

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos



Dissertação

**Efeitos do uso de triciclazol, propiconazol e tebuconazol em diferentes doses
sobre o residual de fungicidas e a qualidade industrial do arroz irrigado**

Janaina Vilella Goveia

Engenheira Agrônoma

Pelotas
Março, 2021

Janaina Vilella Goveia

Efeitos do uso de triciclazol, propiconazol e tebuconazol em diferentes doses sobre o residual de fungicidas e a qualidade industrial do arroz irrigado

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial para obtenção do título de Mestra em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Comitê de orientação: Prof. Dr. Nathan Levien Vanier
Prof. Dr. Moacir Cardoso Elias
Dra. Shanise Lisie Mello El Halal

Pelotas, 2021

G721e Goveia, Janaina Vilella

Efeitos do uso de triciclazol, propiconazol e tebuconazol em diferentes doses sobre o residual de fungicidas e a qualidade industrial do arroz irrigado / Janaina Vilella Goveia ; Nathan Levien Vanier, orientador ; Moacir Cardoso Elias, Shanise Lisie Mello El Halal, coorientadores. — Pelotas, 2021.

63 f. : il.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2021.

1. Rendimento de grãos inteiros. 2. Grãos gessados. 3. Arroz amarelo. 4. Dose de aplicação. I. Vanier, Nathan Levien, orient. II. Elias, Moacir Cardoso, coorient. III. Halal, Shanise Lisie Mello El, coorient. IV. Título.

CDD : 664

Banca examinadora:

Prof. Dr. Nathan Levien Vanier (PPGCTA-UPFEL)

Prof. Dr. Ricardo Tadeu Paraginski (IF- Farroupilha)

Prof. Dr. Mateus da Silveira Pasa (DFT/PPGA-UFPEL)

Dra. Priscila Zaczuk Bassinello (Embrapa Arroz e Feijão)

DEDICATÓRIA

Com amor e gratidão aos meus pais.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelas conquistas, pelos momentos de amparo, pela saúde e pela força para concluir esta etapa na minha vida.

Aos meus pais, Ana Lúcia e Alvacir pela motivação, cuidado, carinho e pelo apoio emocional dado a mim durante esta caminhada.

Ao meu noivo Jonatã pela compreensão, pelo incentivo diário e pela ajuda no campo durante as aplicações e colheita.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Nathan Vanier por não medir esforços para me auxiliar, desde a concepção do projeto até a conclusão, obrigado pelos ensinamentos, pela paciência, pela dedicação, pela boa convivência e por ser responsável pelo meu crescimento profissional e pessoal.

Ao meu coorientador Prof. Dr. Moacir Elias, que desde a graduação me acolheu, obrigado pelos bons conselhos, pelos ensinamentos, pelas conversas motivadoras que me fizeram sentir acolhida.

A minha coorientadora Dr^a Shanise Lisie, que desde a minha chegada ao LABGRÃOS me recebeu de braços abertos, obrigado por toda tua dedicação, por estar comigo nos momentos bons e ruins, pelos ensinamentos tanto acadêmico quanto pessoal que foram importantes durante esta trajetória, e pela amizade sincera e gentil.

Ao Engenheiro Agrônomo Fernando Fumagalli Miranda, pesquisador do Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA) e sua equipe, os técnicos orizícolas Gustavo Ribeiro e Vinícios Lopes e os estagiários Ana Raquel, Gabriel e Raquel, por conduzir este experimento a campo na estação experimental do IRGA em Cachoeirinha, RS. Não tenho palavras para expressar minha gratidão. Obrigado pela dedicação, pelo esforço de todos vocês para conduzir com excelência este experimento. Meu agradecimento especial ao Fernando, é um excelente profissional, fiquei muito feliz em te conhecer e poder trabalhar contigo neste projeto dos fungicidas.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal de Pelotas (PPGCTA – UFPel), pelos ensinamentos concedidos.

A empresa Polisol e seus colaboradores por me permitir utilizar a estrutura do laboratório para realização de análises.

As minhas queridas amigas Franciene Villanova e Graziella Bruni, que estiveram comigo nas aplicações de fungicidas e na colheita. Obrigado pela amizade, pelo companheirismo, por tudo que vocês me ensinaram, por serem presentes na minha vida

mesmo a distância e por todos os momentos que passamos juntas. Estar ao lado de vocês tornou a caminhada mais leve.

Aos amigos e colegas, Isabel Santos, Edimara Polidoro, Jessie Cardoso, César Gaioso, Lázaro Canizares, Betina Bueno, Adriano Ramos, Aline Pereira, Eliane Figueiredo, Cristian Batista, Caroline Dittgen, Igor Lindemann, Miriã Miranda, Jaqueline Pozzada e Patrick Silva, pelo convívio e auxílio durante este período.

Aos bolsistas de iniciação científica do laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos. Em especial a Antônia Dias, Adrielle Andrade, Thayná Corpes, Natiele Aires, e a Rafaela Corrêa pela companhia e amizade.

As minhas amigas e companheiras de graduação Angélica Voigt e Flávia da Silva, pelo apoio, incentivo, pelas palavras de conforto e por estarem ao meu lado em todos os momentos da minha vida.

As minhas amigas Natiele Couto, Patricia Centeno, Vitória Protzen e Sabrina Vilella, que torcem por mim, me incentivam e vibram comigo a cada conquista.

Ao meu grupo de oração, por me aproximar de Deus, e fortalecer ainda mais minha fé. Por estarem ao meu lado trazendo as palavras necessárias para que esta caminhada fosse completa.

À Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos e a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior).

“Mas, buscai primeiro o reino de Deus, e a sua justiça, e todas estas coisas vos serão acrescentadas”.

Mateus 6:33

Resumo

Goveia, Janaina Vilella. **Efeitos do uso de triciclazol, propiconazol e tebuconazol em diferentes doses sobre o residual de fungicidas e a qualidade industrial do arroz irrigado.** 2021. 63f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Pelotas, 2021.

Triciclazol, tebuconazol e propiconazol são fungicidas sistêmicos, de amplo espectro de ação, e utilizados no controle de doenças em arroz. Dependendo do manejo utilizado na aplicação os resíduos podem persistir até o momento da colheita, resultando na ocorrência de resíduos acima dos limites tolerados. Em relação a qualidade de grãos, estudos são necessários para a avaliação de efeitos da aplicação de fungicidas a campo sobre a produtividade e a qualidade do arroz recém colhido e armazenado. Neste contexto, grãos de arroz da cultivar IRGA 424 RI foram submetidos à aplicação de triciclazol, tebuconazol e propiconazol nos estágios fenológicos R2 e R4, com intervalo de 14 dias entre as aplicações. Foram testadas a dose recomendada e o dobro da dose recomendada para cada princípio ativo, sendo: 225 e 450 g de triciclazol / ha; 150 e 300 g de tebuconazol / ha; 187,5 e 375 g de propiconazol / ha. Foi preparado um tratamento controle sem aplicação de fungicida. O delineamento experimental de casualização por blocos, com três repetições, foi utilizado. A análise de cromatografia líquida (CL) com detecção por espectrometria de massas (MS) do residual de fungicidas no arroz integral não revelou nenhuma diferença entre a dosagem recomendada e o dobro da dose recomendada para os ingredientes ativos triciclazol (0,01-0,01 mg/kg) e tebuconazol (0,14-0,16 mg/kg). O ingrediente propiconazol apresentou maior teor de resíduo (0,20 mg/kg) com o dobro da dose recomendada em comparação ao observado para os grãos tratados com a dose recomendada (0,11 mg/kg). Grãos tratados com o dobro da dose recomendada foram submetidos ao processo de parboilização. O arroz parboilizado integral apresentou 0,40 mg/kg de propiconazol e 0,21 mg/kg de tebuconazol. Após o polimento os níveis de resíduos desses ingredientes ativos foram reduzidos para 0,18 mg/kg e 0,13 mg/kg, respectivamente. A produtividade de grãos das parcelas tratadas com fungicidas foi maior do que o tratamento controle, mas nenhuma diferença estatística foi observada entre os ingredientes ativos. O peso de mil grãos do arroz tratado com fungicida foi maior do que o controle, principalmente para os tratamentos com propiconazol e tebuconazol. O rendimento de grãos inteiros (67-68%) e a brancura dos grãos (43,2-44,8 GBZ) não foram impactados pelo uso de fungicida, tipo de ingrediente ativo ou dosagem. Outros estudos devem considerar outras cultivares, o local de cultivo, bem como uma safra com clima mais adverso para a incidência da doença do que o que foi observado na condução do presente estudo. Quanto a conservação na pós-colheita, grãos que apresentavam resíduos de propiconazol e tebuconazol tiveram menor incidência de *Fusarium* após um período prolongado de armazenamento com umidade do grão mais elevada (20%). O tebuconazol também apresentou efeito sobre o *Penicillium*. De forma geral, grãos oriundos da aplicação com propiconazol e tebuconazol apresentaram menor amarelecimento e manutenção de maior rendimento de grãos inteiros após o armazenamento.

Palavras-chaves: Rendimento de inteiros; grãos gessados; arroz amarelo; dose de aplicação.

Abstract

Goveia, Janaina Vilella. **Effects of using tricyclazole, propiconazole and tebuconazole in different doses on fungicide residue and industrial quality of irrigated rice.** 2021. 63f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) –Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Pelotas, 2021.

Tricyclazole, tebuconazole and propiconazole are systemic fungicides, with a broad spectrum of action, and used to control diseases in rice. Depending on the management used in the application, the residues can persist until the moment of the harvest, resulting in the occurrence of residues above the tolerated limits. Regarding the quality of grains, studies are necessary to evaluate the effects of the application of fungicides in the field on the productivity and quality of freshly harvested and stored rice. In the present study, rice grains of the cultivar IRGA 424 RI were submitted to the application of tricyclazole, tebuconazole and propiconazole in phenological stages R2 and R4, with an interval of 14 days between applications. The recommended dose and twice the recommended dose for each active ingredient were tested. A control treatment without fungicide application was prepared. A randomized block design with three replications was used. In an investigation related to the conservation of grains according to the presence or not of residual fungicide, grains treated with the recommended dose for the three active ingredients and grains obtained from the treatment without application were dried up to 20% and 16% moisture and stored for up to 100 days at 32 °C. The analysis of liquid chromatography (LC) with mass spectrometry (MS) detection of residual fungicides in brown rice revealed no difference between the recommended dosage and twice the recommended dose for the active ingredients tricyclazole (0.01-0, 01 mg / kg) and tebuconazole (0.14-0.16 mg / kg). Propiconazole exhibited a higher residue level (0.20 mg / kg) with twice the recommended dose compared to that observed for grains treated with the recommended dose (0.11 mg / kg). Parboiled brown rice had 0.40 mg / kg of propiconazole and 0.21 mg / kg of tebuconazole. After polishing, the residue levels of these active ingredients were reduced to 0.18 mg / kg and 0.13 mg / kg, respectively. The grain yield of the plots treated with fungicides was higher than the control treatment, but no statistical difference was observed between the active ingredients. The weight of a thousand grains of fungicide-treated rice was greater than the control, mainly for treatments with propiconazole and tebuconazole. Head rice yield (67-68%) and rice whiteness (43.2-44.8 GBZ) were not impacted by the fungicide use, type of active ingredient or dosage. Further studies may consider other cultivars, field location, as well as a more adverse crop season for disease incidence than observed for this study. As for post-harvest conservation, grains that had propiconazole and tebuconazole residues had a lower incidence of *Fusarium* after a prolonged period of storage with higher grain moisture (20%). Tebuconazole also had an effect on *Penicillium*. In general, grains from application with propiconazole and tebuconazole showed less yellowing and maintained higher yield of whole grains after storage.

Keywords: Head rice yield; chalky grains, yellow rice; dosage application.

Lista de figuras

Figura 1: Estrutura anatômica de um grão de arroz em casca.	19
Figura 2: Plantas de arroz em quatro estádios de desenvolvimento reprodutivo.....	22
Figura 3: Temperaturas máxima e mínima (A), precipitação (B) e radiação solar (C) no local de condução do experimento.....	31
Figura 4: Fluxograma ilustrando as etapas para analisar a ocorrência de grãos amarelos durante o período de armazenamento dos grãos de arroz tratados com fungicidas a campo.	34
Figura 5: Residual de fungicidas em arroz integral (mg/kg) quando aplicado a dose recomendada e o dobro da dose recomendada.	38
Figura 6: Residual de fungicidas em arroz (mg/kg) em função do tipo de processamento, quando aplicado o dobro da dose recomendada.....	40
Figura 7: Peso de mil grãos de arroz (g) tratados com duas aplicações de fungicidas utilizando a dose recomendada e o dobro da dose recomendada.	43
Figura 8: Rendimento de grãos inteiros de arroz (g) tratados com duas aplicações de fungicidas utilizando a dose recomendada e o dobro da dose recomendada.	43
Figura 9: Brancura dos grãos de arroz tratados com duas aplicações de fungicidas utilizando a dose recomendada e o dobro da dose recomendada.	45
Figura 10: Percentual de grãos gessados (A) e de grãos “barriga branca” (B) oriundos de parcelas tratadas com duas aplicações de fungicidas utilizando a dose recomendada e o dobro da dose recomendada.....	47

Lista de tabelas

Tabela 1: Composição do grão de arroz integral, polido e parboilizado polido expresso em base seca.	20
Tabela 2: Estádios de desenvolvimento reprodutivo (R) de arroz com os identificadores morfológicos.	21
Tabela 3: Limites máximos de resíduos (mg/kg) de triciclazol, propiconazol e tebuconazol.	27
Tabela 4: Limite máximo de resíduo e intervalo de segurança para a utilização do ingrediente ativo triciclazol.	28
Tabela 5: Limite máximo de resíduo e intervalo de segurança para a utilização do ingrediente ativo tebuconazol.	29
Tabela 6: Limite máximo de resíduo e intervalo de segurança para a utilização do ingrediente ativo propiconazol.	30
Tabela 7: Delineamento experimental para avaliar o efeito da aplicação de fungicida sobre as propriedades tecnológicas e teor residual em grãos de arroz integral.	32
Tabela 8: Delineamento experimental para avaliar os efeitos da aplicação de dois fungicidas no dobro da dose recomendada nos subgrupos: arroz integral, polido, parboilizado integral e parboilizado polido.	33
Tabela 9: Delineamento experimental para avaliar a ocorrência de grãos amarelos durante o armazenamento em função do uso de fungicidas para o controle de doenças a campo, em grãos armazenados com duas umidades de armazenamento (16% e 20%) em ambiente controlado com temperatura de 32°C.	35
Tabela 10: Produtividade de grãos de arroz (kg/ha) em função da aplicação de fungicida na dose recomendada de triciclazol, propiconazol e tebuconazol, comparada ao tratamento sem aplicação de fungicida.	44
Tabela 11: Incidência de fungos em grãos de arroz tratados com duas aplicações de fungicidas na dose recomendada e armazenados em ambiente controlado, com duas umidade de armazenamento (16% e 20%) durante 30, 60 e 100 dias.	49
Tabela 12: Coloração e rendimento de grãos inteiros de arroz tratados com duas aplicações de fungicidas na dose recomendada e armazenados em ambiente controlado, com duas umidade de armazenamento (16% e 20%) durante 30, 60 e 100 dias.	50

Sumário

1.Introdução	15
2.Objetivos	17
2.1. Objetivo geral	17
2.2. Objetivos específicos.....	17
3.Revisão bibliográfica	17
3.1. Importância da cultura do arroz	17
3.2. Estrutura e composição do grão de arroz.....	18
3.3. Desenvolvimento da planta	20
3.4. Doenças do arroz irrigado	23
3.4.1. Brusone.....	23
3.5. Fungicidas para controle de doenças em arroz.....	25
3.5.1. Índice monográfico dos ingredientes ativos testados, segundo a ANVISA	27
3.5.2. Triciclazol	27
3.5.3. Tebuconazol.....	28
3.5.4. Propiconazol.....	29
4. Materiais e métodos	30
4.1. Materiais.....	30
4.1.1. Experimento a campo	30
4.2. Métodos.....	32
4.2.2. Beneficiamento dos grãos de arroz.....	35
4.2.3. Rendimento de grão inteiros	35
4.2.4. Processo de parboilização	36
4.2.5. Residual de fungicidas em arroz	36
4.2.6. Peso de mil grãos.....	37
4.2.7. Grãos gessados	37

4.2.8. Cor dos grãos.....	37
4.2.9. Incidência fúngica.....	37
4.2.10. Análise estatística	38
5. Resultados e discussão	38
5.1. Residual dos fungicidas triciclazol, propiconazol e tebuconazol.....	38
5.2. Peso de mil grãos, rendimento de grãos inteiros e produtividade	42
5.3. Brancura, grãos gessados e barriga branca.....	45
5.4. Contaminação fúngica, brancura e rendimento de grãos inteiros durante o armazenamento.....	48
6. Conclusões	53
7. Referências bibliográficas	54

1.Introdução

O arroz (*Oryza sativa*) é um dos principais cereais constituintes da dieta básica para a maioria da população mundial. O Brasil é o maior produtor de arroz fora dos países asiáticos, sendo que o estado do Rio Grande do Sul é responsável por cerca de 70% da produção nacional, onde a maior parte da cultura do arroz é cultivada por inundação (VILLANOVA et al., 2020).

Mais de 70 doenças causadas por fungos, vírus, bactérias e nematóides foram contabilizadas no arroz (ZHANG et al., 2009). Entre elas, a brusone, causada pelo fungo *Magnaporthe oryzae* (*Pyricularia Oryzae*, fase anamorfa), é considerada uma das doenças mais destrutivas e disseminadas nas lavouras de produção de arroz, sendo responsável por ocasionar perdas de até 80% da produção anual dos grãos (RIJAL & DEVKOTA, 2020). A infecção pode ocorrer em todos os estádios de desenvolvimento da cultura, e os sintomas da doença podem ser visualizados em diferentes partes da planta. Embora a doença possa ocorrer em todas as fases de desenvolvimento, o período de maior suscetibilidade se encontra entre as fases vegetativa (V3–V5) e reprodutiva (R2–R4). A severidade da doença pode variar em função da região de cultivo, da época de semeadura, do sistema de produção, do manejo da cultura, das condições climáticas e da resistência da cultivar.

Dentre os métodos de controle utilizados no manejo da brusone, o uso de cultivares resistentes e a aplicação de fungicidas destacam-se por serem práticas amplamente utilizadas e de fácil execução por parte dos produtores. No entanto, a resistência das cultivares é um fator que deve ser observado com precaução, uma vez que a sua duração é comprometida devido ao rápido desenvolvimento de novas raças do patógeno (SAH & RUSH, 1988, GROTH, 2007).

Recentemente, uma das cultivares mais utilizadas no Rio Grande do Sul, a cultivar IRGA 424 RI, semeada em 49,6% da área cultivada com arroz no estado, considerada resistente a brusone, apresentou quebra da resistência na safra 2018/2019 em 6 municípios do estado (MARIOT et al., 2020). Frente à isso, a aplicação de fungicidas faz-se necessária como uma ferramenta complementar para a manutenção e proteção do potencial produtivo. Embora o número de ingredientes ativos registrados para o controle de doenças em arroz seja significativo, limitados são os mecanismos de ação empregados, sendo os mais utilizados os inibidores da biossíntese do ergosterol e os inibidores da biossíntese da melanina (PERINI, 2017).

Triciclazol, tebuconazol e propiconazol são fungicidas sistêmicos, de amplo espectro de ação, e amplamente utilizados no controle de doenças em arroz, como a brusone. O triciclazol pertence ao grupo químico benzotiazol enquanto o tebuconazol e o propiconazol pertencem ao grupo químico triazol. Dependendo do manejo utilizado na aplicação os resíduos podem persistir até o momento da colheita, resultando na contaminação dos grãos (PAREJA et al.,2012). Neste contexto, o monitoramento de resíduos é realizado para garantir a segurança do alimento, como também a conformidade com as boas práticas de fabricação.

Diversas autoridades governamentais e organizações internacionais estabelecem limites máximos de resíduos para regulamentar as concentrações permitidas de agrotóxicos em produtos alimentares, inclusive no arroz (PAREJA et al., 2011). Nos Estados Unidos, a FDA (*Food and Drug Administration*), responsável pela legislação e fiscalização dos produtos agropecuários, não apresenta registro para o ingrediente ativo tebuconazol, o que conseqüentemente proíbe a presença de qualquer quantidade do produto no arroz. O mesmo acontece com o ingrediente ativo triciclazol na União Européia (UE).

Ainda há divergências sobre efeitos da aplicação de fungicidas a campo durante o desenvolvimento da cultura sobre a manutenção da qualidade do arroz no armazenamento. Em estudos anteriores, Shafiekhani et al. (2018) relataram que o amarelecimento de grãos de arroz em função da contaminação fúngica das amostras durante o período de armazenamento não foi influenciado pela aplicação de fungicida. Shad & Atungulu (2019) estudaram efeitos da aplicação de agentes anti-fúngicos na pós-colheita em grãos armazenados com diferentes umidades e temperaturas. Esses autores relataram que conforme avançava o período de armazenamento ocorriam aumentos na intensidade de defeitos de coloração dos grãos.

Além de controlar doenças fúngicas, a aplicação de fungicidas pode ter efeito sobre os atributos relacionados à qualidade dos grãos de arroz. Efeitos como incremento de produtividade, aumento do percentual de grãos inteiros e melhoria do aspecto visual dos grãos foram observados ao combinar fatores como época adequada de semeadura, umidade ideal para colheita e efetivo controle de doenças (UPPALA & ZHOU, 2018, MANI et al., 2016). Entretanto, mais estudos são necessários para elucidar os efeitos da aplicação de fungicidas em cultivares previamente resistentes, em função da dose de aplicação, da época de aplicação e dos diferentes tipos de processamento dos grãos.

Desta forma, objetivou-se com o presente estudo avaliar os níveis de resíduo de

fungicidas em arroz e efeitos da aplicação da dose recomendada e do dobro da dose recomendada sobre atributos de qualidade de arroz. Além disso, foram avaliados efeitos do residual de fungicidas utilizados no campo sobre a conservabilidade do arroz na pós-colheita.

2.Objetivos

2.1. Objetivo geral

Avaliar a qualidade tecnológica e o teor residual de triciclazol, propiconazol e tebuconazol em arroz industrializado por processo convencional e por parboilização, integral e polido, em função da dose e do ingrediente ativo utilizado, testando efeitos dos fungicidas na conservabilidade do arroz na pós-colheita.

2.2. Objetivos específicos

Avaliar o residual dos fungicidas triciclazol, propiconazol e tebuconazol no arroz integral em função da dose de aplicação, simulando um manejo adequado e um manejo que extrapole a recomendação.

Avaliar a ocorrência de residual de fungicidas quando aplicado o dobro da dose recomendada em arroz: integral, parboilizado integral, polido e parboilizado polido.

Avaliar a massa de mil grãos, o rendimento de inteiros, o grau de brancura e o percentual de grãos gessados e com centro branco em função do ingrediente ativo e da dose utilizada de fungicida no manejo fitossanitário de produção.

Investigar efeitos do residual de fungicidas aplicados na etapa de produção sobre parâmetros de qualidade de arroz no armazenamento.

3.Revisão bibliográfica

3.1. Importância da cultura do arroz

O arroz (*Oryza sativa* L.) é considerado uma importante fonte de energia e nutrientes no Brasil e em diversos outros países, estando intimamente associado à garantia da segurança alimentar da população (HEINEMANN et al., 2005).

O Brasil é o nono maior produtor mundial, com produção de 11,2 milhões de toneladas de arroz na safra 2019/2020 (CONAB, 2020). O Rio Grande do Sul se destaca como o maior produtor nacional, sendo responsável por cerca de 70% do arroz produzido

no Brasil, seguido por Santa Catarina. Esse grande volume produzido nos dois estados, cerca de 80%. A quase totalidade do arroz produzido no RS e em SC apresenta grãos da classe longo-fino, com alto teor de amilose e baixa temperatura de gelatinização. Cerca de 12% do arroz produzido no RS e 30% da produção de Santa Catarina são consumidos nos respectivos estados, e o restante é comercializado para os demais centros consumidores ou tem como destino a exportação (CONAB, 2020).

O consumo de arroz no Brasil se dá, principalmente, na forma de grãos inteiros dos subgrupos integral, polido e parboilizado polido (PAIVA, 2011). O arroz polido representa cerca de 70% do total consumido no Brasil, devido as suas características suaves e agradáveis ao consumidor. No entanto, do ponto de vista nutricional, o arroz polido é constituído predominantemente de amido, com baixa concentração de proteínas, minerais e vitaminas, os quais estão presentes na camada de aleurona, removida na etapa de polimento (LAMBERTS et al., 2007; ELIAS et al., 2012).

O arroz integral apresenta melhor composição nutricional quando comparado ao arroz polido, pois a camada de aleurona é mantida no grão. Entretanto, sensorialmente estes grãos apresentam baixa aceitabilidade perante os consumidores, devido ao sabor e odor marcantes e, por isso, apresentam baixo percentual de consumo (LAMBERTS et al., 2007).

O arroz parboilizado representa cerca de 25% do arroz beneficiado consumido no Brasil. Estes grãos apresentam características que se diferem dos outros grupos, dentre elas, boa soltabilidade e textura, além de apresentar melhores propriedades nutricionais. No entanto, a parboilização proporciona o incremento de coloração amarelada aos grãos e um odor característico, o que afeta negativamente a aceitabilidade da grande maioria dos consumidores (HEINEMANN et al., 2005).

3.2. Estrutura e composição do grão de arroz

O grão de arroz, também denominado cariopse, é constituído por pericarpo, endosperma e gérmen (ou embrião), os quais são envoltos por duas folhas modificadas, a pálea e a lema, formando a casca (figura 1). A casca auxilia na proteção dos grãos contra os ataques de fungos e de insetos, e também auxilia na regulação do equilíbrio hídrico durante o desenvolvimento do grão, além de limitar o tamanho da cariopse. Os principais constituintes da casca são a celulose, a hemicelulose, a lignina, e as cinzas, formada principalmente por sílica (cerca de 95%) (KRISHNAN E DAYANANDAN, 2003).

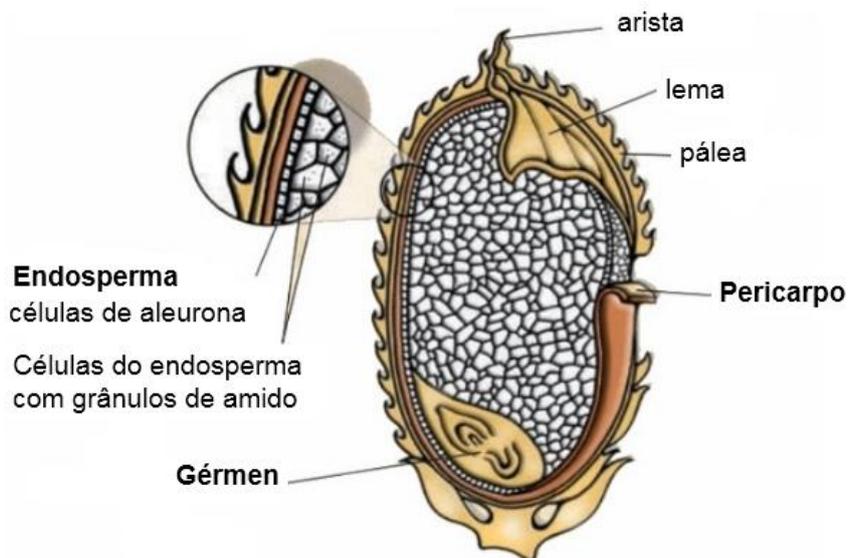


Figura 1: Estrutura anatômica de um grão de arroz em casca.

Fonte: Adaptado de *Foolproof Living*, 2019.

A camada de aleurona é constituída de proteínas, lipídios, fibras, minerais e vitaminas, e representa cerca de 5 a 8% do peso do arroz integral. O endosperma compõe a maior parte do grão (cerca de 94% do arroz integral), sendo constituído principalmente por carboidratos, rico em grânulos de amido, e por proteínas (JULIANO & BECHTEL, 1985). No gérmen encontra-se a maior concentração de lipídeos. As camadas mais externas do grão apresentam maiores concentrações de proteínas, lipídios, fibras, minerais e vitaminas, enquanto o centro é rico em amido envolto por uma matriz proteica. Sendo assim, o polimento resulta em redução no teor de nutrientes, exceto de amido (WALTER et al., 2008), resultando em diferenças na composição entre o arroz integral e o polido conforme descrito na tabela 1.

Tabela 1: Composição do grão de arroz integral, polido e parboilizado polido expresso em base seca.

Constituinte (%)	Arroz integral	Arroz polido	Arroz parboilizado polido
Amido	74,12	87,58	85,08
Proteínas	10,46	8,94	9,44
Lipídeos	2,52	0,36	0,69
Cinzas	1,15	0,3	0,67
Fibra total	11,76	2,87	4,15
Fibra insolúvel	8,93	1,05	1,63
Fibra solúvel	2,82	1,82	2,52

Fonte: Adaptado de DENARDIN et al. (2004).

3.3. Desenvolvimento da planta

O arroz é uma espécie anual da família das poáceas, classificada no grupo de plantas com sistema fotossintético C3, e adaptada ao ambiente aquático. Essa adaptação é devida à presença de aerênquima no colmo e nas raízes da planta, que possibilita a passagem de oxigênio do ar para a rizosfera. Essa característica propicia o cultivo do arroz irrigado, onde durante o desenvolvimento da planta a lavoura permanece com uma lâmina d'água (SOSBAI, 2018).

A eficiência da adoção de tecnologias agrícolas depende da aplicação correta e da determinação do momento oportuno de sua aplicação. O uso de escala apropriada para expressar o desenvolvimento da planta permite maior precisão na época de aplicação de práticas de manejo. Assim, faz-se necessária a identificação, com maior precisão, dos estádios de desenvolvimento da planta em que: (a) são aplicadas as práticas de manejo; (b) são avaliadas as respostas das plantas aos diferentes tratamentos; e (c) ocorrem condições meteorológicas adversas, que causam estresses às plantas.

Existem diversas escalas fenológicas para a cultura do arroz. Dentre essas, a escala proposta por Counce et al. (2000) é uma das mais utilizadas no Sul do Brasil. A avaliação da ontogenia da planta utilizada pela escala subdivide o crescimento e desenvolvimento da planta em três subperíodos: desenvolvimento da plântula, vegetativo e reprodutivo (SOSBAI, 2018).

Dentro do estágio reprodutivo da cultura do arroz que se encontra as épocas recomendadas para a aplicação de fungicidas visando o controle de doenças e qualidade dos grãos a serem colhidos. Esse período inicia-se quando o meristema apical se

transforma no primórdio da panícula (R0) e termina quando os grãos estão completamente formados e prontos para serem colhidos (R9). A partir do estágio R0, os entrenós do colmo se alongam rapidamente e a planta cresce em taxas muito elevadas e começa a ser definido o número de espiguetas por panícula (DARIO et al., 2005; SOSBAI, 2018).

No estágio R1 ocorre a diferenciação das ramificações da panícula. Logo após esse estágio, a panícula começa a se expandir dentro do colmo, atingindo seu máximo no emborrachamento da planta, que corresponde ao estágio R2. Nesse estágio está ocorrendo a divisão das células-mãe dos grãos de pólen, sendo um dos mais críticos no desenvolvimento da planta à ocorrência de estresses, principalmente os causados por baixa temperatura (inferior a 17°C) e deficiência de nutrientes. Por isto, a semeadura deve ser realizada em uma época que possibilite a coincidência dessa fase com o mês que tenha as menores probabilidades de ocorrência de temperaturas baixas no estágio R2. A ocorrência de condições favoráveis ao desenvolvimento da planta durante os estágios R0 a R4 (antese) determina baixa esterilidade de espiguetas, o que resulta em maior número de grãos por panícula. A tabela 2 apresenta os estágios de desenvolvimento reprodutivo (R) com os identificadores morfológicos (SOSBAI, 2018).

Tabela 2: Estádios de desenvolvimento reprodutivo (R) de arroz com os identificadores morfológicos.

Estádio	Descrição
R0	Iniciação da panícula
R1	Diferenciação da panícula
R2	Formação do colar na folha bandeira
R3	Exserção da panícula
R4	Antese (uma ou mais espiguetas)
R5	Elongação de um ou mais grãos (cariopse) na casca
R6	Expansão de um ou mais grãos em profundidade
R7	Ao menos um grão da panícula apresenta casca com coloração típica da cultivar
R8	Maturidade de um grão isolado (com coloração de casca típica da cultivar)
R9	Maturidade completa dos grãos na panícula (ponto de colheita)

Fonte: Adaptado de SOSBAI (2018).

A Figura 2 ilustra os estágios R1, R2, R4 e R9 do período reprodutivo. A planta de arroz é autofecundada, com a polinização ocorrendo primeiro nas flores das espiguetas situadas na extremidade superior da panícula, seguindo para a base. A ocorrência de ventos quentes, secos ou úmidos, diminui a fecundação dos estigmas, reduzindo o número de grãos formados. Por outro lado, baixas temperaturas da água e do ar também podem

causar efeito similar. Na antese (estádio R4) a planta atinge sua máxima estatura e área foliar.



Figura 2: Plantas de arroz em quatro estádios de desenvolvimento reprodutivo.

Fonte: SOSBAI,2018.

A duração do subperíodo de formação e enchimento de grãos varia entre 30 a 40 dias, dependendo principalmente da variação da temperatura do ar, havendo pouca influência do ciclo da cultivar. Após a fecundação, os grãos passam pelas fases de grãos leitosos, grãos pastosos e grãos em massa dura até atingirem a maturação fisiológica (SOSBAI, 2018).

Considera-se maturação fisiológica quando os grãos estão com o máximo acúmulo de massa seca, estando a umidade dos grãos ao redor de 30%. Durante esse subperíodo está sendo definido o peso do grão. A ocorrência de deficiência nutricional e de ataque de pragas e doenças nesse subperíodo resulta em menor peso do grão. No subperíodo compreendido entre a maturação fisiológica e a maturação de colheita, os grãos passam por processo físico de perda de umidade até atingir aproximadamente 22% de umidade para a colheita. Sua duração pode variar de uma a duas semanas, dependendo das condições meteorológicas vigentes. Temperatura do ar elevada e umidade relativa baixa, associadas à ocorrência de ventos, aceleram o processo de perda de umidade nos grãos (SOSBAI,2018).

3.4. Doenças do arroz irrigado

A evolução das cultivares resultou em mudanças no sistema de produção de arroz irrigado no Rio Grande do Sul. As cultivares consideradas modernas apresentam características de porte baixo, alto perfilhamento e folhas eretas, o que permitiu obter altas produtividades. Associada a essa tecnologia, a alteração das práticas culturais, como adubação, densidade de semeadura, semeadura antecipada às recomendada pela pesquisa, e sistema de irrigação têm modificado o comportamento da severidade das doenças que eram consideradas endêmicas e de pouco dano econômico e a manifestação de muitas outras (NUNES et al., 2004; SOSBAI, 2018).

Na análise do processo dinâmico da evolução das cultivares, são selecionados continuamente em programas de melhoramento genético aqueles genótipos que atendam às exigências dos produtores (produtividade), da indústria (rendimento industrial e qualidade de grãos) e dos consumidores (aspectos culinários e sensoriais), e que apresentem resistência para determinados patógenos como a *Pyricularia oryzae*, o que causa grande vulnerabilidade à produtividade de arroz. Esse patógeno, por sua vez, possui alta variabilidade dentro de sua população e por pressão de seleção permite o surgimento de novas raças que garantem a sua sobrevivência. O crescimento da população do patógeno expõe a lavoura a riscos de redução na produtividade e aumento do custo de produção (NUNES et al., 2004).

A alteração na genética de algumas cultivares recém-lançadas, com a incorporação e expressão de novos genes e/ou novas combinações gênicas, principalmente oriundas de genótipos do tipo japônicos tropical, também permitiu manifestação de outros fitopatógenos e a mudança de comportamento da severidade de algumas doenças consideradas até então secundárias, como é o caso da cárie e da escaldadura-da-folha, que atualmente são doenças mais comuns do que a mancha-parda e a mancha-estreita, também como a manifestação de outras doenças que estavam ausentes no cultivo do arroz irrigado no RS (NUNES et al., 2004; SOSBAI, 2018).

3.4.1. Brusone

Dentre as doenças que ocorrem na lavoura arrozeira, a brusone é uma das doenças fúngicas de maior importância, pela sua capacidade de infecção nas cultivares suscetíveis, sob condições ambientais favoráveis. Ocorre em todas as regiões do Brasil. No Rio Grande do Sul, os ataques intensos da brusone são tipicamente epidêmicos, em determinados anos, ou seja, para que a doença ocorra é necessário maior período de água livre sobre

área foliar, maior ocorrência de precipitação e temperaturas amenas no verão. O fungo *Pyricularia oryzae* possui uma ampla capacidade fitopatogênica de infectar cultivares de arroz e várias gramíneas, como arroz vermelho, arroz preto, trigo, aveia, cevada, centeio, capim arroz (*Echinochloa spp.*), grama boiadeira (*Leersia hexandra*), e azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) (NUNES et al., 2004).

A brusone pode ocorrer em diferentes partes da planta, podendo atacar folhas, colmos, bainhas e sementes. O sintoma mais típico é o das manchas foliares. Nas folhas, o sintoma inicia com pequenos pontos do tamanho de uma cabeça de alfinete, com coloração castanha, passando para castanho avermelhada, rodeados por um halo amarelado. Depois, evolui para uma lesão alongada, com bordos irregulares e de coloração marrom, com centro grisáceo, onde aparecem as frutificações do fungo. Nas cultivares muito suscetíveis, as manchas podem aparecer em maior número, unidas entre si, causando a morte de todo o tecido da folha e até mesmo da planta, quando jovem e sob condições ecológicas favoráveis (NUNES et al., 2004; DARIO et al., 2005).

Embora a doença possa ocorrer em todas as fases de crescimento e desenvolvimento das plantas, o período de maior suscetibilidade a doença corresponde aos estádios V3-V4 (quando as plantas apresentam-se com 3 a 4 folhas) e nos estádios R2-R4 (emborrachamento e floração). A presença dos sintomas nas plantas durante os períodos de emborrachamento e floração, é um indicativo de prováveis danos na produção, servindo como base para a recomendação do uso de fungicidas (NUNES et al., 2004).

Tem sido verificado que sob condições de clima temperado, como acontece no RS, a doença ocorre na floração, pois é neste período que ocorrem condições climáticas favoráveis (janeiro a março), sendo este estágio de desenvolvimento que a doença causa maior redução na produtividade. A ocorrência da brusone, independentemente da fase de desenvolvimento das plantas e da suscetibilidade das cultivares semeadas, se dá por uma série de fatores que atuam de forma interativa (FILIPPI et al., 2015).

O desenvolvimento da brusone é favorecido em temperaturas entre 20°C e 30°C, com um ponto ótimo de 26°C a 28°C, e umidade relativa acima de 90% principalmente durante o período da manhã. A ocorrência frequente de orvalho, neblinas e baixa precipitação, é indicativo de existência de umidade relativa favorável. O outro fator é a nebulosidade, quanto menor for o número de horas diárias de sol, ou seja, quanto maior a nebulosidade, maiores serão as possibilidades de incidência de brusone, principalmente em áreas com histórico de ocorrência (DARIO et al., 2005, FILIPPI et al., 2015).

A severidade da doença também está associada com a fertilidade do solo e com a adubação não equilibrada. O seu desenvolvimento é favorecido quando cultivado em solos ricos em matéria orgânica ou com aplicação de níveis elevados de adubação nitrogenada. Na situação inversa, quando os solos apresentam baixa fertilidade, a deficiência afeta negativamente o desenvolvimento das plantas favorecendo a ocorrência da doença. Em condições de equilíbrio nutricional, a brusone não é favorecida (RIBEIRO, 1988, FILIPPI et al., 2015). Os diferentes níveis de fósforo, magnésio, cálcio, potássio e silício nos tecidos da planta estão associados com a resistência a doenças (PRABHU et al., 2006).

3.5. Fungicidas para controle de doenças em arroz

Dentre os métodos existentes para controle de doenças, o controle químico é uma prática bastante usual devido aos seus resultados imediatos visando garantir o melhor rendimento de produção e a qualidade dos grãos (SHIBA et al., 2018).

Ainda que o número de ingredientes ativos registrados para o controle de doenças em arroz seja significativo, limitados são os mecanismos de ação empregados, sendo os mais utilizados os inibidores da biossíntese do ergosterol e os inibidores da biossíntese da melanina (PERINI, 2017).

Os fungicidas triazólicos pertencem ao grupo dos inibidores da desmetilação (DMI), que inibem a biossíntese de esterol, um componente essencial da membrana celular fúngica. Esses fungicidas têm como alvo a enzima 14 α -desmetilase codificada pelo gene CYP51, um membro da família do citocromo P450. Como exemplo deste sítio de ação, encontram-se os ingredientes ativos propiconazol e tebuconazol (POLONI et al., 2021).

O ingrediente ativo triciclazol, considerado do grupo químico dos benzotiazóis, é amplamente utilizado no controle de doenças, entre elas a brusone em arroz, além de ser considerado um dos fungicidas mais eficazes entre os inibidores da biossíntese de melanina-redutase, por ser facilmente absorvido e translocado nas plantas, proporcionando controle duradouro da doença (MENG et al., 2018).

Diversos estudos analisaram a presença de resíduos de fungicidas em grãos de arroz. Dors et al. (2011) avaliaram a distribuição de diversos defensivos agrícolas, entre eles o tebuconazol, nas diferentes frações e subgrupos do arroz (arroz polido, farelo de arroz, casca do arroz, arroz parboilizado beneficiado, farelo de arroz parboilizado e casca do arroz parboilizado). Esses autores relataram a ocorrência de resíduos em todas as amostras analisadas, sendo maior nas frações da casca e do farelo de arroz.

Pareja et al. (2012) também avaliaram a ocorrência dos fungicidas tebuconazol e triciclazol em arroz após o processamento. Os resultados indicaram a presença de resíduos de tebuconazol no arroz polido, e de triciclazol no farelo de arroz.

A dissipação de tebuconazol também foi estudada em grãos de trigo. Kaur et al. (2012) relataram que 15 dias após a última aplicação não foram detectados níveis de resíduos nos grãos. Zhang et al. (2015) estudaram a dissipação de propiconazol e níveis de resíduos em grãos de trigo, sendo que 28 dias após a última aplicação não foram encontrados níveis de resíduos, sugerindo que já haviam sido degradados.

Avaliar os níveis de resíduos em arroz tem se mostrado uma ferramenta importante para elucidar o comportamento das moléculas utilizadas para controle de doenças a campo em relação às etapas de processamento, as quais podem diminuir ou até mesmo remover resíduos, reduzindo o potencial de riscos à saúde do consumidor.

Diversas autoridades governamentais e organizações internacionais estabeleceram limites máximos de resíduos para regulamentar as concentrações permitidas de agrotóxicos em produtos alimentares, inclusive no arroz (PAREJA et al., 2011). Nos Estados Unidos, a FDA (*Food and Drug Administration*) – responsável pela legislação e fiscalização dos produtos agropecuários – não apresenta registro para o ingrediente ativo tebuconazol, o que conseqüentemente proíbe a presença de qualquer quantidade do produto no alimento. O mesmo acontece com o ingrediente ativo triciclazol na União Européia (UE), que não teve seu registro renovado em 2017.

No Brasil, a Agência de Vigilância Sanitária (ANVISA) é responsável pela regulamentação dos limites máximos de resíduos (LMRs) em alimentos. Na tabela 3 estão apresentados os LMRs para triciclazol, propiconazol e tebuconazol em arroz publicados pelo FDA, pela UE e pela ANVISA.

Tabela 3: Limites máximos de resíduos (mg/kg) de triciclazol, propiconazol e tebuconazol.

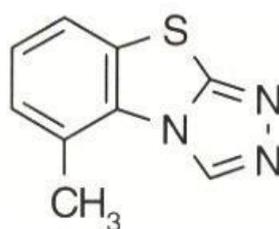
Ingrediente ativo	<i>Food and Drug Administration (FDA)</i>	União Europeia	ANVISA
	USA		
Triciclazol	3,0	<0,01 (LQ)	3,0
Propiconazol	7,0	1,5	0,1
Tebuconazol	<0,01 (LQ)	1,5	1,0

LQ = Limite de Quantificação.

3.5.1. Índice monográfico dos ingredientes ativos testados, segundo a ANVISA

3.5.2. Triciclazol

- Ingrediente ativo ou nome comum: TRICICLAZOL (tricyclazole)
- Nome químico: 5-methyl-1,2,4-triazolo[3,4-b][1,3]benzothiazole
- Fórmula estrutural:



- Fórmula bruta: C₉H₇N₃S
- Grupo químico: Benzotiazol
- Classe: Fungicida
- Classificação toxicológica: Categoria IV - Produto pouco tóxico
- Classificação ambiental: Classe II - Produto muito perigoso ao meio ambiente
- Uso agrícola: autorizado conforme indicado.

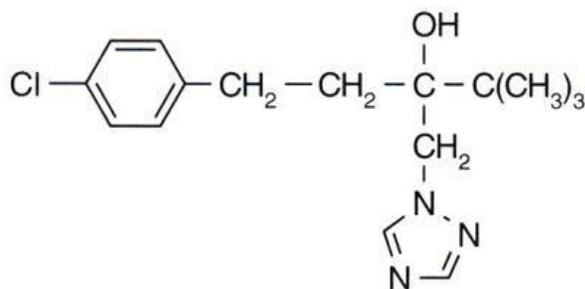
Tabela 4: Limite máximo de resíduo e intervalo de segurança para a utilização do ingrediente ativo triciclazol.

Cultura	Aplicação	LMR (mg/kg)	Intervalo de Segurança
Arroz	Foliar e sementes	3,0	30 dias

Resolução RE nº 5.133 de 10/11/10 (DOU de 12/11/10).

3.5.3. Tebuconazol

- Ingrediente ativo ou nome comum: TEBUCONAZOL (tebuconazole)
- Nome químico: (RS)-1-p-chlorophenyl-4,4-dimethyl-3-(1H-1,2,4-triazol-1-ylmethyl) pentan-3-ol
- Fórmula estrutural:



- Fórmula bruta: C₁₆H₂₂ClN₃O
- Grupo químico: Triazol
- Classe: Fungicida
- Classificação toxicológica: Categoria V - Produto improvável de causar dano agudo
- Classificação ambiental: Classe III - Produto Perigoso ao Meio Ambiente
- Uso agrícola: autorizado conforme indicado.
- Ingestão Diária Aceitável (IDA) = 0,03 mg/kg p.c.

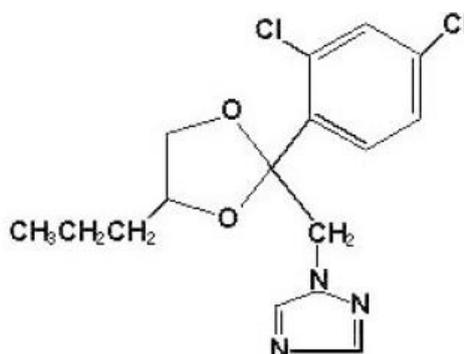
Tabela 5: Limite máximo de resíduo e intervalo de segurança para a utilização do ingrediente ativo tebuconazol.

Cultura	Aplicação	LMR (mg/kg)	Intervalo de Segurança
Arroz	Foliar	1,0	35 dias

Resolução RE nº 4.440 de 29/10/20 (DOU de 03/11/20)

3.5.4. Propiconazol

- Ingrediente ativo ou nome comum: PROPICONAZOL (propiconazole)
- Nome químico: (RS) -1-[2-(2,4-dichlorophenyl)-4-propyl-1,3-dioxolan-2-ylmethyl]-1H-1,2,4-triazole
- Fórmula estrutural:



- Fórmula bruta: C₁₅H₁₇Cl₂N₃O₂
- Grupo químico: Triazol
- Classe: Fungicida
- Classificação toxicológica: Categoria IV: Produto pouco tóxico
- Classificação ambiental: Classe II - Produto muito perigoso ao meio ambiente
- Uso agrícola: autorizado conforme indicado.
- Ingestão Diária Aceitável (IDA) = 0,04 mg/kg p.c.

Tabela 6: Limite máximo de resíduo e intervalo de segurança para a utilização do ingrediente ativo propiconazol.

Cultura	Aplicação	LMR (mg/kg)	Intervalo de Segurança
Arroz	Foliar	0,1	45 dias

Resolução RE nº 1.136 de 03/05/18 (DOU de 07/05/18).

4. Materiais e métodos

4.1. Materiais

4.1.1. Experimento a campo

O experimento de campo foi realizado na safra agrícola 2019/2020, na Estação Experimental do Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA), localizado no município de Cachoeirinha, Rio Grande do Sul (latitude 29° 57' 02" S; longitude 51° 07' 19"W; altitude de 10 metros). O delineamento experimental utilizado foi de casualização por blocos, com três repetições. A semeadura da cultivar IRGA 424 RI ocorreu em 12 de novembro de 2019, com densidade de 85 kg de sementes por hectare, e espaçamento entre linhas de 17 cm. As parcelas a campo apresentavam 7,65 m². A adubação de cobertura foi de 120 kg de nitrogênio.ha⁻¹ de nitrogênio dividida em duas aplicações, em estágio V3 (antes da irrigação) e em V8 (início do perfilhamento). As demais práticas culturais foram realizadas conforme as recomendações da SOSBAI (2018).

O tratamento foliar com os fungicidas tricyclazol (BIM 750 BR, Down Agrosciences), propiconazol (PROPICONAZOLE NORTOX, Nortox S/A) e tebuconazol (ALTERNE, Adama Brasil S/A) foi conduzido em duas aplicações. A primeira aplicação em estágio R2 (final do emborrachamento) e a segunda, 14 dias após, em estágio R4 (floração). A dose recomendada e o dobro da dose para cada ingrediente ativo foram testadas, sendo: 225 e 450g de tricyclazol/ha; 150 e 300g de tebuconazol/ha; 187,5 e 375g de propiconazol/ha. Dentre os tratamentos, a não aplicação de fungicidas também foi avaliada.

As condições climáticas do local do experimento durante o ciclo da cultura estão apresentadas na figura 3.

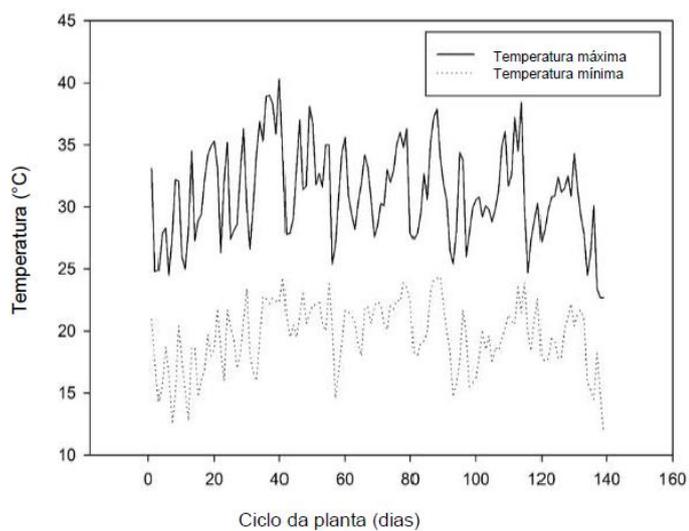
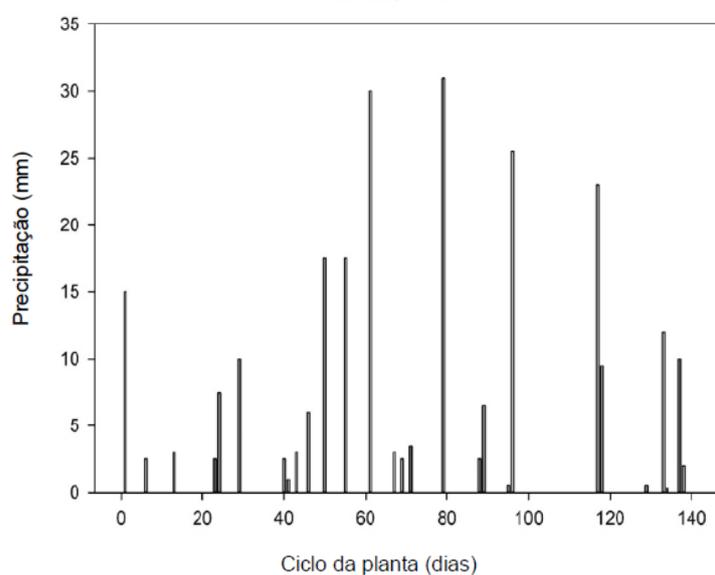
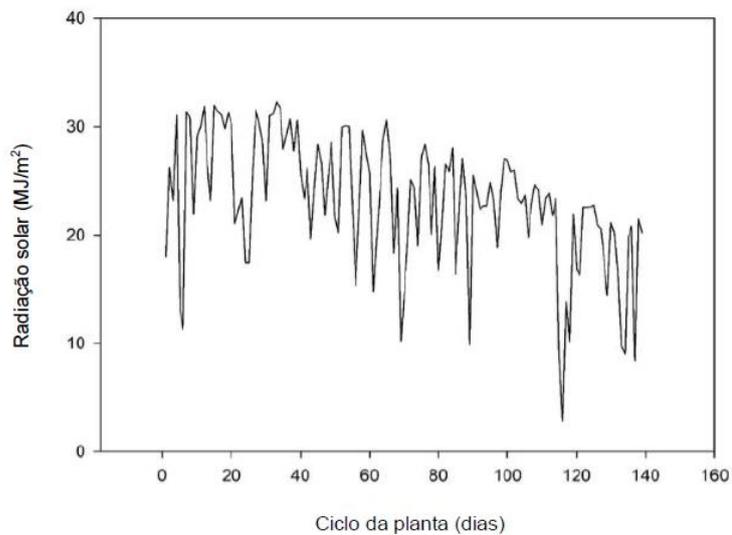
A**B****C**

Figura 3: Temperaturas máxima e mínima (A), precipitação (B) e radiação solar (C) no local de condução do experimento.

4.2. Métodos

4.2.1. Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado para avaliar efeitos da aplicação de fungicidas sobre as propriedades tecnológicas de grãos de arroz integral está apresentado na tabela 7. Foram avaliadas amostras submetidas a duas aplicações de fungicidas, a primeira em R2 e a segunda em R4 utilizando a dose recomendada e o dobro da dose.

Tabela 7: Delineamento experimental para avaliar o efeito da aplicação de fungicida sobre as propriedades tecnológicas e teor residual em grãos de arroz integral.

Variáveis independentes			Variáveis dependentes
Trat.	Fungicidas	Dose de aplicação	
1			Análise de resíduos por HPLC
2	Sem aplicação	Dose recomendada	Triciclazol
3			Tebuconazol
...	Triciclazol		Propiconazol
...		Dobro da dose recomendada	Análises tecnológicas
...	Tebuconazol		Rendimento de grãos inteiros
...			Peso de mil grãos
...	Propiconazol		Perfil branquimétrico
7			Grãos gessados

A partir dos resultados obtidos do delineamento da tabela 7, foram selecionados dois fungicidas, o tebuconazol e o propiconazol, e uma única dose de aplicação, quando aplicada o dobro da dose recomendada para cada ingrediente ativo, para avaliar os níveis de resíduos nos diferentes subgrupos de arroz, conforme a tabela 8.

Tabela 8: Delineamento experimental para avaliar os efeitos da aplicação de dois fungicidas no dobro da dose recomendada nos subgrupos: arroz integral, polido, parboilizado integral e parboilizado polido.

Variáveis independentes			Variáveis dependentes
Trat.	Fungicidas	Subgrupos	
1		Integral	Análise de resíduo por HPLC
...	Tebuconazol		Tebuconazol
...	Propiconazol	Polido	Propiconazol
		Parboilizado integral	
8		Parboilizado polido	

Para avaliar a ocorrência de grãos amarelos durante o armazenamento em função do residual de fungicidas oriundos do controle de doenças na etapa de produção, grãos de arroz tratados com duas aplicações de fungicidas, quando utilizado a dose recomendada, foram armazenados em ambiente controlado com temperatura de 32°C e umidade relativa de 50% durante 100 dias. Essas condições foram semelhantes às utilizadas por Shad & Atungulu (2019). Grãos colhidos com 20% de umidade foram acondicionados em casca para este estudo. Para a avaliação de grãos com 16% de umidade, os grãos colhidos e já limpos foram secos em secador estacionário no Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos (Labgrãos) da UFPel, até atingir a umidade desejada de 16%, ilustrado na figura 4.

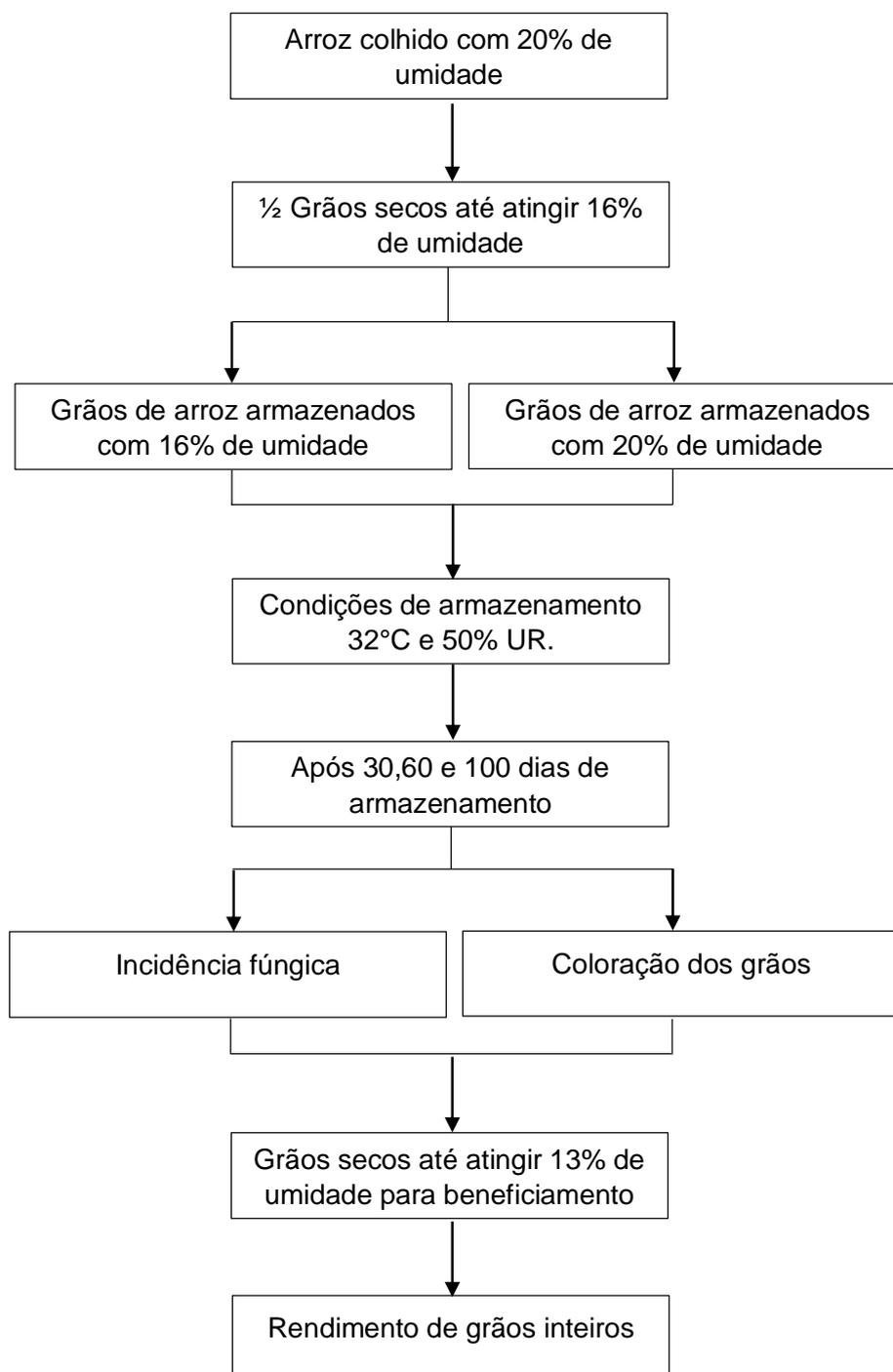


Figura 4: Fluxograma ilustrando as etapas para analisar a ocorrência de grãos amarelos durante o período de armazenamento dos grãos de arroz tratados com fungicidas a campo.

As avaliações foram realizadas após 30, 60 e 100 dias de armazenamento, conforme apresentado na tabela 9. Para avaliar o rendimento de grãos inteiros, os grãos foram secos até atingir umidade de 13%, indicada para o beneficiamento.

Tabela 9: Delineamento experimental para avaliar a ocorrência de grãos amarelos durante o armazenamento em função do uso de fungicidas para o controle de doenças a campo, em grãos armazenados com duas umidades de armazenamento (16% e 20%) em ambiente controlado com temperatura de 32°C.

Variáveis independentes			Variáveis dependentes
Trat.	Fungicidas	Umidade do grão armazenado (%)	
1	Sem aplicação		Incidência fúngica
...	Triciclazol	16%	Coloração dos grãos
...	Tebuconazol	20%	Rendimento de grãos inteiros
7	Propiconazol		

4.2.2. Beneficiamento dos grãos de arroz

Os grãos de arroz da cultivar IRGA 424 RI foram colhidos com aproximadamente 20% de umidade (com 139 dias de ciclo). Após a colheita os grãos foram limpos e imediatamente secos em secador estacionário no Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos (Labgrãos), da UFPel, até atingir umidade de 13%. A temperatura da massa de grãos durante a secagem se manteve inferior a 36°C. O beneficiamento do arroz foi realizado em Engenho de Provas Zaccaria (Modelo PAZ-1-DTA, Zaccaria, Brasil), onde os grãos foram submetidos ao descascamento, ao polimento e à separação de inteiros e quebrados.

4.2.3. Rendimento de grão inteiros

Para a determinação da renda e do rendimento de grãos inteiros, 100g de arroz foram descascados no Engenho de Provas Zaccaria (Modelo PAZ-1-DTA, Zaccaria, Brasil), e polidos durante 60 segundos. Após o polimento foi realizada a separação dos grãos inteiros e quebrados no *trieur* (cilindro alveolado) para fins de obter o rendimento de grãos inteiros. As frações de inteiros e de quebrados foram então revisadas. A verificação de inteiros e quebrados, em ambas as frações obtidas da separação em *trieur*, foi realizada com paquímetro digital (Mitutoyo, Santo Amaro, SP, Brasil). Foram considerados grãos

quebrados os grãos com comprimento inferior à 4,5mm conforme descrito na IN MAPA 06/2009 (BRASIL, 2009). O percentual de grãos quebrados foi calculado conforme a seguinte equação:

$$\text{Grãos quebrados (\%)} = \frac{\text{Peso dos grãos quebrados (g)}}{\text{Peso do arroz em casca (g)}} \times 100$$

4.2.4. Processo de parboilização

A parboilização dos grãos de arroz foi realizada em triplicata, utilizando 250 gramas de arroz em casca para cada repetição. Na etapa de encharcamento, as amostras de arroz em casca foram colocadas em sacos de tule e dispostas em béquer de vidro com capacidade para um litro. As amostras foram mantidas banho-maria (Dubnoff Microprocessado - Q226M, Brasil) a 65°C durante 6,0 horas conforme descrito por Villanova (2020). Em seguida, os grãos foram drenados para posterior autoclavagem.

A etapa da autoclavagem foi realizada em autoclave vertical, com pressão de 0,4 kgf.cm⁻² durante dez minutos, conforme método desenvolvido por Elias (1998). Após a autoclavagem, retirou-se o excesso de água livre dos grãos, permanecendo em repouso a temperatura ambiente (25°C) por aproximadamente 12 horas.

Após as etapas de encharcamento e autoclavagem, a última etapa do processo de parboilização é a secagem dos grãos. As amostras de arroz foram secas em estufa com circulação forçada de ar (Modelo 400-2ND, Nova Ética, Brasil) a 38°C, até atingir 13% de umidade. Após a secagem, os grãos foram armazenados a 20°C por 72 horas para permitir a estabilização da umidade dos grãos antes do beneficiamento.

4.2.5. Residual de fungicidas em arroz

A determinação dos níveis de resíduo de fungicidas foi realizada segundo o método QuEChERS de acordo com o EN 15637: 2008 (ANASTASSIADES, 2010). Os três princípios ativos estudados foram analisados por cromatografia líquida e detecção por espectrometria de massas sequencial (CL/MS/MS). As análises foram executadas pela Eurofins, Unidade de Sofia GmbH, Berlim, Alemanha. Foram analisadas amostras de arroz integral, branco polido, parboilizado integral e parboilizado polido.

4.2.6. Peso de mil grãos

O peso de mil grãos (PMG) foi determinado com auxílio de contador eletrônico de sementes (Comp Sanick, ESC 2011, Brasil) em 10 repetições de 100 grãos cada. Em seguida os grãos de cada repetição foram pesados em balança eletrônica digital com precisão de 0,01g e os valores obtidos foram multiplicados por 10 para resultar no peso de 1000 grãos, de acordo com Brasil (2009).

4.2.7. Grãos gessados

O percentual de grãos gessados foi determinado em analisador estatístico de arroz (S21, LKL Tecnologia), onde os parâmetros de qualidade do arroz são obtidos através de um software de análise de imagens digitais. Após a captura, o sistema é responsável pelo envio das imagens ao software, que analisa individualmente cada imagem, gerando um laudo estatístico. Para esta análise foram utilizados 70g de arroz beneficiado polido, em 6 repetições para cada amostra.

4.2.8. Cor dos grãos

A brancura dos grãos foi determinada em um medidor de brancura (Modelo MBZ-2, Zaccaria, Brasil). Os grãos foram acondicionados no suporte do equipamento, inseridos na abertura superior e, após estabilização, realizou-se a leitura de brancura, transparência e grau de polimento no display, conforme escala do equipamento (GBZ).

4.2.9. Incidência fúngica

A ocorrência de contaminação fúngica foi determinada em grãos com umidades de colheita de aproximadamente 16% e 20%. Os grãos de arroz foram avaliados pelo método adaptado do papel filtro ou “Blotter test”, onde foram utilizadas caixas “gerbox” devidamente higienizadas com álcool 70% para eliminação de contaminantes. A avaliação dos grãos foi realizada em três repetições, com 25 grãos cada, totalizando 75 grãos por amostra. Os grãos foram dispostos sobre o papel filtro umedecido, logo em seguida foram tampados com tampa transparente para permitir a passagem de luz e acondicionados em ambiente controlado. Os grãos foram incubados por 24 horas sob temperatura de 25°C, em seguida, os grãos foram submetidos a temperatura de -25°C durante 24 horas. Após o período de resfriamento, os grãos retornaram a incubadora com temperatura de 25°C e umidade controlada por cinco dias, com alternância de 12 horas de luz fluorescente e 12 horas de escuro. Para a identificação dos fungos e quantificação, os grãos foram avaliados

individualmente em microscópio (estereoscópico-lupa), observando a coloração e a esporulação dos fungos.

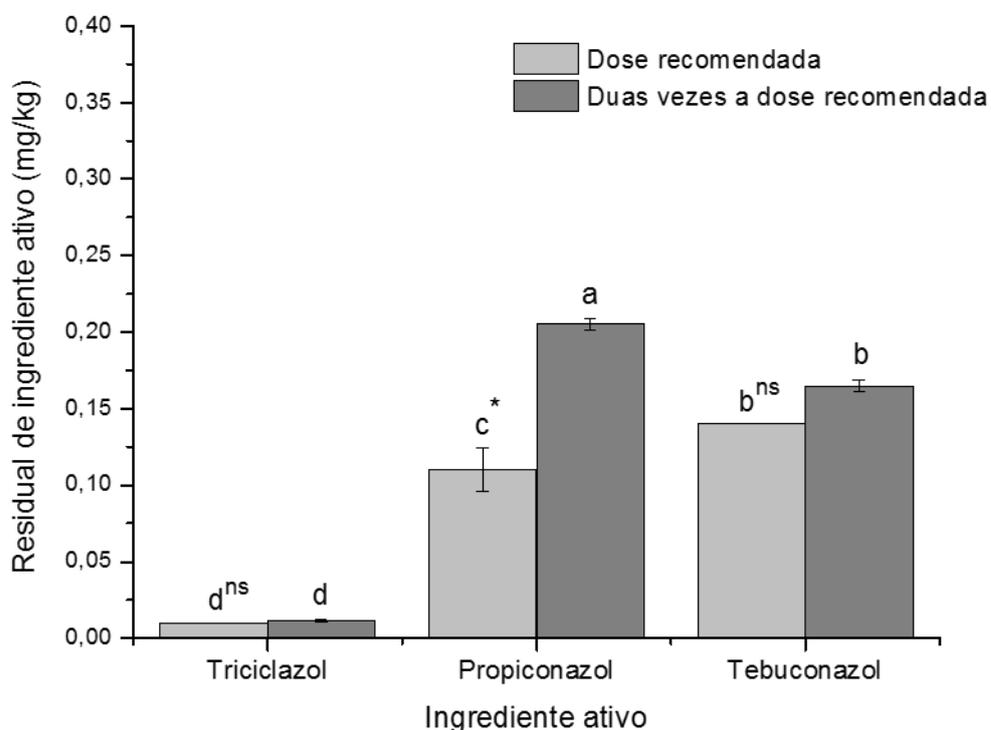
4.2.10. Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e comparados pelo teste de Tukey e teste t a 5% de significância.

5. Resultados e discussão

5.1. Residual dos fungicidas triciclazol, propiconazol e tebuconazol

O teor residual de triciclazol, propiconazol e tebuconazol presentes nos grãos de arroz integral estão apresentados na figura 5.



Valores seguidos por letras minúsculas e * ou ^{ns} representam significância e não significância entre as doses de aplicação e entre os ingredientes ativos, pelo teste t e Tukey com 5% de probabilidade de erro.

Figura 5: Residual de fungicidas em arroz integral (mg/kg) quando aplicado a dose recomendada e o dobro da dose recomendada.

Foram detectados residuais de todos os fungicidas estudados nas amostras de arroz integral para ambas as doses de aplicação. Na dose recomendada foram encontrados 0,11 e 0,14 mg/kg e para o dobro da dose 0,20 e 0,16 mg/kg dos ingredientes ativos, propiconazol e tebuconazol, respectivamente. Quanto ao residual de triciclazol, não foram observadas diferenças significativas para ambas as doses estudadas, as quais resultaram em um residual de 0,01 mg/kg.

A dissipação do fungicida triciclazol em arroz foi estudada por Meng et al. (2018). Os autores relataram que após a aplicação de 300g de ingrediente ativo o tempo de meia vida do triciclazol foi de 5,16 dias na planta. Ao elevar a dose aplicada para 450g de ingrediente ativo, os autores observaram um tempo de meia vida de 4,84 dias. Esses resultados demonstram que o tempo de persistência do fungicida na planta é relativamente curto, o que implica em baixos residuais nos grãos após a colheita.

O período de carência do triciclazol – que significa o intervalo exigido entre a última aplicação de fungicida e a colheita dos grãos – é de apenas 30 dias. Considerando que a colheita dos grãos foi realizada em um período superior ao tempo de carência estabelecido para o triciclazol (50 dias após a última aplicação de fungicida), os baixos residuais observados nas amostras de arroz podem ser atribuídos à degradação e/ou metabolização da molécula de fungicida pela planta ao longo deste período.

A concentração de resíduo de propiconazol variou conforme a dose de aplicação sendo que, para o tebuconazol não houve diferença significativa entre as doses estudadas (figura 5).

Ao avaliarem o teor residual e a dissipação de fungicidas triazóis no trigo, Zhang et al. (2015) observaram maior residual presente nos grãos quando o número de aplicações foi maior, utilizando doses mais elevadas e no menor período entre a última aplicação e a colheita. Wang et al. (2012) relataram que a meia vida do fungicida propiconazol pode variar entre 1,4 e 2,6 dias em plantas de arroz, em função do local de cultivo e também quando aplicada uma dose inferior do ingrediente ativo. Nesses casos, a dissipação ocorre de forma gradual e continua após a última aplicação.

Dentre as possíveis formas de degradação ou metabolização do propiconazol no ambiente estão a absorção da molécula pela planta e pelo solo, a biotransformação através de microrganismos do solo e a sua conversão em produtos mais simples nas superfícies das plantas (MANDAL et al., 2010).

Em relação ao tebuconazol, estudo realizado por Kaur et al. (2012) mostrou que o tempo de meia vida do fungicida tebuconazol em plantas de trigo variou entre 1,8 dias e

2,5 quando aplicada a dose recomendada e o dobro da dose, respectivamente. Em 15 dias após a última aplicação, mais de 90% do que foi aplicado já havia sido dissipado, independentemente da dose de aplicação.

Para avaliar a ocorrência de fungicidas em arroz após os diferentes tipos de processamento, foram testadas amostras de arroz integral, arroz polido, arroz parboilizado integral e parboilizado polido, quando aplicado o dobro da dose dos fungicidas propiconazol e tebuconazol. Os tratamentos com triciclazol foram desconsiderados porque o próprio arroz integral já apresentava níveis muito baixos, no limite de quantificação da análise. Os resultados estão apresentados na figura 6.

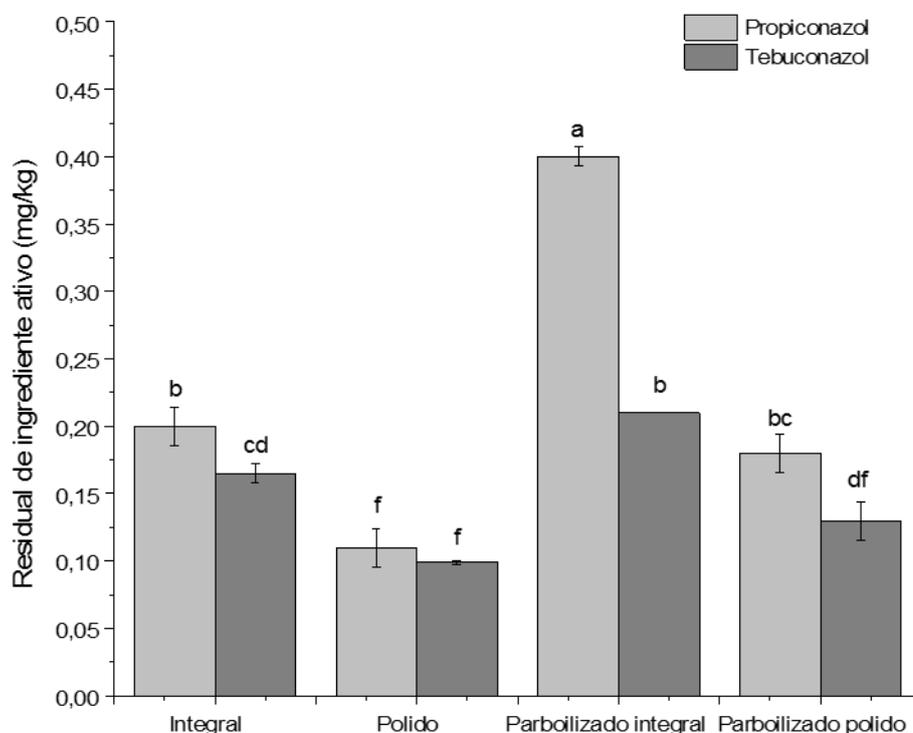


Figura 6: Residual de fungicidas em arroz (mg/kg) em função do tipo de processamento, quando aplicado o dobro da dose recomendada.

Para o ingrediente ativo propiconazol, o maior teor residual foi encontrado no arroz parboilizado integral (0,40 mg/kg), reduzindo nos demais processamentos. Após o polimento foi observada redução em mais de 50% do teor residual de propiconazol no parboilizado, apresentando 0,18 mg/kg.

Os resultados sugerem que o processo de parboilização é capaz de promover o arraste das moléculas presentes nas camadas mais periféricas (presentes na casca e/ou no pericarpo) para o interior da cariopse. O coeficiente da partição octanol-água ($\log K_{ow}$) é uma medida de lipofilicidade de um composto, estando assim relacionado a absorção e transporte, sendo utilizado como parâmetro para medir a velocidade de translocação ou sistemicidade dos fungicidas nas plantas (SANTOS et al., 2016). Fungicidas lipofílicos ou não polares que possuem $\log K_{ow}$ maior que quatro, se movem lentamente no interior das plantas, permanecendo na maioria das vezes, aderido à compostos lipídicos. Por sua vez os fungicidas hidrofílicos ou polares que possuem $\log K_{ow}$ menor que três, se movem rapidamente no interior das plantas, pois são mais solúveis em água (AZEVEDO, 2007).

Os fungicidas propiconazol e tebuconazol apresentam $\log K_{ow} = 3,7$ com característica de lipofilicidade, ou seja, tendem a se ligar aos compostos lipídicos presentes nas camadas do farelo do arroz. No entanto, o residual de tebuconazol foi inferior quando comparado com os residuais de propiconazol. Apesar destes compostos apresentarem características semelhantes, os períodos de carência e a velocidade de degradação molecular são distintos, resultando nessa diferença no teor residual final.

Pareja et al. (2012) avaliaram as concentrações de azoxistrobina, epoxiconazol, difenoconazol, lambda cialotrina, tebuconazol, tiametoxam e triciclazol no farelo de arroz, no arroz integral e no arroz polido. Os resultados indicam que as maiores concentrações detectadas estão associadas ao farelo de arroz.

Em um estudo conduzido por Meng et al. (2018), para avaliar os níveis de resíduos de triciclazol em arroz após diferentes processamentos, os autores relataram que o maior teor residual foi detectado na casca do arroz, reduzindo conforme as etapas de polimento, lavagem dos grãos e cozimento. Estes dados estão de acordo com os resultados obtidos no presente estudo, onde se verifica que a remoção da casca e o polimento são capazes de reduzir os níveis de resíduos de fungicidas em arroz.

Nesse contexto, a utilização dos fungicidas triciclazol, propiconazol e tebuconazol não apresentam riscos para a saúde humana, tendo em vista que a concentração de triciclazol encontrada no arroz integral foi igual ao limite de quantificação (0,01 mg/kg), em ambas as doses de aplicação. Em relação aos níveis de resíduos encontrados para os ingredientes ativos propiconazol e tebuconazol, deve-se considerar os demais processos como a lavagem e o cozimento dos grãos, sendo etapas capazes de reduzir o conteúdo residual. No que se refere ao consumo, segundo a ANVISA, a ingestão diária aceitável (IDA) de propiconazol e tebuconazol são de 0,04 mg/kg p.c e 0,03 mg/kg p.c,

respectivamente. Desta forma, se considerarmos uma pessoa com 60 kg de peso corporal, o (IDA) para o ingrediente ativo propiconazol ficaria em torno de 2,4 mg/kg, e de 1,8 mg/kg do ingrediente ativo tebuconazol. Considerando as maiores concentrações de resíduos encontrados em arroz parboilizado integral quando utilizado o dobro da dose (0,40 mg/kg de propiconazol e 0,20 mg/kg de tebuconazol), estes níveis ainda estão abaixo do limite máximo estabelecido pela (IDA), não apresentando riscos ao consumidor.

O residual de propiconazol permaneceu dentro dos limites estabelecidos pelo FDA (*Food and Drug Administration*) onde o limite máximo de resíduo permitido é de 7,0 mg/kg, e na União Européia, o limite é de 1,5 mg/kg. No entanto, para a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) o limite máximo permitido de resíduos de propiconazol em arroz é de 0,1 mg/kg, sendo assim, a concentração deste ingrediente ativo encontrada quando aplicado o dobro da dose recomendada não se enquadraria nos limites estabelecidos pela ANVISA.

O Brasil comumente exporta arroz para os Estados Unidos, e de acordo com os resultados encontrados nesse estudo, os níveis de resíduos de tebuconazol são superiores aos limites estabelecidos pelo FDA (0,01 mg/kg), não permitindo a entrada destes grãos no país. No entanto, mesmo o período entre a última aplicação até a colheita – que foi inclusive superior ao que é recomendado para o produto (35 dias) – não foi suficiente para reduzir os níveis de resíduos de tebuconazol nos grãos de arroz de forma a não ser detectado na análise. Deste modo, é imprescindível selecionar ingredientes ativos observando restrições de comercialização e seguir as recomendações de aplicação, como produto registrado, época de aplicação recomendada, dose recomendada e período de carência.

5.2. Peso de mil grãos, rendimento de grãos inteiros e produtividade

O peso de mil grãos e o rendimento de grãos inteiros em função do ingrediente ativo e da dose aplicada estão apresentados nas figuras 7 e 8, respectivamente.

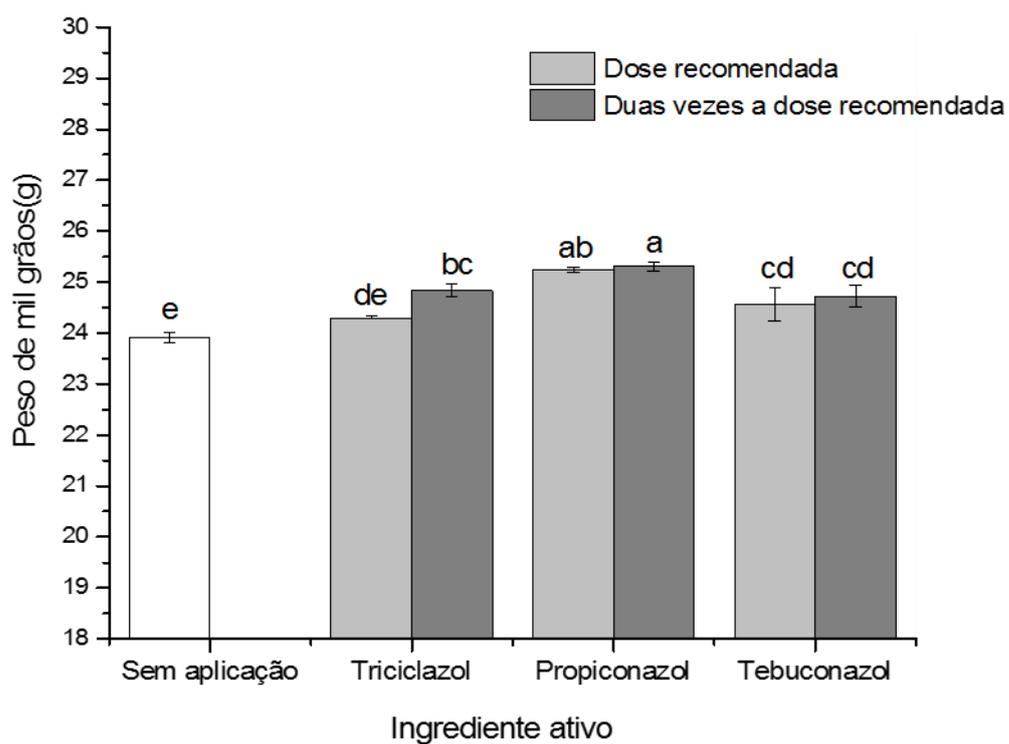


Figura 7: Peso de mil grãos de arroz (g) tratados com duas aplicações de fungicidas utilizando a dose recomendada e o dobro da dose recomendada.

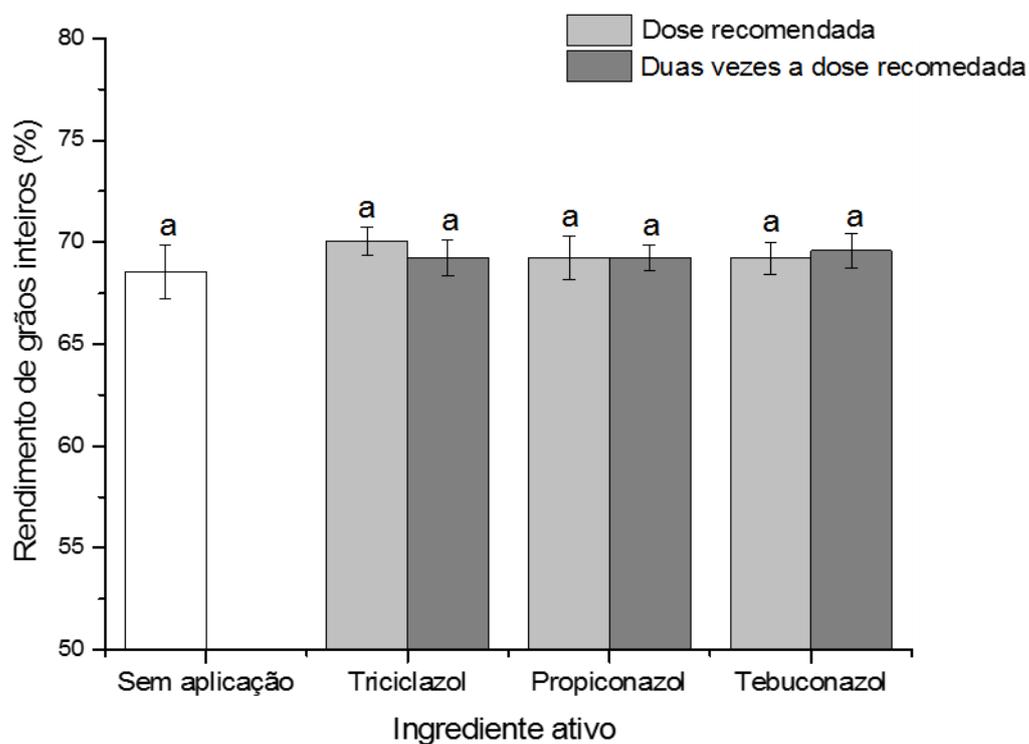


Figura 8: Rendimento de grãos inteiros de arroz (g) tratados com duas aplicações de fungicidas utilizando a dose recomendada e o dobro da dose recomendada.

O peso de mil grãos é um dos principais componentes de rendimento do arroz. A utilização de fungicidas tanto na dose recomendada quanto no dobro da dose, em comparação com a parcela sem aplicação de fungicida, resultou em maiores valores de peso de mil grãos, exceto para o ingrediente ativo triciclazol na dose recomendada.

Estudos anteriores indicam que a utilização de fungicidas tem o potencial de incrementar o rendimento de grãos (CHEN et al., 2013). Bordin et al. (2016) avaliaram efeitos da aplicação de fungicidas na qualidade industrial dos grãos. Esses autores relataram que a aplicação de fungicidas em diferentes estádios fenológicos da cultura do arroz irrigado (V8, R0, R2, R4 e R6), proporcionou melhores percentagens para o rendimento industrial. No entanto, nas condições edafoclimáticas deste estudo o rendimento de grãos inteiros variou entre 67% e 68% não sendo afetado pela utilização ou não de fungicidas na dose recomendada e no dobro da dose (figura 8).

A produtividade de grãos não foi significativamente afetada pela aplicação de fungicidas, conforme a tabela 10.

Tabela 10: Produtividade de grãos de arroz (kg/ha) em função da aplicação de fungicida na dose recomendada de triciclazol, propiconazol e tebuconazol, comparada ao tratamento sem aplicação de fungicida.

	Sem aplicação	Triciclazol
	10.707,48 ± 618,58 *	11.739,63 ± 796,50
	Sem aplicação	Propiconazol
Produtividade (Kg/ha)	10.707,48 ± 618,58 *	11.557,29 ± 416,03
	Sem aplicação	Tebuconazol
	10.707,48 ± 618,58 *	11.371,02 ± 580,00

* ou ^{ns} na mesma linha representam significância e não significância, entre a produtividade de grãos de arroz sem aplicação de fungicida e com aplicação fungicida, pelo teste t com 5% de probabilidade de erro.

A ocorrência de brusone durante o período de cultivo do arroz pode causar redução significativa no rendimento de grãos sem tratamento com fungicida, resultando em perdas qualitativas e quantitativas (de até 80%) nos casos em que a doença ocorre severamente em cultivares suscetíveis (RIJAL & DEVKOTA, 2020). Entretanto, para que a doença ocorra é necessário condições climáticas favoráveis para o desenvolvimento do patógeno, como maior período de água livre sobre a área foliar, maior ocorrência de precipitação e temperaturas amenas no verão, sendo ideal entre 26°C e 28°C (NUNES et al., 2004).

No ano agrícola em que foi conduzido este experimento (2019/2020), as condições climáticas não favoreceram a ocorrência da doença de forma severa (figura 3). Segundo dados climáticos coletados na estação meteorológica da área experimental do Instituto Rio Grandense do Arroz, localizado na cidade de Cachoeirinha, Rio Grande do Sul, a temperatura máxima durante o período crítico para a incidência da doença, 70-90 dias, R2 e R4 respectivamente, manteve-se acima dos 30°C e a mínima abaixo de 25°C (figura 3A). Além disso, a ocorrência de baixos volumes de precipitação durante este mesmo período (figura 3B), associada às altas temperaturas dificultou a incidência de doenças como a brusone.

5.3. Brancura, grãos gessados e barriga branca

O grau de brancura está apresentado na figura 9. A brancura dos grãos não foi afetada pela utilização de fungicidas em nenhuma das doses testadas quando comparado com o tratamento controle. Esse resultado é benéfico para a produção de grãos, tendo em vista que a utilização desta ferramenta de proteção química não interfere nas propriedades de cor do arroz.

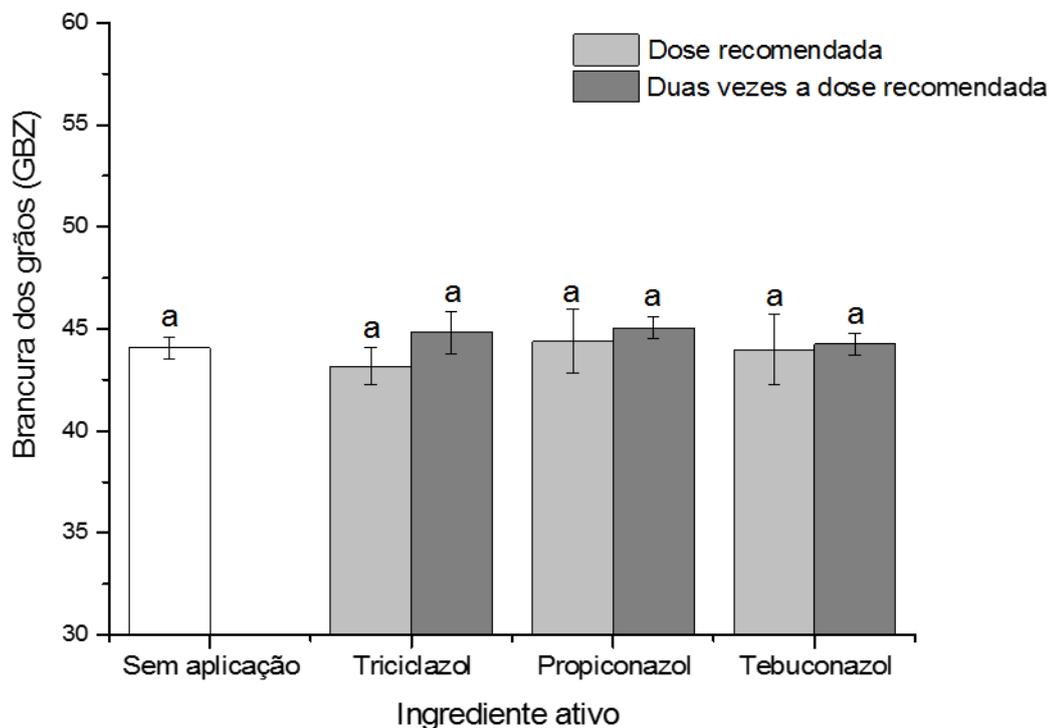
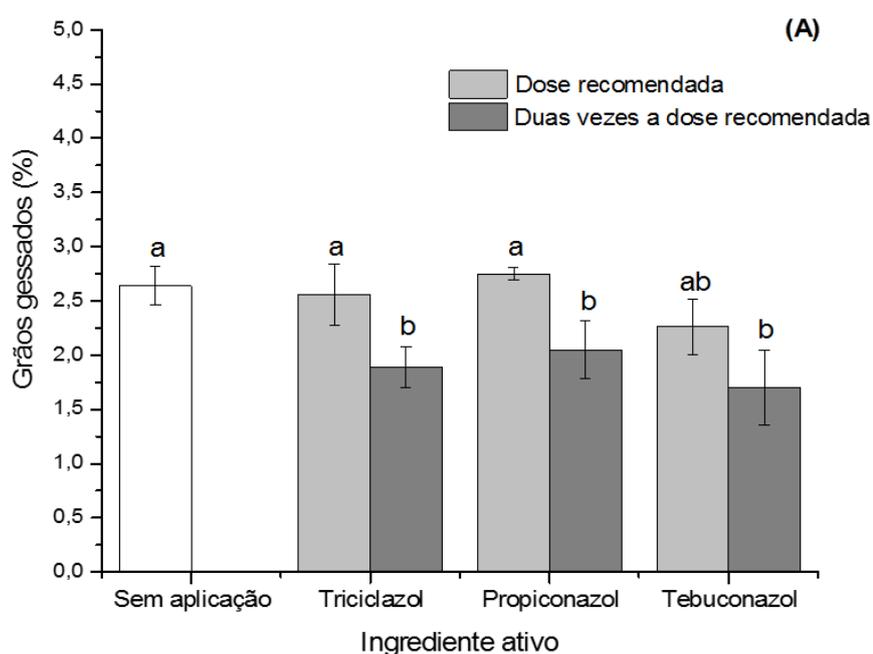


Figura 9: Brancura dos grãos de arroz tratados com duas aplicações de fungicidas utilizando a dose recomendada e o dobro da dose recomendada.

De acordo com Bordin et al. (2016), as doenças fúngicas reduzem a qualidade dos grãos de arroz causando manchas nos grãos, ou ainda por comprometer o seu enchimento e maturação. Isso acontece por acelerar a secagem dos grãos nas plantas infectadas, predispondo-os à maior incidência de rachaduras quando ainda no campo e, conseqüentemente, à maior quebra de grãos no beneficiamento. Entretanto, não houve a ocorrência de doenças de forma que afetasse significativamente esses parâmetros sequer no tratamento controle, sem a aplicação de fungicidas.

O percentual de grãos gessados e centro branco (barriga branca) estão apresentados nas figuras 10A e 10B.



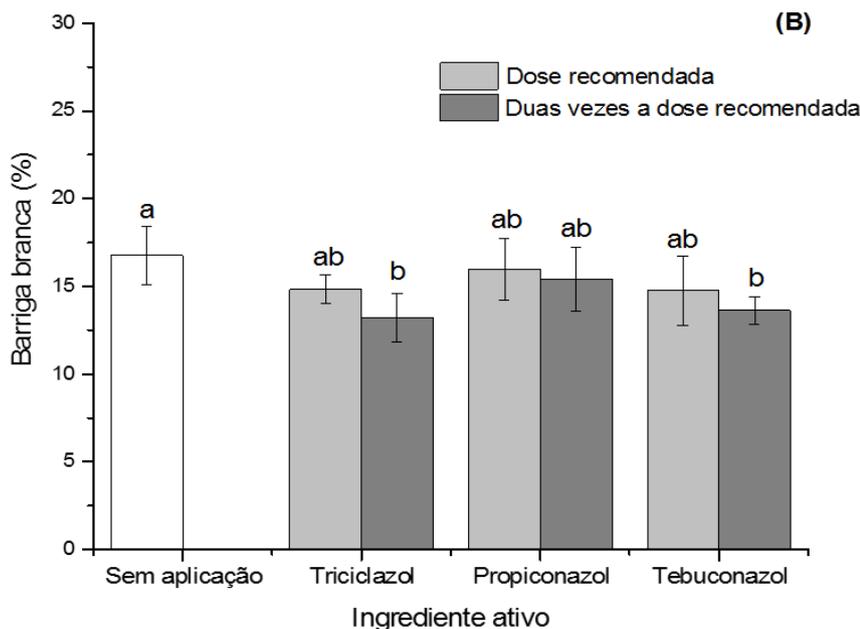


Figura 10: Percentual de grãos gessados (A) e de grãos “barriga branca” (B) oriundos de parcelas tratadas com duas aplicações de fungicidas utilizando a dose recomendada e o dobro da dose recomendada.

O percentual de grãos gessados reduziu com a utilização do dobro da dose para os três ingredientes ativos testados, quando comparados ao tratamento sem aplicação de fungicida (figura 10A). Cabe ressaltar que a safra agrícola foi de clima brando para a ocorrência de doenças e estresses ambientais para as plantas.

O percentual de grãos considerados “barriga branca” diminuiu nos grãos oriundos de parcelas tratadas com triciclazol e tebuconazol no dobro da dose recomendada, quando comparado ao tratamento controle (figura 10B). Apesar das médias serem inferiores para todos os tratamentos com fungicidas comparados ao controle, sem aplicação, apenas esses dois tratamentos – triciclazol e tebuconazol com dobro da dose recomendada apresentaram diferença estatística. De forma análoga à observação feita para o teor de grãos gessados, aqui também cabe ressaltar que se as condições durante o cultivo fossem mais propícias para a ocorrência de doenças, provavelmente as diferenças nesses defeitos seriam maiores.

De acordo com Zhao & Fitzgerald (2013), a formação de gesso ocorre durante o enchimento dos grãos devido a altas temperaturas, resultando em um acúmulo irregular de fotoassimilados no endosperma, tornando os grãos mais propensos à quebra durante o beneficiamento. Os resultados indicam que a utilização do dobro da dose dos fungicidas permitiu um melhor desenvolvimento da cultura, que por sua vez resultou em um maior acúmulo de matéria-seca refletido através do maior peso dos grãos (figura 6) quando aplicado propiconazol, bem como redução do percentual de grãos gessados para os três fungicidas testados.

5.4. Contaminação fúngica, brancura e rendimento de grãos inteiros durante o armazenamento.

Após a colheita, os grãos de arroz em casca tratados com a dose recomendada de triciclazol, propiconazol e tebuconazol, bem como o controle sem aplicação de fungicida, foram armazenados com 16% e 20% de umidade em ambiente controlado a 32°C e umidade relativa de 50%. O armazenamento nessas condições ocorreu por 100 dias e as avaliações foram realizadas após 30, 60 e 100 dias de armazenamento. Os resultados de incidência fúngica, brancura do arroz polido e rendimento de grãos inteiros nessas condições aceleradas de armazenamento estão apresentados nas tabelas 11 e 12.

Tabela 11: Incidência de fungos em grãos de arroz tratados com duas aplicações de fungicidas na dose recomendada e armazenados em ambiente controlado, com duas umidade de armazenamento (16% e 20%) durante 30, 60 e 100 dias.

Fungicidas	<i>Aspergillus</i> (%)					
	30 dias		60 dias		100 dias	
	16%	20%	16%	20%	16%	20%
Triciclazol	69,30 A*	26,70 B	46,67 B ^{ns}	36,00 B	48,00 A ^{ns}	92,00 A
Propiconazol	46,70 B ^{ns}	46,70 A	66,67 AB ^{ns}	37,33 B	24,00 B*	100,0 A
Tebuconazol	46,70 B ^{ns}	42,70 A	66,67 AB ^{ns}	44,00 B	54,67 A*	93,33 A
Sem aplicação	41,30 B*	56,00 A	77,33 A ^{ns}	77,33 A	72,00 A ^{ns}	100,0 A
	<i>Penicilium</i> (%)					
	30 dias		60 dias		100 dias	
	16%	20%	16%	20%	16%	20%
Triciclazol	-	-	5,33 B*	14,67 AB	8,00 A*	41,33 A
Propiconazol	-	-	-	8,00 B	-	28,00 A
Tebuconazol	-	-	2,67 B*	12,00 AB	8,00 A ^{ns}	17,33 B
Sem aplicação	-	-	21,33 A ^{ns}	25,33 A	13,33 A*	45,33 A
	<i>Fusarium</i> (%)					
	30 dias		60 dias		100 dias	
	16%	20%	16%	20%	16%	20%
Triciclazol	-	-	10,67 AB*	52,00 A	37,33 A ^{ns}	58,67 A
Propiconazol	-	-	6,67 AB ^{ns}	25,33 AB	1,22 B ^{ns}	9,33 B
Tebuconazol	-	-	5,33 B ^{ns}	16,00 B	33,33 AB*	10,67 B
Sem aplicação	-	-	18,67 A*	56,00 A	50,67 A ^{ns}	46,67 A

Valores seguidos por letras maiúsculas diferentes na mesma coluna e * ou ^{ns} na mesma linha representam significância e não significância entre si pelo teste t e Tukey a 5% de significância ($p < 0,05$).

Tabela 12: Coloração e rendimento de grãos inteiros de arroz tratados com duas aplicações de fungicidas na dose recomendada e armazenados em ambiente controlado, com duas umidade de armazenamento (16% e 20%) durante 30, 60 e 100 dias.

Fungicidas	Brancura (GBZ)					
	30 dias		60 dias		100 dias	
	16%	20%	16%	20%	16%	20%
Triciclazol	40,00 ± 0,20 A ^{ns}	39,80 ± 0,00 AB	40,18 ± 0,32 A ^{ns}	39,15 ± 1,15 AB	39,20 ± 0,30 B*	36,40 ± 0,00 C
Propiconazol	40,30 ± 0,90 A ^{ns}	40,15 ± 0,45 A	40,80 ± 0,80 A ^{ns}	40,05 ± 0,25 A	40,45 ± 0,25 A ^{ns}	39,40 ± 0,40 A
Tebuconazol	39,10 ± 0,10 A ^{ns}	39,90 ± 0,70 A	40,76 ± 0,97 A ^{ns}	38,00 ± 0,28 AB	40,50 ± 0,40 A*	38,50 ± 0,30 B
Sem aplicação	39,25 ± 0,25 A ^{ns}	38,65 ± 0,45 B	40,60 ± 0,00 A*	37,95 ± 0,75 B	38,40 ± 0,40 B*	36,50 ± 0,00 C

Fungicidas	Grãos inteiros (%)					
	30 dias		60 dias		100 dias	
	16%	20%	16%	20%	16%	20%
Triciclazol	71,69 ± 0,38 A ^{ns}	70,89 ± 0,07 A	70,10 ± 1,05 A ^{ns}	67,01 ± 0,77 B	69,64 ± 0,22 AB ^{ns}	62,84 ± 1,57 B
Propiconazol	70,68 ± 0,58 A ^{ns}	70,83 ± 0,45 A	70,14 ± 0,76 A ^{ns}	70,44 ± 0,51 A	70,08 ± 0,25 A ^{ns}	70,08 ± 0,16 A
Tebuconazol	70,53 ± 0,27 A ^{ns}	70,77 ± 0,04 A	70,26 ± 0,76 A ^{ns}	70,38 ± 0,82 A	69,75 ± 0,13 A ^{ns}	70,22 ± 0,47 A
Sem aplicação	70,47 ± 0,54 A ^{ns}	69,98 ± 0,06 A	68,31 ± 0,72 A*	66,52 ± 0,87 B	68,89 ± 0,14 B*	62,70 ± 0,12 B

Os resultados são a média de duas repetições ± desvio padrão. Valores seguidos por letras maiúsculas diferentes na mesma coluna e * ou ^{ns} na mesma linha representam significância e não significância entre si pelo teste t e Tukey a 5% de significância ($p < 0,05$).

Na análise de incidência fúngica, foi identificada a ocorrência de três fungos durante o período de armazenamento: (a) *Aspergillus spp.*; (b) *Penicillium spp.*; e (c) *Fusarium spp.*, conforme os dados apresentados na tabela 11. Os fungos que geralmente ocorrem em grãos armazenados, quando há condições favoráveis no meio, podem ser toxigênicos, ou seja, podem apresentar a capacidade para produzir micotoxinas, comprometendo a qualidade dos grãos armazenados e representando um risco para a saúde humana e animal (KATSURAYAMA, 2017).

As amostras que não foram tratadas a campo com fungicida apresentaram tendência de maiores percentuais de contaminação por fungos durante o armazenamento, sugerindo que para as condições testadas houve eficiência na redução da contaminação fúngica quando aplicado fungicida a campo.

Para fungos do gênero *Aspergillus*, à medida que o tempo de armazenamento foi se estendendo, não houve diferença entre as amostras com e sem fungicida na umidade mais elevada de 20%. Para os fungos *Penicillium* e *Fusarium* praticamente não há diferença entre o tratamento com triciclazol e o controle, o que se deve provavelmente ao baixo teor residual de 0,01 mg/kg observado (figura 5).

Na tabela 12 estão apresentados os resultados de brancura e rendimento de grão inteiros após o armazenamento. Em relação a brancura dos grãos, não houve diferença estatística entre os tratamentos aos 30 e 60 dias de armazenamento na umidade de 16%.

No entanto, foram observados menores graus de brancura para os tratamentos sem aplicação e com aplicação de triciclazol quando armazenado com 20% de umidade aos 30 dias de armazenamento. Ao final dos 100 dias de armazenamento, os grãos tratados com propiconazol apresentaram maior valor de brancura mesmo armazenados com umidade elevada de 20%, indicando que o residual pode ter efeito sobre a manutenção da qualidade durante o armazenamento.

Em um estudo realizado por Shafiekhani et al. (2018), os autores relataram que a aplicação de fungicidas a campo não foi capaz de prevenir o amarelecimento dos grãos durante o armazenamento, diferentemente do que os resultados obtidos no presente estudo sugerem. Shad & Atungulu (2019) relataram que há uma relação inversa entre os fungos e a descoloração dos grãos. Ainda, os estudos anteriores consideraram amostras oriundas de produtores rurais, sem parametrizar ingrediente ativo e dose residual como feito neste trabalho de dissertação.

O rendimento de grãos inteiros inicialmente não foi afetado pelo tempo e pela umidade de armazenamento, conforme apresentado na tabela 12. Após os 60 dias de armazenamento, os grãos armazenados com a umidade mais elevada de 20% sem aplicação de fungicida e com aplicação de triciclazol apresentaram comportamento semelhante, com menores percentuais de grãos inteiros do que os grãos tratados com propiconazol e tebuconazol.

Assim como relatado na análise de contaminação fúngica por *Penicillium* e *Fusarium*, bem como para o grau de brancura, o menor rendimento de inteiros para grãos tratados com triciclazol se deve provavelmente ao baixo teor residual de triciclazol constatado na análise de resíduos por CL/MS/MS.

6. Conclusões

Foram detectados níveis de resíduos de todos os fungicidas testados. O ingrediente ativo triciclazol apresentou o menor conteúdo residual nos grãos, provavelmente devido a sua alta mobilidade na planta ($\log k_{ow} = 1,4$), não persistindo até a colheita. Os níveis de resíduos de propiconazol e tebuconazol variaram de acordo com a dose aplicada, sendo maior quando utilizado o dobro da dose recomendada.

O processo de parboilização favoreceu o arraste das moléculas presentes nas camadas mais externas, principalmente o resíduo presente na casca do arroz, para o interior do grão. A etapa de polimento foi capaz de reduzir em mais de 50% o teor residual presente nos grãos de arroz do subgrupo parboilizado integral, indicando que as moléculas de propiconazol apresentam alta lipofilicidade favorecendo a ligação nas camadas lipídicas dos grãos, mais externas.

Em relação aos atributos de qualidade do arroz, a aplicação de fungicidas apresentou pouco impacto sobre a produtividade dos grãos. Este resultado está atribuído ao fato de que as condições climáticas não foram favoráveis para que ocorressem doenças durante o período de desenvolvimento, não interferindo na produtividade.

O peso de mil grãos foi relativamente maior com a aplicação de fungicidas quando comparado com o tratamento controle, sendo maior quando aplicado propiconazol. A brancura dos grãos e o rendimento de grãos inteiros não foram afetados pela aplicação de fungicidas.

O percentual de grãos gessados foi menor quando aplicado o dobro da dose recomendada, o que cientificamente auxilia no entendimento de que plantas mais saudáveis, em ambiente com o mínimo estresse, formarão grãos com maior vitricidade. É importante ressaltar que a prática de uso de dose superior à recomendada não deve ser realizada, por descumprir recomendações agrônomicas de manejo fitossanitário constantes em bula. Em anos de clima mais propício ao desenvolvimento de doenças e/ou com o uso de cultivares mais suscetíveis é provável que as diferenças nos atributos de qualidade sejam mais marcantes.

Sob as condições de armazenamento testadas neste estudo, a aplicação de fungicidas reduziu a incidência de *Penicillium* e *Fusarium* após um período prolongado de armazenamento com umidade do grão mais elevada (20%). Isso se refletiu em menor amarelecimento e manutenção de alto rendimento de grãos inteiros para os materiais tratados com propiconazol e tebuconazol.

7. Referências bibliográficas

ANASTASSIADES, M. DIN EN 15662 "Pflanzliche Lebensmittel - Bestimmung von Pestizidrückständen mit GC-MS und/oder LC-MS/MS nach Acetonitril-Extraktion/Verteilung und Reinigung mit dispersiver SPE - QuEChERS-Verfahren". Deutsche Fassung EN 15637:2008. DIN-Mitteilungen:8, 2010.

ANASTASSIADES. M.; SCHERBAUM. E.; TASDELEN, B.; STAJNBAHER, D. Developments in QuEChERS methodology for pesticide multiresidue crop protection, public health, environmental, **Pesticide Chemistry**, v. 93, p. 316, 2007.

ANVISA, Índice monográfico propiconazol. Regularização de agrotóxicos, monografias autorizadas. Disponível em: < <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/setorregulado/regularizacao/agrotoxicos/monografias/monografias-autorizadas/p/4474json-file-1> >. Acesso em: 16 de dezembro de 2020.

ANVISA, Índice monográfico tebuconazol. Regularização de agrotóxicos, monografias autorizadas. Disponível em: < <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/setorregulado/regularizacao/agrotoxicos/monografias/monografias-autorizadas/t/4538json-file-1> >. Acesso em: 16 de dezembro de 2020.

ANVISA, Índice monográfico triciclazol. Regularização de agrotóxicos, monografias autorizadas. Disponível em: < <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/setorregulado/regularizacao/agrotoxicos/monografias/monografias-autorizadas/t/4532json-file-1> >. Acesso em: 16 de dezembro de 2020.

AZEVEDO, L. A. S. DE. **Fungicidas sistêmicos**: Teoria e Prática. 1. ed. Campinas: EMOPI, p. 284, 2007.

BECKLES, D.M., THITISAKSAKUL, M. How environmental stress affects starch composition and functionality in cereal endosperm. **Starch Journal**, Weinheim, 65:1-14, 2013.

BIENVENIDO, Juliano. **Rice in human nutrition**. FAO - Food and Nutrition Series. N 26. Roma, 162 p., 1993.

BLANDINO, MASSIMO., REYNERI, AMEDEO. Effect of fungicide and foliar fertilizer application to winter wheat at anthesis on flag leaf senescence, grain yield, flour bread-making quality and DON Contamination. **European Journal Agronomy**, 30:275-282, 2009.

BORDIN, C. L.; CASA, R.T.; MARCUZZO, L.L.; BOGO, A.; ZANCAM, L. Efeito da aplicação de fungicidas no controle de doenças foliares de arroz irrigado e sua relação com o rendimento industrial. **Summa Phytopathol.**, Botucatu, v. 42, n. 1, p. 85-88, 2016.

BORTOLLOTO, R.P. et al. Comportamento de hidratação e qualidade fisiológica das sementes de arroz. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.4, n, p.991-996, 2008.

CASTRO, E. da M. de; VIEIRA, N.R. de A.; RABELO, R.R.; SILVA, S.A. da. **Qualidade de grãos em arroz**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 30p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 34).

CHEN, YU., YAO, JIAN., WANG, WEN-XIANG., GAO, TONG-CHUN., YANG, XUE., ZHANG, AI-FANG. Effect of epoxiconazole on rice blast and rice grain yield in China. **Eur J Plant Pathol**, 135:675–682, 2013.

CONAB- Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**- V. 6 - SAFRA 2018/19 - N. 8 - Oitavo levantamento, maio de 2019.

DARIO, G.J.A., MANFRON, P.A., BONNECARRÉRE, R.A.G., NETO, D.D., MARTIN, T.N., CRESPO, P.E.N. **Controle químico de brusone em arroz**. Revista da FZVA. Uruguaiana, v.12, n.1, p. 25-33. 2005.

DENARDIN, C. C.; SILVA, L. P.; STORCK, C. R.; NÖRNBERG, J. L. Mineral composition of brown, parboiling and white rice cultivars. **Alimentos e Nutrição**, v.15, n.2, p.125-130, 2004.

DORS, G. C.; PRIMEL, E.G.; FAGUNDES, C.A., MARIOT, C.; FURLONG, E.B. Distribution of Pesticide Residues in Rice Grain and in its Coproducts. **J. Braz. Chem. Soc.**, Vol. 22, No. 10, 1921-1930, 2011.

DUBEY, JATIENDER KUMAR., PATYAL, SURENDER KUMAR., KATNA, SAPNA., SHANDIL, DEEPIKA., DEVI, NISHA., SINGH, GAGANPREET., SINGH, GAGANDEEP. Persistence and dissipation kinetics of tebuconazole in apple, tomato, chilli and onion crops of Himachal Pradesh, India. **Environmental Science and Pollution Research**, 27:11290–11302, 2020.

ELIAS, MOACIR CARDOSO; OLIVEIRA, MAURÍCIO DE; VANIER, NATHAN LEVIEN. **Qualidade de arroz na pós-colheita e na agroindústria: análise, conservação e tipificação**. Pelotas: Santa Cruz, 221 p., 2015.

ELIAS, Moacir Cardoso. **Efeitos da espera para secagem e do tempo de armazenamento na qualidade das sementes e grãos do arroz irrigado**. 1998. 164 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes) – Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 1998.

FEKSA, H.R., DO COUTO, H.T.Z., GAROZI, R., DE ALMEIDA, J.L., GARDIANO, C.G., TESSMANN, D.J. Pre- and postinfection application of strobilurin-triazole premixes and single fungicides for control of fusarium head blight and deoxynivalenol mycotoxin in wheat. **Crop Protection**, 117:128–134, 2019.

FILIPPI, M. C. C., SILVA-LOBO, V.L., NUNES, C.D.M., OGOSHI, C. **Brusone no arroz**, Brasília- DF. Embrapa Arroz e Feijão, 2015.

FITZGERALD, MELISSA A., MCCOUCH, SUSAN R., HALL, ROBERT D. Not just a grain of rice: the quest for quality. **Trends in Plant Science**, 14 (3):133-139, 2009.

FREIJE, ANNA N. & WISE, KIERSTEN A. Impact of *Fusarium graminearum* inoculum availability and fungicide application timing on *Fusarium* head blight in wheat. **Crop Protection**, 77:139-147, 2015.

FU, YAN., ZHENG, ZUNTAO., WEI, PENG., WANG, MENG CEN., ZHU, Guonian., Liu, Yihua. Distribution of thifluzamide, fenoxanil and tebuconazole in rice paddy and dietary risk assessment, **Toxicological & Environmental Chemistry**, 118-127, 2015.

GROTH, D.E., BOND, J.A. Effect of cultivars and fungicides on rice sheath blight, yield, and quality. **Plant Dis.** 91:1647–1650, 2007.

GROTS, D.; FUNCK, G.; ALMEIDA, D.; LAURENT, M.; SCHAWANK, A. Resposta em rendimento de grãos á aplicação de fungicidas em função da época de semeadura em Cachoeirinha, RS. In: **VI Congresso Brasileiro do Arroz Irrigado**. Porto Alegre, RS. Manejo de doenças, 2009.

HEINEMANN, R. J. B.; FAGUNDES, P. L.; PINTO, E. A.; PENTEADO, M. V. C.; LANFER-MARQUEZ, U. M. Comparative study of nutrient composition of commercial brown, parboiled and milled rice from Brazil. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.18, p.287-296, 2005.

JARDIM, ANDREIA N.O., MELLO, DENISE C., BRITO, ALESSANDRA P., VOET, HILKO VAN DER., BOON, POLLY E., CALDAS, ELOISA D. Probabilistic dietary risk assessment of triazole and dithiocarbamate fungicides for the Brazilian population. **Food and Chemical Toxicology**, 118:317–327, 2018.

JULIANO, B. O.; BECHTEL, D. B. The rice grain and its gross composition. In: **Rice Chemistry and Technology** (edited by E.T. Champagne). Pp. 17–57. New Orleans, MN, USA: American Association of Cereal Chemists. Chapter 2, 1985.

KATSURAYAMA, A.M., TANIWAKI, M.H. Fungi and aflatoxins in rice: occurrence and significance to consumer health. **Braz. J. Food Technol.**, Campinas, v. 20, e2017006, 2017.

KAUR, SARABJIT., TAKKAR, REENU., BHARDWAJ, URVASHI., KUMAR, RAJINDER., BATTU, R. S., SINGH, BALWINDER. Dissipation Kinetics of Trifloxystrobin and Tebuconazole on Wheat Leaves and Their Harvest Time Residues in Wheat Grains and Soil. **Bull Environ. Contam. Toxicol.**, 89:606–610, 2012.

KIM, I. S., BEAUDETTE, L. L., SHIM, J.H., TREVORS, J.T. Environmental fate of the triazole Fungicide propiconazole in a rice-paddy-soilly lysimeter. **Plant and Soil**, 239: 321-331, 2002.

KRISHNAN, S.; DAYANANDAN, P. Structural and histochemical studies on grainfilling in the caryopsis of rice (*Oryza sativa* L.). **Journal of Bio sciences**, v. 28, p.455–469, 2003.

KUMAR, PANKAJ., AHLAWAT., SUSHIL., CHAUHAN, REENA., KUMAR, ANIL., SINGH, RAM., KUMAR, ASHWANI. In vitro and field efficacy of fungicides against sheath blight of rice and post-harvest fungicide residue in soil, husk, and brown rice using gas chromatography-tandem mass spectrometry. **Environ Monit Assess**, 190:503, 2018.

KUNDU, CHIRANJIT., GOON, ARNAB., BHATTACHARYYA, ANJAN. Harvest Residue Study of Fungicide Tebuconazole EC Formulation in Groundnut and Paddy. **Journal of Environmental Protection**, 2:424-428, 2011.

KUTCHERA, H.R., JOHNSTONB, A.M., BAILEYC, K.L., MALHIA, S.S. Managing crop losses from plant diseases with foliar fungicides, rotation and tillage on a Black Chernozem in Saskatchewan, Canada. **Field Crops Research**, 124: 205-212, 2011.

LANÇAS, F. M. A cromatografia líquida moderna e a espectrometria de massa: “finalmente compatíveis”? **Scientia Chromatographica**, v. 1, n. 2, p. 35, 2009.

LI, YUANBO., DONG, FENGSHOU., LIU, XINGANG., XU, JUN., HAN, YONGTAO., ZHENG., YONGQUAN. Enantioselectivity in tebuconazole and myclobutanil non-target toxicity and degradation in soils. **Chemosphere**, 122:145–153, 2015.

LONDERO, G.P., MARCHESAN, E.,PARISOTTO, E., COELHO, L.L., ARAMBURU, B.B., FLORES, C.S., SILVA, A.L. Qualidade industrial de grãos de arroz decorrente da supressão da irrigação e umidade de colheita. *Irriga*, Botucatu, 20 (3):587-601, 2015.

LUZ, SUZANE.R. **Quantificação de micotoxinas e resíduos de fungicidas em grãos de trigo por LC-TQoF-MS**. 95 f. Dissertação apresentada ao Programa de pós-graduação

de Ciência e tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal de Pelotas, para obtenção do título de mestre em Ciência e tecnologia de Alimentos, 2016.

LV, TAO., ZHANG, YANG., CASAS, MONICA E., CARVALHO, P. N., ARIAS, CARLOS.A., BESTER, K. BRIX, HANS. Phytoremediation of imazalil and tebuconazole by four emergente wetland plant species in hydroponic médium. **Chemosphere**, 148:459-466, 2016.

LV, TAO., CARVALHO, P. N., CASAS, M.E., BOLLMANN, E.U., ARIAS, C.A., BRIX, H., BESTER, K. Enantioselective uptake, translocation and degradation of the chiral pesticides tebuconazole and imazalil by *Phragmites australis*. **Environmental Pollution**, 229:362-370, 2017.

MACLEAN, D.E., LOBO, J.M., COLES, K., HARDING, M.W., MAY, W.E., PENG, G., TURKINGTON, T.K., KUTCHER, H.R. Fungicide application at anthesis of wheat provides effective control of leaf spotting diseases in western Canada. **Crop Protection**, 112:343–349, 2018.

MANDAL, S., KANRAR, B., DAS, S., & BHATTACHARYYA, A. Analytical method validation for the determination of meptyldinocap as 2,4-dinitrooctylphenol metabolite in mango and soil using LC–Ms/Ms and dissipation study of the fungicide in Indian mango field ecosystem. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, 58:8911–8917, 2010.

MANI, KIRANDEEP K., HOLLIER, CLAYTON A., GROTH, DONALD E. Effect of planting date, fungicide timing and cultivar susceptibility on severity of narrow brown leaf spot and yield of rice. **Crop Protection**, 90:186-190, 2016.

MARIOT, CARLOS HENRIQUE PAIM., FAVERO, DÉBORA., FONSECA, GABRIELA DE MAGALHÃES., MORAES, MARCELO GRAVINA. **A quebra da resistência á brusone e o manejo de doenças em arroz irrigado**. Circular técnica, n. 4, Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA), jan. 2020.

MARZARI, V.; MARCHESAN, E.; SILVA, L.; VILLA, S.; SANTOS, F., TELÓ, G. População de plantas, dose de nitrogênio e aplicação de fungicida na produção de arroz irrigado. II.

Qualidade de grãos e sementes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.4, p.936-941, jul-ago, 2007.

MENG, Z.; CHEN, X.; GUAN, L.; XU, Z.; ZHANG, Q.; SONG, Y.; LIU, F. FAN, T. Dissipation kinetics and risk assessments of tricyclazole during *Oryza sativa* L. growing, processing and storage. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, p. 35249–35256, 2018.

NAVARRO, S., VELA, N., NAVARRO, G. Fate of triazole fungicide residues during malting, mashing and boiling stages of beer-making. **Food Chemistry**. 124(1), 278-284, 2011.

NEDEL, J.L. Fundamentos da Qualidade de sementes, **Sementes: Fundamentos**. Universitária, p.95-138, 2003.

NING, XIAO, YUNYU, WU., AIHONG, LI. Strategy for Use of Rice Blast Resistance Genes in Rice Molecular Breeding. **Rice Science**, 27(4): 263-277, 2020.

NUNES, C.D.M., PRABHU, A.S., TERRES, A.L.S, BRANCÃO, N. Doenças do arroz irrigado e seus métodos de controle. In. **Sistema de cultivo de arroz irrigado no Brasil**. Ariano Martins de Magalhães Júnior, Algenor da Silva Gomes, Alberto Baêta dos Santos (editores). Pelotas, RS. Embrapa, p.187-196, 2004.

OGOSHI, CLAUDIO., SELAU, FILIPE., WALDOW, DANIEL., MIRANDA, FERNANDO FUMAGALI., REGINATO, JÚLIA LIMA.,ULGUIM, ANDRÉ. Influence of Blast on the Nutrition and Yield of Irrigated Rice in Southern Brazil. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, 2020.

PAIVA, Flávia Fernandes. **Efeitos da pressão e do tempo de autoclavagem na parboilização sobre a qualidade dos grãos e a fração lipídica do arroz**. 2011. 105 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) – Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2011.

PAREJA, L.; COLAZZO, M.; PÉREZ, A.; BESIL, N.; HEINZ, H.; BOCKING, B.; CESIO, V.; Fernández-Alba, A. R. Occurrence and Distribution Study of Residues from Pesticides Applied under Controlled Conditions in the Field during Rice Processing. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.60, p. 4440–4448, 2012.

PAREJA, LUCÍA., FERNANDEZ-ALBA, A.R., CESIO, VERONICA., HEINZEN, HORACIO. Analytical methods for pesticide residues in rice. **Trends in Analytical Chemistry**, 30 (2): 270-291, 2011.

PERINI, F.L. **Manejo de brusone em arroz irrigado e sensibilidade micelial de isolados a diferentes fungicidas**. 67 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, 2017.

POLONI, M.N., CARVALHO, G., VICENTINI, S.N.C, DORIGAN, A.F., MACIEL, J.L.N., MCDONALD, B., MOREIRA, S.I., HAWKINS, N., FRAAIJE, B.A., KELLY, D.E., KELLY, S.L., CERESINI, P.C. Widespread distribution of resistance to triazole fungicides in Brazilian populations of the wheat blast pathogen. **Plant Pathology**.70:436–448, 2021.

PRESTES, O. D.; ADAIME, M. B.; ZANELLA, R. QuEChERS: possibilidades e tendências no preparo de amostra para determinação multiresíduo de pesticidas em alimentos. **Scientia Chromatographica**, v. 3, p. 51-64, 2011.

RIJAL, SWODESH & DEVKOTA, YUVRAJ. A review on various management method of rice blast disease. *Malaysian Journal of Sustainable Agriculture (MJSA)*, 2020, 4(1): 29-33. Rijal, Swodesh & Devkota, Yuvraj. A review on various management method of rice blast disease. **Malaysian Journal of Sustainable Agriculture (MJSA)**, 4(1): 29-33, 2020.

RIOS, JONAS A., RIOS, VINICIUS S., PAUL, PIERCE A., SOUZA, MOACIL A., ARAUJO, LEONARDO., RODRIGUES, FABRÍCIO A. Fungicide and cultivar effects on the development and temporal progress of wheat blast under field conditions. **Crop Protection**, 89:152-160, 2016.

SANTOS, F. H. DOS.; SANTOS, L. A.; FARIAS, C. M. D. R. **Translocação de triazóis e estrobilurinas no controle do oídio da soja**. *Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia*, v. 11, n. 01, p. 87-92, 2018.

SHAD, Z.M., ATUNGULU, G.G. Post-harvest kernel discoloration and fungi activity in long-grain hybrid, pureline and medium-grain rice cultivars as influenced by storage environment and antifungal treatment. **Journal of Stored Products Research**, 81:91-99, 2019.

SHAFIEKHANI, S., WILSON, S.A., ATUNGULU, G.G. Impacts of storage temperature and rice moisture content on color characteristics of rice from fields with different disease management practices. **Journal of Stored Products Research** 78: 89-97, 2018.

SAH, D.N., RUSH, M.C., Physiological races of *Cercospora oryzae* in the Southern United States. **Plant Dis**, 72:262–264, 1988.

SAHA, AJOY. Dissipation and Safety Evaluation of Tebuconazole Residues in Peanut-Field Ecosystem. Proc. Natl. Acad. Sci., India, **Sect. B Biol. Sci.**, 87(3):753–760, 2017.

SHIBA T, HIRAE M, HAYANO-SAITO Y, UEMATSU H, OKUDA M. Spread and yield loss mechanisms of rice stripe disease in rice paddies. **Field Crop Res** 217:211–217, 2018.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO - SOSBAI. Arroz irrigado: **Recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Cachoeirinha-RS, 2018.

TELÓ, G.M.; MARCHESAN, E.; MENEZES, N. L.; FERREIRA, R.B.; SARTORI, G.M.S.; FORMENTINI, T.C.; HANSEL, D. Aplicação de fungicida em cultivares de arroz irrigado e seu efeito na qualidade de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 34, nº 1, 2012.

TELÓ, G.M.; MARCHESAN, E.; ZANELLA, R.; PEIXOTO, S.; PRESTES, OSMAR.; OLIVEIRA, M.L. Fungicide and inseticide residues in rice grains. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.39, n.1, p.9-15, 2017.

TSOCHATZIS, E.D., TZIMOU-TSITOURIDOU, R., MENKISSOGLU-SPIROUDI, U., KARPOUZAS, D.G., KATSANTONIS, D. Laboratory and field dissipation of penoxsulam, tricyclazole and profoxydim in rice paddy systems. **Chemosphere**, 91:1049–1057, 2013.

UPPALA, S. & ZHOU, X.G. Field efficacy of fungicides for management of sheath blight and narrow brown leaf spot of rice. **Crop Protection**, 104:72–77, 2018.

VILLANOVA, F.A., EL HALAL, S.L.M., VANIER, N. L., POLIDORO E., WANG Y-J., DE OLIVEIRA, M. Physicochemical and cooking quality characteristics of South American rice cultivars parboiled at diferente steaming pressures. **Cereal Chem**, 97:472-482, 2020.

VILLANOVA, Franciene Almeida. **Efeitos dos genótipos e das pressões de autoclavagem sobre parâmetros de qualidade de arroz parboilizado de cultivares da América do Sul**. 2020. 80f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Faculdade de Agronomia Elise Maciel, Universidade federal de Pelotas, 2020.

WALTER, M.; MARCHEZAN, E.; AVILA, L. A. Arroz: composição e características nutricionais. **Ciência Rural**, v.38, p. 1184–1192, 2008.

WANG, K., WU, J.X., ZHANG, H.Y. Dissipation of difenoconazole in rice, paddy soil, and paddy water under field conditions. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, 86:111–115, 2012.

WANG, WEIMIN., SUN, QIANG., LI, YUBO., WEN, GUANGYUE., FAN, JIEQUN., SONG, WEIGUO., ZHAO, ZHIHUI., DONG, MAOFENG. SIMULTANEOUS Determination of Fluoxastrobin and Tebuconazole in Cucumber and Soil Based on Solid-Phase Extraction and LC-MS/MS Method. **Food Anal. Methods**, 11:750–758, 2018.

ZHANG H J, LI G J, LI W, SONG F M. Transgenic strategies for improving rice disease resistance. **Afr J Biotechnol**, 8(9): 1750–1757, 2009.

ZHANG, ZHIYONG., JIANG, WAYNE., JIAN, QIU., SONG, WENCHENG., ZHENG, ZUNTAO., WANG, DONGLAN., LIU, XIANJIN. Residues and dissipation kinetics of triazole fungicides difenoconazole and propiconazole in wheat and soil in Chinese fields. **Food Chemistry**, 168:396–403, 2015.

ZHAO, X., FITZGERALD, MELISSA A. Climate change: implications for the yield of edible rice. **Plos One**, San Francisco, 8 (6):1-9. 2013.

ZHAO, ZIXI., SUN, RUNXIA., SU, YUE., HU, JIYE., LIU, XIAOLU. FATE, residues and dietary risk assessment of the fungicides epoxiconazole and pyraclostrobin in wheat in twelve different regions, China. **Ecotoxicology and Environmental Safety** 207:111236, 2021.