



3. ROTEIRO DO PROJETO

3.1. Título

Comprovação da resistência de biótipos de arroz-daninho a imidazolinonas oriundos de lavouras de arroz irrigado localizadas no Alto Vale do Itajaí.

3.2. Resumo do Trabalho

O fluxo gênico entre cultivares Clearfield® e biótipos selvagem de arroz-daninho resulta na transferência do gene resistência às imidazolinonas, de modo que quando isto ocorre o controle químico e seletivo de arroz-daninho se torna inviável. Desta forma, o presente projeto terá o objetivo de identificar os casos de resistência de arroz-daninho às imidazolinonas, em áreas de produção de arroz irrigado localizadas na região do Alto Vale do Itajaí. O projeto contará com a colaboração dos orizicultores e da assistência técnica dos municípios de Rio do Oeste, Pouso Redondo, Taió, Mirim Doce e Rio do Campo. Estes, assim que observar plantas de arroz-daninho que não foram controladas com a aplicação de imidazolinonas em cultivos de arroz Clearfield®, farão a coleta das sementes, acondicionarão em embalagem de papel e encaminharão para o IFC Campus de Rio do Sul. Nas instalações do Campus Sede do IFC Rio do Sul serão realizados estudos comprovação dos casos de resistência será realizada por meio de teste de curva de dose-resposta em ambiente controlado. Após a confirmação ou não o caso de resistência a herbicidas, será realizado contato com o responsável pelo envio das sementes, informando o resultado final. Espera-se que, a partir dos resultados obtidos no projeto, se tenha um levantamento detalhado da disseminação da resistência de arroz-daninho no Alto Vale do Itajaí. Munido destas informações, pode-se planejar o manejo de plantas daninhas de maneira a prevenir casos de resistência nas áreas que estiverem livres destas ocorrências. Já para as localidades onde for confirmado a resistência a herbicidas, poder-se-á planejar ações que visem conter o avanço destes casos e propor estratégias para o manejo das populações resistentes.

3.3. Introdução

O Brasil está entre os dez maiores produtores mundiais de arroz, com uma safra anual de 11,948 milhões de t de arroz em casca, cultivadas em 1,9545 milhão de ha⁻¹. A maior parte da produção está concentradas nos cultivos de arroz irrigado do sul do Brasil, que representam 65% da área de cultivo e 82% da produção nacional deste grãos (CONAB, 2017).

Em Santa Catarina, são cultivados cerca de 147 mil ha de arroz irrigado, distribuídos em quatro regiões, que se distinguem por suas condições geográficas e edafoclimáticas. As regiões são: Baixo/Médio Vale do Itajaí e Litoral Norte, Litoral Centro, Alto Vale do Itajaí e Litoral Sul. O sistema de cultivo predominante no estado de Santa Catarina é o pré-germinado, que representa mais de 80% da área cultivada. A exceção dentro do estado é a região de Tubarão, onde se predomina o cultivo mínimo com semeadura em solo seco (SOSBAI, 2016). No Alto Vale do Itajaí, o arroz irrigado é cultivado uma área de 11.225 ha, envolvendo 1.326 propriedades rurais e 1.160 agricultores, sendo que a grande maioria pertence a agricultura familiar. Esta região se destaca por apresentar a maior média de produtividade do estado, aproximadamente 8.000 kg ha⁻¹ (EBERHARDT; SCHIOCCHET, 2015).

As plantas daninhas constituem um dos principais fatores limitantes da produtividade das lavouras de arroz irrigado no Sul do Brasil. Além disso, entraves generalizados ao uso de métodos integrados de controle acabam sobrecarregando o controle químico, o que reduz a sustentabilidade do sistema produtivo e favorece a seleção de indivíduos resistentes aos herbicidas (FLECK et al., 2008).

Neste sentido, duas espécies de plantas daninhas se destacam por causarem o maior grau de interferência na cultura do arroz irrigado, são elas: o arroz-vermelho (*Oryza sativa*) e o capim-arroz (*Echinochloa* spp.). O arroz-vermelho apresenta a mesma classificação botânica do arroz cultivado, não



havendo diferenças marcantes entre as espécies do ponto de vista morfológico, fisiológico e bioquímico, o que dificulta sobremaneira o seu controle (MARCHEZAN et al., 2004). Já o capim-arroz apresenta mais de dez espécies que infestam as lavouras de arroz, na região Sul do Brasil, a principal espécie é *Echinochloa crus-galli* (ANDRES; MACHADO, 2004). Contudo, se relata grande polimorfismo dentro da mesma espécie, sendo comum a ocorrência de híbridos, resultantes cruzamentos naturais e, devido à esta complexidade, alguns botânicos denominam de complexo *Echinochloa* (KISSMANN, 1997).

Um outro fator que vem dificultando o controle destas Poaceas nas lavouras de arroz irrigado no Sul do Brasil é a ampla disseminação dos casos de resistência a herbicidas, se destacando a resistência aos herbicidas do grupo químico das imidazolinonas, no caso do arroz-vermelho (MENEZES et al., 2009) e a resistência múltipla as auxinas sintéticas, inibidores da ALS e da ACCase em capim-arroz (EBERHARDT et al., 2016).

Desta forma, a adoção de medidas integradas de controle na cultura do arroz irrigado são de fundamental importância para prevenir o avanço dos casos de resistência aos herbicidas, tornando o manejo de plantas daninhas mais sustentável. Neste cenário, o uso de compostos com ação alelopática pode ser uma alternativa interessante para minimizar os efeitos da interferência de plantas daninhas e a dependência do controle químico.

3.4. Objetivos

3.4.1 Geral

Identificar os casos de resistência de arroz-daninho a imidazolinonas na região do Alto Vale do Itajaí.

3.4.2. Específicos (Descrevem como será viabilizado o objetivo geral)

- Receber sementes de arroz-daninho, com suspeita de resistência a imidazolinonas, que serão encaminhados por agricultores ou por técnicos que atuam na região do Alto Vale do Itajaí;
- Levantar informações sobre a área de cultivo e práticas culturais adotadas;
- Realizar testes de comprovação da resistência de arroz-daninho às imidazolinonas;
- Emitir um parecer confirmando ou não a resistência;
- *Encaminhar o parecer ao agricultor ou técnico que encaminhou às sementes.*

3.5. Fundamentação Teórica/Justificativa

A suscetibilidade de uma espécie de planta daninha a um herbicida é definida como o grau de injúria ou morte da planta que é observado após a aplicação de um herbicida, sendo esta uma característica inata de cada espécie. Ou seja, existem diversos graus de suscetibilidade das plantas daninhas a herbicidas. Entende-se que tolerância é a habilidade inata de uma espécie de planta daninha em sobreviver e se reproduzir após a aplicação do herbicida na recomendada, que seria letal para outras espécies, mesmo demonstrando injúrias, destaca-se que estas espécies de plantas daninhas possuem naturalmente a capacidade de sobreviver à aplicação deste herbicida desde a primeira aplicação. Já a resistência é definida como a habilidade hereditária de uma planta sobreviver e se reproduzir, após a exposição a uma dose de herbicida normalmente letal para o biótipo selvagem da espécie, sendo que a resistência pode ocorrer naturalmente ou ser induzida por técnicas específicas, como por exemplo, a engenharia genética (CHRISTOFFOLETI et al., 2016).

Em se tratando de resistência de plantas daninhas a herbicidas, é de suma importância a compreensão dos termos resistência científica, resistência agrônômica, resistência cruzada e resistência múltipla. Pela definição científica, entende-se que a resistência é determinada por uma diferença estatística na resposta a aplicação de um herbicida, em uma comparação entre populações distintas da mesma espécie, sendo uma característica herdável. Por outro lado, a resistência agrônômica estabelece que para uma população ser resistente ela deva sobreviver à dose recomendada do herbicida em



condições de campo. O termo resistência cruzada é utilizado para designar casos de resistência a dois ou mais herbicidas de um mesmo grupo químico, devido a apenas um mecanismo de resistência, como por exemplo uma modificação no centro de reação da enzima alvo. A resistência múltipla acontece quando uma espécie de planta daninha é resistente a dois ou mais herbicidas de mecanismo de ação distintos, que normalmente está associada a mais de um mecanismo de resistência, por exemplo, alteração no centro de reação da enzima alvo e maior atividade de enzimas detoxificadoras (SILVA et al., 2007; CHRISTOFFOLETI et al., 2009).

A resistência de plantas daninhas é resultante de um processo evolucionário. Essa evolução ocorre em razão da aplicação repetitiva de um determinado herbicida ou de herbicidas diferentes, mas que apresentam o mesmo mecanismo de ação. Essa prática ocasiona o aumento da frequência dos alelos de resistência e, conseqüentemente, o número de indivíduos resistentes na população. Destaca-se que a ampla variabilidade genética natural nas populações de plantas daninhas é a fonte inicial de resistência, neste caso a atividade antrópica promove a pressão de seleção necessária para acelerar a evolução da resistência de plantas daninhas a herbicidas (LOPEZ-OVEJERO et al., 2008).

A cultura do arroz apresenta um elevado número de espécies com casos confirmados de plantas daninhas resistentes a herbicidas. Em todo mundo, foram oficialmente contabilizados 51 espécies de plantas daninhas, o que coloca o arroz como a terceira espécie cultivada com mais casos de espécies resistentes, ficando atrás de trigo e milho que apresentam 74 e 61 espécies resistentes, respectivamente. No Brasil, este cenário não é diferente, das 45 biótipos com comprovada resistência a herbicidas 10 ocorrem na cultura do arroz irrigado, as espécies envolvidas são: *Sagittaria montevidensis* (2 biótipos), *Echinichloa crus-galli* (3), *Echinochloa crus-pavonis* (1), *Oryza sativa* (1), *Fimbristilis miliaceae* (1), *Cyperus difformis* (1), *Cyperus iria* (1). Em Santa Catarina apenas a espécie *Cyperus iria* não apresenta resistência confirmada a herbicidas (HEAP, 2017).

O arroz-daninho ocorre praticamente em todas as regiões produtoras de arroz do mundo. No Brasil, é a infestante mais comum nos cultivos de arroz irrigado, onde ocasiona severas reduções de produtividade e de qualidade de grãos. Esta espécie apresenta elevado grau de interferência por apresentar as mesmas exigências do arroz cultivado. As principais características associadas às plantas de arroz-daninho são: porte elevado, suscetibilidade ao acamamento, ciclo precoce, facilidade de degrane e sementes com dormência (KISSMANN, 1997).

O controle do arroz-daninho em lavouras infestadas deve ser realizado com a utilização de um conjunto integrado de práticas, que incluem uso de sementes certificadas, uso do sistema de semeadura com sementes pré-germinadas e medidas de controle que devem ser adotadas antes da implantação da lavoura, como preparo do solo na entressafra e adoção do sistema de cultivo mínimo. O emprego do sistema de semeadura pré-germinado combinado com a aplicação de herbicidas em pré-semeadura do arroz, associado ao adequado manejo da água de irrigação, constitui-se numa alternativa altamente eficiente para a supressão do arroz daninho em áreas infestadas (NOLDIN et al., 2002).

A única tecnologia disponível para os orizicultores realizarem o controle químico seletivo de arroz-daninho em lavouras de arroz irrigado é por meio da adoção da tecnologia Clearfield®. Esta tecnologia possibilitou o uso seletivo de herbicidas do grupo químico das imidazolinonas em arroz irrigado, em função da indução da mutação da enzima ALS. Entretanto, em função do uso contínuo e negligenciado da tecnologia ocorreu o fluxo de gênico, com transferência do gene de resistência de cultivares Clearfield® para o arroz-daninho (ROSO et al., 2010; GOULART et al., 2012). Este cenário é extremamente preocupante e coloca em risco a longevidade da tecnologia.

Desta forma, é de fundamental importância o estabelecimento de parcerias regionais que viabilizem a identificação e a localização dos biótipos de arroz-daninho nos municípios que cultivam arroz irrigado no Alto Vale do Itajaí. Em posse destas informações, poderão ser elaboradas estratégias para o manejo dos biótipos resistentes nas regiões onde se confirmar os casos e a elaboração de estratégias proativas de manejo para aquelas localidades onde não se identificar biótipos resistentes a



herbicidas.

3.6. Metodologia

O trabalho contará com a colaboração dos orizicultores e da assistência técnica envolvida com a produção de arroz irrigado no Alto Vale do Itajaí, focando os municípios de Rio do Oeste, Pouso Redondo, Taió, Mirim Doce e Rio do Campo. Estes, assim que observar plantas de arroz-daninho que não foram controladas com a aplicação de imidazolinonas em cultivos de arroz Clearfield®, farão a coleta das sementes, acondicionarão em embalagem de papel e encaminharão para o IFC Campus de Rio do Sul. Juntamente com as sementes, deverá se encaminhar uma ficha contendo algumas informações básicas como: a) Nome do coletor? b) Qual contato (fone e/ou e-mail)? c) Qual município de origem sementes? d) Qual a data de coleta? e) Qual herbicida (s) utilizado (s)? f) número de aplicações? g) quantos anos utiliza este herbicida?

As amostras serão recebidas no laboratório de sementes e serão armazenadas em geladeira. O teste de confirmação de resistência será realizado quando completar 10 amostras recebidas, ou seja, cada etapa do teste será realizada com 10 biótipos com suspeita de resistência a herbicidas. Antes da realização do teste de comprovação de resistência, as sementes de arroz-daninho serão submetidas a quebra de dormência (BRASIL, 2009). Após esta etapa, as sementes serão condicionadas em caixas do tipo gerbox com papel germitest umedecido e levadas para câmara do tipo BOD a temperatura de 30°C até o início do processo de germinação. Quatro sementes pré-germinadas serão transplantadas em um vaso plástico com capacidade volumétrica de 500 cm³ de solo, que constituirá uma unidade experimental.

A comprovação dos casos de resistência será realizada por meio de teste de curva de dose-resposta em ambiente controlado, seguindo a metodologia proposta por Christoffoleti et al. (2016). As doses avaliadas serão: 0D, 1/8D, 1/4D, 1/2D, D, 2D, 4D e 8D, onde D se refere a dose recomendada do herbicida Kifix (280 g ha⁻¹ do p.c.). Cada tratamento será repetido quatro vezes. Nos estudos de arroz-daninho, o foco principal será na identificação dos casos de resistência ao herbicidas inibidores da ALS do grupo químico das imidazolinonas, por este motivo será utilizado o herbicida comercial Kifix (imazapyr + imazapic) em todas as avaliações.

Aos 28 dias após a aplicação dos tratamentos será realizada a avaliação de porcentagem de controle, sendo atribuído controle 0,0% quando não se visualizar nenhuma injúria e 100,0% quando ocorrer a morte de todas as plantas.

Os resultados obtidos serão submetidos a análise de variância pelo teste F, identificada a diferença significativa será realizada análise de regressão não-linear utilizando o modelo proposto por Streibig (1988).

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

A partir do modelo de regressão será estimada a dose para proporcionar controle de 50% e 80% (C50 e C80). O fator de resistência (FR) será calculado pelo quociente entre o C50 do biótipo resistente e o C50 do biótipo susceptível (VIDAL et al., 2006). A resistência será confirmada quando FR > 1,0 (SAARI et al., 1994) e a C80 foi superior a dose máxima recomendada do herbicida (Christoffoleti et al., 2009).

Após a confirmação ou não o caso de resistência a herbicidas, será realizado contato com o responsável pelo envio das sementes, informando o resultado final.

3.7. Descrever a infraestrutura existente para a execução do projeto



A estrutura disponível para realização do projeto é:

- 2 casas de vegetação;
- 2 câmaras do tipo BOD;
- 3 germinadores;
- 400 copos plásticos com capacidade de 500 cm³;
- 1 Pulverizador costal pressurizado a CO₂;
- 2 Equipamentos de Proteção Individual Completos;
- 2 balanças de precisão;
- 1 estufa de circulação de ar forçada.

3.8. Resultados esperados

Espera-se que, a partir dos resultados obtidos no projeto, se tenha um levantamento detalhado da disseminação da resistência de arroz-daninho à imidazolinona no Alto Vale do Itajaí. Munido destas informações, pode-se planejar o manejo de plantas daninhas de maneira a prevenir casos de resistência nas áreas que estiverem livres destas ocorrências. Já para as localidades onde for confirmado a resistência a herbicidas, poder-se-á planejar ações que visem conter o avanço destes casos e propor estratégias para o manejo das populações resistentes.

3.9. Limitações e Dificuldades

Uma das possíveis dificuldades pode ser o atraso no envio das amostras, principalmente em função das diferenças entre a época de cultivo de arroz irrigado nos municípios do Alto Vale do Itajaí. Como forma de contornar essa dificuldade, realizaremos os testes de confirmação de resistência em duas ou três etapas, evitando-se atrasos no cronograma estabelecido.

3.10 Cronograma de execução:

Item	Descrição da atividade	Início (mês/ano)	Término (mês/ano)
01	Preparo do solo	08/2017	09/2017
02	Enchimento dos vasos	09/2017	09/2017
03	Recebimento das amostras	08/2017	03/2018
04	Testes de confirmação de resistência	03/2018	04/2018
05	Tabulação dos resultados	04/2018	05/2018
06	Retorno aos agricultores ou técnicos	05/2018	06/2018
07	Elaboração Relatório	01/2018	06/2018
08	Divulgação dos resultados	06/2018	07/2018


OBS: Novas linhas poderão ser acrescentadas, caso haja necessidade.



3.11. Descrição das atividades do bolsista/voluntário:

Item	Descrição da atividade	Início (mês/ano)	Término (mês/ano)
01	Preparo das unidades experimentais	08/2017	09/2017
02	Recebimento amostras	08/2017	03/2018
03	Quebra de dormência	03/2018	03/2018
04	Testes confirmação resistência	03/2018	04/2018
05	Tabulação dos dados	05/2018	05/2018
06	Revisão de literatura	08/2017	07/2018
07	Escrita do relatório	01/2018	06/2018
08	Divulgação dos resultados	06/2018	07/2018

3.12. Orçamento

Item	Descrição dos itens de custeio e capital (Investimento)	Quantidade / Unidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
01	Recarga de CO ₂	1	60,00	60,00
02	Copos plásticos	400	0,50	200,00
03	Materiais de escritório	1	100,00	100,00
Anuência do Diretor Geral do Campus:		RICARDO KOZOROSKI VEIGA DIRETOR GERAL Port. Nº 287/2016 - 27/01/2016  Assinatura		

3.13. Identifique as parcerias e/ou convênios que compõem o projeto, se houver

O projeto não prevê parcerias.

3.14. Referências

ANDRES, A.; MACHADO, S.L.O. Plantas daninhas em arroz irrigado. In: GOMES, A.S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A.M. Arroz irrigado no Sul do Brasil. Brasília, DF: Embrapa, 2004. p.457-534.



BRASIL (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 395p.

CHRISTOFFOLETI, P.J. et al. Resistência de plantas daninhas a herbicidas: termos e definições importantes. In: CHRISTOFFOLETI, P.J.; NICOLAI, M. **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas**. 4. Ed. Piracicaba: Esalq, 2016. p. 11-32.

CHRISTOFFOLETI, P.J. et al. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas inibidores da EPSPs. In: VELINI, E.D. et al. **Glyphosate**. Botucatu, SP: FEPAF, 2009. 493 p.

CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. v.4, n.7, safra 2016/17. 2017. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_04_17_17_20_55_boletim_graos_abr_2017.pdf>. Acesso em 08/mai/2017.

EBERHARDT, D.S.; OLIVEIRA NETO, A.M.; NOLDIN, J.A.; VANTI, R.M. Barnyardgrass with multiple resistance to synthetic auxin, ALS and ACCase inhibitors. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 34, n.4, p.823-832, 2016.

EBERHARDT, D.S.; SCHIOCCHET, M.A. **Recomendações para a produção de arroz irrigado em Santa Catarina (Sistema pré-germinado)**. Florianópolis: Epagri, 2015. 91p.

FLECK, N.G.; MENEZES, V.G.; NOLDIN, J.A.; PINTO, J.J.O.; EBERHARDT, D.S. Manejo e controle de plantas daninhas em arroz irrigado. In: VARGAS, L.; ROMAN, E.S. **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008. p.329-402.

GOULART, I.C.G. et al. Identification of origin and analysis of population structure of field-selected imidazolinone-herbicide resistant red rice (*Oryza sativa*). **Euphytica**, v.187, p.437-447, 2012.

HEAP, I. The international survey of herbicides resistant weeds. 2017. Disponível em: <<http://weedscience.com/default.aspx>>. Acesso em: 05/mai/2017.

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

LOPEZ-OVEJERO, R.F.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; VARGAS, L. Resistência de plantas daninhas a herbicidas. In: VARGA, L.; ROMAN, E.S. **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008. p. 213-242.

MARCHEZAN, E. et al. Controle do arroz-vermelho. In: GOMES, A.S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A.M. **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa, 2004. p. 547-580.

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

NOLDIN, J.A. et al. Potencial de cruzamento natural entre o arroz transgênico resistente ao herbicida glufosinato de amônio e o arroz-daninho. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 20, n. 2, p.243-251, 2002.



ROSO, A.C. et al. Regional scale distribution of imidazolinone herbicide-resistant alleles in red rice (*Oryza sativa* L.) determined through SNP markers. *Field Crops Research*, v.119, p.175-182, 2010.

SAARI, L. L.; COTTERMAN, J. C.; THILL, D. C. Resistance to acetolactate synthase inhibiting herbicides. In: POWLES, S. B.; HOLTUM, J. A. M. *Herbicide resistance in plants: Biology and biochemistry*. Boca Raton: CRC Press, 1994. 353p.

SILVA, A.A.; VARGAS, L.; FERREIRA, E.A. Herbicidas: resistência de plantas. In: SILVA, A.A.; SILVA, J.F. *Tópicos em manejo de plantas daninhas*. Viçosa: UFV, 2007. p. 279-324.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI). *Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil*. Pelotas: Sosbai, 2016. 197p.

STREIBIG, J.C. Herbicide assay. *Weed Research*, v.28, n.6, p.479-484, 1988.

VIDAL, R.A. et al. Resistência de *Eleusine indica* aos inibidores de ACCase. *Planta Daninha*, Viçosa, v.24, p.163-171, 2006.

4. TERMO DE RESPONSABILIDADE

Declaro que estou ciente das responsabilidades e compromissos durante a vigência do projeto, conforme a Resolução 070 – CONSUPER/2013. Os trabalhos a serem realizados (local do trabalho e carga horária) não comprometem as atividades de docência e assumo o compromisso de orientar os alunos (se houver) no desenvolvimento das atividades de pesquisa, assim como na preparação de artigos técnico-científicos.

Assinatura

Para Uso Exclusivo da Comissão Julgadora:

5. Parecer da Comissão Julgadora

O projeto foi:

() Deferido e cadastrado.

() Indeferido.

() Deferido com ressalvas.

Observações: