

UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS CHAPECÓ
CURSO DE LICENCIATURA EM HISTÓRIA

TAILANA BENELLI

HISTÓRIA AMBIENTAL DA FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA (2000)

CHAPECÓ
2024

TAILANA BENELLI

HISTÓRIA AMBIENTAL DA FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA (2000)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em História da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do título de Licenciada em História

Orientador: Prof. Dr. Samira Peruchi Moretto

CHAPECÓ

2024

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Benelli, Tailana
HISTÓRIA AMBIENTAL DA FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA NO
BRASIL (2000) / Tailana Benelli. -- 2024.
45 f.:il.

Orientadora: Professora Doutora Samira Peruchi
Moretto

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Licenciatura em História, Chapecó, SC, 2024.

1. Soja. 2. Ferrugem Asiática da Soja. 3. História
Ambiental. I. Moretto, Samira Peruchi, orient. II.
Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

TAILANA BENELLI

HISTÓRIA AMBIENTAL DA FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA NO BRASIL (2000)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em História da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do título de Licenciada em História.

Orientadora: Prof. Dr. Samira Peruchi Moretto

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 08/07/2024.

BANCA EXAMINADORA

Samira P. Moretto

Prof.^a Dr.^a Samira Peruchi Moretto – UFFS
Orientadora

 Documento assinado digitalmente
MARLON BRANDT
Data: 17/07/2024 18:34:51-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. Marlon Brandt – UFFS

Leandro G. Cruz

Me. Leandro Gomes Moreira Cruz – Casa de Oswaldo Cruz - COC/FIOCRUZ

À Salete Scapini Benelli e Sadi Benelli, meus pais, por todo carinho,
amor e apoio durante a graduação.

AGRADECIMENTOS

Ao encerrar esta etapa tão importante da minha vida acadêmica, não poderia deixar de expressar minha gratidão a todos que desenvolveram minha trajetória durante a graduação em História. Em primeiro lugar, agradeço ao meu irmão e aos meus pais, que sempre me apoiaram incondicionalmente. Vocês me ensinaram o valor do conhecimento e me incentivaram a seguir meus sonhos, mesmo diante das dificuldades. Sem o seu amor, compreensão e sacrifícios, eu não teria chegado até aqui.

Aos professores do curso de Licenciatura em História, minha eterna gratidão. Cada um de vocês, com sua dedicação e paixão pelo ensino, contribuíram de forma significativa para a minha formação. Suas aulas orientações valiosas me ajudaram a desenvolver um olhar crítico e uma compreensão mais profunda da História, sou muito grata por todo o conhecimento que compartilharam comigo.

Agradecimento especial à minha orientadora, Prof. Samira Peruchi Moretto, cuja orientação e apoio foram fundamentais para a realização deste trabalho. Sua paciência, sabedoria e dedicação foram essenciais para que eu pudesse concluir este trabalho. Sou profundamente grata por toda a sua ajuda e incentivo ao longo deste percurso.

Gostaria de agradecer ao Fronteiras: Laboratório de História Ambiental da UFFS, onde realizei minha iniciação científica e pude desenvolver a presente pesquisa. A todos os colegas do laboratório, muito obrigado por toda a colaboração. Aqui, também, devo minha gratidão à Universidade Federal da Fronteira Sul e à CAPES e a CNPq pelo constante incentivo à pesquisa e à docência.

Por fim, agradeço aos meus colegas de graduação. Vocês foram uma fonte constante de apoio, amizade e inspiração ao longo desses anos. Juntos, enfrentamos desafios, celebramos conquistas e compartilhamos inúmeras experiências que levarei comigo para sempre.

Este momento é o resultado de um esforço coletivo, e sou eternamente grata a todos que fizeram parte desta jornada. Muito obrigado!

“Não colhemos o que semeamos e o que cultivamos,
porém, apenas as sobras do que os inimigos das plantas nos
deixam. . .”

Karl Escherich

Resumo

A ferrugem asiática da soja é uma doença fúngica que causa significativas epidemias agrícolas, impactando severamente a produção de soja em diversas regiões e, conseqüentemente, o meio ambiente, especialmente devido ao pouco conhecimento que os agricultores tinham sobre a doença em seus estágios iniciais. Este estudo tem como objetivo compreender os primeiros focos da ferrugem no Brasil na década de 2000, ano de seu primeiro registro, e as conseqüências econômicas e ambientais geradas por esta doença. Nosso intuito é analisar as estratégias de manejo e controle adotadas, além de entender as implicações para os agricultores e o ambiente. A abordagem metodológica deste trabalho parte das características da História Ambiental, que utiliza uma variedade de fontes para compreender as ações humanas em relação ao meio ambiente e dialoga com outras áreas da ciência, como a agronomia. A análise será conduzida por meio de fontes históricas e bibliográficas, como o "Mapa de Dispersão" e a tabela "Custo Ferrugem, Informações sobre a Ocorrência da Ferrugem-Asiática e Perdas pela Doença nas Safras de Soja", produzidas pelo Consórcio Antiferrugem, que identificam os primeiros locais afetados e descrevem os problemas enfrentados pelos produtores, além de apresentar os custos de controle e as perdas de produção. As apresentações das Reuniões das Safras 2005/06 e 2006/07 fornecem uma visão detalhada das preocupações dos técnicos e das análises realizadas sobre a doença durante esses períodos. Os folders informativos, produzidos para orientar os agricultores, constituem outra fonte valiosa, oferecendo informações essenciais sobre a ferrugem. Além disso, matérias de jornais, como o artigo "Ferrugem ataca soja em 4 Estados" do Jornal Folha de São Paulo (2004), serão fundamentais para identificar os estados afetados e os custos relacionados à doença, principalmente na safra de 2004. Com essas fontes, pretendemos construir uma narrativa abrangente sobre o surgimento e o impacto da ferrugem asiática da soja no Brasil, na década de 2000, contribuindo para uma compreensão mais profunda das interações entre agricultura, economia e meio ambiente.

Palavras-chaves: Soja, Ferrugem Asiática, História Ambiental Global, epidemia agrícola, meio ambiente.

Abstract

Asian soybean rust is a fungal disease that causes significant agricultural epidemics, severely impacting soybean production in various regions and consequently the environment, especially due to the limited knowledge that farmers had about the disease in its early stages. This study aims to understand the initial outbreaks of rust in Brazil in the 2000s, the year of its first record, and the economic and environmental consequences generated by this disease. Our intention is to analyze the management and control strategies adopted, as well as understand the implications for farmers and the environment. The methodological approach of this work is based on the characteristics of Environmental History, which uses a variety of sources to understand human actions in relation to the environment and engages in dialogue with other scientific fields, such as agronomy. The analysis will be conducted through historical and bibliographic sources, such as the "Dispersal Map" and the "Rust Cost, Information on the Occurrence of Asian Soybean Rust and Losses Due to the Disease in Soybean Crops" table, produced by the Anti-Rust Consortium, which identify the first affected locations and describe the problems faced by producers, in addition to presenting control costs and production losses. The presentations from the 2005/06 and 2006/07 Crop Meetings provide a detailed view of the concerns of technicians and the analyses conducted on the disease during these periods. Informative brochures produced to guide farmers constitute another valuable source, offering essential information about rust. Additionally, newspaper articles, such as the article "Rust attacks soybeans in 4 States" from the Folha de São Paulo newspaper (2004), will be crucial to identify the affected states and the costs related to the disease, especially in the 2004 crop season. With these sources, we intend to build a comprehensive narrative about the emergence and impact of Asian soybean rust in Brazil in the 2000s, contributing to a deeper understanding of the interactions between agriculture, the economy, and the environment.

Key words: Soybean, Asian Rust, Global Environmental History, agricultural

Lista de Figuras

Figura 1 - Imagem mais antiga da soja, feita por Xinxiu Bencao, na China	17
Figura 2 - Descrição em latim, da soja, feita por Engelbert Kaempfer	20
Figura 3 - Plantação afetada pela ferrugem asiática da soja	24
Figura 4 -Pústulas do fungo biotrófico, <i>Phakopsora pachyrhizi</i> , no verso da folha, a face abaxial	27
Figura 5 - Desfolhagem precoce devido à destruição dos tecidos foliares	28
Figura 6 - Ferrugem asiática nas vagens da soja	28
Figura 7 - Mapa de dispersão da ferrugem asiática no Brasil, da safra 2004/05 (adaptado de Consórcio Antiferrugem)	34
Figura 8: Desenvolvimento do grãos na fase R5	35

Lista de Siglas

Conab - Companhia Nacional de Abastecimento

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Epagri Ciram - Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina

UFFS - Universidade Federal da Fronteira Sul

Sumário

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 SOJA: A DISPERSÃO DA ESPÉCIE.....	17
2.1 ORIGEM DA SOJA (GLYCINE MAX).....	17
2.2 DISSEMINAÇÃO E CULTIVO DA SOJA.....	19
2.3 SOJA NAS AMÉRICAS.....	21
2.4 A SOJA NO ÂMBITO NACIONAL.....	22
2.5 SOJA COMO A PRINCIPAL COMMODITY.....	23
3. FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA.....	25
3.1 O QUE É A FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA?.....	25
3.2 PRIMEIROS REGISTROS DA DOENÇA.....	26
3.3 SINTOMAS E IDENTIFICAÇÃO.....	27
3.4 DISSEMINAÇÃO E CONTAMINAÇÃO.....	30
3.5 MANEJO E CONTROLE.....	31
3.6 IMPACTOS DA FERRUGEM.....	33
4 FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA NO BRASIL NA DÉCADA DE 2000.....	33
4.1 PRIMEIROS REGISTROS DA FERRUGEM NO BRASIL.....	33
4.2 CONSÓRCIO ANTIFERRUGEM.....	35
4.3 COMPETIÇÃO DE MERCADO NA BUSCA DE CONTROLE PARA A FERRUGEM ASIÁTICA.....	40
5 CONCLUSÃO.....	41
REFERÊNCIAS.....	43
FONTES.....	47

1 INTRODUÇÃO

A ferrugem asiática da soja, provocada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi*, é uma doença fúngica que tem gerado epidemias agrícolas significativas no Brasil desde a década de 2000, podendo causar perdas de até 90% na produção se não for controlada adequadamente. Desde sua detecção inicial no Brasil, no início dos anos 2000, a ferrugem asiática tem sido uma preocupação constante para os agricultores, espalhando-se rapidamente em condições climáticas favoráveis como alta umidade e temperaturas amenas, o que compromete severamente o rendimento dos grãos.

O objetivo deste trabalho é analisar a história dos primeiros registros da ferrugem asiática da soja no Brasil na década de 2000. Pretendemos compreender em quais estágios ela foi identificada, explorar as estratégias de combate utilizadas nas primeiras tentativas de controle, e investigar os custos associados ao controle e as perdas na produção, além de avaliar seu impacto ambiental e econômico. Nos primeiros registros, os agricultores tinham pouco conhecimento sobre a doença e suas implicações, o que contribuiu para a resistência ao fungo e exacerbou os impactos econômicos e ambientais.

Para isso, serão analisados documentos e sites que apresentam recursos como mapas, apresentações, tabelas, folders e matérias de jornais sobre os primeiros focos da doença. Esses materiais fornecem informações detalhadas essenciais para a pesquisa, abordando as estratégias de controle da ferrugem asiática da soja, identificando os locais afetados inicialmente, descrevendo os desafios enfrentados pelos produtores, e oferecendo análises técnicas durante períodos críticos. São fontes valiosas que contribuem para uma compreensão mais profunda das interações entre agricultura, economia e meio ambiente no contexto da disseminação dessa doença.

A soja é uma das maiores commodities produzidas no mundo, destacando-se por sua "cadeia produtiva bem estruturada e que desempenha papel fundamental para o desenvolvimento econômico-social" (Hirakuri. Lazzarotto, 2014, p. 9). No Brasil, a soja é frequentemente referida como o "ouro brasileiro", tanto pela sua coloração amarelada quanto pelo seu alto valor de mercado, contribuindo significativamente para o PIB agrícola.

Em 2020, o Brasil se tornou o maior produtor de soja com 135,4 milhões de toneladas, em uma área de 38,5 milhões de hectares (Conab). Conforme divulgado em 11 de maio de 2023, pela Conab, na matéria “Nova estimativa para a produção de grãos na safra 2023/2024 está em 297,54 milhões de toneladas”, estima-se que a produção brasileira de grãos na safra 2022/2023 seja de 313,9 milhões de toneladas, um crescimento de 15,2% ou

41,4 milhões de toneladas sobre a safra anterior. A soja se destaca com o maior crescimento, com uma produção estimada em 154,8 milhões de toneladas, 23,3% maior do que na safra passada.

O argumento deste trabalho se baseia na relevância da soja como uma das principais commodities globais e na sua importância econômica para o Brasil. A soja, contudo, é uma leguminosa sujeita a diversas doenças e intempéries que comprometem seu desenvolvimento, produção e colheita, gerando grandes perdas econômicas devido à baixa produtividade e à necessidade de uso intensivo de produtos químicos para controle. Essa vulnerabilidade é exacerbada pelo modo em que é cultivada, geralmente em extensas monoculturas, tornando-a mais suscetível a doenças. Entre essas doenças, destaca-se a ferrugem asiática da soja, que causa epidemias agrícolas severas, não possui métodos eficientes de erradicação, apenas estratégias que mitigam a perda de produtividade. Isso resulta em impactos econômicos significativos e em efeitos ambientais adversos, como a degradação do solo e a expansão da área plantada.

Para a análise do surgimento e impacto da ferrugem asiática da soja, iniciaremos discutindo sobre o surgimento da soja, baseado em uma série de referências bibliográficas que exploram sua história e importância global. Gazzoni e Dall'Agnol (2018), em seu texto publicado pela Embrapa Soja, oferecem uma visão abrangente da origem, domesticação e expansão da soja da China ao Brasil. Moretto, Nodari e Nodari discutem a difusão da soja no oriente e sua introdução nas Américas, incluindo seu primeiro cultivo experimental no Brasil em 1882, na Bahia, por Gustavo Dutra.

Majo e Silva (2021), situam a origem da soja na Manchúria, China, e sua chegada nos Estados Unidos em 1786, inicialmente para a produção de shoyu, vermicelli e forragem. Janeque, Costa e Santana (2021), exploram a introdução da soja no continente africano em 1858, no Egito, e sua adoção comercial significativa em 1937, na África do Sul, para fortalecer a dieta dos mineradores.

Dall'Agnol (2016), registra o primeiro cultivo de soja no Brasil em 1882, trazida dos Estados Unidos para a Bahia, enfrentando desafios significativos de adaptação climática. Nei Duclós, contextualiza a expansão da soja no Brasil desde seu início na Bahia até sua disseminação no Sul, impulsionada pela Revolução Verde, transformando a agricultura brasileira em um setor moderno e tecnológico.

Majo e Silva, oferecem insights sobre a era pós-Segunda Guerra, conhecida como a Grande Aceleração, quando a agricultura se industrializa. A soja emergiu como uma

commodity central nesse contexto, impulsionando mudanças econômicas e socioambientais significativas que continuam a ser debatidas.

Quanto à ferrugem asiática da soja, nossas principais referências destacam-na como uma doença significativa. Amélio Dall'Agnol (2016), caracteriza a doença pelo desfolhamento precoce das plantas e má formação dos grãos, disseminando-se por meio do vento, altas temperaturas e chuvas, afetando todos os estágios de desenvolvimento da planta e resultando em grandes perdas na produção agrícola.

Segundo Godoy et al., (2020), a doença manifesta-se através de manchas escuras no tecido das plantas, visíveis em todos os estágios de crescimento e partes da planta, especialmente nas folhas. A doença causa a queda prematura das folhas, comprometendo significativamente a produtividade. Sinclair & Beckman (1989) explicam que a ferrugem asiática da soja reduz a atividade fotossintética ao destruir os tecidos foliares, resultando em desfolhamento precoce e encurtamento do ciclo de crescimento das plantas, o que impede a formação completa dos grãos e leva a uma diminuição na produção agrícola.

Yorinori, Lazzarotto e Junior (2004), traçam a disseminação da doença desde seu surgimento no Japão em 1902 até sua chegada ao Brasil e outros países da América Latina, destacando sua rápida expansão e os impactos econômicos significativos. A dissertação de Virgínia Crestani Viero, apresenta os primeiros registros da doença em diferentes partes do mundo e os danos específicos que causam às plantas.

Andrade e Andrade (2002), discutem a ameaça representada pela ferrugem asiática da soja à sojicultura brasileira, comparando-a com outras doenças foliares e descrevendo as condições climáticas ideais para sua disseminação. Este estudo nos ajuda a compreender a importância de estratégias preventivas e manejo eficaz para mitigar os impactos econômicos e ambientais da doença. Bertagnolli, Costamilan, Paiva e Yorinori (2003), é uma das principais referências sobre a ferrugem asiática da soja. Este trabalho aborda desde os primeiros registros da doença em safras iniciais até informações detalhadas sobre sua disseminação global.

A metodologia adotada nesta pesquisa fundamenta-se na História Ambiental, que busca compreender como os seres humanos são afetados pelo ambiente natural e como eles o afetam. Essa abordagem nos permite integrar materiais de várias disciplinas, promovendo um diálogo interdisciplinar com outras áreas das ciências, como a agronomia. Utilizaremos fontes e referências dessa área para compreender como a ferrugem asiática se tornou um agente transformador desde seus primeiros registros nas monoculturas de soja no Brasil, especialmente na década de 2000.

Em consonância a nossa metodologia, McCook (2008), destaca que "a história das epidemias agrícolas pode oferecer aos historiadores uma importante ferramenta para a escrita da história ambiental das commodities e da agricultura" (p. 89). Ele argumenta que as epidemias agrícolas geralmente surgem em áreas de interesse econômico humano e que as mudanças ambientais decorrentes dessas epidemias têm impactos socioambientais significativos. Esta abordagem será fundamental para nossa compreensão das mudanças ambientais e socioeconômicas provocadas pela ferrugem asiática da soja.

O artigo de André Felipe Cândido da Silva, destaca que as pragas e doenças têm

sido habitualmente compreendidas como eventos da história econômica ou como objetos da história das ciências e da tecnologia, com análises sobre os conhecimentos mobilizados para compreendê-las e combatê-las; os métodos utilizados no seu controle; as instituições e campanhas envolvidas nesses esforços (2022, p.03)

Esta perspectiva complementa nossa compreensão das dimensões históricas e socioeconômicas das doenças agrícolas, incluindo a ferrugem asiática da soja. Logo que, nos permite contextualizar como esses eventos afetam tanto a agricultura quanto a sociedade ao longo do tempo.

Partindo disso, nosso estudo se baseará em fontes históricas e bibliografias da área de agronomia, incluindo documentos produzidos pelo Consórcio Antiferrugem e pela Embrapa, que fornecem relatórios detalhados sobre a identificação e manejo da doença. Utilizaremos essas fontes para investigar não apenas a propagação geográfica da ferrugem asiática da soja, mas também os métodos e estratégias desenvolvidos para mitigar seus impactos na agricultura.

O "Mapa de Dispersão da Ferrugem Asiática no Brasil", disponibilizado pelo Consórcio Antiferrugem, é uma fonte crucial para este trabalho, o qual nos fornecerá informações detalhadas sobre a distribuição geográfica da doença em cada safra, na década de 2000, destacando os estados mais afetados e os estágios de desenvolvimento da soja nos quais a ferrugem foi identificada. A fonte, "Custo Ferrugem, Informações sobre a Ocorrência da Ferrugem-Asiática e Perdas pela Doença nas Safras de Soja", tabela também criada pelo Consórcio Antiferrugem, fornece dados quantitativos sobre os custos econômicos associados ao manejo e controle da ferrugem asiática da soja, ajudando a quantificar os prejuízos financeiros enfrentados pelos produtores e pela indústria agrícola brasileira.

A matéria do Jornal Folha de São Paulo, intitulada "Ferrugem ataca soja em 4 Estados" (2004), será uma fonte importante para amplificar a discussão ao situar a introdução e disseminação da ferrugem asiática no Brasil como uma ameaça significativa à agricultura, explorando suas possíveis origens e os impactos iniciais na produção de soja. O livro "Navios

que se Cruzam na Calada da Noite", de Vankrunkelsven, através da matéria da 'Gazeta do Povo' de 10 de janeiro de 2004, oferece uma análise detalhada das dinâmicas competitivas entre as empresas agrícolas na resposta à ferrugem asiática, destacando questões comerciais e estratégias industriais relacionadas ao controle da doença.

Com isso, em nosso primeiro capítulo, discutiremos sobre o surgimento da soja no continente asiático e sua domesticação. Exploraremos os processos de transformação da planta de uma espécie rasteira para uma de crescimento ereto, essencial para seu cultivo e disseminação.

Em seguida, faremos uma abordagem abrangente de como a soja se disseminou pelo continente asiático, passando pela China, Coreia e Japão, onde se tornou não apenas uma fonte alimentar essencial, mas também um elemento central nas tradições culinárias dessas regiões. Abordaremos também sua introdução no Ocidente, nos Estados Unidos, e como ela gradualmente se estabeleceu como uma cultura significativa na agricultura americana e posteriormente nas Américas.

Além disso, exploraremos como a Revolução Verde no pós-Segunda Guerra Mundial impulsionou ainda mais a produção e o cultivo de soja, transformando-a em uma commodity global de grande importância econômica. Discutiremos os impactos socioambientais dessa expansão, incluindo questões como desmatamento, uso intensivo de agroquímicos e os desafios contemporâneos de sustentabilidade enfrentados pela indústria da soja em todo o mundo.

No segundo capítulo, exploraremos a história ambiental global da ferrugem asiática da soja, destacando suas interações complexas com o ambiente natural e as práticas agrícolas ao longo do tempo. Começaremos investigando as origens da doença no Japão em 1902 e sua propagação ao redor do mundo, evidenciando como o aumento do comércio agrícola e a globalização contribuíram para a disseminação rápida do patógeno. Esse contexto histórico nos permitirá compreender como as mudanças climáticas e a conectividade global influenciaram a ecologia do fungo e sua capacidade de se adaptar a diferentes ambientes.

Além disso, abordaremos as respostas da agricultura moderna à ameaça da ferrugem asiática, desde o uso intensivo de fungicidas até o desenvolvimento de variedades transgênicas resistentes. Discutiremos como essas estratégias de manejo impactam não apenas a saúde das plantas de soja, mas também os ecossistemas circundantes e a segurança alimentar global. A análise dos desafios ambientais associados ao controle da doença revelará os dilemas éticos e práticos enfrentados pelos agricultores e legisladores na busca por soluções sustentáveis.

No terceiro capítulo, nossa análise se concentra nas fontes da década de 2000 sobre a ferrugem asiática da soja, explorando os primeiros registros da doença no Brasil e o papel crucial do Consórcio Antiferrugem. Investigaremos como esses elementos moldaram a trajetória da ferrugem asiática da soja no Brasil durante os anos 2000, desde os primeiros registros até as estratégias de manejo implementadas pelo Consórcio Antiferrugem e as complexidades da competição de mercado. Esta investigação não apenas delinea o panorama agrícola, mas também examina como esses fatores influenciaram as políticas de controle da doença.

A análise histórica das fontes da década de 2000 sobre a ferrugem asiática da soja revela os desafios enfrentados pelos agricultores brasileiros. Os primeiros registros da doença no Paraná, em 2001, marcaram o início de uma rápida disseminação para outras regiões produtoras como Rio Grande do Sul, São Paulo e Mato Grosso, resultando em perdas significativas de rendimento e desafios de manejo devido à falta inicial de produtos eficazes. O papel do Consórcio Antiferrugem, estabelecido em 2004, foi fundamental ao monitorar e disseminar informações sobre a doença, além de desenvolver estratégias de manejo essenciais para os agricultores enfrentarem a ameaça contínua da ferrugem asiática.

2 SOJA: A DISPERSÃO DA ESPÉCIE

2.1 ORIGEM DA SOJA (GLYCINE MAX)

A soja, (*Glycine max*), uma planta herbácea pertencente à família Fabaceae, é caracterizada por possuir caule mole e pequeno porte. Sua altura varia de 60 a 110 cm, dependendo das condições ambientais e da variedade (Farias, Nepomuceno, Neumaier). Essa dimensão favorece a colheita mecanizada. Atualmente, a soja é uma das commodities mais consumidas e produzidas em todo o mundo, desempenhando um papel crucial na cadeia produtiva do agronegócio (Câmara, 2015).

Originária do continente asiático, a soja já era domesticada na região da Manchúria, há cerca de 5.000 anos, no nordeste da China, local caracterizado como centro de distribuição de sua diversidade genética (Majo, Silva, 2021, p. 331). No século XI a.C, a soja era uma planta rasteira, mas por meio de cruzamentos naturais entre espécies de soja selvagem, bem como de processos de domesticação e seleção, ela evoluiu para uma planta de crescimento ereto (Figura 1). Essa transformação permitiu seu cultivo localizado, seguido por sua disseminação (Gazzoni. Dall’agnol, 2018).

Figura 1: Imagem mais antiga da soja, feita por Xinxiu Bencao, na China.



Fonte: SOYINFO CENTER

No entanto, estudos contemporâneos conduzidos por Moretto, Nodari e Nodari (2023) apresentam novas hipóteses sobre a origem da soja, estudos estes, que baseiam-se em registros históricos e achados arqueológicos. Na qual sugere-se que a soja possa ter surgido no vale do Rio Amarelo, uma região de terras férteis, no norte ou sul da China, ou até mesmo em vários centros de origem simultaneamente (p. 20). O botânico russo Vavilov (1951), ao estudar a origem da oleaginosa, identificou registros da planta nas regiões Central e Oeste da China.

Em consonância com essas investigações, há a possibilidade de que a origem da soja tenha ocorrido na região sul da China. Hanzawa, Sedivy e Wu (2017), no artigo “*Soybean domestication: the origin, genetic architecture and molecular bases*”, enfatizam que diversas variedades crioulas da soja, com uma vasta gama de diversidade genética, foram identificadas na área em torno do Rio Amarelo. Esta região é notável por abrigar uma quantidade expressiva de vestígios arqueológicos de soja, o que reforça a importância deste local no contexto da história da planta.

Gazzoni e Dall’agnol (2018) apresentam, em seu trabalho, autores que enfatizam o mais antigo registro da soja na dinastia Shang. O imperador Shen Nong, conhecido como o Imperador dos cinco grãos, incluiu a soja em seu livro *Pen Ts'ao Kong Mu* como um dos cinco grãos sagrados, tornando-a "a leguminosa mais importante da antiga cultura chinesa" (p. 23). Essa atribuição deu à datação de 841 a.C. como o primeiro registro da leguminosa,

em que os registros anteriores a esta data, “mais se aproximam de lendas que de fatos verdadeiros e comprováveis” (p.25).

No entanto, como apontado por Moretto, Nodari e Nodari (2023), esses mitos em torno do Imperador Shen Nong são atribuições feitas pelo historiador Han. Além disso, foram encontradas cerca de seis outras fontes com narrativas diferentes sobre Shen Nong, incluindo discrepâncias na datação de 841 a.C.

Os autores também lançam luz sobre o fato de que a soja não foi a primeira cultura a ser domesticada pelo homem, uma vez que aproximadamente trinta outras culturas foram domesticadas antes da soja. Onde, segundo a datação carbônica, a domesticação da soja ocorreu por volta de 3.100 anos atrás, enquanto as evidências moleculares datam entre 9.000 e 5.000 anos atrás.

Em relação aos estudos que apontam para a domesticação simultânea da soja, Majo e Silva (2021) enfatizam que esse processo ocorreu no norte da China, Japão e Coreia, antes de 5.000 a.C. Isso se deve ao fato de que essas regiões possuem padrões climáticos substancialmente distintos das regiões tropicais onde a soja se tornou uma cultura de grande relevância na atualidade.

Já para o contexto geográfico, há pesquisas que indicam as planícies baixas do norte da China como o local de sua primeira domesticação. Já para Vavilov quanto Harlan (apud Moretto, Nodari e Nodari 2023) apontam para a região nordeste da China como o centro da domesticação da soja. Esse processo histórico não apenas estabeleceu as bases para o cultivo da soja, mas também influenciou sua disseminação ao longo dos séculos.

2.2 DISSEMINAÇÃO E CULTIVO DA SOJA

Quanto à sua disseminação, ela ocorreu do norte para o sul da China, Coreia e Japão, chegando à região do Extremo Oriente, onde ficou conhecida como "a vaca da China". Isso se deve, em parte, ao fato de que as pessoas nessa região não consumiam leite animal. Assim, nessas localidades, a soja desempenhou um papel fundamental, integrando-se profundamente nas tradições culinárias e culturais.

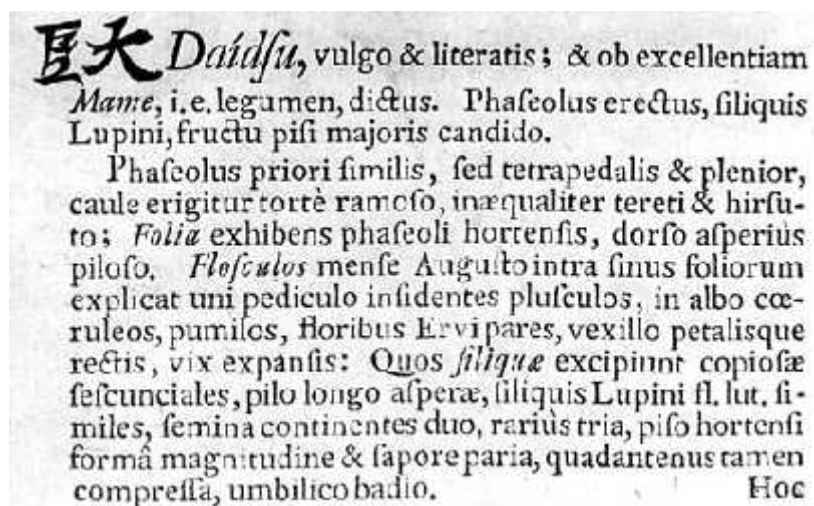
Nesse contexto, a leguminosa foi explorada de diversas formas, como pó, líquido e requeijão, e teve um papel vital na produção de uma ampla variedade de alimentos, como missô, tofu, shoyu e leite de soja. Além disso, “os grãos imaturos (verdes) e brotos de soja eram considerados altamente nutritivos e, portanto, consumidos em grandes quantidades pelos habitantes dos países do Oriente”(Gazzoni. Dall’agnol, 2018. p.25)

De acordo com Thomas Sorosiak (apud Moretto, Nodari e Nodari, 2023), a disseminação da soja pelas regiões asiáticas foi influenciada por missões de monges budistas, bem como por soldados, comerciantes e viajantes. Para Gazzoni e Dall'agnol (2018), o movimento de expansão da soja ocorreu, em grande parte, através das rotas marítimas e terrestres, como a Rota da Seda. Com isso, inicialmente, houve o conhecimento sobre a leguminosa e o interesse em suas aplicações culinárias, o que gradualmente levou a uma movimentação interna da leguminosa.

No Ocidente, a soja permaneceu praticamente desconhecida até o final do século XVII, quando viajantes e comerciantes começaram a registrar suas observações sobre essa leguminosa em seus diários e cartas (Gazzoni. Dall'agnol, 2018). Foi nesse período que o molho de soja também passou a ser objeto de comércio entre o Oriente e o Ocidente, como indicado por John Locke em 1679, quando ele mencionou em seus escritos que "manga e soja são dois molhos trazidos das Índias Orientais para a Inglaterra" (Gazzoni. Dall'agnol, 2018, p. 26).

De acordo com Moretto, Nodari e Nodari (2023), o interesse europeu pela soja foi despertado por volta de 1712, graças às publicações do botânico Engelbert Kaempfer (Figura 2), que estabeleceu uma conexão entre a soja e os produtos alimentares derivados dela. O primeiro cultivo significativo da soja ocorreu devido ao interesse científico na planta, em meados do século XVIII, de forma experimental (Gazzoni. Dall'agnol, 2018).

Figura 2: Descrição em latim, da soja, feita por Engelbert Kaempfer.



Fonte: SOYINFO CENTER

Essa motivação levou à introdução da soja na Europa, onde ela passou a ser cultivada inicialmente em jardins botânicos e em estações experimentais, com destaque para as

localidades da Holanda e da França. A primeira produção agrícola oficial de soja foi registrada em Dubrovnik na Croácia e posteriormente se expandiu para países como Romênia, Boêmia e Áustria (Majo, Silva, 2021).

2.3 SOJA NAS AMÉRICAS

Quanto à difusão da soja nas Américas, esta teve início nos Estados Unidos, em 1766. Conforme Majo e Silva (2021), algumas variedades da leguminosa teriam sido introduzidas por um ex-marinheiro da Companhia das Índias Orientais chamado Samuel Bowen. Ele trouxe a soja para a região colonial norte-americana de Savannah, na Geórgia, com o propósito de produzir shoyu, vermicelli (massa de soja) e forragem.

Nos Estados Unidos, em 1920, foi fundada a American Soybean Association, uma associação que representava toda a cadeia econômica da soja no país. Nesse período, teve início uma série de pesquisas promovidas por várias empresas, voltadas a conhecer a leguminosa. Esse interesse foi intensificado após o botânico alemão Hermann Bollmann separar a lecitina do óleo de soja em 1922, um avanço técnico que impulsionou consideravelmente o cultivo em larga escala da soja.

Esse progresso técnico também contribuiu para o aumento crescente do interesse industrial na produção da planta, especialmente porque a soja se adapta facilmente aos climas temperados e subtropicais. Essa adaptabilidade fez dos Estados Unidos um dos principais produtores mundiais de soja, como salientado por Majo e Silva (2021).

Durante o início do século XIX, o cultivo da soja aumentou significativamente na Prússia, Holanda e no sul dos Estados Unidos, principalmente para a produção de forragem e matéria-prima para a fabricação de alimentos à base da leguminosa, como, por exemplo, o molho de soja.

Além do Ocidente e da América do Norte, a disseminação da soja alcançou outras partes do mundo, chegando ao continente africano em 1858, no Egito. No entanto, o conhecimento sobre o primeiro produto comercial à base de soja, a farinha de soja, só emergiu em 1937, na África do Sul. Essa inovação foi introduzida por uma empresa moageira com o intuito de fortalecer a dieta dos mineradores na região (Janeque. Costa. Santana, 2021).

No Cone Sul, segundo Dall'agnol e Gazzoni (2018) a soja teve seu primeiro registro no Brasil, em 1882, na Argentina (1908), Uruguai (1911), Chile (1934) e Bolívia (1960). Vindo, posteriormente, cada país a contribuir para o desenvolvimento e expansão do cultivo da leguminosa na América do Sul.

2.4 A SOJA NO ÂMBITO NACIONAL

No Brasil, ela foi cultivada inicialmente no Estado da Bahia (1882), trazida dos Estados Unidos pelo professor Gustavo Dutra. No entanto, a leguminosa não se adaptou à baixa latitude do Estado (Dall'agnol, 2016), levando a sua migração para o Sul do país, por volta de 1920. Nesta localidade, ela encontrou climas favoráveis para o seu cultivo em Santa Rosa, região missioneira do Rio Grande do Sul.

Sua inserção, na região Sul do Brasil, se deve aos agricultores europeus, os quais aproveitaram o período de não uso dos silos de estocagem de trigo para armazenar os grãos de soja. Dessa forma, quando o trigo estava sendo plantado, a soja estava sendo armazenada e vice-versa, o que levou à obtenção de maiores lucros e menores gastos no armazenamento dos grãos (Andrioli, 2016).

Nos primeiros anos de sua produção, o foco não estava diretamente nos grãos da soja, mas sim em seu cultivo como planta forrageira destinada à alimentação animal (Hirakuri. Lazzarotto, 2014). Assim, a planta nativa da Ásia oriental encontrou no Brasil o ambiente ideal para fixar suas raízes, proporcionar mudanças e desencadear transformações significativas.

No início do século XX, a soja passou a ganhar destaque internacional, quando começou a ser produzida com interesse comercial. Esse desenvolvimento levou, na década de 1940, pós-Segunda Guerra Mundial, a área plantada de soja para a produção de grãos nos Estados Unidos a superar aquela destinada ao cultivo para forragem.

Seu avanço ocorreu em conjunto com a Revolução Verde, propagando-se em todo o mundo um novo modelo de agricultura. Nesse contexto, a soja experimentou um verdadeiro “boom”, assumindo o topo da lista dos grãos mais exportados. No Brasil, como observou Hasse (2011), “se a cana-de-açúcar lembra os tempos coloniais e o café recorda a transição do império para a república, a soja tem a cara do Brasil surgido depois da Segunda Guerra Mundial”, transformando o interior do país em uma região de agricultura moderna, tecnológica e mecanizada.

O movimento da Revolução Verde surge como uma resposta global às preocupações com o crescimento populacional acelerado e à distribuição desigual de alimentos, especialmente nos países em desenvolvimento no pós-Guerra. Esse movimento impulsionou o setor agrícola através da intensiva aplicação de inovações tecnológicas, visando aumentar significativamente a produtividade por meio de variedades de plantas de alto rendimento, fertilizantes químicos e tecnologias de mecanização (Dutra. Souza. 2017). Klug e Forneck

destacam que "o pacote agrícola criado para essa nova forma de produção inclui o uso intenso de agrotóxicos, visando controlar pragas e ervas daninhas e aumentar a produtividade das lavouras" (p. 85-86).

No Brasil, a Revolução Verde encontrou um ambiente propício. Adaptando-se às condições tropicais, o país implementou variedades geneticamente melhoradas, conhecidas como High Yielding Varieties (HYV), que demonstraram boa resposta aos fertilizantes. Além disso, foram adotadas tecnologias modernas de mecanização para otimizar a produtividade agrícola. Essas transformações foram fundamentais para remodelar o cenário agrícola brasileiro, especialmente durante as décadas de 1960 e 1970, consolidando o Brasil como um dos principais produtores globais de commodities agrícolas (Dutra. Souza. 2017).

O avanço da soja teve um impacto significativo não apenas no Brasil, mas também na agricultura mundial como um todo. Essa ascensão desempenhou um papel fundamental na disseminação do modelo da Revolução Verde para outros países. O Brasil, "não poupou solos, nem água e muito menos as florestas" (Klug e Forneck. p.86), tornando-se um dos maiores produtores e exportador de soja.

Foi também nesse período pós-guerra, por volta da década de 1970, que a soja transcendeu seu papel na transformação da agricultura e se tornou uma commodity global, conforme Majo e Silva (2021). A demanda por soja cresceu significativamente, não apenas como alimento para animais, mas também como matéria-prima para a produção de óleos vegetais, produtos industrializados e biocombustíveis.

A transformação da soja em uma commodity global teve implicações profundas no comércio internacional e na economia global. O mercado de soja tornou-se altamente significativo, com preços determinados por fatores globais, como aumento de safras em outros países, mudanças nas políticas comerciais e etc.

Isso fez da soja uma das culturas mais comercializadas no cenário econômico mundial. Com a população mundial projetada para aumentar em mais de 2 bilhões nas próximas décadas, a expansão da soja nos trópicos é inevitável, impulsionada pelo crescimento populacional e pela demanda internacional, exigindo uma expansão adicional de pelo menos 20 milhões de hectares (Majo e Silva. 2021).

2.5 SOJA COMO A PRINCIPAL COMMODITY

Atualmente, a soja é a principal oleaginosa produzida e consumida globalmente, devido ao seu alto teor de óleo e proteína nos grãos, que lhe conferem um grande interesse

econômico. Além disso, ela é uma fonte crucial para a produção de biodiesel, constituindo a base de pelo menos 80% da produção desse biocombustível no Brasil. De acordo com informações do MAPA (2022), na safra de 2019, foram esmagadas aproximadamente 20,1 milhões de toneladas de soja para a produção de biodiesel. Essa combinação de fatores, aliada ao aumento da demanda, transformou a soja em uma fonte significativa de receitas econômicas para os países produtores (Carvalho et al., 2023).

No cenário internacional, o Brasil assumiu a posição de maior produtor da leguminosa, destacando-se pelo “potencial para uma expansão de área e volume de produção, representando aproximadamente 48% dos 271,7 milhões de toneladas de grãos produzidos na 18 safra 2019/2020”. (Carvalho et. al, 2023, p. 53). Além disso, à medida que a produção de soja cresceu, as questões ambientais, como o desmatamento de áreas florestais para criar novas áreas de cultivo, a utilização excessiva de produtos químicos e outros problemas, emergiram como desafios significativos.

A monocultura, prática agrícola que envolve o cultivo de uma única espécie vegetal em uma extensa área de terra por longos períodos, apresenta diversos problemas que impactam negativamente o meio ambiente e a sustentabilidade agrícola. No contexto da soja no Brasil, a expansão da monocultura de soja tem contribuído significativamente para a degradação do solo, já que a falta de rotação de culturas reduz a fertilidade e aumenta a suscetibilidade à erosão. Além disso, essa prática favorece a proliferação de pragas e doenças específicas da cultura, exigindo o uso intensivo de agrotóxicos e pesticidas que contaminam o solo e os recursos hídricos, afetando também a saúde das populações locais e a biodiversidade (ZIMMERMANN. 2009).

Outro problema associado à monocultura de soja é o desmatamento e a perda de habitats naturais. Para atender à crescente demanda por soja, vastas áreas de florestas e cerrado são desmatadas, levando à perda de biodiversidade e ao aumento das emissões de gases de efeito estufa. O desmatamento não só destrói os ecossistemas, mas também perturba os ciclos hidrológicos, reduzindo a capacidade de retenção de água do solo e aumentando a ocorrência de eventos climáticos extremos, como secas e inundações. Portanto, embora a soja seja uma commodity de grande importância econômica, sua produção em larga escala por meio da monocultura representa um desafio significativo para a sustentabilidade ambiental no Brasil e no mundo (ZIMMERMANN. 2009).

O impacto ambiental da expansão da soja tem se tornado uma preocupação crescente e recente, a fim de se adequar a práticas agrícolas mais sustentáveis e a conservação das áreas naturais. Tais preocupações surgem da necessidade de equilibrar o crescimento da produção

de soja com a proteção do meio ambiente e a manutenção da biodiversidade, desafios complexos que devem ser abordados para garantir um futuro sustentável para a cultura da soja em todo o mundo.

3. FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA

3.1 O QUE É A FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA?

A ferrugem asiática da soja, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi*, é uma das doenças mais destrutivas que afetam a sojicultura globalmente. Este patógeno é um fungo biotrófico, que depende das células vivas da planta hospedeira para sua sobrevivência e reprodução (Godoy et al., 2020). A doença é disseminada através de esporos externos à plantação, conhecidos como inóculo. Mesmo uma pequena quantidade de esporos pode causar infecções severas nas plantações, resultando em um impacto significativo na produtividade das culturas (Godoy et al., 2020).

O *Phakopsora pachyrhizi* possui uma alta capacidade de dispersão e adaptação, o que o torna uma ameaça constante para as lavouras de soja (Figura 3). Ele sobrevive em plantas hospedeiras alternativas e pode ser transportado pelo vento por longas distâncias, facilitando a rápida propagação da doença entre regiões.

Figura 3: Plantação afetada pela ferrugem asiática da soja



Fontes: A Lavoura

Esse patógeno reflete um padrão observado por McCook em seu texto, onde ele argumenta que as epidemias agrícolas não são eventos aleatórios, mas resultam da interação

de fatores naturais e humanos. Logo que, para ele, os “patógenos causadores de epidemias frequentemente seguem o movimento de pessoas; a expansão global das epidemias muitas vezes espelha a expansão global de pessoas” (p. 89). Isso pode ser claramente observado na disseminação da ferrugem asiática da soja, onde a mobilidade humana e o comércio global contribuíram para a propagação rápida e ampla do fungo.

3.2 PRIMEIROS REGISTROS DA DOENÇA

A ferrugem asiática da soja teve um histórico marcado por uma progressão geográfica que reflete a interação entre fatores ambientais e humanos. Seu primeiro registro no continente asiático, em 1902, no Japão, onde inicialmente permaneceu localizada. Contudo, sua transformação em epidemia só ocorreu em 1914, conforme descrito por Virgínia Crestani Viero em sua dissertação intitulada "Epidemiologia comparativa entre a ferrugem asiática da soja e a ferrugem da folha do trigo", a doença permaneceu limitada aos países da Ásia, Índia e Austrália neste período.

Ao longo das décadas seguintes, a doença expandiu seu alcance geográfico. Em 1990, foi documentado seu primeiro registro na África, seguido por casos no Havaí, por volta do ano de 1994. Sendo encontrada dois anos mais tarde, precisamente em 1996, na Uganda, “em uma área experimental” (Yorinori et al., 2004, pág. 10), na qual foi confirmado problemas severos do patógeno nas plantações da leguminosa. Ainda temos o registro dela na Kenia, Ruanda, Zimbábue e Zâmbia no ano de 1998.

A ferrugem asiática chegou à África do Sul em 2001, onde também causou severos danos, conforme relatado por Yorinori, Lazzarotto e Junior (2004). Bertagnolli et al., (2003) constataram que em “5 de março de 2001, na localidade de Pirapó (Itapúa), Paraguai” (pág. 05), ocorreu o primeiro registro da doença no continente americano.

Segundo, Bertagnolli et al. (2003), o fungo teria chegado na América através dos uredosporos, os quais “são facilmente disseminados pelo vento, para lavouras próximas ou a longas distâncias, porém, não são transmitidos pela semente. Supõe-se que esporas do fungo tenham atravessado o Oceano Atlântico ou o Oceano Pacífico” (p.13-14) ou até mesmo pela Austrália, que estava com casos severos da doença. Consequentemente, ainda em 2001, a ferrugem asiática da soja alcançou o Brasil, marcando sua entrada no país e desencadeando medidas intensivas de controle e monitoramento por parte das autoridades agrícolas e pesquisadores.

No Brasil, houve registros anteriores, porém, Andrade e Andrade (2002) esclarecem que os casos de ferrugem anteriores a 2001, como o registrado em Lavras (MG), em 1979, eram causados pelo fungo *Phakopsora meibomia*, também conhecida, como ferrugem americana, que é menos agressivo que o *Phakopsora pachyrhizi*. A qual “raramente causa perdas, ocorre em condições de temperaturas amenas (média abaixo de 25° C) e umidade relativa elevada, estando localizada nas regiões dos Cerrados com altitudes superiores a 800m e na Região Sul” (Yorinori et al., 2004, p.09)

Conforme a Revista Rural, em sua matéria “Ferrugem Asiática - A Ameaça Continua”, de setembro de 2009, a ferrugem americana, em seu primeiro registro em Lavras, ocorreu “no final da safra, em soja “safrinha” (outono/inverno) e em soja guaxa, estando restrita às áreas de clima mais ameno”. A ferrugem americana não oferece riscos aos agricultores quanto a perda na produção, diferente da ferrugem asiática da soja, cuja disseminação e severidade requerem atenção constante dos produtores.

Esta trajetória evidencia como a globalização, o comércio internacional de produtos agrícolas e as práticas de cultivo têm contribuído para a propagação de doenças em escala global, como neste caso a ferrugem. Além disso, a expansão da monocultura de soja e a falta de diversificação de cultivos também desempenharam um papel significativo no aumento da suscetibilidade das plantações à ferrugem asiática.

3.3 SINTOMAS E IDENTIFICAÇÃO

Os sintomas podem ocorrer em todos os estágios de desenvolvimento da planta (Figura 1), desde que haja um ambiente adequado para o desenvolvimento do fungo. Embora sejam mais característicos nas folhas, a infecção pode se estender aos pecíolos e hastes. Quando todo o tecido foliar está infectado, isso pode resultar na queda prematura das folhas, comprometendo significativamente a saúde e produtividade da planta (Godoy et al., 2020).

Os sintomas iniciais da ferrugem incluem pequenas manchas amarelas nas folhas, que eventualmente se desenvolvem em pústulas contendo esporos (Figura 4). Essas pústulas rompem a epiderme foliar, liberando esporos que podem ser facilmente transportados pelo vento para outras plantas.

A identificação é realizada na face abaxial, ou seja, no verso da folha, onde se observam pequenas feridas ou bolhas que correspondem às estruturas de reprodução do fungo, as urédias (Abdelnoor et al., 2021). Essas pequenas lesões foliares apresentam um

aspecto encharcado e gradualmente aumentam de tamanho (Andrade & Andrade, 2022, p. 2). A observação pode ser facilitada pelo uso de uma lupa com aumento de 10 a 20 vezes.

Figura 4: Pústulas do fungo biotrófico, *Phakopsora pachyrhizi*, no verso da folha, a face abaxial.



Fonte: (Embrapa soja, 2021)

Além das lesões na folhagem, a ferrugem asiática reduz significativamente a capacidade fotossintética da planta, levando à desfolhagem precoce (Figura 5). Viero (2008) explica que

a ferrugem asiática da soja reduz a atividade fotossintética pela destruição dos tecidos foliares, causando desfolha prematura e redução do ciclo. A queda prematura das folhas não permite a plena formação dos grãos (SINCLAIR & BACKMAN, 1989). Sempre que a doença inicia o processo infectivo logo no início do estágio reprodutivo (R1/R2) da soja, [...]. (p. 23)

Como resultado, a capacidade fotossintética da planta é significativamente reduzida, o que leva a uma menor produção de grãos (Del Ponte et al.), assim, “quanto mais cedo ocorrer a desfolha, menor será o tamanho dos grãos e, conseqüentemente, maior a perda de rendimento e de qualidade (sementes verdes)” (Bertagnolli et al., 2003, p.14) como também atinge a saúde geral da planta. Plantas enfraquecidas são mais suscetíveis a outras doenças e estresses ambientais, o que pode agravar ainda mais as perdas de produtividade.

Figura 5: Desfolhagem precoce devido à destruição dos tecidos foliares.



Fonte: Mais Soja, 2021.

O fungo também afeta o enchimento e a formação das vagens e dos grãos (Figura 6), causando deformações e até mesmo vagens vazias, assim “quanto mais cedo ocorre a desfolha, menor é o tamanho dos grãos e menor o rendimento e qualidade do produto colhido” (Furlan. p.32). Esses efeitos destacam a severidade da ferrugem asiática da soja como um desafio contínuo para os agricultores, não apenas reduzindo a quantidade final de grãos, mas também comprometendo sua qualidade.

Figura 6: Ferrugem asiática nas vagens da soja.



Fonte: Compre Rural

Os impactos gerados pela ferrugem asiática da soja são profundos e abrangentes, influenciando significativamente a produção agrícola, a economia e o meio ambiente. A doença exige que os sojicultores enfrentem desafios contínuos para controlá-la, o que demanda monitoramento constante e a aplicação de fungicidas específicos. Além disso, o uso intensivo de fungicidas pode ter efeitos ambientais adversos, como a contaminação do solo e da água, além de contribuir para o desenvolvimento de resistência aos patógenos. A gestão da ferrugem asiática da soja continua a ser um desafio multifacetado para os agricultores,

destacando a necessidade crítica de uma identificação precoce e eficaz dos sintomas da doença. Em um contexto global de mudanças climáticas imprevisíveis, as condições ideais para o desenvolvimento do fungo podem variar drasticamente, aumentando a complexidade do manejo e a pressão sobre as práticas agrícolas sustentáveis.

3.4 DISSEMINAÇÃO E CONTAMINAÇÃO

A disseminação da ferrugem asiática da soja é principalmente mediada pelos uredosporos, que são dispersos pelo ar ou pelos longos períodos de chuvas, permitindo um rápido alastramento por vastas áreas territoriais (Dall'agnol, 2016). O ciclo epidêmico se inicia com a germinação dos uredosporos e a formação do tubo germinativo, seguido pelo seu crescimento na superfície da folha até a formação do apressório, o qual pode penetrar diretamente pela epiderme foliar (Filho et al., 2020, p.18).

A contaminação ocorre sob condições específicas de temperatura, entre 15°C e 28°C, e umidade, onde a superfície foliar permanece úmida ou molhada por pelo menos seis horas. Essas condições são ideais para a germinação dos esporos e a penetração do fungo nos tecidos foliares, diferenciando-se de outras doenças fúngicas que entram na planta pelos estômatos (Filho et al., 2020, p.19).

Uma vez germinados na superfície da folha, os esporos formam estruturas de infecção que penetram na cutícula e na epiderme foliar, estabelecendo uma conexão direta com as células do hospedeiro. O fungo se desenvolve internamente, formando haustórios que extraem nutrientes das células vivas, resultando em lesões visíveis.

A doença se desenvolve ao longo de todos os estágios de crescimento da planta e afeta diversas partes dela, com maior incidência frequentemente observada próximo ao período de florescimento (Filho et al., 2020). Durante o estágio de esporulação, aproximadamente nove dias após a inoculação, urédias são formadas na subepiderme, apresentando coloração pardo-clara a pardo-avermelhada. Nesse período, os esporos são liberados pelas urédias (Moraes, 2018; Reis et al., 2012). No estágio final de desenvolvimento da doença, caracterizado pelo amarelamento prematuro da planta, ocorre sua queda devido ao aumento das lesões (Moraes, 2018; Reis et al., 2012).

Além da dispersão pelo ar, os esporos de ferrugem podem ser transportados por máquinas agrícolas, ferramentas e até mesmo pelos trabalhadores, facilitando a disseminação da doença entre diferentes campos e regiões. A movimentação de plantas e produtos vegetais infectados também contribui para a propagação do patógeno.

Apesar do patógeno, do ambiente e da planta serem os principais elementos da dispersão e contaminação da doença, “o ambiente tem influência predominante sobre os outros dois elementos. Destaca-se o fator ambiental climático, que é o mais importante na propagação das epidemias” (Lima. 2020, p.16).

3.5 MANEJO E CONTROLE

A ameaça representada pela ferrugem asiática da soja é uma preocupação constante para os agricultores, visto que pode resultar em perdas significativas na produção, alcançando até 90% em alguns casos (Conab, 2024). Enfrentar essa adversidade demanda a adoção de medidas rigorosas de manejo e controle, uma vez que a presença persistente desse fungo nos campos representa um desafio contínuo para a agricultura da soja.

Apesar dos esforços empreendidos, ainda não existe uma solução definitiva para o problema. As práticas preventivas, como o vazio sanitário, a rotação de culturas e a aplicação de fungicidas, têm sido adotadas para minimizar o impacto da ferrugem asiática (Filho, Nesi, Pelin, 2020, p. 19). Entre essas práticas, a aplicação de fungicidas e o vazio sanitário tem sido uma estratégia amplamente escolhida pelos agricultores, embora seu uso inadequado possa resultar em consequências adversas.

No controle químico, é essencial agir preventivamente ou nos estágios iniciais da infecção para garantir uma eficácia satisfatória. Além disso, estratégias de manejo cultural, como a rotação de culturas e a eliminação de hospedeiros, são fundamentais para reduzir a incidência da doença. A utilização de variedades de soja geneticamente resistentes também é uma medida eficaz na proteção das plantações.

A aplicação adequada de fungicidas, especialmente os dos grupos dos triazóis e das estrobilurinas, têm se mostrado eficazes quando realizada no momento oportuno (Andrade, Andrade, 2002). O monitoramento constante da presença e evolução do patógeno é crucial para determinar a melhor estratégia de controle.

No entanto, enfrentamos desafios significativos devido à resistência que os fungos desenvolvem em resposta ao uso frequente de fungicidas. Como uma estratégia de sobrevivência, “quando fungicidas de modo de ação específicos começam a ser aplicados, tendem a eliminar populações mais sensíveis do patógeno, aumentando a frequência das populações menos sensíveis” (IDARON). Essa resistência pode se propagar entre diferentes fungicidas com modos de ação semelhantes, mesmo que essas populações não tenham sido previamente expostas a todos os produtos químicos disponíveis.

A rotação de culturas é uma estratégia eficaz na prevenção da ferrugem asiática da soja. Ao alternar a soja com outras culturas que não são hospedeiras do fungo, como o milho, reduz-se significativamente a sobrevivência do patógeno no solo. Dessa forma, quando a soja for plantada, o risco de contaminação será menor, contribuindo para um ambiente agrícola mais saudável e produtivo.

Dentre as medidas tomadas, destaca-se também o vazio sanitário, período sem cultivo de soja durante a entressafra, a qual possui em média 60 a 90 dias, também desempenha um papel importante na interrupção do ciclo de vida do fungo e na redução da sobrevivência dos esporos. Com isso, o resultado esperado “é o atraso nas primeiras ocorrências de ferrugem-asiática na safra, diminuindo a possibilidade de ocorrência da doença nos estádios iniciais do desenvolvimento da soja nas primeiras semeaduras” (Godoy et al., 2020, p.12). Ao adotar essa medida, os agricultores, podem mitigar os danos causados pela ferrugem asiática da soja, proteger suas plantações de forma mais eficaz e diminuir o uso de fungicidas.

Esta prática é implementada anualmente, com as datas específicas variando conforme a região, para interromper o ciclo de vida do fungo *Phakopsora pachyrhizi* e reduzir sua sobrevivência entre as safras. Os órgãos públicos, especialmente o Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) e os Órgãos Estaduais de Defesa Sanitária Vegetal, são responsáveis por normatizar e fiscalizar o cumprimento deste vazio sanitário. A Portaria nº 306/2021 do MAPA, que atualiza o Programa Nacional de Controle da Ferrugem Asiática da Soja, estabelece as diretrizes para estas ações estratégicas de defesa sanitária, contando com o suporte da pesquisa agrícola e da assistência técnica para garantir a eficácia das medidas adotadas (CNA. 2023)

Além disso, atualmente o uso de sementes de soja transgênica, se tornaram “menos sujeitas a perdas de produtividade, ajudam a reduzir a pressão de seleção para resistência do fungo aos fungicidas” (Godoy et al., 2020). Paralelamente, os custos com fungicidas representam uma parte significativa dos gastos dos agricultores, devido à necessidade de aplicações preventivas e curativas ao longo da temporada de cultivo. A adoção de variedades transgênicas resistentes à ferrugem tem sido uma estratégia eficaz, embora onerosa, para reduzir as perdas de produtividade associadas à doença (Côrtes. 2022).

Essas ações colaborativas são essenciais para enfrentar a ferrugem asiática da soja de maneira coordenada e eficiente, garantindo a sustentabilidade da produção de soja no Brasil.

3.6 IMPACTOS DA FERRUGEM

A ferrugem asiática da soja teve um impacto econômico profundo na sociedade brasileira, especialmente na década de 2000. Os prejuízos causados pela doença foram enormes, alcançando bilhões de dólares em perdas de produção e custos adicionais com fungicidas. Agricultores enfrentam reduções significativas na produtividade das lavouras, com perdas de rendimento que variavam de 30% a 75% em algumas áreas mais afetadas (Bertagnolli et al.). Além dos custos diretos associados à compra de produtos químicos para controle da doença, houve também despesas operacionais elevadas devido à necessidade de múltiplas aplicações ao longo da safra, exacerbando os custos de produção e reduzindo a rentabilidade dos agricultores.

Além disso, a ferrugem asiática revelou a vulnerabilidade das monoculturas intensivas, destacando a dependência do setor agrícola em relação a tecnologias específicas e suscetíveis a pressões biológicas como a resistência fungicida. A crise causada pela doença não apenas compromete a segurança alimentar e a estabilidade econômica das regiões produtoras de soja, mas também gerou incertezas no mercado global de commodities agrícolas.

4 FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA NO BRASIL NA DÉCADA DE 2000

4.1 PRIMEIROS REGISTROS DA FERRUGEM NO BRASIL

A ferrugem asiática, gerou uma série de perdas nos primeiros contatos, logo que os agricultores e até mesmo profissionais da assistência técnica tinham pouco conhecimento sobre a doença (Yorinori et al., 2004). Em 2001, a doença foi registrada no Brasil, no estado do Paraná, região sul do país. Duas safras depois, ela já estava presente nas principais regiões produtoras do Brasil, incluindo os estados do Rio Grande do Sul, São Paulo, Mato Grosso do Sul e Mato Grosso, sendo esses os locais mais atingidos (Yorinori et al., 2005).

Uma das maiores dificuldades enfrentadas pelos agricultores foi a ausência de produtos registrados especificamente para o controle da ferrugem asiática. A fonte, intitulada "Custo Ferrugem, Informações sobre a Ocorrência da Ferrugem-Asiática e Perdas pela Doença nas Safras de Soja" do Consórcio Anti-ferrugem, observa que os sojicultores não estavam preparados tanto para a realização do diagnóstico, quanto para o controle, logo que "não havia produtos registrados para ferrugem da soja e 80% das aplicações para controle das

doenças de final de ciclo eram feitas com benzimidazóis (que não são eficientes no controle da ferrugem)" (Consórcio Anti-ferrugem, p. 1).

Segundo as informações do “Documentos 204 Ferrugem da Soja: identificação e controle”, da Embrapa, escrito por Bertagnolli, Costamilan, Paiva e Yorinori (2003), ainda na safra 2001/02,

os municípios mais atingidos foram: Passo Fundo, Cruz Alta, Ciríaco (distrito de Cruzaltinha) (RS); Ortigueira, Ponta Grossa, Guarapuava (PR); Chapadão do Sul, Costa Rica, São Gabriel D'Oeste (MS); Chapadão do Céu, Rio Verde, Jataí, Mineiros, Portelândia, Santa Rita do Araguaia (GO), e Alto Taquari, Alto Araguaia, Alto Garças (MT). Perdas de rendimento ao nível de lavoura, variando de 30% - 75%, foram registradas em Chapadão do Sul, Costa Rica, Alto Taquari e Chapadão do Céu. Somente nos municípios de Chapadão do Sul e Costa Rica (MS) e Chapadão do Céu (GO), que representam cerca de 220.000 ha de soja, houve perdas de 30% da produção (cerca de 59.281,4 r. a 50 sacos/h a) ou o equivalente a US\$13,00 milhões (US\$220,50/t). (p. 10)

A variação nas perdas de rendimento, que pode chegar a 75%, indica que a ferrugem asiática não só afeta a produtividade das lavouras, mas também ameaça a sustentabilidade econômica dos produtores de soja em larga escala.

Na safra 2002/03, conforme relatado, na fonte, o Jornal Folha de São Paulo (2004) em sua matéria “Ferrugem ataca soja em 4 Estados”, “o fungo só foi localizado em janeiro e teve uma atuação mais branda, causando um prejuízo calculado em US\$ 1 bilhão -3,2 milhões de toneladas” de soja. Segundo as informações da tabela do Consórcio Antiferrugem, a doença, nesta safra, atingiu aproximadamente “80% da área cultivada com soja, exigindo, em média, três aplicações. Havia somente cinco produtos registrados em caráter emergencial para o controle da doença e se desconhecia a eficiência dos produtos em condições de alta pressão da doença” (p.1). Além disso, houve um grande descrédito por parte dos produtores em relação à gravidade da epidemia e uma falta generalizada de produtos disponíveis para o combate efetivo da ferrugem asiática.

Na safra 2003/04, conforme apresentado na fonte, “Reunião da Safra 2004/05” do Consórcio Antiferrugem, os prejuízos causados pela ferrugem asiática aos produtores e ao país foram estimados em US\$ 2 bilhões (p. 3). Segundo a tabela de “Custo Ferrugem, Informações sobre a Ocorrência da Ferrugem-Asiática e Perdas pela Doença nas Safras de Soja”, a doença foi “detectada em praticamente 70% do território brasileiro, exigindo, em média, 3,5 aplicações. Houve problema de falta de produtos para controle” (p.1), o que dificultou ainda mais a contenção da doença.

Isso, ilustra de forma contundente as tensões e desafios inerentes ao sistema de monocultura de soja no Brasil. A localização tardia do fungo e sua subsequente disseminação evidenciam a vulnerabilidade das áreas cultivadas frente a patógenos, exacerbada por uma

falta de preparação e resposta eficaz por parte dos produtores e das autoridades. A falta de produtos adequados e a desconfiança dos produtores em relação à gravidade da epidemia são indicativos de um sistema agrícola que carece de integração entre pesquisa, extensão rural e práticas de manejo adaptativas. Essa desconexão resulta em respostas fragmentadas e ineficazes, exacerbando os danos econômicos e ambientais.

4.2 CONSÓRCIO ANTIFERRUGEM

Uma das políticas pensadas em âmbito nacional para o monitoramento da ferrugem asiática, bem como para ajudar os sojicultores a entender a doença, sua identificação e formas de manejo, foi o desenvolvimento do Consórcio Antiferrugem, pela Embrapa Soja, em 2004, juntamente com outras instituições públicas e privadas. Seu principal objetivo é ajudar no “monitoramento da dispersão da doença no Brasil e divulgação das informações de detecções por meio do mapa de focos disponibilizado na internet” e também para “levar ao agricultor todas as informações disponíveis sobre a doença e capacitá-lo em manejar a doença” (Godoy. Embrapa Soja).

O Consórcio é responsável por disponibilizar informações para subsidiar pesquisas, para os técnicos e produtores do campo. Sua página na internet, hoje, contém materiais diversos, como pesquisas, relatório de reuniões, orientações técnicas e o monitoramento em tempo real dos focos da doença durante as safras.

Um dos principais materiais oferecidos pelo Consórcio Antiferrugem é o "Mapa de dispersão da ferrugem asiática no Brasil". Este mapa permite identificar os primeiros registros em cada safra, o laboratório que os constatou, a quantidade de registros por estado, o estágio de desenvolvimento da soja em que a doença foi identificada e notícias sobre as ocorrências (Figura 7).

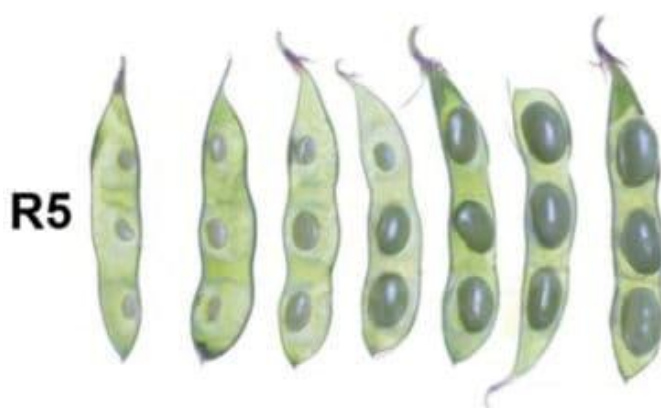
Figura 7: Mapa de dispersão da ferrugem asiática no Brasil, da safra 2004/05 (adaptado de Consórcio Antiferrugem)



Fonte: adaptado de Consórcio Antiferrugem

As informações disponíveis acima, em nossa fonte, são referentes à safra de 2004/05 (Figura 4), durante a qual foram registradas 332 ocorrências de ferrugem asiática, destacadas pelos pontos em vermelho. Destas, 128 ocorreram no Estado do Paraná, o maior produtor brasileiro da leguminosa. Entre os registros, 133 ocorreram no estágio R5 de desenvolvimento (Figura 8), correspondente ao período de enchimento dos grãos e maturação da planta, estes dados evidenciam a severidade do impacto da doença em momentos críticos para a produtividade (Consórcio Antiferrugem).

Figura 8: Desenvolvimento do grãos na fase R5



Fonte: Imagem adaptada de Rehagro Blog.

Neste estágio de desenvolvimento dos grãos, se a planta for acometida pela doença, pode ocorrer uma falha na formação dos grãos e, nos estádios mais avançados de R5, uma

redução significativa no tamanho e peso dos grãos. Além disso, condições de estresse podem agravar ainda mais essa redução (Rehagro Blog).

Já na apresentação da Reunião referente a “Safr 2005/06”, o Consórcio Antiferrugem ressaltou um panorama geral da doença, apontando diversos problemas enfrentados, como “falhas de controle, atraso nas aplicações, redução em volume de aplicação e dose, problemas com produtos (flutriafol), resistência do fungo ao fungicida?”(p.31).

A resistência do fungo ao fungicida foi especialmente preocupante, pois havia incertezas sobre a eficácia dos produtos disponíveis para controle em condições de alta pressão da doença. Os sojicultores enfrentaram dificuldades no diagnóstico e frequentemente usaram apenas meia dose de fungicidas ou aplicaram os produtos químicos tardiamente, exacerbando o problema (Consórcio Antiferrugem. p. 2).

Nesta Safr, segundo os dados apresentado no Mapa de dispersão, temo um aumento das ocorrências, com 1358 registros, dos quais 586 foram diagnosticados no estágio R5 e 201 no estágio R3, evidenciando a severidade do impacto da doença durante períodos críticos para a definição dos componentes de rendimento da planta, como o número de vagens por planta. Identificar a doença somente nessa fase pode levar à má formação das vagens e à consequente redução da produtividade.

A resistência do fungo aos fungicidas e as dificuldades enfrentadas pelos sojicultores evidenciam uma desconexão entre as práticas recomendadas e a realidade do campo. A adoção de doses inadequadas de fungicidas não só exacerba o problema da resistência, mas também sugere uma falta de suporte e educação contínua para os agricultores. Isso resalta a importância de fortalecer as redes de extensão rural e de promover a pesquisa participativa, que envolva diretamente os agricultores na busca de soluções adaptadas às suas condições específicas.

A safr de 2006/07 apresentou um aumento significativo no número de ocorrências de ferrugem asiática, totalizando 1.419 registros, 68 a mais do que na safr anterior. No entanto, de acordo com os dados do Mapa, o primeiro e único registro ocorreu na fase V2, período crucial de nodulação da planta. Essa disseminação preocupante foi observada em 12 estados, com a Bahia liderando como o local mais afetado, com 747 registros.

Os custos de controle alcançaram a marca de US\$ 1,58 bilhões, enquanto as perdas estimadas totalizaram 2,67 milhões de toneladas de grãos, conforme indicado na tabela "Custo Ferrugem, Informações sobre a Ocorrência da Ferrugem-Asiática e Perdas pela Doença nas Safras de Soja" (p. 2). Nesta safr, as condições climáticas, influenciadas pelo El Niño e pelas chuvas bem distribuídas, favoreceram a disseminação da ferrugem em todos os

estados. Este exemplo demonstra como as variações climáticas podem exacerbar os problemas fitossanitários em sistemas agrícolas intensivos. No Maranhão, a ferrugem apareceu pela primeira vez com alta severidade (Consórcio Antiferrugem. p. 2), o que evidencia a expansão geográfica da doença e a necessidade de uma abordagem mais holística e preventiva no manejo agrícola.

Na safra 2007/08, foram registrados 2.106 casos de ferrugem asiática, com um custo de controle estimado em US\$ 1,97 bilhões. Observou-se nos estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás uma menor sensibilidade do fungo aos triazóis, conforme monitoramento pela Bayer CropScience, resultando na recomendação de usar apenas misturas de triazóis¹ e estrobilurinas² nessas regiões (Consórcio Antiferrugem. p. 2).

É válido salientar, que a adoção massiva desses fungicidas como observado em nossas fontes, refletem uma dependência crescente da agricultura industrializada em insumos químicos, promovida pela Revolução Verde. Esta abordagem, focada em maximizar a produtividade, muitas vezes desconsidera os impactos ecológicos e sociais. A aplicação repetida de triazóis e estrobilurinas tem levado à resistência dos patógenos, exigindo doses maiores e combinações de fungicidas para manter a eficácia. Este ciclo vicioso não apenas intensifica a contaminação do solo e das águas, mas também ameaça a biodiversidade, impactando organismos não-alvo e contribuindo para a degradação ambiental.

Na safra subsequente, 2008/09, podemos analisar que o número de registros de ferrugem asiática aumentou para 2.884 casos, sendo 1.690 deles no estágio R5 de desenvolvimento da planta. Este aumento significativo pode ser visto como uma resposta à combinação de condições climáticas favoráveis e à adaptação do fungo, refletindo uma escalada preocupante da doença. O custo de controle associado foi estimado em cerca de US\$ 1,67 bilhões, evidenciando não apenas os gastos diretos com fungicidas, mas também perdas de produtividade e outros custos indiretos que impactam severamente a economia agrícola (Consórcio Antiferrugem).

¹ Os triazóis, também conhecidos como inibidores da desmetilação (DMI), atuam interrompendo a síntese de ergosterol, um componente essencial da membrana celular dos fungos. Isso resulta na desestabilização da membrana e na morte do fungo. Esses fungicidas são altamente seletivos e apresentam uma translocação significativa dentro da planta, movendo-se preferencialmente no sentido acropetal (das raízes para as folhas). Sua ação prolongada os torna menos suscetíveis à lixiviação e decomposição pela luz solar, reduzindo a necessidade de aplicações frequentes. (Santos et al., 2018)

² As estrobilurinas, por outro lado, interferem na cadeia de transporte de elétrons dentro das mitocôndrias dos fungos, prejudicando a produção de energia e levando à morte do patógeno. Esses fungicidas são conhecidos por sua alta lipossolubilidade, o que facilita sua penetração nas células vegetais. Embora menos seletivas que os triazóis, as estrobilurinas também exibem uma considerável capacidade de translocação nas plantas. (Santos et al., 2018)

Tais prejuízos econômicos, juntamente com a ampla área afetada indicam que a ferrugem asiática não comprometeu apenas a produtividade da safra, mas também evidencia falhas na gestão agrícola e na comunicação entre os setores de pesquisa, assistência técnica e produção. A situação descrita pelo Consórcio Antiferrugem aponta para uma necessidade premente de inovação e melhoria nas práticas de manejo e controle de doenças, além de um reforço na educação e conscientização dos agricultores sobre a gravidade e o manejo de epidemias agrícolas.

Houve também, relatos de resistência aos triazóis em outras áreas produtoras destacam um desafio adicional no manejo da ferrugem asiática. Essa resistência sublinha a necessidade premente de estratégias de controle mais robustas e sustentáveis (Consórcio Antiferrugem. p. 2). A recomendação de utilizar exclusivamente misturas de triazóis e estrobilurinas para o manejo eficaz da doença reflete uma tentativa de resposta adaptativa, buscando mitigar a pressão seletiva sobre os fungicidas disponíveis e preservar sua eficácia a longo prazo.

Além disso, o Consórcio Antiferrugem desenvolveu diversos materiais educativos, como folders, para ajudar os sojicultores na identificação da doença e nas melhores práticas de controle e manejo. Em um folder lançado em novembro de 2008, o Consórcio indicou que, nas regiões de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás, na safra 2007/08, foram “observadas populações menos sensíveis de ferrugem a triazóis” por isso o mesmo recomenda “que nessas regiões sejam utilizadas preferencialmente misturas de estrobilurinas e triazóis. Nas demais regiões do País, [...] tanto as misturas de estrobilurinas e triazol ou o triazol isoladamente podem ser utilizados” (p.4)

Embora tenha havido um aumento no número de casos de ferrugem asiática de uma safra para outra, e também casos de resistência, o custo total de controle diminuiu na safra 2008/09. Isso pode indicar uma otimização nas estratégias de manejo adotadas, possivelmente influenciada por adaptações às recomendações variadas nos métodos de controle sugeridos.

Na safra de 2009/10, houve uma redução de 514 ocorrências em relação à safra anterior, totalizando 2.370 registros de ferrugem asiática. No entanto, diferentemente das safras anteriores, Mato Grosso foi o estado mais afetado, com 624 ocorrências. Segundo a tabela “Custo Ferrugem, Informações sobre a Ocorrência da Ferrugem-Asiática e Perdas pela Doença nas Safras de Soja”, houve “relatos de perdas foram localizados e difíceis de separar de perdas por outras causas como nematoides e o clima” (p.2), devido à incidência, mesmo que moderada, do fenômeno El Niño durante a safra. Portanto, o cálculo preciso das perdas

de grãos não pôde ser estimado, mas o custo total de controle atingiu aproximadamente US\$ 2,09 bilhões.

Importante destacar que projetos como o Mapa de Dispersão, liderado pelo Consórcio Anti-Ferrugem e pela Embrapa-Soja, foram implementados para divulgar informações atualizadas sobre o manejo da ferrugem asiática. Estas iniciativas visam não apenas informar os agricultores, mas também promover práticas de manejo que possam minimizar os impactos da doença. Atualmente, outras camadas ajudam no monitoramento da ferrugem asiática em diversos estados. Um exemplo é o AgroConnect, da Epagri Ciram (Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina). Esse sistema não apenas monitora a doença, mas também emite avisos e alertas agrometeorológicos, permitindo que os agricultores realizem um controle químico mais eficaz e oportuno, contribuindo para a redução dos danos causados pela ferrugem asiática.

4.3 COMPETIÇÃO DE MERCADO NA BUSCA DE CONTROLE PARA A FERRUGEM ASIÁTICA

A dinâmica competitiva entre grandes empresas agrícolas, principalmente de produção química e genética também desempenham um papel significativo neste cenário. Um exemplo disso, é a safra de 2003/04, a qual, segundo Dall'agnol (2005), marcou um período crítico para os produtores de soja no Brasil devido à severidade da ferrugem asiática. Os custos totais, estimados em 2 bilhões de dólares, refletem a soma de diversos fatores: a compra de fungicidas, que se tornaram uma necessidade imperativa, os custos operacionais para a aplicação desses produtos e as significativas perdas de rendimento que resultaram em menores colheitas.

A estimativa, para este período, foi de 8% dos custos de produção atribuídos à ferrugem asiática revela que, embora o manejo e controle da doença tenham melhorado desde então, a ferrugem ainda impõe uma carga financeira substancial aos produtores. Esse percentual indica a constante necessidade de investimento em fungicidas e outras medidas preventivas, além de reforçar a importância do desenvolvimento contínuo de estratégias de manejo integradas para minimizar os impactos econômicos da doença.

A matéria da 'Gazeta do Povo' de 10 de janeiro de 2004, divulgada pela Syngenta e retratada no livro "Navios que se cruzam na calada da noite", de Vankrunkelsven, uma de nossas fontes, traz que a introdução e disseminação da ferrugem asiática na soja é contextualizada como uma grave ameaça à agricultura brasileira. O qual destaca que na

identificação de 2001, ela teria provavelmente vindo do Paraguai, local do primeiro registro na América do Sul, logo que a ferrugem asiática é um fungo que se espalha pelo vento e pode reduzir a produção de soja em até 80%.

Segundo o texto, esse fenômeno sublinha a vulnerabilidade das monoculturas de larga escala e pode ser que a “natureza iniciasse sua vingança contra a euforia em torno da soja. É ligeiramente comparável com a gigantesca crise do milho nos EUA na década de 70. Naquela ocasião, a ‘salvação da lavoura’ foi uma raça selvagem originária do México” (p.5).

Conforme Vankrunkelsven, a notícia sobre a ferrugem asiática, divulgada pela Syngenta, divulgada em simultaneidade ao lançamento de um produto para controlar o fungo, a qual levanta suspeitas sobre as motivações e estratégias das empresas quanto à venda de produtos químicos para o controle da doença, sugerindo uma "guerra da soja". Além disso, o texto menciona que a soja transgênica da Monsanto também é suscetível ao fungo e destaca as limitações e desafios associados às culturas geneticamente modificadas, “trava-se aqui uma verdadeira guerra da soja[...] Além disso, há uma frase no rótulo informando que a soja transgênica da Monsanto também é suscetível a este fungo” (p.5).

Essa intensa concorrência e a luta pelo controle de mercado evidenciam a complexidade das relações entre grandes corporações e a agricultura, onde interesses comerciais e soluções tecnológicas se entrelaçam com questões de sustentabilidade e segurança alimentar.

5 CONCLUSÃO

A ferrugem asiática da soja, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi*, exemplifica um dos maiores desafios fitossanitários enfrentados pela agricultura moderna, especialmente no contexto brasileiro. Desde seu primeiro registro significativo no Brasil no início dos anos 2000, essa doença tem destacado a vulnerabilidade das monoculturas extensivas e os impactos negativos de práticas agrícolas intensivas que priorizam a produtividade em detrimento da diversidade e sustentabilidade ecológica.

O aumento no número de registros de ferrugem asiática e a emergência de populações resistentes a fungicidas como os triazóis ressaltam a complexidade do manejo da doença. As estratégias de controle desenvolvidas, incluindo a recomendação de misturas de triazóis e estrobilurinas, refletem uma abordagem reativa e frequentemente dependente de insumos químicos, que podem levar a uma espiral de resistência e maiores custos econômicos e

ambientais. A dependência de tais práticas sublinha a necessidade urgente de uma revisão crítica dos modelos agrícolas predominantes.

Além dos impactos diretos no manejo da ferrugem, é importante considerar os efeitos colaterais do uso intensivo de fungicidas no meio ambiente. A contaminação do solo e da água, bem como a redução da biodiversidade, são consequências frequentemente negligenciadas, mas que têm implicações de longo prazo para a sustentabilidade agrícola e a saúde dos ecossistemas.

Por outro lado, a resposta à ferrugem asiática também revela as limitações estruturais e institucionais enfrentadas pelo setor agrícola brasileiro. A coordenação entre instituições de pesquisa, como a Embrapa, Consórcio Antiferrugem, e os agricultores é fundamental, mas muitas vezes insuficiente para garantir uma resposta rápida e eficaz às ameaças fitossanitárias. Além disso, a divulgação de informações sobre a doença e suas estratégias de manejo, embora essencial, pode ser influenciada por interesses comerciais de empresas de agroquímicos, como evidenciado pelas campanhas promovidas pela Syngenta e outras corporações.

Um aspecto crucial a ser considerado é a falta de diversificação nas práticas agrícolas predominantes. A monocultura de soja, incentivada por políticas agrícolas e pelo mercado global, aumenta a suscetibilidade a doenças como a ferrugem asiática. A introdução de práticas agrícolas mais diversificadas, como a rotação de culturas, pode reduzir a pressão de seleção sobre patógenos e diminuir a dependência de fungicidas químicos.

Com isso, a ferrugem asiática da soja no Brasil ilustra a necessidade de práticas agrícolas mais resilientes e ecologicamente equilibradas. O foco exclusivo no controle químico e nas soluções de curto prazo não aborda as raízes do problema, que estão intrinsecamente ligadas à monocultura e ao uso intensivo de insumos. Estratégias alternativas, como a diversificação de culturas, a rotação de culturas e o manejo integrado de pragas, devem ser exploradas e incentivadas para construir um sistema agrícola mais sustentável e resistente a futuras ameaças fitossanitárias.

A evolução da resistência aos fungicidas é um fenômeno complexo, influenciado pelo uso contínuo e indiscriminado desses produtos na agricultura. Considerando os desafios emergentes, como as mudanças climáticas globais, é essencial explorar alternativas sustentáveis de manejo da ferrugem asiática. Isso inclui a pesquisa e implementação de métodos biológicos, rotação de culturas e práticas agrícolas integradas, que não apenas reduzam a dependência de fungicidas químicos, mas também promovam a resiliência dos ecossistemas agrícolas frente a futuros desafios.

Assim, a história da ferrugem asiática da soja não é apenas uma narrativa de perdas econômicas e desafios técnicos, mas também uma oportunidade para repensar e reorientar as práticas agrícolas em direção a uma maior sustentabilidade ambiental e resiliência ecológica. A integração de abordagens mais holísticas e sustentáveis pode não só mitigar os impactos da ferrugem asiática, mas também promover a saúde dos ecossistemas agrícolas e a segurança alimentar a longo prazo.

A experiência acumulada no combate à ferrugem asiática da soja pode servir como um modelo para outras doenças emergentes, destacando a necessidade de vigilância constante, inovação e adaptação nas práticas agrícolas. A lição mais importante é que a resiliência agrícola depende da nossa capacidade de aprender com o passado, adaptar nossas práticas e inovar continuamente para enfrentar os desafios futuros.

REFERÊNCIAS

ABDELNOOR. GUIMARÃES. NEPOMUCENO. Ferrugem Asiática da Soja. Embrapa Soja. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/soja/pre-producao/biotecnologia/ferrugem-asiatica-da-soja>.

ANDRADE, Paulino José Melo. ANDRADE, Donita Figueiredo de Alencar Araripe. Ferrugem Asiática: uma Ameaça à Sojicultura Brasileira. Embrapa. Novembro, 2002. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/38750/1/CT200311.pdf>

ANDRIOLI. Antônio Inácio. Soja orgânica versus soja transgênica: um estudo sobre tecnologia e agricultura familiar no noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Chapecó: UFFS, 2016. ISBN: 978-85-64905-40-5.

BERTAGNOLLI, Paulo Fernando. COSTAMILAN, Leila Maria. PAIVA, Wilfrido Morei. YORINORI, José Tadashi. Ferrugem da Soja: identificação e controle. Londrina: Embrapa Soja, 2003. Disponível: <https://www.embrapa.br/soja/busca-de-publicacoes/-/publicacao/463705/ferrugem-da-soja-identificacao-e-controle>.

CANTANHEDE, Leticia Amorim. CARVALHO, Nágyla Simões. FILHO, Francisco Mendes da Silva. RODRIGUES, Erica Bianca dos Santos. SANTANA, Thyago de Sousa. SILVA-MATOS, Raissa Rachel Salustriano da. SOUSA, Greicyelle Marinho de. Revisão: a importância da soja para o agronegócio brasileiro. Fitotecnia, sistemas agrícolas ambientais e solo. p.52 - 60, 2023. Disponível: <https://www.atenaeditora.com.br/catalogo/post/revisao-a-importancia-da-soja-para-o-agronegocio-brasileiro>

CARVALHO, Nágyla Simões. RODRIGUES, Erica Bianca dos Santos. SANTANA, Thyago de Sousa. CANTANHEDE, Leticia Amorim. SOUZA, Greicyelle Marinho de. SOUZA, Roberta Araújo de. FILHO, Francisco Mendes da Silva. SILVA-MATOS, Raissa Rachel Salustriano da. Revisão: A Importância Da Soja Para O Agronegócio Brasileiro. Atena Editora, 2023. Disponível em: <https://atenaeditora.com.br/index.php/catalogo/download-post/74908>

CONAB. Nova estimativa para a produção de grãos na safra 2023/2024 está em 297,54 milhões de toneladas. Junho de 2024, Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/5579-nova-estimativa-para-a-producao-de-graos-na-safra-2023-2024-esta-em-297-54-milhoes-de-toneladas>

CONAB. Técnicos da Conab debatem impactos econômicos da ferrugem asiática na cultura da soja. Maio de 2024. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/5556-tecnicos-da-conab-debatem-impactos-economicos-da-ferrugem-asiatica-na-cultura-da-soja>

CÔRTEZ, Filipe da Silva. Modelo de predição da ocorrência de ferrugem asiática na cultura da soja a partir de variáveis climáticas e clusterização. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Agronegócio da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás (UFG). Goiânia, 2022. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/170/o/Disserta%C3%A7%C3%A3o_-_Filipe_da_Silva_C%C3%B4rtes.pdf

DALL'AGNOL, Amélio. A Embrapa Soja no contexto do desenvolvimento da soja no Brasil: histórico e contribuições. Embrapa Soja - Livro técnico. Brasília, DF: Embrapa, 2016. 71 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1043614/1/LivroEmbrapaSojadesenvolvimentoBROL.pdf>

DUCLÓS, Nei. A marcha do grão de ouro. Expressão e Cultura. 2014. Disponível em: https://expressao.com.br/ebooks/livro_soja/a_marca_do_grao_de_ouro.pdf

DRUMONND, José Augusto. A História Ambiental: temas, fontes e linhas de pesquisa. Estudos Históricos, Rio de Janeiro, vol. 4, n. 8, 1991, p. 177-197. Disponível em: [História Ambiental Drumond.pdf \(nuredam.com.br\)](#)

FARIAS, NEPOMUCENO, NEUMAIER. Ecofisiologia da soja. Londrina: Embrapa Soja, 2007. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/470308>

FILHO, João Américo Wordell. NESI, Cristiano Nunes. PELIN, Cauê. Ferrugem asiática da soja: etiologia e controle. Agropecuária Catarinense, Florianópolis. v.33. n.3, 18-21. set./dez.2020.

FURLAN, Silvânia H. Impacto, Diagnose e Manejo da Ferrugem Asiática da Soja no Brasil. Instituto Biológico, Centro Experimental Central do Instituto Biológico. Campinas, SP. Disponível em: http://www.biologico.sp.gov.br/uploads/files/rifib/XI_RIFIB/furlan.PDF

GAZZONI, DALL'AGNOL. A saga da soja: 105 a. C a 2050 d.C. Embrapa Soja. 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1093166/a-saga-da-soja-de-1050-ac-a-2050-dc>

GODOY, Cláudia Vieira. SEIXAS, Claudine Dinali Santos. MEYER, Maurício Conrado. SOARES, Rafael Moreira. Ferrugem-asiática da soja: bases para o manejo da doença e estratégias anti resistência. EMBRAPA Soja. Londrina, PR. 2020. Disponível em: DOC-428.pdf (embrapa.br)

HASSE, Geraldo. A rainha do agronegócio: a história da soja no Brasil. Ribeirão Preto, SP. Editora: Coruja. 2011. ISBN: 978-85-63853-04-2.

HANZAWA, SEDIVY E WU. Soybean domestication: the origin, genetic architecture and molecular bases. New Phytologist, 2017. Disponível em: <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/nph.14418>.

HIRAKURI, Marcelo Hiroshi. LAZZAROTTO, Joelsio José. O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro. Embrapa Soja. Londrina, PR. 2014.

IDARON. Ferrugem Asiática da Soja. Folder. Emater, RO. Disponível em: https://www.idaron.ro.gov.br/wp-content/uploads/2024/04/6.-FERRUGEM-ASI%C3%81TICA-DA-SOJA_compressed.pdf

Janeque, R. A., Costa, N. L., & Santana, A. C. (2021). Cultivo de soja no continente africano: evidências contemporâneas baseadas em produtores moçambicanos. Revista de Economia e Sociologia Rural, 59(2), e217894. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.217894>

JUNIOR, José Nunes. LAZZAROTO, Joelsio José. YORINORI, José Tadashi. Ferrugem "asiática" da soja no Brasil: evolução, importância econômica e controle. Embrapa, 2004.

KLUG, João. FORNECK, Elisandra. A difusão dos agrotóxicos como tecnologia benéfica ao agricultor: o papel das cooperativas agropecuárias. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.36661/2238-9717.2016n27.8044>

LIMA, Braulio Santos. Análise da Produção Científica sobre Phakopsora Pachyrhizi no Período de 2001 a 2019. Trabalho de Conclusão do Curso (Graduação)- Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de Agronomia, Laranjeiras do Sul, PR, 2020

MAJO, Cláudio. SILVA, Claiton Márcio da. Genealogy of the Soyacene: The tropical bonanza of soya bean farming during the Great Acceleration. Novembro, 2021. International Review of Environmental History 7(2):65-96. DOI:10.22459/IREH.07.02.2021.03.

MAJO, Cláudio. SILVA, Claiton Márcio da. Introdução: Escrevendo uma História Ambiental Global do Cultivo de Soja Durante a Grande Aceleração. Novembro de 2022. DOI: 10.3197/63800040695086.intro

McCOOK. Stuart. States of Nature: Science, Agriculture, and Environment in the Spanish

Caribbean, 1760-1940. Austin: University of Texas Press, 2002. . Crônica de uma praga anunciada. Epidemias agrícolas e história ambiental do café nas Américas. In: VARIA HISTORIA, Belo Horizonte, UFMG, vol. 24, nº 39: jan/jun 2008. ISSN: 0104-8775

MELO, Itamar Soares de. Fungos. AGEITEC/EMBRAPA. Disponível em: Agência Embrapa de Informação Tecnológica - Fungos .

MORETTO, Samira Peruchi. NODARI, Eunice Nodari. NODARI, Rubens. Soybean as a critical genetic resource: domestication, dissemination and introduction of glycine max. The age of the soybean: 19–28. 13 Jun 2023. Doi: 10.3197/63800040695086.ch01

RUBIN, Sérgio A.L. SOARES, Rafael Moreira. WIELEWICKI, Angélica P. Ferrugem asiática da soja: histórico, identificação e controle. Fepagro. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2004. Disponível em: <https://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/202105/11145655-circular-25.pdf>

SILVA, André Felipe Cândido. Pragas, patógenos e plantas na história dos sistemas agroecológicos. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2178-2547-BGOELDI-2021-0023>

Sinclair, J. B., & Backman, P. A. Compendium of soybean diseases. 1989. St. Paul: The American Phytopathological Society.

SOARES, Rafael Moreira. Ferrugem-asiática da soja: bases para o manejo da doença e estratégias anti resistência. EMBRAPA Soja. Londrina, PR. 2020. Disponível em: DOC-428.pdf (embrapa.br)

SANTOS, F. H. dos. SANTOS, L. A. FARIA, C. M. D. R. Translocação de triazóis e estrobilurinas no controle do oídio da soja. Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia, Guarapuava-PR, v.11, n.1, p.87-92. 2018.DOI: 10.5935/PAeT.V11.N1.10.

VIERO, Virgínia Crestani. Epidemiologia comparativa entre a ferrugem asiática da soja e a ferrugem da folha do trigo.Dissertação, UPF. Passo Fundo RS. Abril de 2008.

WORSTER, D. Para fazer História Ambiental. Revista Estudos Históricos, Rio de Janeiro, v. 4, n. 8, p. 198 – 215, 1991.

YORINORI, José Tadashi. JUNIOR, José Nunes. LAZZAROTTO, Joelsio José. Ferrugem asiática" da soja no Brasil: evolução, importância econômica e controle. Embrapa soja. Londrina, PR. 2004.

YORINORI, J.T .. Epidemiologia e controle de Phakopsora Pachyrhizi, safra 1987/88. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. Resultados de pesquisa de soja 1988/89. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1989. p.164- 180.

ZIMMERMANN, Cirlene Luiza. Monocultura e Transgenia: Impactos Ambientais e Insegurança Alimentar. Veredas do Direito, Belo Horizonte, v.6, n.12, p.79-100. Julho-Dezembro de 2009. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/211934062.pdf>

FONTES

Embrapa Soja. Ferrugem Asiática da soja. Folders. 2003. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/busca-de-publicacoes/-/publicacao/467697/ferrugem-asiatica-da-soja>

Consórcio Antiferrugem. Mapa de Dispersão da Ferrugem Asiática da Soja. Disponível em: <http://www.consortioantiferrugem.net/#/main>

Consórcio Antiferrugem. Reunião da Safra 2004/05. Disponível em: <http://www.consortioantiferrugem.net/#/conteudos/view/12>

Consórcio Antiferrugem. Reunião Safra 2005/06. Disponível em: <http://www.consortioantiferrugem.net/#/conteudos/view/13>

Custo ferrugem, informações sobre a ocorrência da ferrugem-asiática e perdas pela doença nas safras de soja. Consórcio Antiferrugem. Disponível em: http://acacia.cnpso.embrapa.br:8080/cferrugem_files//764411951/Tabela_resumo_ferrugem_atual.pdf

Jornal Folha de São Paulo. Ferrugem ataca soja em 4 Estados. São Paulo, 23 de novembro de 2004. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/fsp/dinheiro/fi2311200432.htm>

VANKRUNKELSVENA, Luc. Navios Que Se Cruzam na Calada da Noite: Soja Sobre o Oceano. Editora: Gráfica Popular Cefuria. 2009.