

A utilização de fungicida no cultivo de aveia: uma revisão integrativa da literatura

Fungicide use in oat crop: an integrative literature review

El uso de fungicidas en la cultivación de avena: una revisión integrativa de la literatura

Recebido: 01/07/2020 | Revisado: 14/07/2020 | Aceito: 21/07/2020 | Publicado: 02/08/2020

Laura Mensch Pereira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8073-069X>

Universidade Regional do Noroeste do Rio Grande do Sul, Brasil

E-mail: lauramensch@gmail.com

Eniva Miladi Fernandes Stumm

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6169-0453>

Universidade Regional do Noroeste do Rio Grande do Sul, Brasil

E-mail: eniva@unijui.edu.br

Juliana Boniatti Libardoni Buratti

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8339-6340>

Universidade Regional do Noroeste do Rio Grande do Sul, Brasil

E-mail: ju.libardoni@hotmail.com

José Antônio Gonzalez da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9335-2421>

Universidade Regional do Noroeste do Rio Grande do Sul, Brasil

E-mail: jose.gonzales@unijui.edu.br

Christiane de Fátima Colet

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2023-5088>

Universidade Regional do Noroeste do Rio Grande do Sul, Brasil

E-mail: christiane.colet@unijui.edu.br

Carolina Renz Pretto

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6925-7969>

Universidade Regional do Noroeste do Rio Grande do Sul, Brasil

E-mail: carol_pretto14@yahoo.com.br

Resumo

A utilização de agrotóxicos e o modelo atual de desenvolvimento agrícola é responsável por impactos, danos ambientais e saúde. Para que a produção de grãos seja satisfatória, o uso

correto de técnicas de manejo se constitui em fator decisivo no desenvolvimento e colheita de grãos. O cultivo e consumo da aveia branca tornou-se evidente nos últimos anos devido a sua versatilidade, porém, é uma cultura sensível a variações ambientais acometida por doenças fúngicas. Esta pesquisa objetivou analisar produções científicas publicadas em periódicos nacionais e internacionais sobre cultivo de aveia branca com redução do uso do agrotóxico, garantia de cultivo sustentável ao meio ambiente e segurança alimentar. A partir da pergunta: “O que tem sido publicado na literatura nacional e internacional sobre o cultivo de aveia branca para consumo humano com o uso reduzido de fungicida?”. Com os seguintes descritores: (Fungicide AND “avena sativa”) nas bases de dados WEB OF SCIENCE (coleção principal) e SciVerse Scopus (SCOPUS), SCIENCE DIRECT e MENDELEY. Total de 312 artigos encontrados e 15 selecionados e lidos na íntegra. Os resultados indicam que independente do uso ou não de fungicida a resistência genética das cultivares às doenças fúngicas se constitui o fator decisivo para o cultivo.

Palavras chaves: Doença fúngica; *Avena sativa*; Agrotóxicos; Segurança alimentar.

Abstract

The use of pesticide and the current model of agricultural development is responsible for impacts, environmental, and health damage. For grain production to be satisfactory, the correct use of management techniques is a decisive factor in the development and harvesting of grains. The crop and consumption of white oats have become evident in recent years due to its versatility, however, it is sensitive to environmental variations affected by fungal diseases. This research aimed to analyze scientific productions published in national and international journals on white oats crop with reduced pesticide use, crop sustainable assurance to the environment, and food security. From the question: "What has been published in national and international literature about white oat crop for human consumption with reduced fungicide use?". With the following descriptors: (Fungicide AND “Avena sativa”) in the databases WEB OF SCIENCE (main collection) and SciVerse Scopus (SCOPUS), SCIENCE DIRECT and MENDELEY. A total of 312 articles found and 15 selected and read in full. The results indicate that regardless of the use or not of fungicide, the genetic resistance of cultivars to fungal diseases is the decisive factor for cultivation.

Keywords: Fungal disease; *Avena sativa*; Pesticides; Food security.

Resumen

El uso de pesticidas y el modelo actual de desarrollo agrícola es responsable de los impactos, el daño ambiental y la salud. Para que la producción de granos sea satisfactoria, el uso correcto de las técnicas de manejo es un factor decisivo en el desarrollo y la cosecha de granos. El cultivo y consumo de avena blanca se ha hecho evidente en los últimos años debido a su versatilidad, sin embargo, es un cultivo sensible a las variaciones ambientales afectadas por enfermedades fúngicas. Esta investigación tuvo como objetivo analizar las producciones científicas publicadas en revistas nacionales e internacionales sobre el cultivo de avena blanca con un uso reducido de pesticidas, garantía de cultivo sostenible para el medio ambiente y seguridad alimentaria. De la pregunta: "¿Qué se ha publicado en la literatura nacional e internacional sobre el cultivo de avena blanca para consumo humano con un uso reducido de fungicidas?". Con los siguientes descriptores: (Fungicida Y "avena sativa") en las bases de datos WEB OF SCIENCE (colección principal) y SciVerse Scopus (SCOPUS), SCIENCE DIRECT y MENDELEY. Total de 312 artículos encontrados y 15 seleccionados y leídos en su totalidad. Los resultados indican que, independientemente del uso o no del fungicida, la resistencia genética de los cultivares a las enfermedades fúngicas es el factor decisivo para el cultivo.

Palabra claves: Enfermedad fúngica; *Avena sativa*; Pesticidas; Seguridad alimentaria.

1. Introdução

A utilização de agrotóxicos iniciou na década de 1950 nos Estados Unidos, com a Revolução Verde, momento pós-guerra com a prerrogativa de modernizar a agricultura e aumentar a produtividade. No Brasil, o movimento inicia na década de 1960 através do Programa Nacional de Defensivos Agrícolas (PNDA). Atividades que contribuíram com o aumento da produção de alimentos mundial observado nas últimas décadas. Desde a década de 60 o rendimento das culturas dobrou a medida que o uso de agrotóxicos aumentou em 15 a 20 vezes, avanços estes diretamente relacionados a economia global (Dutra & Souza, 2017; Silva et al., 2019).

Este modelo atual de desenvolvimento agrícola é responsável por impactos, danos ambientais e na saúde. Desde a década de 90 a indústria agrícola brasileira aumentou o consumo de agrotóxicos, sendo um dos líderes de mercado mundial em 2008. O Brasil expandiu seu mercado em 190% de consumo, e destaca-se a região sul do país como os maiores consumidores, cerca de 30% uma média de 12 quilos por hectare ao ano, apenas no

estado do Paraná. A toxicidade destes produtos está relacionada diretamente aos efeitos não desejados em outros organismos vivos, comunidade e ecossistemas, na contaminação da água, ar e solo o que resulta em danos ao ambiente e à saúde pública. Seus impactos vão além, desencadeiam alterações nos ecossistemas e interferem nos organismos vivos, terrestres e aquáticos (Souza et al., 2017; Lopes & Albuquerque, 2018).

Agrotóxicos são utilizados essencialmente na agricultura e a exposição a estes agentes sempre foi associada aos trabalhadores rurais. No entanto, os compostos químicos podem se espalhar durante e após a sua aplicação e assim, atingir pessoas que residem próximas de áreas de cultivos. Independente de fatores tais como técnicas de aplicação, formulações utilizadas, e condições ambientais, mais da metade da dosagem aplicada pode ser perdida pela deriva e volatilização. A deriva pode ocorrer entre 100m até 4100m de distância da área em que foi aplicado, e seus níveis de concentração estão relacionados com a proximidade a estas áreas (Van den Berg et al., 1999; Brouwer et al., 2018).

Indivíduos que residem em áreas vicinais a campos de cultivo estão potencialmente expostos aos agrotóxicos, através das vias inalatória, dérmica, pela precipitação do ar ou via ingestão de alimentos e água contaminados. Apesar da população geral ser frequentemente exposta por todas estas rotas, a exposição via oral é a mais frequente devido ao consumo de alimentos tratados e água contaminada por agentes químicos, e as vias dermal e inalatória são mais incidentes na população ocupacional (Blair & Zahm, 1995; Caldas, 2019).

O aumento dos riscos de tumores em agricultores, sugere que a exposição ocupacional influencia diretamente na doença. Os efeitos mais graves relacionados com a exposição aguda incluem envenenamento pela inibição de neurotransmissores, estimulantes do sistema nervoso central, erupções cutâneas, irritação ocular e no sistema respiratório. Efeitos crônicos são menos reportados, porém emergem nos grupos ocupacionais, incluem problemas neurológicos degenerativos tais como ansiedade, perda de memória, mudança de humor, deficiência visual e atraso neurológico (Amir et al., 2019).

Problemas reprodutivos também são analisados, tanto em humanos quanto em animais, tais como, esterilidade, abortos espontâneos e doenças congênitas. Estudos epidemiológicos com agricultores e grupos ocupacionais expostos constantemente a produtos químicos, evidenciam uma grande variedade de casos de câncer como leucemia, mieloma múltiplo, sarcoma de tecidos moles, pele, cérebro e próstata (Arcury & Quandt 1998; Piel et al., 2017). O risco de intoxicação aguda por agrotóxicos está ligado a trabalhadores no interior dos estabelecimentos, com contato direto e tempo de exposição, principalmente relacionado com o uso de pulverizador costal. Os danos ao meio ambiente são associados com

aplicações mais frequentes e de maior amplitude a exposição, principalmente as pulverizações aéreas (Soares, Firpo & Porto, 2012).

A segurança alimentar e nutricional é direito de todos, e inclui o acesso regular e permanente a alimentos de qualidade em quantidade suficiente, sem comprometer outras necessidades essenciais. A partir de práticas alimentares promotoras de saúde que respeitem a diversidade cultural e que sejam socialmente sustentáveis, nos âmbitos ambiental, cultural, econômico e social. Porém, a cada dia, enfrenta-se novos desafios no cultivo dos alimentos influenciado diretamente pelas mudanças climáticas. Essas tornam os ambientes mais suscetíveis a novas doenças e pragas, com conseqüente redução da produtividade e com aumento dos custos aos produtores. Nesse contexto, um manejo adequado que garanta segurança alimentar será ainda mais desafiador (Catarino, Gaba & Bretagnolle, 2019; Shapiro, 2019).

Desta forma, para que a produção de grãos seja satisfatória e atenda a expectativa nutricional da sociedade, o uso correto de técnicas de manejo se constitui em fator decisivo no desenvolvimento e colheita com produtividade e qualidade de grãos (Gutkoski et al., 2007; Spadotti et al., 2012; Silva et al., 2015). A sensibilidade das cultivares de aveia às condições ambientais favorecem a ocorrência de doenças foliares, entre elas a ferrugem da folha (*Puccinia coronata* Cda. f.sp. *avenae* E.) e a helmintosporiose (*Drechslera avenae* E.) as quais não são controladas totalmente pelos caracteres genéticos, e o seu aparecimento é influenciado pelo aumento da temperatura do ar e a presença de umidade, condições essas, marcantes no final da estação fria em que as cultivares apresentam-se em estádios finais de desenvolvimento (Nerbass Junior et al., 2010; Marshall et al., 2013; Nazareno et al., 2017).

A redução do uso de agrotóxicos, principalmente de fungicidas na cultura da aveia, é fundamental para a diminuição dos níveis de contaminação alimentar e ambiental. Neste cenário, tem sido importante o uso de cultivares mais resistentes geneticamente às doenças foliares por auxiliarem na redução do uso de fungicidas, com garantia do rendimento estimado de grãos (Silva et al., 2015; Follmann et al., 2016;). A partir das considerações, são desejadas cultivares de aveia branca com resistência genética a doenças foliares e que detenham maior estabilidade a redução do uso de fungicida, com o aumento o intervalo entre a colheita e a última aplicação (Cruz, Federizzi & Milach, 2001). Essas características da cultura de aveia podem interferir na redução do uso de fungicida, diminuir o nível da contaminação do grão e conseqüentemente oferecer um alimento com elevada qualidade e redução dos riscos de contaminação ambiental (Silva et al., 2015).

Ressalta-se a importância do cultivo da cultura da aveia no período do inverno principalmente na região sul do Brasil. Com a amplitude de áreas de cultivo, a aveia é submetida a condições ambientais diversificadas com ambientes variados. Desta forma, deve-se considerar as reações dos genótipos frente as variações ambientais, o que torna os programas de melhoramento genético uma ferramenta importante na seleção das cultivares mais adaptadas frente as mudanças climáticas e aos ambientes submetidos (Lorencetti et al., 2004). O cultivo e consumo da aveia branca tornou-se evidente nos últimos anos devido a versatilidade que a cultura apresenta, com seus grãos amplamente utilizados na alimentação humana, com elevada qualidade nutricional (Gutkoski et al., 2007; Spadotti et al., 2012). Com base nestas considerações, busca-se com a presente pesquisa analisar produções científicas publicadas em periódicos nacionais e internacionais sobre cultivo de aveia branca (*Avena sativa* L.) com redução do uso do agrotóxico, garantia de cultivo sustentável ao meio ambiente e com segurança alimentar aos consumidores.

2. Metodologia

Trata-se de uma pesquisa qualitativa descritiva tipo revisão integrativa da literatura. A coleta de dados foi realizada no período de setembro e outubro de dois mil e dezenove, e conduzida a partir das seguintes etapas: escolha do tema, formulação da pergunta de pesquisa, em seguida, escolha das bases de dados, amostragem, coleta dos dados, avaliação crítica dos estudos encontrados, interpretação e discussão dos resultados (Lacerda & Costenaro, 2016). Foi definido como pergunta norteadora: “O que tem sido publicado na literatura nacional e internacional sobre o cultivo de aveia branca para consumo humano com o uso reduzido de fungicida?” Para a pesquisa utilizou-se a seguinte combinação de descritores: (Fungicide AND “avena sativa”) nas bases de dados WEB OF SCIENCE (coleção principal) e SciVerse Scopus (SCOPUS), SCIENCE DIRECT e MENDELEY.

Foram elencados os seguintes critérios de inclusão: artigos primários, em inglês ou português, independente do ano de publicação; os critérios de exclusão utilizados foram: artigos que não estivessem relacionados com o tema, repetidos, textos publicados em outras línguas, além de teses, dissertações, artigos de revisão, comunicações e editoriais. A primeira seleção decorreu a partir da leitura dos títulos e resumos. A partir desta leitura, foram selecionados os que respondiam de fato a pergunta norteadora. O nível de evidência considerado foi o II: Nível II – estudos controlados randomizados (Stillwell et al., 2010). Em seguida foram lidos na íntegra para a elucidação dos dados e dispostos em tabelas.

3. Resultados

A partir da busca realizada nas bases de dados foram encontrados 312 artigos disponibilizados na Scopus = 45; Mendeley = 21; Science Direct = 201 e Web of Science = 45. A partir do uso dos critérios de elegibilidade, foram selecionados 31 artigos, desses 11 repetidos. Em síntese foram analisados 15 artigos conforme explicitado na Tabela 1.

Tabela 1: Número de artigos encontrados nas bases de dados selecionadas.

	Bases de dados				TOTAL
	SCOPUS	MENDELEY	SCIENCE DIRECT	WEB OF SCIENCE	
Amostragem	45	21	201	45	312
Elegibilidade	13	4	3	11	31
Repetidos	9	3	0	0	11
Selecionados	3	1	2	9	15
Lidos na íntegra	3	1	2	9	15

Fonte: autoral

Sequencialmente, na Tabela 2, são explicitados o ano de publicação, autores dos artigos, título, periódico, local da pesquisa e nível de evidência. Nesta constata-se que todos os artigos possuem evidência II, ou seja, referem-se a estudos randomizados e controlados, o que demonstra a qualidade dos mesmos.

Tabela 2: caracterização das publicações pesquisadas.

ANO	AUTORES	TÍTULO	PERIÓDICO	LOCAL	NE
2000	BARBOSA NETO, J. F. et al	Progresso genético no melhoramento da aveia-branca no sul do Brasil	Pesquisa Agropecuária Brasileira	Paraná e Rio Grande do Sul	II
2005	BENIN, G. et al.	Adaptabilidade e estabilidade em aveia em ambientes estratificados	Ciência Rural	São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul	II
2019	DIETZ, J. I.; SCHIERENBECK, M.; SIMÓN, M. R.	Impact of foliar diseases and its interaction with nitrogen fertilization and fungicides mixtures on green leaf area dynamics and yield in oat genotypes with different resistance	Crop Protection	Argentina	II
2014	DURUNNA, O. N. et al.	The effect of cultivar and fungicide application on the yield and quality of late-seeded forage oats used for swath grazing	The Professional Animal Scientist	Canada	II
1993	FEDERIZZI, L. C. et al.	Estabilidade do rendimento de grãos em aveia: efeito do uso de fungicidas.	Pesquisa Agropecuária Brasileira	Paraná e Rio Grande do Sul	II
1995	FEDERIZZI, L. C. et al.	Variabilidade fenotípica de diferentes caracteres da panícula em aveia (<i>Avena sativa</i> L.)	Pesquisa Agropecuária Brasileira	Rio Grande do Sul	II
2016	FOLLMANN, D. N. et al.	Genetic progress in oat associated with fungicide use in Rio Grande do Sul	Genetics and Molecular Research	Rio Grande do Sul	II
2001	HOLLAND, J. B.; MUNKVOLD, G. P.	Genetic relationships of crown rust resistance, grain yield, test weight, and seed weight in oat	Crop Science	Estados Unidos	II
2014	MAY et al.,	Are fungicide applications to control crown rust of oat beneficial?	Canadian Journal of Plant Science	Canada	II
2015	MOURTZINIS; CONLEY; GASKA,	Agronomic management and fungicide effects on Oat yield and quality	Crop Science	Estados Unidos	II
2010	NERBASS JUNIOR et al.,	Modelos de pontos críticos para relacionar o rendimento de grãos de aveia branca com a intensidade de doença no patossistema múltiplo ferrugem da folha: helmintosporiose.	Ciência Rural	Brasil	II
2014	OLIVEIRA et al.,	Fungicida foliar e ambientes de cultivo na qualidade fisiológica de sementes de aveia branca granífera.	Journal of Seed Science	Brasil	II
2011	SOOVÄLI; KOPPEL	Timing of fungicide application for profitable disease management in oat (<i>Avena sativa</i> L.)	Zemdirbyste	Estonia	II

NE = nível de evidência. Fonte: autoral

Ainda em relação aos dados contidos na tabela 2, outro aspecto refere-se aos periódicos que os mesmos foram publicados com ênfase no Brasil e no Rio Grande do Sul e observa-se que estudos que envolvem a aveia são de interesse mundial mais especificamente em regiões com clima ameno que favorece o seu cultivo.

4. Discussão

A partir da leitura e releitura dos 15 estudos selecionados emergiram três categorias, descritas e analisadas sequencialmente. Categoria 1 – Análise do uso ou não de fungicidas no cultivo de aveia; Categoria 2 – Fatores genéticos e ambientais que interferem na cultura da aveia; Categoria 3 – Incidência de doenças fúngicas nas cultivares de aveia.

4.1 Análise do uso ou não de fungicidas no cultivo de aveia e na incidência de doenças fúngicas

Nesta categoria foram analisados dois estudos desenvolvidos com e sem a utilização de fungicida para o cultivo de aveia. As sínteses dos resultados estão explicitadas na Tabela 3.

Tabela 3: Síntese dos resultados encontrados nos dois estudos

Autor	Objetivo	Uso ou não de fungicida	Principais resultados
Durunna et al., (2014)	comparar os rendimentos de duas cultivares de aveia branca, resistente e suscetível a doença fúngica, com isto determinar os benefícios econômicos da utilização de fungicida em cultivares suscetíveis rendimento e valor nutritivo em um sistema de pastejo bovino.	O fungicida utilizado foi propiconazol (Tilt 250E, Syngenta Crop Protection Canada Inc., Guelph, ON, Canadá) aproximadamente 0,5 L / ha.	Os autores constataram que não houve efeito da aplicação do fungicida nem interação cultivar x fungicida
MAY et al., 2014	determinar a influência da data da semeadura, aplicação da cultivar e fungicida no rendimento e na qualidade da aveia	O fungicida piraclostrobina utilizado 100 g a.i. ha-1 após a total emergência da folha bandeira	uma cultivar resistente a doença não apresenta resposta a aplicação de fungicida

Fonte: autoral

Conforme explicito na Tabela 3, evidencia-se, nesta tabela, que independente do uso ou não de fungicida ocorreram doenças fúngicas nas cultivares de aveia utilizadas. Observado a partir da discussão dos trabalhos a seguir.

Durunna et al., (2014) realizaram o experimento no Canadá no período de 2006 e 2007 no mês de junho, com cultivares de aveia. Para a classificação de doenças foliares utilizaram um sistema de escala com base no percentual de área foliar necrosada, quanto maior o número na escala, mais grave era a doença foliar. Os autores constataram que não houve efeito da aplicação do fungicida nem interação cultivar x fungicida. Isto permite afirmar que apesar da aplicação do fungicida na cultivar suscetível a doença, o uso de cultivar resistente é economicamente mais viável. Este resultado também sugere que a produtividade da cultivar suscetível dependerá da severidade da doença, o que implica em riscos de perda de rentabilidade, qualidade e segurança alimentar. Além disso, permite afirmar que a utilização de fungicida não apresentou nenhuma vantagem econômica nas cultivares utilizadas.

No estudo conduzido por May et al., (2014) nos anos de 2009, 2010 e 2011 em três localidades distintas do Canadá, utilizou quatro cultivares de aveia, muiato suscetível, suscetível, parcialmente resistente e resistente a doenças fúngicas, semeadas em maio e junho, com e sem o uso de fungicida. Os autores analisaram que a severidade da ferrugem variou em relação aos locais e anos de cultivo. Em locais com alta severidade a aplicação do fungicida apresentou maior rendimento e qualidade das cultivares suscetíveis. Assim, eles constataram

que quanto menor a resistência da cultivar a ferrugem, maior é sua resposta ao fungicida. Ou seja, uma cultivar resistente a doença não apresenta resposta a aplicação de fungicida. Além disto, recomendam a utilização de cultivares resistentes e semeadas em meados de maio para evitar a aplicação de fungicida durante o cultivo.

A partir da análise dos dois artigos selecionados, observa-se que ambos autores conduziram seus estudos no mesmo país e nos mesmos meses de semeadura, o que permite afirmar que a incidência da doença foliar está condicionada a fatores de resistência genética das cultivares e que podem ter maior expressão quando empregadas em ambientes de clima favorável para o desenvolvimento do cultivo. No que tange as cultivares resistentes, avalia-se que o emprego de fungicida se constitui em um gasto econômico desnecessário aos produtores e que induz a riscos pessoais, alimentares e ambientais.

Atualmente o uso de fungicida é recomendado aos produtores de forma profilática, mesmo na ausência de sintomas de doenças fúngicas. Essa prática pode ser evitada com base nas evidências científicas produzidas nesses dois trabalhos. É notável que nesses estudos a utilização do fungicida esteve condicionada principalmente pelas condições ambientais em que as cultivares foram empregadas. Além disto, fatores genéticos tais como a suscetibilidade ou não ao surgimento de doenças, se destacaram como um parâmetro de análise ao uso ou não de agrotóxico.

4.2 Fatores genéticos, ambientais e a interação na cultura da aveia

Foram desenvolvidos dois estudos por Barbosa Neto et al., (2000) em Eldorado do Sul/RS em 1996 e em Ponta Grossa/PR em 1997 com 15 cultivares de aveia branca selecionadas com base na importância para a agricultura no sul do Brasil. O experimento foi conduzido com quatro condições distintas de manejo, (CFCN - com fungicida, com nitrogênio; CFSN - com fungicida, sem nitrogênio; SFCN - sem fungicida, com nitrogênio e SFSN - sem fungicida, sem nitrogênio). O tratamento com fungicida foi realizado sistematicamente a cada 15 dias e a partir do surgimento das primeiras pústulas de ferrugem, utilizaram os seguintes fungicidas: Propiconazole (nome comercial Tilt, dose recomendada de 500 mL/ha) e Tebuconazole (nome comercial Folicur 125 CE, dose recomendada de 750 mL/ha).

Os autores constataram que a ausência de interação entre as cultivares e os níveis de manejo demonstraram que os genótipos testados responderam de maneira similar às práticas de manejo empregadas. Não houve resultados diferenciados entre as condições de manejo nos

caracteres avaliados, sem grandes distinções de moléstias, o que não garante que o uso de fungicida seja efetivo no controle das doenças foliares. Para os autores foi permitido separar os efeitos da interação genética x ambiente, e desta forma verificar o ganho genético expressivos nos caracteres de interesse agrônômico.

Investigações de por Benin et al., (2005), foram conduzidos nos anos de 2001 e 2002, nos estados de São Paulo, Paraná e Rio Grande do sul, totalizaram nove áreas distintas de estudo. Conforme a necessidade de cada ambiente, foram efetuadas de uma a duas aplicações do fungicida Tebuconazole (Folicur), na dose de 0,75 litros/ha. Os experimentos foram estratificados com e sem aplicação de fungicida, caracterizaram dois ambientes, favorável e desfavorável. Foram realizadas cinco análises independentes: com fungicida em ambientes favoráveis, com fungicida em ambientes desfavoráveis, sem fungicida em ambientes favoráveis, sem fungicida em ambientes desfavoráveis e a análise conjunta, que incluiu todos os ambientes estudados. As técnicas de análise de interação genótipo x ambiente, auxiliam na indicação de genótipos responsivos as condições em específicas que são submetidos. Além disso, ambientes estratificados auxiliam nas estimativas de parâmetros de adaptabilidade e estabilidade mais consistentes, as quais contribuem nos programas de melhoramento. As constituições genéticas avaliadas não apresentaram biótipo ideal, assim, a adaptabilidade dos genótipos é altamente dependente da condição do ambiente de cultivo. Com isto, as técnicas empregadas para a interação genótipo x ambiente auxiliam na indicação de genótipos específicos para os ambientes e presença e ausência de fungicida

Federizzi et al., (1993) desenvolveu estudo com 20 genótipos diferentes de aveia cultivados em quatro áreas de produção, Eldourado do Sul/RS, Passo Fundos/RS Augusto Pestana/RS e Entre-Rios/PR. Dois experimentos com e sem aplicação de fungicida, propiconazole 0,5 l/ha duas aplicações durante os anos de 1986, 1987 e 1988. Nestes ambientes a ferrugem da folha causada por *Puccinia cornata* L foi a doença foliar predominante. As análises revelaram que fatores tais como: ano, local, fungicida e genótipo, foram altamente significativas, que a interação ano x genótipo foi a que obteve maior valor e a aplicação de fungicida mostrou um rendimento médio de grãos. Os resultados indicam influências das fontes de variação, ano e local e que contribuem para modificação nos genótipos. Com isto, a variação de local e ano é importante para a determinação de interação genótipo x ambiente. Algumas cultivares utilizadas apresentaram rendimentos excelentes quando produzidas em ambientes com estresse biótico, as quais podem ser recomendadas para cultivos no sul do Brasil, diante de fatores ambientais instáveis.

Constataram que o desempenho dos genótipos não modificou com a aplicação do fungicida, porém afetou o rendimento de grãos. Assim, o comportamento dos genótipos foi o mesmo apresentado nos diversos ambientes, com a estabilidade genotípica uma característica específica de cada cultivar. Com isto, a aplicação de fungicida não assegura estabilidade de rendimentos para aveia, assim como ocorreu em outra pesquisa de sua autoria (Federizzi et al., 1995). Nesta, todas as cultivares recomendadas para a região sul do Brasil foram utilizadas e desenvolvidas em Eldorado do Sul/RS no ano de 1991, submetidas ao tratamento com e sem aplicação de fungicida propiconazole 0,5 l/há. Os autores verificaram que a interação variedade x fungicida foi significativa e que as variáveis estudadas apresentaram uma resposta diferencial com a aplicação de fungicida, devido as cultivares mais sensíveis a ferrugem da folha. Com o emprego de fungicida houve aumento expressivo no peso dos grãos, fator este decorrente do controle da doença fúngica. Os dados revelam que rendimento de grãos pode ser obtido por diferentes combinações de caracteres genéticos independente do uso ou não do fungicida.

Oliveira et al., (2014) desenvolveu estudo no ano de 2011 com seis cultivares de aveia branca, de ciclo precoce, intermediário e tardio, semeadas em diferentes regiões do estado do Paraná, com diferentes climas e condições de solo. Eles observaram, a partir dos resultados, interação significativa entre cultivar e fungicida para rendimento de grãos. Os testes de germinação de sementes em laboratório e a campo, mostraram que a emergência das sementes está condicionada a influência dos fatores ambientais. As análises mostram que a variabilidade entre dois locais com o cultivo da mesma cultivar pode ocorrer devido as condições ambientais. Constataram que a utilização de fungicida é fator decisivo para a determinação dos parâmetros de estabilidade e adaptabilidade. As cultivares que não responderam a aplicação de fungicida, apresentam uma possível resistência genética.

A investigação de Follmann et al., (2016) foi desenvolvida durante os anos de 2007 a 2014 com 36 cultivares recomendadas para o cultivo no estado do Rio Grande do Sul, em nove municípios distintos, com e sem aplicação de fungicida. Durante os oito anos de estudo eles encontraram uma distribuição balanceada nos resultados entre as cultivares. Em todos os locais de cultivo ocorreu diferença na produtividade de grãos nos experimentos com e sem fungicida, com redução da produtividade de 32%, o que evidencia que a aplicação do fungicida auxilia no potencial de rendimento e na qualidade de grãos. Pode-se afirmar também que a redução destas variáveis nos experimentos sem a utilização de fungicida, está associado a severidade das doenças foliares e a suscetibilidade genética de algumas cultivares aos patógenos. As cultivares de aveia utilizadas mostraram desempenho satisfatório devido ao

progresso genético durante os anos de cultivo, com a introdução de genes resistentes aos patógenos causadores de doenças. Os autores encontraram valores de médias de produtividade, tanto para as cultivares com e sem fungicida, o que demonstra a ação das condições ambientais em cada local de cultivo na expressão do genótipo na incidência das doenças fúngicas. Assim, emerge a necessidade de programas de melhoramento genético na introdução de genótipos resistentes a doenças foliares, tais como a ferrugem da folha, para reduzir a utilização de fungicida, conforme o uso das cultivares para os seus devidos ambientes.

Estudo por Holland & Munkvold (2001), nos Estados Unidos no ano de 1997 com dez cultivares e linhagens de aveia branca, para desenvolver resistência genética a ferrugem da folha tratados com fungicida e sem fungicida. Após o desenvolvimento dos inóculos dos patógenos em laboratório e cultivos das cultivares em campo, eles constataram que a seleção genética para aumentar a tolerância à doença foliar na aveia resultaria na seleção de genótipos com melhor performance sobre as condições de doença, porém, com baixo rendimento, sem a presença da doença. Assim, essas foram cultivares de aveia que se desenvolveram melhor sob condições das doenças são desejadas.

A partir da análise destes artigos é notável que a interação genótipo e ambiente é essencial para a determinação das melhores cultivares, pois o ambiente exerce pressão de seleção sobre as espécies. Aquelas cultivares que não respondem ao uso do fungicida apresentam uma possível resistência genética as doenças fúngicas.

4.3 Incidência de doenças fúngicas nas cultivares de aveia.

O experimento desenvolvido por Dietz, Schierenbeck & Simón (2019) com duas linhagens e uma cultivar comercial de aveia branca, com alta produtividade e resistência moderada a doença foliar, com blocos com duas aplicações de fungicida e sem aplicação de fungicida (Epoconazole 50 g/L e Pyraclostrobin 133 g/L) e duas aplicações de adubação nitrogenada. A semeadura ocorreu nos meses de junho dos anos de 2011 e 2014 na Argentina. Os autores avaliaram os efeitos das doenças foliares principalmente da ferrugem da folha, e observaram que altos níveis de adubação nitrogenada aumentaram a intensidade dos fungos *Puccinia coronata* e *Pyrenophora avenae*, porém, quando há diferentes doses de adubação nitrogenada, combinado com doses de fungicida, ocorreu a diminuição da intensidade das doenças. No ano de 2014, alto nível de doença foi detectado, o que contribuiu para a evolução da resistência dos genótipos. Para a aveia, a resistência genética é a forma mais econômica e

efetiva para o manejo correto da ferrugem da folha. Eles consideraram que a ferrugem da folha causa perdas consideráveis na produtividade de grãos de acordo com o ano de cultivo e a resistência do genótipo. O efeito negativo da doença pode ser revertido com aplicação reduzida de fungicida com diminuição da progressão do fungo e garantia da produtividade de grãos. Entretanto, a adubação nitrogenada causa aumento da severidade da doença, o que pode estar associado com o hábito biotrófico do fungo. Com isto, o uso de genótipos resistentes a doenças fúngicas, combinado com menor predisposição das condições ambientais para o desenvolvimento do fungo, não justifica a aplicações de fungicida.

Mourtzinis, Conley & Gaska, (2015) conduziram dois estudos nos anos de 2011, 2012 e 2013 nos Estados Unidos, um utilizou duas cultivares de aveia com três manejos diferenciados para o estudo de caracteres de interesse industrial e outro cinco cultivares de aveia, resistente, intermediária e com baixa resistência a doenças fúngicas, com e sem aplicação de fungicida. Ambos os estudos destacam a importância da seleção de uma variedade aprimorada que traga bons rendimentos e baixos impactos. Em relação ao uso de fungicida, ocorreu aumento da produção total com diminuição da severidade da doença, o que demonstra, a importância de examinar os locais com diferentes condições de cultivo antes de propor práticas de manejo de aveia.

Nerbass Junior et al., (2010), realizaram experimento em Santa Catarina durante as safras agrícolas dos anos de 2006 e 2007 com duas cultivares de aveia branca suscetíveis a doenças fúngicas, ferrugem da folha e helmitosporiose, com diferentes doses de fungicida piraclostrobina + epoxiconazole, nas doses de 33,25+12,5, 49,87+18,75, 66,5+25g de i.a. ha, para quantificar a intensidade da doença. Durante o experimento as condições ambientais estavam propícias para o aparecimento das doenças foliares, com a maior severidade durante o período final de desenvolvimento do cultivo, quando as temperaturas estão mais elevadas. Os autores constataram que os danos no rendimento são devido a redução da área foliar fotossintética concomitante a ocorrência simultânea das doenças. Com o desenvolvimento das funções, eles obtiveram coeficientes de danos que podem ser usados em cálculos como critérios na tomada de decisão na aplicação de fungicida, uma vez que leva em consideração aspectos técnicos, econômicos e ambientais.

Em estudo de Sooväli & Koppel (2011), os campos foram cultivados no ano de 2002 á 2005 na Estônia, e utilizados quatro cultivares de aveia, com diferentes níveis de resistência a doenças fúngicas. O tratamento com fungicida Fungicide tebuconazole 250 g a.i, com aplicação cedo e tardia para o controle das doenças, ao mesmo tempo em todas as cultivares. Todas as variedades foram infectadas pelo fungo, algumas com intensidade menor. A

aplicação antecipada do fungicida teve resultados significativos na redução das infecções. A ferrugem da folha esteve presente apenas nos anos de 2003 e 2004 e o tratamento com o fungicida foi eficaz na redução da doença, com diferenças significativas entre os tratamentos. O estudo mostrou que o controle com a utilização de fungicida é mínimo para cultivares com resistência as doenças, indicam que a dose pode ser reduzida sem perda no controle de doenças, o que pode aumentar também a lucratividade econômica do cultivo.

A análise dos artigos estudados mostra que o uso de fungicida na aveia pode fornecer diversos resultados para o controle da doença e a rentabilidade econômica. Outro aspecto a ser considerado refere-se as condições climáticas e a resistência das cultivares, as quais devem ser levadas em consideração no momento de utilizar o fungicida.

5. Considerações Finais

Com o desenvolvimento desta revisão integrativa da literatura observamos que diversos estudos realizados com aveia para o melhoramento genético para buscar os melhores rendimentos de grãos, a melhor qualidade deste grão e o menor custo benefício aos produtores. Também os estudos buscam a diminuição do uso de fungicidas o que auxilia nas condições de preservação ambiental e também garante melhor qualidade final do grão de aveia, tudo isto atrelado principalmente aos estudos de melhoramento genético. Como pode ser observado nos estudos analisados, as cultivares que apresentam melhor resistência genética as doenças fúngicas são as que utilizam menor dose de fungicida para seu cultivo, beneficiando o meio ambiente e a população que utiliza este alimento. Além disto, nota-se que os principais estudos são desenvolvidos na região sul do Brasil, principalmente nos estados do Paraná e Rio Grande do Sul, os quais, são considerados os maiores produtores do cereal, devido a sua condição climática favorável para o ciclo de cultivo.

Referências

Amir, R. M., Randhawa, M. A., Nadeem, M., Ahmed, A., Ahmad, A., Khan, M. R., Kausar, R. (2019). Assessing and Reporting Household Chemicals as a Novel Tool to Mitigate Pesticide Residues in Spinach (*Spinacia oleracea*). *Scientific Reports*, 9(1), 1–6. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-37936-2>

Arcury, T. A., & Quandt, S. A. (1998). Chronic agricultural chemical exposure among

migrant and seasonal farmworkers. *Society and Natural Resources*, 11(8), 829–843. <https://doi.org/10.1080/08941929809381121>

Barbosa Neto, J. F., Matiello, R. R., De Carvalho, F. I. F., Oliveira, J. M. S., Pegoraro, D. G., Schneider, F., Vacaro, E. (2000). Progresso genético no melhoramento da aveia-branca no sul do Brasil. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 35(8), 1605–1612.

Benin, G., Carvalho, F. I. F. de, Oliveira, A. C., Lorencetti, C., Vieira, E. A., Coimbra, J. L. M., Silva, G. O. (2005). Adaptabilidade e estabilidade em aveia em ambientes estratificados. *Ciência Rural*, 35(2), 295–302. <https://doi.org/10.1590/s0103-84782005000200008>

Blair, A., & Zahm, S. H. (1995). Agricultural exposures and cancer. *Environmental Health Perspectives*, 103(SUPPL. 8), 205–208. <https://doi.org/10.2307/3432311>

Brouwer, M., Kromhout, H., Vermeulen, R., Duyzer, J., Kramer, H., Hazeu, G., & Huss, A. (2018). Assessment of residential environmental exposure to pesticides from agricultural fields in the Netherlands. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, 28(2), 173–181. <https://doi.org/10.1038/jes.2017.3>

Caldas, E. D. (2019). Toxicological Aspects of Pesticides. In *Sustainable Agrochemistry* (p. 275–305). https://doi.org/10.1007/978-3-030-17891-8_9

Catarino, R., Gaba, S., & Bretagnolle, V. (2019). Experimental and empirical evidence shows that reducing weed control in winter cereal fields is a viable strategy for farmers. *Scientific Reports*, 9(1), 9004. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-45315-8>

Cruz, R. P. da, Federizzi, L. C., & Milach, S. C. K. (2001). Genética da resistência à ferrugem-da-folha em aveia. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 36(9), 1127–1132.

Dietz, J. I., Schierenbeck, M., & Simón, M. R. (2019). Impact of foliar diseases and its interaction with nitrogen fertilization and fungicides mixtures on green leaf area dynamics and yield in oat genotypes with different resistance. *Crop Protection*, 121(September 2018), 80–88. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.03.017>

Durunna, O. N., Robins, C., Scott, S. L., & Block, H. C. (2014). The effect of cultivar and fungicide application on the yield and quality of late-seeded forage oats used for swath grazing. *Professional Animal Scientist*, 30(3), 305–310. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)30121-2](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30121-2)

Dutra, R. M. S., & Souza, M. M. O. DE. (2017). Impactos Negativos do Uso de Agrotóxicos à Saúde Humana. *Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde*, 13(24), 127–140. Recuperado de <http://www.albayan.ae>

Federizzi, L. C., Acauan, L. R., Carvalho, F. I. F. de, & Bodanese-Zanettini, M. H. (1995). Variabilidade fenotípica de diferentes caracteres da panícula em aveia (*Avena sativa* L.). *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 30(2), 223–229.

Federizzi, L. C., Neto, J. F. B., Carvalho, F. I. F., Viau, L. V. M., Severo, J. L., Floss, E. L., Silva, A. C. (1993). Estabilidade do rendimento de grão em aveia: efeito do uso de fungicidas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 28(4), 465–472.

Follmann, D. N., Cargnelutti Filho, A., Lúcio, A. D., de Souza, V. Q., Caraffa, M., & Wartha, C. A. (2016). Genetic progress in oat associated with fungicide use in Rio Grande do Sul, Brazil. *Genetics and Molecular Research*, 15(4). <https://doi.org/10.4238/gmr15049390>

Gutkoski, L. C., De Almeida Bonamigo, J. M., De Freitas Teixeira, D. M., & Pedo, I. (2007). Development of oat based cereal bars with high dietary fiber content. *Ciencia E Tecnologia De Alimentos*, 27(2), 355–363. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612007000200025>

Holland, J. B., & Munkvold, G. P. (2001). Genetic relationships of crown rust resistance, grain yield, test weight, and seed weight in oat. *Crop Science*, 41(4), 1041–1050.

Lacerda, M. R., & Costenaro, R. G. S. (2016). Metodologias da pesquisa para Enfermagem e Saúde: da teoria à prática. (1ed). Porto Alegre: Moriá.

Lopes, C. V. A., & Albuquerque, G. S. C. (2018). Agrotóxicos e seus impactos na saúde humana e ambiental: uma revisão sistemática. *Saúde em Debate*, 42(117), 518–534. <https://doi.org/10.1590/0103-1104201811714>

Lorencetti, C., Carvalho, F. I. F., Marchioro, V. S., Benin, G., Oliveira, A. C., & Foss, E. L. (2004). Implicações da aplicação de fungicida na adaptabilidade e estabilidade de rendimento de grãos em aveia branca. *Ciência Rural*, 34(3), 693–700. <https://doi.org/10.1590/s0103-84782004000300007>

May, W. E., Ames, N., Irvine, R. B., Kutcher, H. R., Lafond, G. P., & Shirliffe, S. J. (2014). Are fungicide applications to control crown rust of oat beneficial? *Canadian Journal of Plant Science*, 94(5), 911–922. <https://doi.org/10.4141/CJPS2013-333>

Mourtzinis, S., Conley, S. P., & Gaska, J. M. (2015). Agronomic management and fungicide effects on Oat yield and quality. *Crop Science*, 55(3), 1290–1294. <https://doi.org/10.2135/cropsci2014.03.0184>

Nerbass Junior, J. M., Casa, R. T., Kuhnem, P. R., Gava, F., & Bogo, A. (2010). Modelos de pontos críticos para relacionar o rendimento de grãos de aveia branca com a intensidade de doença no patossistema múltiplo ferrugem da folha: helmintosporiose. *Ciência Rural*, 40(1), 1–6. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009005000228>

Oliveira, E. A. P., Zucareli, C., Fonseca, I. C. de B., de Oliveira, J. C., & Barros, A. S. R. (2014). Fungicida foliar e ambientes de cultivo na qualidade fisiológica de sementes de aveia branca granífera. *Journal of Seed Science*, 36(1), 15–24. <https://doi.org/10.1590/S2317-15372014000100002>

Piel, C., Pouchieu, C., Tual, S., Migault, L., Lemarchand, C., Carles, C., Woronoff, A. S. (2017). Central nervous system tumors and agricultural exposures in the prospective cohort AGRICAN. *International Journal of Cancer*, 141(9), 1771–1782. <https://doi.org/10.1002/ijc.30879>

Shapiro, H. (2019). Safe , sustainable , crop production : meeting the goals. *Fao*, (February), 12–13.

Silva, J. A. G., Wohlenberg, M. D., Arenhardt, E. G., Oliveira, A. C., Mazurkiewicz, G., Müller, M., & Pretto, R. (2015). Adaptability and Stability of Yield and Industrial Grain

Quality with and without Fungicide in Brazilian Oat Cultivars. *American Journal of Plant Sciences*, (June), 1560–1569.

Silva, V., Mol, H. G. J., Zomer, P., Tienstra, M., Ritsema, C. J., & Geissen, V. (2019). Pesticide residues in European agricultural soils – A hidden reality unfolded. *Science of the Total Environment*, 653, 1532–1545. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.441>

Soares, W. L., Firpo, M., & Porto, D. S. (2012). Uso de agrotóxicos e impactos econômicos sobre a saúde. *Rev. Saúde Pública*, 46(2), 209–217. Recuperado de <http://www.scielo.br/pdf/rsp/v46n2/3519.pdf>

Sooväli, P., & Koppel, M. (2011). Timing of fungicide application for profitable disease management in oat (*avena sativa* L.). *Zemdirbyste*, 98(2), 167–174.

Souza, G. D. S., Costa, L. C. A. DA, Maciel, A. C., Reis, F. D. V., & Pamplona, Y. D. A. P. (2017). Presence of pesticides in atmosphere and risk to human health: a discussion for the Environmental Surveillance. *Ciência & Saúde Coletiva*, 22(10), 3269-. <https://doi.org/10.1590/1413-812320172210.18342017>

Spadotti, G., Castro, A., Hideo, C., & Da, M. (2012). Ecofisiologia da aveia branca. *Scientia Agraria Paranaensis*, 11(3), 1–15.

Stillwell, S. B., Fineout-Overholt, E., Melnyk, B. M., & Williamson, K. M. (2010). Evidence-based practice Step by Step. *Am J Nurs*, 110(5), 41–47.

Van Den Berg, F., Kubiak, R., Benjey, W. G., Majewski, M. S., Yates, S. R., Reeves, G. L., & Van Der Linden, A. M. A. (1999). Emission of Pesticides Into the Air. *Water, Air and Soil Pollution*, 115, 195–218.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Laura Mensch Pereira – 30%

Eniva Miladi Fernandes Stumm – 30%

Juliana Boniatti Libardoni Buratti – 10%

José Antônio Gonzalez da Silva – 10%

Christiane de Fátima Colet – 10%

Carolina Renz Pretto – 10%