.; PROCÓPIO, S. O.; CONCENÇO, G.; PINHO, C. F. V.; FERREIRA, E. A. Controle de Capim-Arroz (*Echinochloa* spp.) em função de métodos de manejo na cultura do arroz irrigado. **Planta Daninha**, v. 26, n. 4, p. 767-777, 2008. DOI: 10.1590/S0100-83582008000400008.

QUEIROZ, A. R. S.; VIDAL, R. A.; MEROTTO, A. J. Fatores que possibilitam a redução da dose dos herbicidas inibidores da enzima ALS: Revisão de literatura. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 23, p. 25-36, 2013. DOI: 10.5380/pes.v23i0.34969

SBCPD - SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: SBCPD, p. 41, 1995.

SONDERSKOV, M.; SWANTON, C. J.; KUDSK, P. Influence of nitrogen rate on the efficacy of herbicides with different modes of action. **Weed Research**, v. 52, p. 169-177, 2012. DOI: 10.1111/j.1365-3180.2012.00906.x

STOUGAARD, R. N.; SHEA, P. J.; MARTIN, A. R. Effect of soil type and pH on absorption, mobility, and efficacy of imazaquin and imazethapyr. **Weed Science**, v. 38, n. 1, p. 67-73, 1990.

SUN, Q.; LIANG, Z. S.; WANG, W. L.; LI, X.; ZHANG, J. Effect of membrane lipid peroxidation and photosynthesis rate on water stress under different nitrogen level in maize. **Acta Agriculturae Boreali Occidentalis Sinica**, v.10, n. 1, p. 7-10, 2001.

TECLE, B.; CUNHA, A.; SHANER, D. L. Differential routes of metabolism of imidazolinones: Basis for Soybean (*Glycine max*) selectivity. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 46, p. 120-130, 1993. DOI: 10.1006/pest.1993.1043

WERCK-REICHHART, D.; HEHN, A.; DIDIERJEAN, L. Cytochromes P450 for engineering herbicide tolerance. **Trends in Plant Science**, v. 5, n. 3, p. 116-123, 2000. DOI: 10.1016/S1360-1385(00)01567-3

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados contidos no capítulo I, conclui-se que as plantas oriundas de ambiente de várzea, quando comparadas às plantas de coxilha, demonstraram características morfológicas e fisiológicas superiores em condição de lâmina d'água. Dentre estas, destaca-se maior eficiência no uso da água (cerca de 30%), maior altura de plantas, menor peroxidação de lipídeos de parte aérea e um maior incremento de massa seca de parte aérea. Além disso, a população de várzea não variou seu comportamento para as variáveis fotossintéticas A, Gs, Ci, E, EUA e A/Ci, quando exposta à lâmina d'água, isto comparando-se com a condição de 100% da CRA. O comportamento desta população em ambiente alagado demonstra maior adaptação ao mesmo, evidenciando características para superar as limitações impostas pelo ambiente hipóxico/anóxico. Adicionalmente, os resultados apresentados neste capítulo permitem concluir que a condição hídrica do solo é uma condição muito limitante para o crescimento e desenvolvimento de *Urochloa plantaginea*. Os materiais coletados em ambiente de lavoura de arroz podem estar em fase transitória de adaptação, demonstrando maior poder de invasividade no ambiente alagado. Ambas as populações suportaram o alagamento até o final do ciclo e produziram sementes.

Além das características apresentadas pelas plantas de papuã, as quais favorecem sua invasividade no ambiente de lavoura orizícola, no capítulo II tornou-se evidente o seu comportamento após a aplicação de herbicidas. A resposta da planta daninha foi diferencial para cada herbicida, manejo nitrogenado e condição hídrica do solo. Para cyhalofop-butyl e imazapyr + imazapic, a fitotoxicidade em plantas de *U. plantaginea* submetidas à condição de 100% da CRA do solo, foi superior nos tratamentos com adubação nitrogenada. O mesmo ocorreu na condição de lâmina d'água, havendo uma otimização da eficiência do herbicida

associado às doses de nitrogênio. Entretanto, para imazethapyr na condição de 100% da CRA do solo, o mesmo ocasionou maior fitotoxicidade em papuã onde não houve adubação nitrogenada. Sendo que, para a condição de alagamento a partir da dose de 35 g de i.a. ha⁻¹, o resultado no controle para o herbicida imazethapyr foi otimizado nas condições de adubação com 80 kg de N ha⁻¹ e 160 kg de N ha⁻¹. As informações contidas nesta dissertação, podem refletir diretamente na tomada de decisão sobre qual a melhor estratégia de controle utilizar no MIPD (Manejo Integrado de Plantas Daninhas) para esta espécie.

Naturalmente, a partir da discussão do capítulo II, o estudo da cinética enzimática da espécie, frente aos três fatores avaliados (doses de nitrogênio, condição hídrica do solo e doses de herbicida), desempenhariam um papel fundamental no entendimento das diferentes respostas aos herbicidas no ambiente da lavoura de arroz irrigado.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, A. M.; VRIEZEN, W. H.; STRAETEN, D. Molecular and Physiological mechanisms of flooding avoidance and tolerance in rice. **Russian Journal of Plant Physiology**, v. 50, n. 6, p. 743-751, 2003. DOI: 1021-4437/03/5006
- 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, n.1, p. 91-98, 2008. DOI: 10.1590/S0102-33062008000100012.
- BLACKSHAW, R. E.; BRANDT, R. N.; JANZEN, H. H.; ENTZ, T.; GRANT, C. A.; DERKSEN, D. A. Differential response of weed species to added nitrogen. **Weed Science**, v. 51, p. 532-539, 2003.
- BOLDRINI, I. I.; LONGHI-WAGNER, H. M.; BOECHAT, S. C. **Morfologia e taxonomia de Gramíneas Sul-rio-grandenses**. 2. ed. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 2008. 96 p.
- CARVALHO, L. B.; BIANCO, S.; PITELLI, R. A.; BIANCO, M. S. Estudo comparativo do acúmulo de massa seca e macronutrientes por plantas de milho var. BR-106 e *Brachiaria plantaginea*. **Planta Daninha**, v. 25, n. 2, p. 293-301, 2007. DOI: 10.1590/S0100-83582007000200008
- CATHCART, J. R.; CHANDLER, K.; SWANTON, C. J. Fertilizer nitrogen rate and response of weeds to herbicides. **Weed Science**, v. 52, p. 291-296, 2004. DOI: 10.1614/WS-03-049R
- COHEN, E.; KENDE, H. *In vivo* 1-aminoacy-clopropane-1-carboxylate synthase activity in internodes off deep water rice: Enhanced by submergence and low oxygen levels. **Plant Physiology**, v. 84, p. 282-286, 1987.
- CONCENÇÃO, G.; LOPES, N. F.; ANDRES, A.; MORAES, D. M.; SANTOS, M. Q.; RIEFFEL FILHO, J. A.; VILELLA, J. V. Controle de plantas daninhas em arroz irrigado em função de doses de herbicida pré-emergentes e início da irrigação. **Planta Daninha**, v. 24, n. 2, p. 303-309, 2006. DOI: 10.1590/S0100-83582006000200013.
- 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. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2007.02318.x
- COLMER, T. D.; VOESENEK, L. A. C. J. Flooding tolerance: suites of plant traits in variable environments. **Functional Plant Biology.**, v. 36, n. 8, p. 665-681, 2009. DOI: 10.1071/FP09144
- DAVANSO, V. M.; SOUZA, L. A.; MEDRI, M. E.; PIMENTA, J. A.; BIANCHINI, E. Photosynthesis, growth and development of *Tabebuia avellaneda* Lor. Ex Griseb. (Bignoniaceae) in flooded soil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 45, p. 375-384, 2002. DOI: 10.1590/S1516-89132002000300016

DICKSON, R. L.; ANDRES, M.; FIELD, R. J.; DICKSON, E. L. Effect of water stress, nitrogen, and gibberellic acid on fluazifop and glyphosate activity on oats (*Avena sativa*). **Weed Science**, v. 38, n. 1, p. 54-61, 1990. DOI: 10.1017/S0043174500056113

FERREIRA, E. A.; FERNANDEZ, A. G.; SOUZA, C. P.; FELIPE, M. A.; SANTOS, J. B.; SILVA, D. V.; GUIMARÃES, F. A. R. Levantamento fitossociológico de plantas daninhas em pastagens degradadas do Médio Vale do Rio Doce, Minas Gerais. **Revista Ceres**, v. 61, n. 4, p. 502-510, 2014. DOI: 10.1590/0034-737X201461040008

FRIES, D. D.; ALVES, J. D.; DELÚ FILHO, N.; MAGALHÃES, P. C.; GOULART, P. F. P. Crescimento de plântulas do milho "saracura" e atividade de α -amilase e invertases associados ao aumento da tolerância ao alagamento exercido pelo cálcio exógeno. **Bragantia**, v. 66, p. 1-9, 2007. DOI: 10.1590/S0006-87052007000100001.

GEALY, D. R.; ANDERS, M.; WATKINS, B.; DUKE, S. Crop Performance and Weed Suppression by Weed-Suppressive Rice Cultivars in Furrow and Flood-Irrigated Systems under Reduced Herbicide Inputs. **Weed Science**, v. 62, p. 303-320, 2014. DOI: 10.1614/WS-D-13-00104.1

GONZALEZ, K.; ERDEI, L.; LIPS, S. H. The activity of antioxidant enzymes in maize and sunflower seedlings affected by salinity and different nitrogen sources. **Plant Science**, v. 162, p. 923-930, 2002. DOI: 10.1016/S0168-9452(02)00040-7

GRAFSTROM, L. D.; NALEWAJA, J. D. Uptake and translocation of fluazifop in green foxtail (*Setaria viridis*). **Weed Science**, v. 36, p. 153-158, 1988. DOI: 10.1017/S0043174500074646

HUNT, E. R.; WEBER, J. A.; GATES, D. M. Effect of nitrate application on *Amaranthus powelli* Wats.: I. Changes in photosynthesis, growth rates, and leaf area. **Plant Physiology**, v. 79, p. 609-613. 1985.

HOSSAIN, M. D. 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. 1, p. 3-17, 2010. DOI: 10.1007/s00709-009-0098-8

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

JOLY, C. A. Flooding tolerance in tropical trees. In: JACKSON, M. B.; DAVEIS, D. D.; LAMBERS, H. **Plant Life Under Oxygen Deprivation: Ecology, Physiology and Biochemistry**, eds. Academic Publishing, The Hague, 1991. p. 23-34.

KENT, R. J.; JOHNSON, D. E. Influence of flood depth and duration on growth of lowland rice weeds, Cote d'Ivoire. **Crop Protection**, v. 20, n. 8, p.691-694, 2001. DOI: 10.1016/S0261-2194(01)00034-5

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

KIM, D. S.; MARSHALL, E. J. P.; CASELEY, J. C.; BRAIN, P. Modelling interactions between herbicide and nitrogen fertiliser in terms of weed response. **Weed Research**, v. 46, p. 480-491, 2006. DOI: 10.1111/j.1365-3180.2006.00531.x

KOLB, R. M.; JOLY, C. A. Flooding tolerance of *Tabebuia cassinoides*: Metabolic, morphological and growth responses. **Flora**, v. 204, n. 7, 2009. doi: 10.1016/j.flora.2008.07.004.

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

LI-PING, B.; FANG-GONG, S.; TI-DA, G.; ZHAO-HUI, S.; YIN-YAN, L.; GUANG-SHENG, Z. Effect of soil drought stress on leaf water status, membrane permeability and enzymatic antioxidant system of maize. **Pedosphere**, v. 16, n. 3, p. 326-332, 2006. DOI: 10.1016/S1002-0160(06)60059-3

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 de Mestrado (Mestrado em Agrobiologia)–Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

MARQUES, R. P.; RODELLA, R. A.; MARTINS, D. Características da anatomia foliar de espécies de braquiária e sua relação com a sensibilidade a herbicidas. **Planta Daninha**, v.30, n.4, p.809-816, 2012. DOI: 10.1590/S0100-83582012000400015

MARTÍNEZ, 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. **Anais...** Belém, PA: UFPA, 2012.

MOREIRA, H. J. C.; BRAGANÇA, H. B. N. **Manual de Plantas Infestantes: Arroz**. São Paulo: Ed. FMC Agricultural Products. 2010. 642 p.

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.

PANOZZO, L. E.; AGOSTINETTO, D.; MORAES, P. V. D.; MAGANO, D. A.; HARTEK, A.; PINTO, L. B. Control of *Echinochloa* sp. in the irrigated rice crop. **International Journal of Agronomy**, v. 2014, p. 1-6, 2014. DOI: 10.1155/2014/931840

PAULA, G.M.; STRECK, N.A. Temperatura base para emissão de folhas e nós, filocrono e plastocrono das plantas daninhas papuã e corriola. **Ciência Rural**, v.38, n.9, p.2457-2463, 2008.

PINTO, J. J. O.; GALON, L.; DAL MAGRO, T.; PROCÓPIO, S. O.; CONCENÇO, G.; PINHO, C. F. V.; FERREIRA, E. A. Controle de Capim-Arroz (*Echinochloa* spp.) em função de métodos de manejo na cultura do arroz irrigado. **Planta Daninha**, v. 26, n. 4, p. 767-777, 2008. DOI: 10.1590/S0100-83582008000400008.

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, 50-54. 2004. DOI: 10.1590/S0102-05362004000100010.

SHIRASUNA, R. T. *Urochloa*. In: **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2015. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB20516>>. Acesso em 20 maio de 2016.

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. 2016. 199 p.

SONDERSKOV, M.; SWANTON, C. J.; KUDSK, P. Influence of nitrogen rate on the efficacy of herbicides with different modes of action. **Weed Research**, v. 52, p. 169-177, 2012. DOI: 10.1111/j.1365-3180.2012.00906.x

SUN, Q.; LIANG, Z. S.; WANG, W. L.; LI, X.; ZHANG, J. Effect of membrane lipid peroxidation and photosynthesis rate on water stress under different nitrogen level in maize. **Acta Agriculturae Boreali Occidentalis Sinica**, v.10, n. 1, p. 7-10, 2001.

TENHAKEN, R.; LEVINE, A.; BRISSON, L. F.; DIXON, R. A.; LAMB, C. Function of the oxidative burst in hypersensitive disease resistance. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 92, p. 4158-4163. 1995.

VENTURINI, T.; MENEZES, L. F. G.; MONTAGNER, M. M.; PARIS, W.; SCHMITZ, G. R.; MOLINETE, M. L. Influences of nitrogen fertilization and energy supplementation for growth performance of beef cattle on Alexander grass. **Tropical Animal Health and Production**, v. 49, n. 8, p.1757-1762, 2017. doi: 10.1007/s11250-017-1389-2

WILLIAMS, J. F.; ROBERTS, S. R.; HILL, J. E.; SCARDACI, S. C.; TIBBITS, G. Managing water for weed control in rice. **California Agriculture**, v. 44, n. 5, p. 7-10, 1990.

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. DOI: 10.1071/BT09144